

**Universidad Nacional de Ingeniería**

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**“ Alternativas de Solución para la Recuperación  
de Líneas de Transmisión en  
220 KV Siniestradas ”**

**T E S I S**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**CARLOS RAUL POMA PACHAS**

PROMOCION: 1982 - 2

**LIMA . PERU . 1991**

TABLA DE CONTENIDO

Prólogo .....	10
1.- Introducción .....	12
1.1.- Antecedentes .....	12
1.2.- Ubicación .....	13
1.3.- Generalidades .....	14
2.- Acciones iniciales ante la ocurrencia de una falla .....	16
2.1.- Secuencia de actividades previas para loca- lizar la falla .....	16
2.1.1.- Revisión del osciloperturbógrafo y localizador de falla .....	16
2.1.2.- Evaluación de las señalizaciones del sistema de protección .....	17
2.1.3.- Verificación de la secuencia de fases .....	17
2.1.4.- Coordinaciones entre las Subesta - ciones y el centro de control ...	17
2.2.- Inspección de la línea colapsada .....	18
2.2.1.- Inspección aérea .....	18
2.2.2.- Inspección terrestre .....	19
3.- Evaluación de la zona atentada .....	22
3.1.- Estado actual de los accesos .....	22
3.2.- Topografía del terreno y tipo de suelo ..	23
3.3.- Estado físico de la torre .....	23
3.3.1.- Ejemplo de evaluación de una torre	

colapsada .....	23
3.3.2.- Resumen porcentual del material da- ñado en la torre .....	29
3.3.2.1.- Daños en la estructura .	29
3.3.2.2.- Daños en la ferretería y conductores .....	30
3.4.- Casos que se presentan cuando una estructu- ra es colapsada .....	31
3.4.1.- Estructura con fundación de concre- to .....	31
3.4.2.- Estructura con fundación metálica .	32
4.- Elaboración del programa de reparación .....	34
4.1.- Tipos de programa .....	34
4.1.1.- Reparación de emergencia .....	34
4.1.2.- Reparación provisional .....	35
4.1.3.- Reparación definitiva .....	35
4.2.- Ejemplo de aplicación de un programa de reparación .....	36
4.2.1.- Características generales de 3 torres línea Mantaro Lima .....	36
4.2.2.- Características generales de 1 torre línea Mantaro Pachachaca ....	45
4.2.3.- Características generales de 1 torre línea Pachachaca Callahuanca.	45
4.2.4.- Descripción de las actividades ..	48
4.2.5.- Conformación de una brigada de	

reparación .....	50
4.2.6.- Conformación de una brigada para fabricación de reticulado. ....	50
5.- Justificación técnica de la reparación provisional	
5.1.- Premisas .....	58
5.2.- Características de diseño de una torre ori- ginal .....	63
5.2.1.- Características de empleo de la torre .....	63
5.2.2.- Cargas transversales .....	63
5.2.3.- Cargas verticales .....	65
5.2.4.- Cargas longitudinales .....	65
5.3.- Características de trabajo del reticulado .	65
5.3.1.- Especificaciones técnicas del mate- rial usado .....	65
5.3.2.- Pruebas reales realizadas .....	
5.3.2.1.- Prueba de desplazamiento y deformación .....	68
5.3.2.2.- Pruebas con cargas exter- nas. ....	69
5.4.- Características de trabajo del poste by pass fibra de vidrio .....	74
5.4.1.- Especificaciones técnicas .....	74
5.4.2.- Consideraciones de diseño .....	76
5.4.2.1.- Tres secciones sin vien- tos .....	76

5.4.2.2.- Dos secciones sin vientos	78
5.5.- Cálculo de esfuerzos en postes de fibra de vidrio	78
5.5.1.- Simple terna en by pass tipo pórtico	79
5.5.2.- Simple terna vertical	86
5.6.- Procedimiento para la instalación de un soporte provisional	93
5.6.1.- Izado de reticulado	93
5.6.2.- Liberación y alineamiento de conductores	95
5.6.3.- Izado de conductores	101
6.- Justificación económica de la reparación provisional	104
6.1.- Comparación económica de las alternativas	105
6.1.1.- Consideraciones para el análisis	105
6.1.2.- Costo de reparación de una terna con poste by pass fibra de vidrio	106
6.1.3.- Costo de reparación de una terna con reticulado	107
6.1.4.- Costo de reparación de una terna con apuntalamiento de la torre	108
6.1.5.- Costo de reparación de una terna sobre torre caída	108
6.1.6.- Costo de reparación de una terna con instalación de by pass tipo cerro	108

6.1.7.- Costo de reparación de una torre definitiva .....	109
6.1.8.- Resumen .....	109
6.2.- Costo de la energía no transmitida .....	110
6.2.1.- Costo por corte de suministro ...	110
6.2.2.- Otros costos .....	111
6.3.- Comparación entre el costo de la reparación provisional y la energía no transmitida ..	112
Conclusiones .....	113
Bibliografía .....	118
Apéndices .....	119
A.- Cálculo de costos que intervienen en una reparación .....	119
1.- Costo diario de una brigada de reparación	119
2.- Costo diario de una brigada de fabricación .....	119
3.- Alquiler de vehículos, equipos y herramientas para una brigada de reparación .	120
4.- Alquiler de equipos y herramientas para una brigada de fabricación .....	121
5.- Costo de materiales para la instalación de un poste provisional .....	122
6.- Costo de materiales para la fabricación de un reticulado .....	122
7.- Costo de materiales para la instalación de un by pass tipo cerro .....	123

B.- Procedimiento para intervenir en una línea de transmisión de alta tensión .....	125
C.- Manual de seguridad e higiene industrial para el sector de energía y minas .....	128

## PROLOGO

En la **Introducción** se muestra el **propósito** de la tesis, el **método de trabajo para su desarrollo**, los alcances y sus limitaciones. También se **describe** los antecedentes y ubicación de los siniestros ocurridos.

En el capítulo 2 se sistematiza la **secuencia** de actividades a seguir para **localizar** una avería, la **revisión** de equipos y señalizaciones y las coordinaciones entre los responsables de cada subestación **comprometida**. También se mencionan los tipos de inspección que se realizan.

En el capítulo 3 se describe la forma como se deben **evaluar** las zonas siniestradas, el estado en que se encuentran los accesos, los tipos de **terrenos** y el material dañado en una estructura. Toda esta información recabada sirve para elaborar el programa de reparación.

En el capítulo 4 se muestran los diferentes tipos de reparaciones que existen, y se desarrolla **tres programas** de recuperación que incluyen las diferentes alternativas. las soluciones ahí mostradas son casos reales aplicados en diferentes emergencias. Se incluye el by pass tipo pértico, la instalación de postes de fibra de vidrio y reticulado, el apuntalamiento de torre, la **recuperación** de dos ternas sobre torre caída y la instalación del by pass tipo cerro.

En el capítulo 5 se desarrolla la justificación

técnica de la reparación provisional, teniendo como premisa la recuperación inmediata de la línea sin reemplazar en forma exacta las condiciones iniciales de diseño de la torre dañada. Se muestra las características de trabajo del reticulado y del poste fibra de vidrio. Se calculan los esfuerzos que soportan la configuración by pass tipo pórtico y la instalación del poste fibra de vidrio. Se describen los procedimientos para instalar un soporte provisional.

En el capítulo 6 se elabora los costos que corresponde a los tipos de reparación antes mencionados y se compara estos valores con el costo que representa la energía dejada de vender.

En el capítulo 7 se sintetiza las observaciones y conclusiones del presente trabajo.

Mi agradecimiento al personal de ingeniería del Sistema Interconectado Centro Norte y al personal técnico del Servicio de Transmisión Centro que hicieron posible la culminación del presente trabajo.

## INTRODUCCION

### Antecedentes

Desde el año 1,980 las líneas de transmisión del Sistema Interconectado Centro Norte vienen siendo colapsadas. Esta secuela de siniestros a ido incrementándose con el transcurrir de los años, originando grandes pérdidas por el costo que representa la energía no vendida y por la reparación de las estructuras dañadas. la experiencia a demostrado que es necesario agotar todos los recursos disponibles para disminuir el tiempo de deservicio y aminorar las pérdidas. Este es el propósito de la tesis, la de dar a conocer las diferentes alternativas que se aplican para reparar una línea de alta tensión en el menor tiempo posible con las justificaciones técnica y económica correspondientes.

El método de trabajo que se sigue para cumplir el objetivo mencionado, es desarrollar en cada

capítulo las actividades necesarias que nos lleven a la reposición de una línea colapsada **optimizando los recursos.**

Cabe señalar que no se pretende dar en un trabajo como éste, los detalles que corresponden al cálculo de una línea de transmisión que reemplaza a otra, **sinó los criterios de ingeniería que permiten la instalación de un by pass que garantiza la transmisión de energía.**

#### 1.2.- Ubicación

Las líneas de transmisión de la zona central del País motivo del tema, recorren los departamentos de Huancavelica y Junín y se encuentran interconectados a través de las subestaciones de **Campo Armiño, Huancavelica, Huayucachi, Pachachaca y Pomacocha,** tal como se muestra en la fig. 1'. Las estructuras están **ubicadas entre los 3,000 y 5,000 m.s.n.m. siendo su geografía accidentada y su clima variable con cambios bruscos de temperatura.** Las caídas de rayos, lluvias y nevados es frecuente en estas zonas. Todas estas características hacen que las áreas de trabajos sean difíciles para efectuar las **reparaciones.**

### 1.3.- Generalidades

Con el fin de dar a conocer algunos aspectos modulares sobre los materiales y costos que intervienen en una reparación, al final del tema se anexa el apéndice A que incluye esta información. Asimismo en los apéndices B y C se sintetiza el procedimiento que se debe seguir para intervenir en una línea de transmisión de alta tensión y algunos aspectos de seguridad.



## CAPITULO 2

### ACCIONES INICIALES ANTE LA OCURRENCIA DE UNA FALLA

#### 2.1.- Secuencia de Actividades Previas para localizar la falla

Una vez ocurrido el siniestro de una o varias torres en una línea de transmisión, se trata de recuperar el servicio en el menor tiempo posible para lo cual se procede de la siguiente manera:

##### 2.1.1.- Revisión del osciloperturbógrafo y del localizador de falla

El osciloperturbógrafo nos registra la falla ocurrida y nos indica las fases que se han ido a tierra. El localizador de falla nos da una aproximación en kilómetros del lugar donde ha ocurrido el siniestro y la torre probable atentada. Esta indicación da buenos resultados en la inspección cuando el equipo es confiable.

#### 2.1.2.- Evaluación de las señalizaciones del Sistema de Protección

La protección de distancia nos confirma si la falla **ocurrida** es monofásica, bifásica o trifásica, si es **temporal** o permanente. En caso de que una o dos fases estén a tierra puede ser que el **cable de guarda** se haya soltado, que un cuello muerto en una torre de anclaje se haya desprendido si es una instalación **provisional**, una de las retenidas de esta instalación se ha aproximado a la línea. Esto ocurre cuando los durmientes que fijan las retenidas son provisionales y se **aflojan** por la lluvia o cuando manos extrañas lo sueltan.

#### 2.1.3.- Verificación de la Secuencia de Fases

Cuando la fase señalizada es monofásica o bifásica, se revisa la secuencia de fases con lo cual se puede indicar al **personal** que va a realizar la inspección en que fases deben **priorizar** su atención (conductores superior, medio o inferior).

#### 2.1.4.- Coordinaciones entre las Subestaciones y el centro de control

El intercambio de información entre los

ingenieros o personal de turno de las Subestaciones comprometidas con la avería y el centro de control es importante, porque aparte de transmitirse las señalizaciones indicaciones de los tableros de protección, se dan algunas apreciaciones como son: Incidencia de rayos en la zona, ruidos escuchados como consecuencia de posibles siniestros, que se tengan en el cuaderno de ocurrencias anotaciones sobre posibles bajos aislamientos en postes provisionales existentes, etc. Todas estas anotaciones sirven para elaborar el programa de inspección de la línea. Normalmente los colapsos se presentan en horas de la noche por lo que la inspección debe efectuarse desde las primeras horas de la madrugada del día siguiente.

## 2.2.- Inspección de la línea colapsada

Teniendo en cuenta las consideraciones antes mencionadas se procede a inspeccionar la línea.

### 2.2.1.- Inspección aérea

Este tipo de inspección se justifica cuando los siniestros son simultáneos en

zonas alejadas y de difícil acceso. Lo usual es el apoyo de un helicóptero para recorrer toda la línea. En caso que el clima sea adverso por la presencia de fuertes lluvias o nubes cargadas no se puede realizar este tipo de inspección.

#### 2.2.2.- Inspección terrestre

Cuando la línea ha sido siniestrada en diferentes oportunidades y se encuentra con postes provisionales en varias posiciones, los parámetros de diseño de la línea varían e induce a errores en las indicaciones del localizador de falla. En este caso se aconseja que la brigada de inspección se distribuya a lo largo de la línea de tal manera que se puedan efectuar aperturas de cuellos muertos y se tense gradualmente tantas veces como sea necesario hasta localizar la falla.

Este sistema es bien efectivo siempre y cuando se cuente con un grupo de generación y una barra colectora totalmente independientes, de tal manera que no se saque fuera de servicio las líneas de transmisión asociadas a ella. Ver secuencia de maniobras para localizar una falla en el



GRAFICO 1 : SECUENCIAS DE MANIOBRAS PARA LOCALIZAR UNA FALLA .

1. — Apertura de cuello muerto simultaneo en torres de anclaje N° 240, 300, 340, 380
  - 1.1.— Tensionamiento gradual en tramo:  
Grupo Generador — T-240 .....no se detecta falla
  - 1.2.— Desenergización de la línea
2. — Cierre de cuello muerto. en T-240
  - 2.1.— Tensionamiento gradual en tramo:  
Grupo Generador— T-300.....no se detecta falla
  - 2.2.— Desenergización de la línea
3. — Cierre de cuello muerto en T-300
  - 3.1.— Tensionamiento gradual en tramo :  
Grupo Generador T-340..... se detectó falla
  - 3.2.— Desenergización de la línea
4. — Desplazamiento del personal inspeccionando la línea en la siguiente dirección:
  - Brigadas 2 y 3 en dirección al punto 0
  - Brigada 4 en dirección T-340

Con esta secuencia de maniobras se detectó la falla y se inspecciono todo el extremo de la línea.

## CAPITULO 3

### EVALUACION DE LA ZONA ATENTADA

Una vez localizada la falla, es necesario que el personal especializado como son los ingenieros y técnicos del área se desplacen al lugar de los hechos y realicen una evaluación detallada tramo por tramo teniendo en cuenta lo siguiente:

#### 3.1.- Estado actual de los accesos

Este dato es importante porque nos dá el grado de dificultad que existe para poder llegar a la zona de trabajo y es un indicador que nos dice si los vehículos de doble tracción y los camiones que trasportan personal y materiales pueden llegar con facilidad o dificultad a la zona. Esta apreciación representa un costo al momento de elaborar el programa de Recuperación.

### 3.2.- Topografía del terreno y tipo de suelo

Se tiene que conceptualizar la topografía y el tipo de terreno adyacentes a la torre atentada de tal manera que se puedan ubicar posibles puntos donde se instale el poste provisional. A lo largo de toda la línea existen diferentes tipos de terreno como son: Tierras de cultivo, rocosos, pedregosos, arenosos, de tierra firme, pantanosos, etc.

### 3.3.- Estado Físico de la Torre

Se detalla como se encuentra la torre, si está inclinada o derribada y hacia que lado con respecto al eje de la línea. Se verifica el estado de las fundaciones, patas, bases, tronco, parte superior, ménsulas y pararrayos. También se tiene en cuenta el estado de la ferretería (ojal bola, rótulas, grapas, grilletes, raquetas y amortiguadores), el daño en los aisladores y conductores. Toda esta información es necesaria para poder elaborar el programa de recuperación de la línea colapsada.

En las figuras 1, 2 y 3 que ha continuación se incluyen, se muestran los tres tipos de torre doble terna que han sufrido colapso a lo largo de la línea Mantaro-Lima.

#### 3.3.1.- Ejemplo de Evaluación de una torre colapsada

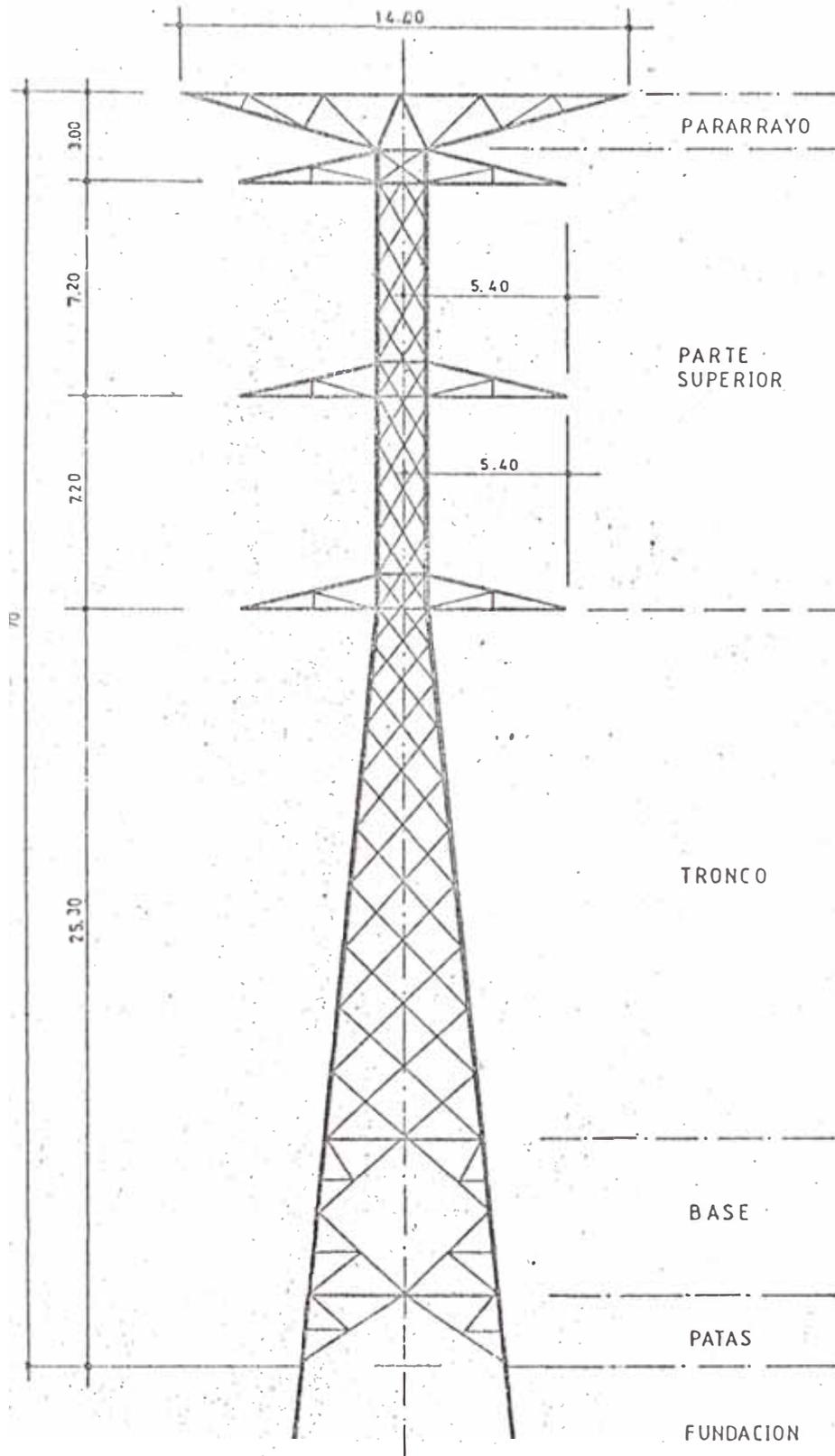
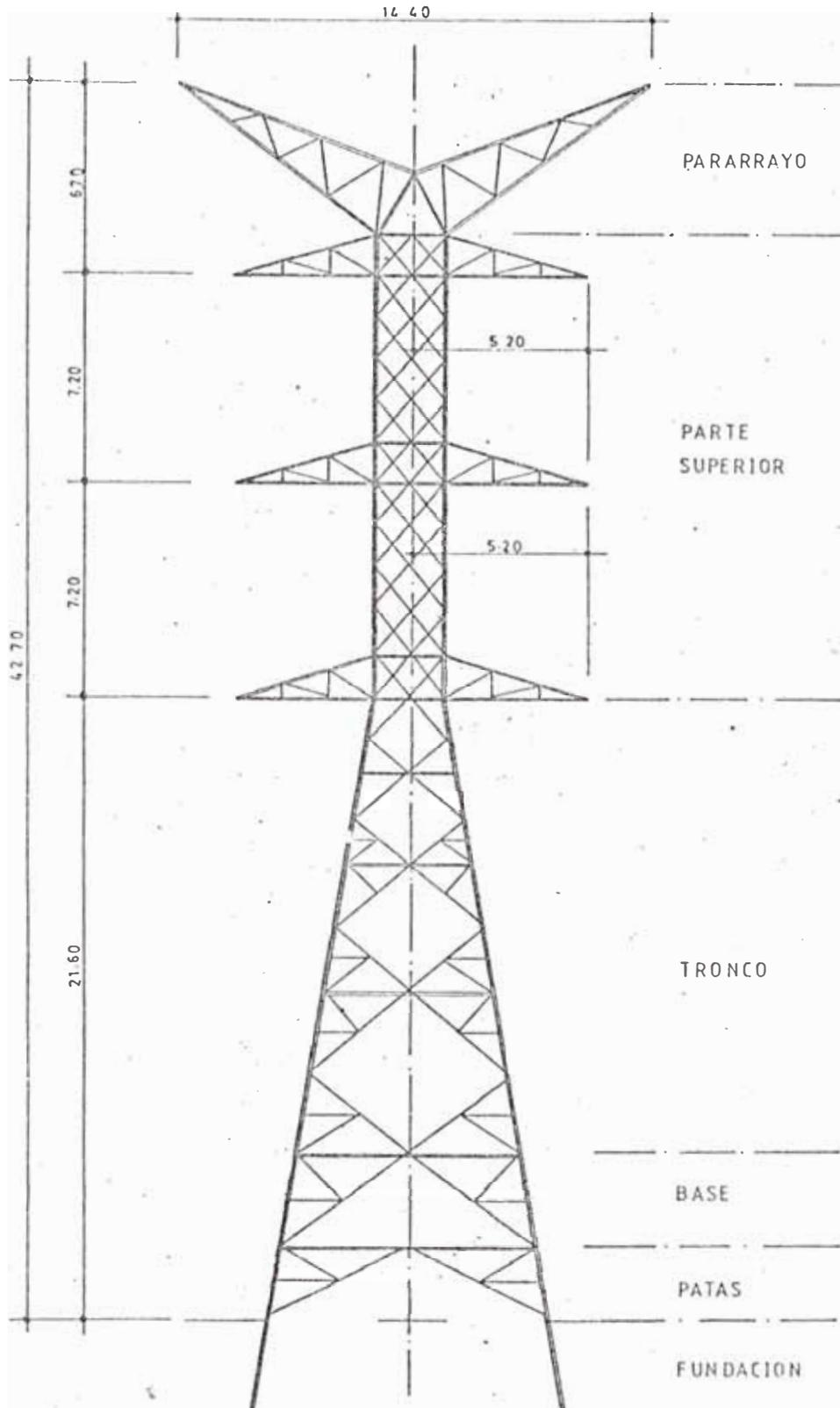


FIG. Nº 1 TORRE TIPO SUSPENSION



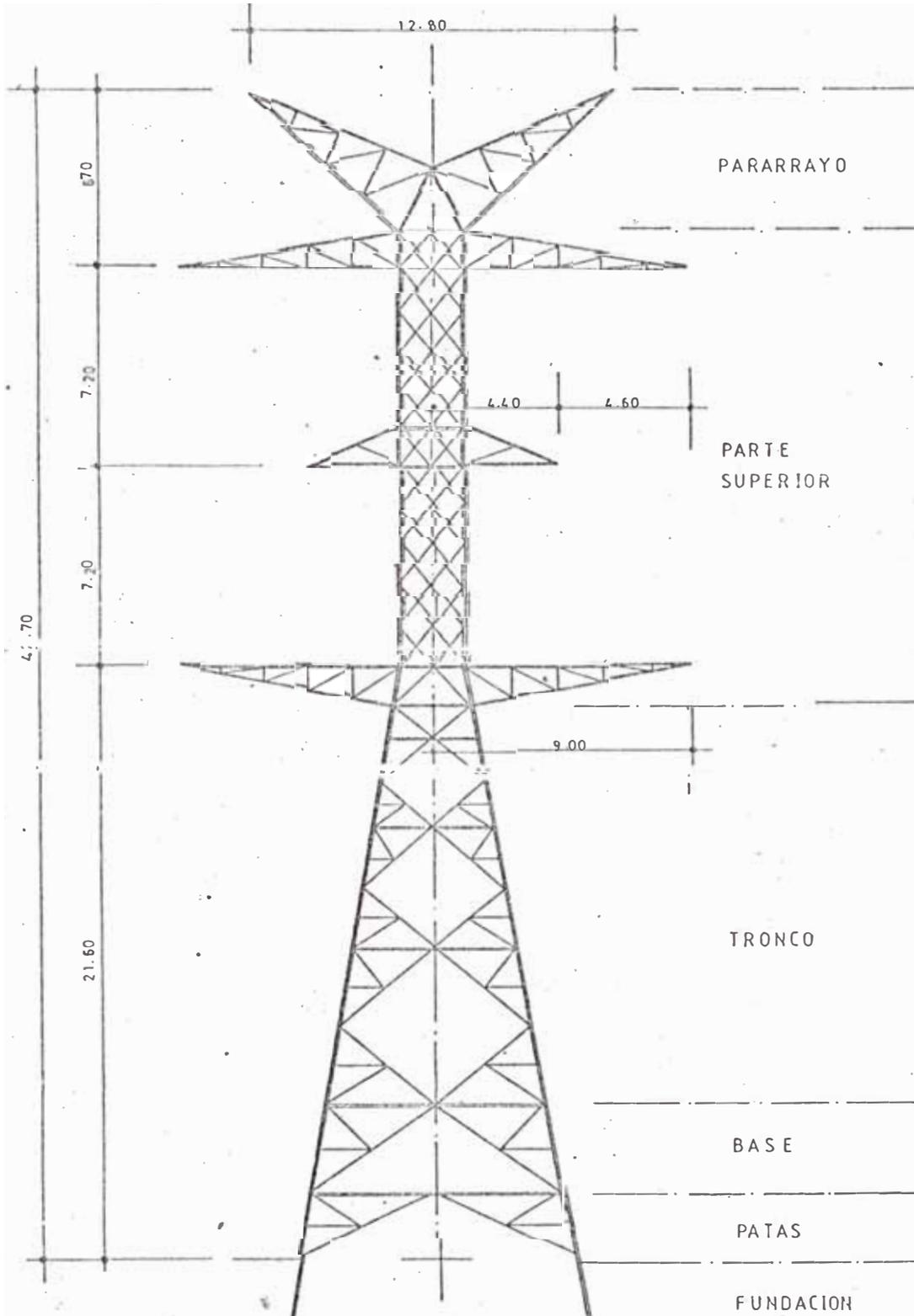


FIG. N° 3 TORRE DE TRANSPOSICION

Con el fin de ilustrar mejor como se evalúan los daños en una torre colapsada a continuación resumiremos la inspección de una torre de la línea de transmisión Mantaro-Lima.

Línea : MR-LI  
Sector : San Blas  
Fecha : 03.03.90  
Nº de torre : 218  
Tipo : C2-6, Anclaje  
Patatas : 0, 0, 0, 0  
Fundación : Metálica.

Estructura:

Fundaciones : B y D en buen estado  
A y C doblados

Montantes                      Tejido

Patatas	: A y B destruidos	Destruídos
	C y D recuperables	Recuperables
Base	: A y B recuperables	Destruídos
	C y D conformes	Conformes
Tronco	: A y B recuperables	Recuperables
	C y D conformes	Conformes
Parte	A y B recuperables	Recuperables
Superior:	C y D conformes	Conformes

Ménsulas

Línea 201

Línea 202

Pararrayo	Conforme	Destruído
M. Superior	Conforme	Destruído
M. Media	Conforme	Destruído
M. Inferior	Conforme	Destruído

Ferretería

	<u>Línea 201</u>	<u>Línea 202</u>
Ojal bola	Conforme	Destruído
Rétula	Conforme	Destruído
Grapa de		
Suspensión	Conforme	Destruído
Grillete	Conforme	Destruído
Cuerpo		
Superior	Destruído	Destruído
Raqueta	Destruído	Destruído
Amortiguador	Destruído	Destruído

Aisladores

<u>Línea 201</u>	<u>Línea 202</u>
Conforme	12 rotos F.Sup. 08 rotos F.Med. 10 rotos F.Inf.

Conductor

<u>Línea 201</u>	<u>Línea 202</u>
80 mt. dañados F.Sup.	200 mt. dañados
80 mt. dañados F.Med.	
30 mt. dañados F.Inf.	

Cable de Guarda

Línea 201                      Línea 202

Con dos hebras rotas.    Con 3 hebras r.

Observaciones

Los accesos necesitan mantenimiento.

Las persistentes lluvias no permiten trabajar a tiempo completo.

La zona aledaña es rocosa y dificulta la instalación de postes provisionales.

Esta es la evaluación de una torre de anclaje la misma que es más robusta que una torre de suspensión. Todas las torres no sufren los mismos daños, hay quienes tienen daños menores y otras muchos mayores. No se puede decir con exactitud cuanto se malogra en una torre, pero si se puede porcentuar en términos promedios el peso en toneladas que debe ser reemplazado.

3.3.2.- Resumen Porcentual del material dañado en una torre

3.3.2.1.- Daños en la Estructura

Cuando una torre cae hacia uno de los lados del eje de la línea, normalmente queda en buen estado el 60% de la estructura, se recupera mediante enderezado en clima templado el 20% y se pierde otro 20%. Esto equivale

enderezar una dos patas y  
apiezar las restantes  
(enyuntarlas), enderezar parte de  
la base y el tronco y fabricar  
las ménsulas de una terna y  
algunas diagonales adicionales.  
Del ejemplo de la inspección de  
la torre 218 de la línea Mantaro-  
Lima se tiene:

Peso de la torre: 8.235 Ton.

Se recupera : 4.941 Ton.

Se malogra : 1.647 Ton.

Estos porcentajes pueden  
variar cuando el medio adyacente  
a la torre es roca dura o cuando  
se encuentra en una cumbre bien  
pronunciada que no permite  
amortiguamiento en el momento de  
la caída de la torre y se  
deteriora un porcentaje mucho  
mayor de lo mencionado.

#### 3.2.2.2.- Daños en la ferretería y conductores

Adicional a los daños que se  
presentan en la estructura, se  
deterioran el 50% de los

aisladores, se doblan algunas raquetas amortiguadores, se encanastillan conductores o se rompen hebras. Sólo en casos muy excepcionales uno o dos conductores de una terna se seccionan. Esto ocurre cuando adicional a los esfuerzos que se generan en el momento del siniestro, la torre impacta en un suelo muy duro.

### 3.4.- Casos que se presentan cuando una estructura es colapsada

Los daños intencionados causados a las estructuras se pueden resumir del siguiente modo:

#### 3.4.1.- Estructuras con fundación de concreto

Se presentan dos casos:

- Destrucción del concreto y daños en las patas con caída de la estructura.
- Destrucción del concreto y daños en las patas sin caída de la estructura.

Se han presentado casos donde se tienen hasta tres patas dañadas y algunas diagonales dobladas o rotas y la estructura se ha mantenido en pie.

### 3.4.2.- Estructuras con fundación metálica

Se presentan los siguientes casos:

- Estructuras que se mantienen en pie en su posición original hasta con tres patas dañadas y algunas diagonales dobladas o rotas.

- Estructuras que se mantienen ligeramente inclinadas y fuera de su eje con una o dos patas dañadas y algunas diagonales dobladas o rotas.

- Estructuras que se encuentran ligeramente fuera de su eje con cuatro patas dañadas y zafadas de su fundación original con diagonales dobladas o rotas.

- Estructura doblada hacia uno de los lados del eje de la línea desde el tronco hasta la parte superior.

En este caso las fundaciones, patas, bases, parte superior y las ménsulas opuestas al lado caído se encuentran en buen estado al igual que la ferretería. Este es el caso de torre colapsada que menos daño produce y es más fácil repararla.

- Estructura caída hacia uno de los lados del eje de la línea con destrucción del

## CAPITULO 4

### ELABORACION DEL PROGRAMA DE REPARACION

Habiéndose detectado y evaluado la zona de falla, lo inmediato es elaborar un programa de reparación de la línea siniestrada.

#### 4.1.- Tipos de Programas

Los programas que normalmente se elaboran son los siguientes:

##### 4.1.1.- Reparación de emergencia

Este tipo de programa se dá para casos muy especiales, sobre todo cuando se puede recuperar una o las dos ternas de una línea sobre torre caída. Normalmente este tipo de recuperación es casi inmediata, pues con apuntalamiento de la torre y usando las mismas ménsulas se logra energizar la línea. Esto también se aplica cuando la

torre está inclinada cuando se ha deslizado de su posición original, en ambos casos hay que apuntalar la torre.

#### 4.1.2.- Reparación provisional

Cuando una línea que ha sido colapsada no se puede recuperar mediante actividades de emergencia, lo normal es elaborar un programa de recuperación provisional. Esto consiste en instalar en by pass, postes de fibra de vidrio o torres reticuladas en las posiciones cercanas las torres siniestradas. Hay casos donde la reparación definitiva de una o más torres se incluye en este tipo de programa y se justifica cuando el terreno es rocoso, pantanoso o está en una cumbre muy pronunciada. En todos estos casos el tiempo y los recursos necesarios para la reparación es mayor de lo normal por lo que es preferible una reparación definitiva en vez de una provisional.

#### 4.1.3.- Reparación definitiva

Después que una línea ha sido recuperada provisionalmente se prepara el programa de reparación definitiva con la finalidad de reparar las torres dañadas mediante el

montaje en su posición original de las estructuras reprocesadas o fabricadas. El tiempo que dura esta reparación es mayor que una recuperación provisional y requiere gran cantidad de materiales, equipos y herramientas para ponerla en servicio.

#### 4.2.- Ejemplo de aplicación de un programa de reparación

Con la finalidad de mostrar los diferentes tipos de instalaciones provisionales que vienen reemplazando a las estructuras colapsadas, se describirá un programa detallado de estas posiciones teniendo en cuenta el tiempo que dura cada actividad y los recursos necesarios para energizar las ternas averiadas. En las figuras 4, 5, 6 y 7 se muestra el estado actual, el perfil y la planimetría de cinco estructuras averiadas de las líneas Mantaro-Lima y Mantaro-Pachachaca-Callahuanca. A continuación mencionaremos algunas características generales de las torres mencionadas.

##### 4.2.1.- Características generales de tres torres línea Mantaro-Lima

Torre N° 230.- Torre de anclaje con ángulo de desviación de  $30^{\circ}41'40''$  ubicado a 3,552

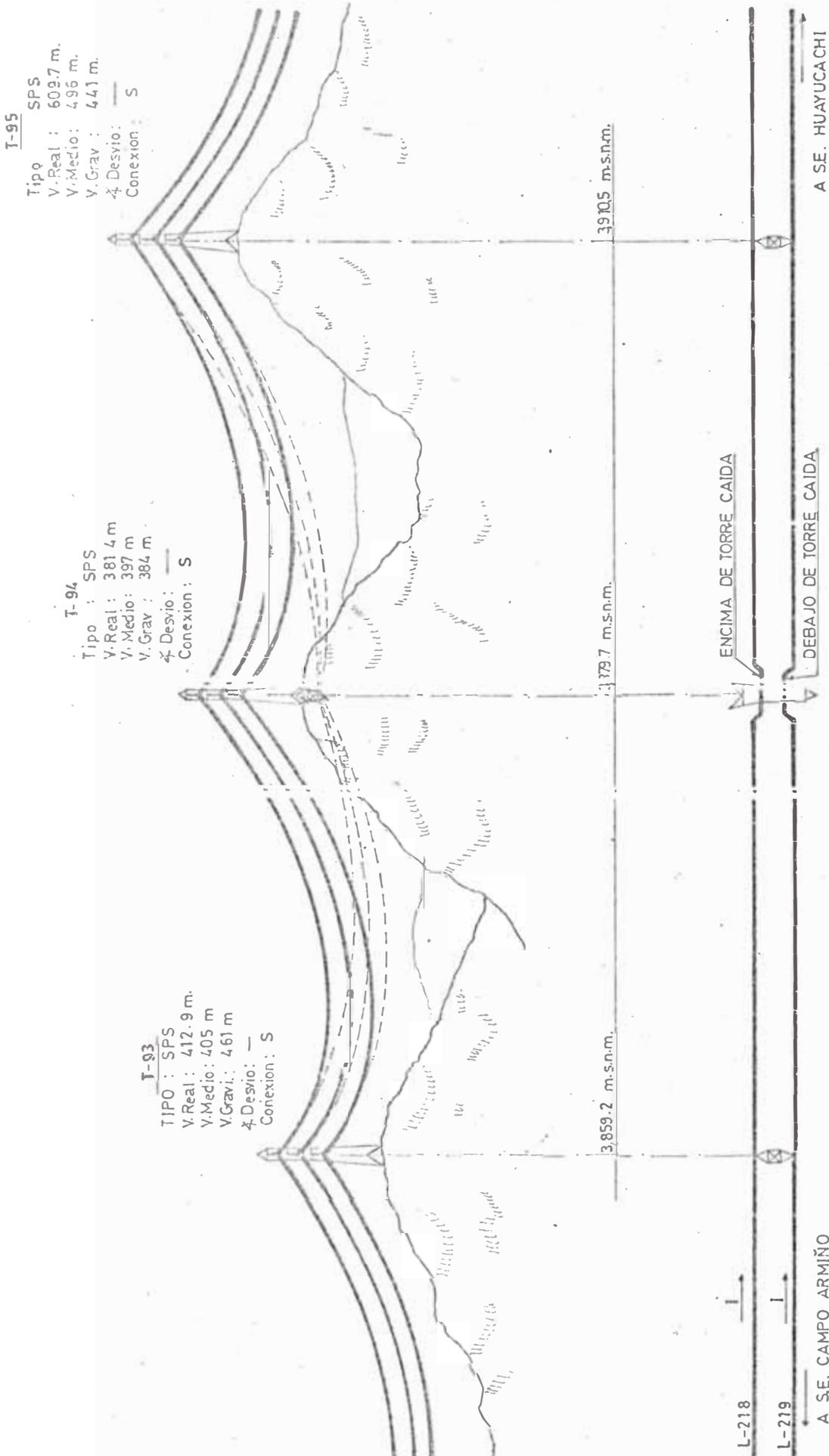


FIG N° 6 PERFIL Y PLANIMETRÍA DE ZONA SINISTRADA CON RECUPERACION PROVISIONAL SOBRE TORRE CAIDA - 2 TERMIAS LINEA MANTARO - PACHACHACA

m.s.n.m. La zona probable de instalación de postes provisionales de la L-202 se encuentra alejada unos 15 metros del eje de la línea y ligeramente más alto de su posición original, lo que incrementa los esfuerzos en esta ubicación. Por ser de bastante desviación es preferible el uso de un cuerpo de poste de fibra de vidrio de 9 metros o dos cuerpos de reticulado de 4.5 metros cada uno por fase. Ver Fig. 8 y justificación técnica en Item 5.5.1.

El poste a ubicarse en la L-201 acorta ligeramente el ángulo de desvío de la torre, lo que disminuye los esfuerzos a la instalación provisional. Como no se tiene espacio para instalar un by pass similar a la primera terna, se optará por usar un reticulado de tres cuerpos con la justificación técnica del caso igual a la que se muestra en la Fig. 9. Cabe resaltar que el esfuerzo de flexión es de mayor consideración que el de compresión para ambas ternas, los mismos que son anulados con los vientos a fijarse en esa posición.

Torre N° 364.- La posición física de la torre es en una cumbre a 4,906 m.s.n.m. y

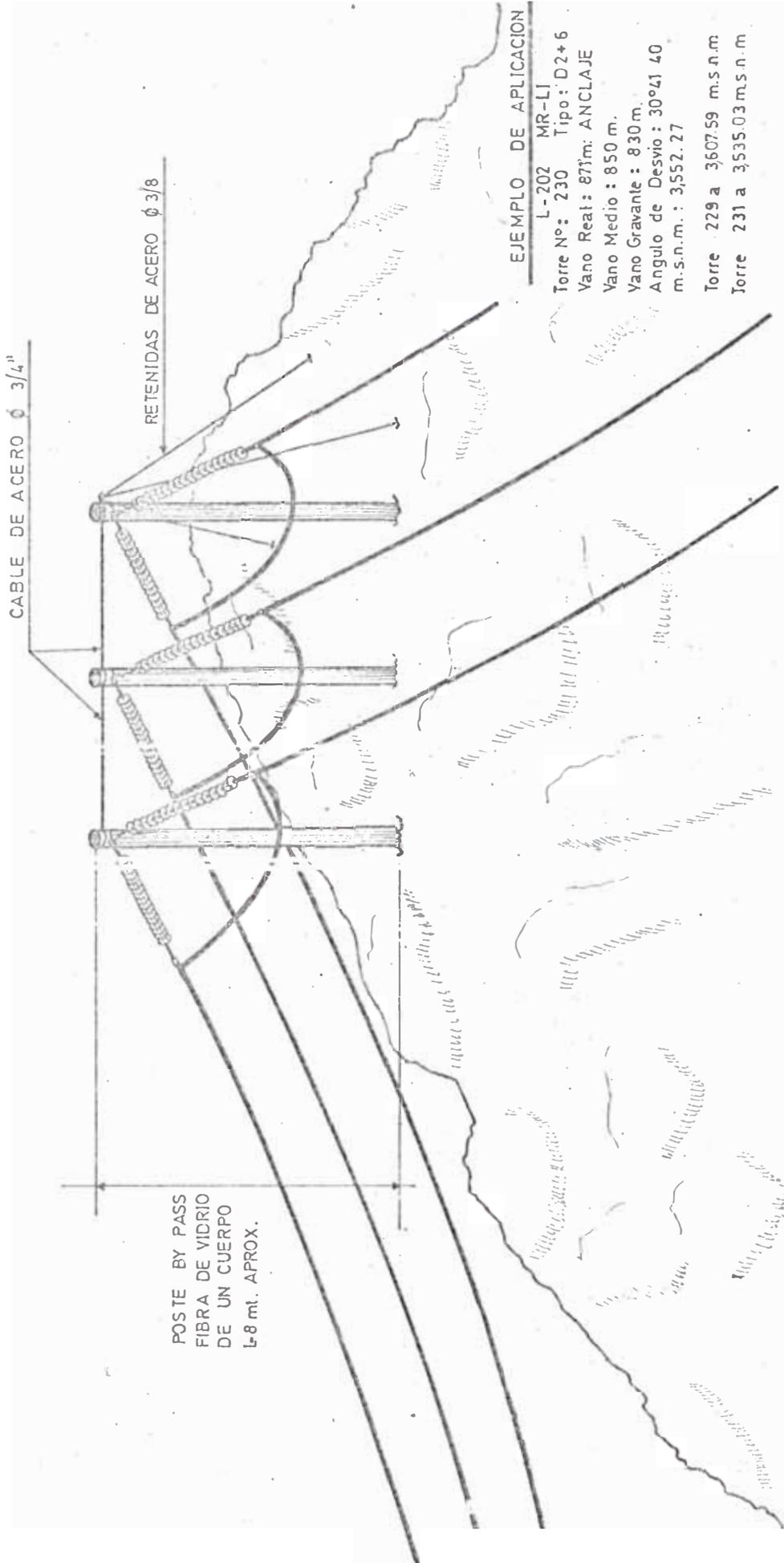


FIG N° 8 RECUPERACION PROVISIONAL TIPO ANCLAJE CON 3 POSTES BY PASS  
FIBRA DE VIDRIO

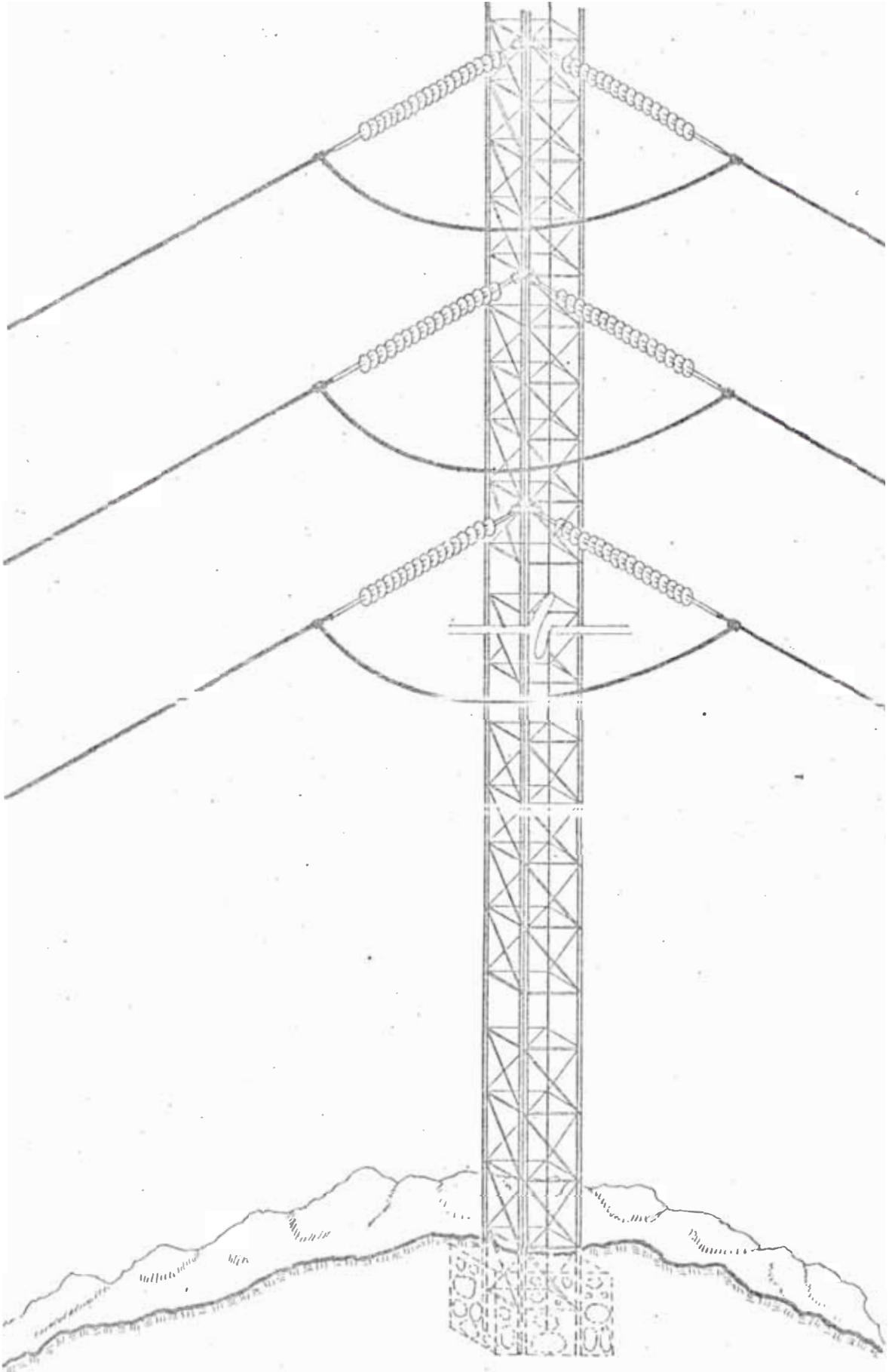


FIG Nº 9 RECUPERACION PROVISIONAL CON UNA TORRE  
RETICULADA TIPO ANCLAJE FUERA DE SU EJE

soporta los esfuerzos en mayor proporción que las torres de anclaje más cercanas que se ubican a 4,710 m.s.n.m. Esta torre de anclaje tiene un ángulo de desviación de  $6^{\circ}$  que hace que los esfuerzos de compresión sean de mayor consideración que los esfuerzos de flexión. Esta característica facilita el uso de soportes de mediana altura. Las estructuras que se vienen usando soportan mas de seis toneladas a la compresión sin que exista problemas de pandeo. Este esfuerzo ha sido aplicado a 23.5 metros de altura por lo que el uso de soportes de menor longitud garantiza su instalación. Estas consideraciones hacen que se pueda usar un poste de fibra de vidrio de dos cuerpos o un reticulado de cuatro cuerpos para el lado de la L-201, que estará ubicado a 15 metros del eje de la línea y a unos 10 metros por debajo del nivel de la torre original (ver Fig. 10). Para el lado de la L-202 se instalará una variante de la instalación provisional tipo bandera con dos postes de fibra de vidrio de un solo cuerpo que soporta los tres conductores. Esto se ha hecho porque al

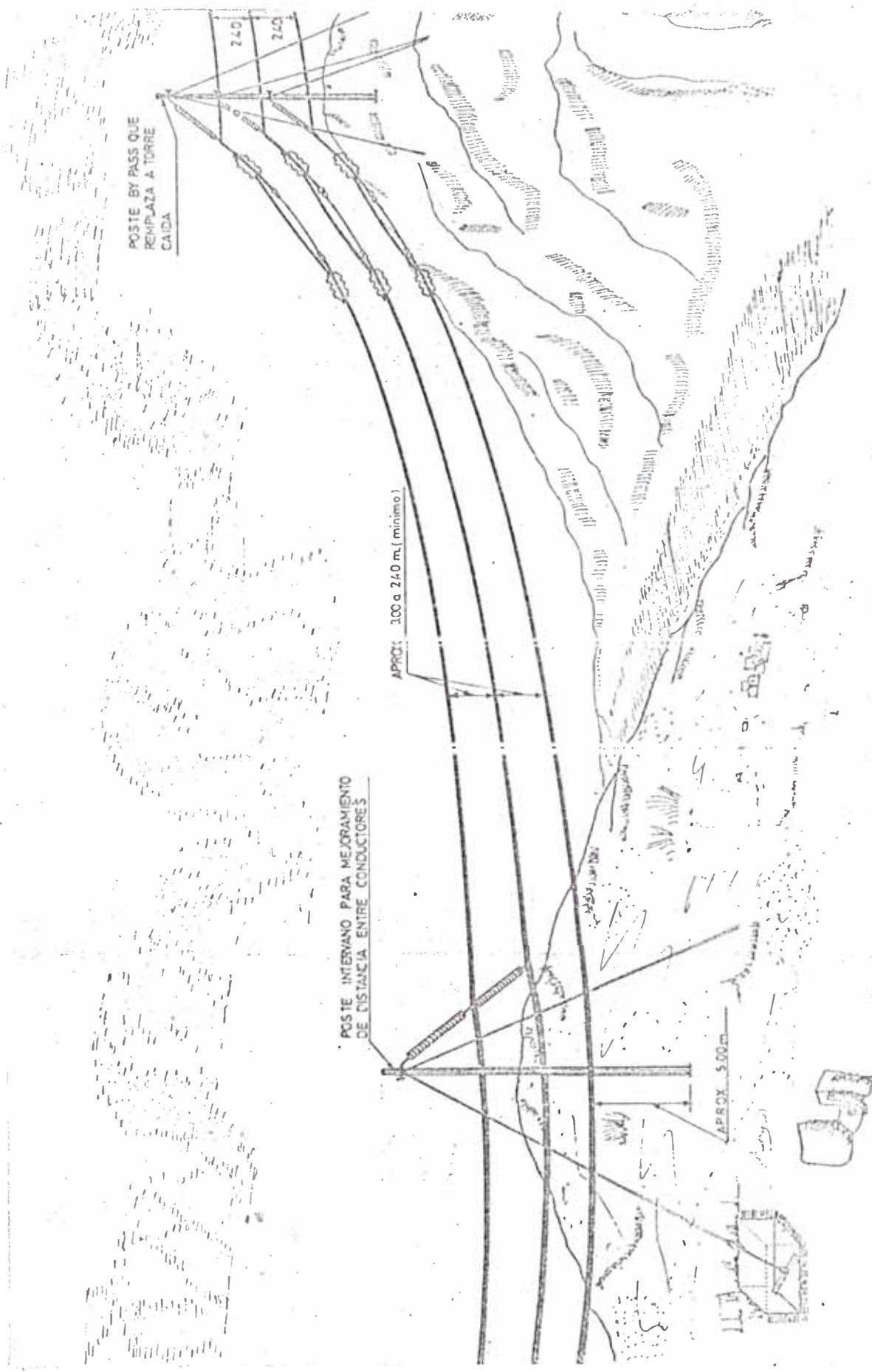


FIG. N°10 RECUPERACION PROVISIONAL TIPO BANDERA CON POSTE BY PASS DE FIBRA DE VIDRIO

ubicarse el poste a unos 15 metros del eje de la línea, dos conductores quedaron entre los postes by pass y el tercero sirvió de retenida para compensar los esfuerzos transversales (ver Fig.11).

Torre N° 369.- Torre de anclaje de 36 Ton., con ángulo de desvío de  $20^{\circ}02'$  que ha pesar de haber sido siniestrada en sus cuatro patas no se desplomó, sino se deslizó un metro aproximadamente en dirección axial y ligeramente desviada fuera de su eje. Para esta posición se programó apuntalamiento de la torre como recuperación de emergencia.

#### 4.2.2.- Características generales de una torre línea Mantaro-Pachachaca

Torre N° 094.- Torre de suspensión que al caer derribada para el lado de la L-219 quedó con los conductores de ambas ternas ligeramente elevados. Este alejamiento de la superficie del terreno en los vanos adyacentes indujo a que se aprovechara la misma estructura para tensionar las dos ternas sobre la torre caída. Para esto se tuvo que apuntalar la torre y fijar los conductores como se muestra en la Fig. 12.

#### 4.2.3.- Características generales de 1 torre línea

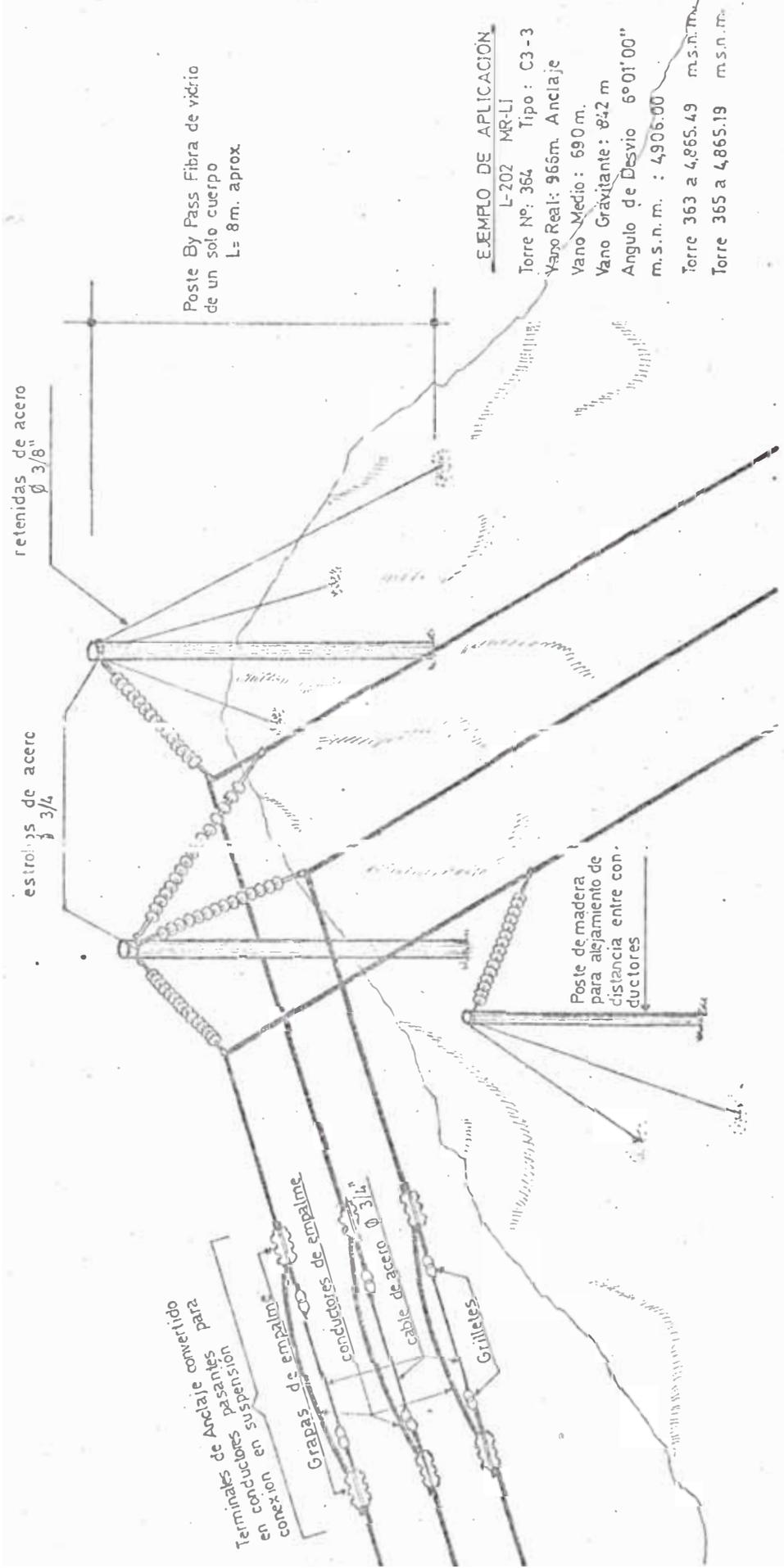


FIG. N°11 RECUPERACION PROVISIONAL TIPO BANDERA CON 2 POSTES BY PASS FIBRA DE VIDRIO

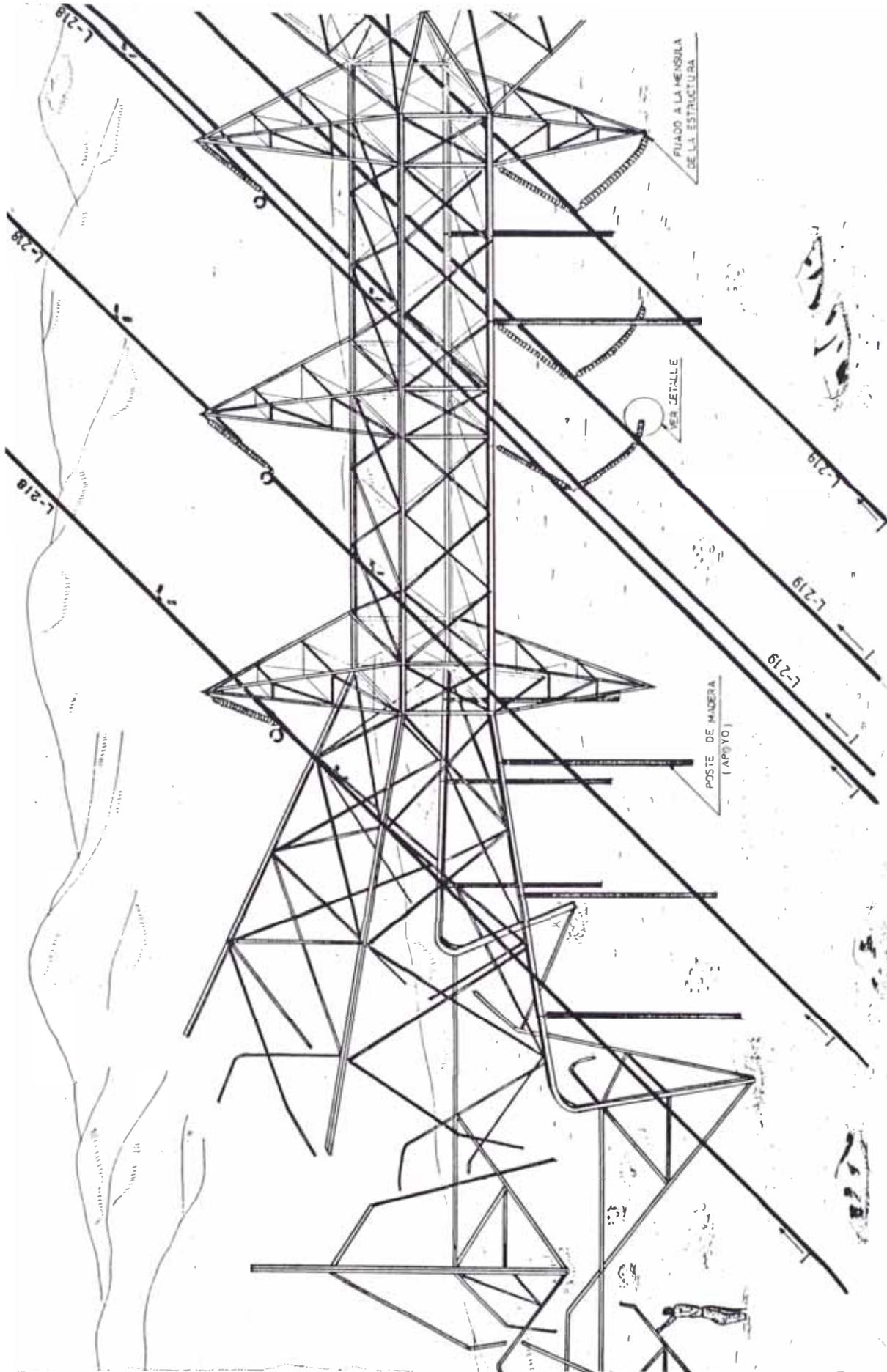


FIG Nº 12 RECUPERACION DE EMERGENCIA L-218/219 SOBRE TORRE CAIDA LINEA MANTARO - PACHACHACA

Fachachaca-Callahuanca

Torre N° 045.- Torre de muy difícil acceso, ubicada a 3,879.7 m.s.n.m., donde nieva la mayor parte del tiempo. Esta situación adicionada al perfil del terreno dificulta el transporte de materiales. Cabe señalar que los grandes vanos adyacentes y la topografía del terreno indujeron a que se utilizara el by pass tipo cerro, que no es otra cosa que usar como soporte la superficie del terreno. En la Fig. 13 se puede ver que dos fases de una terna han sido fijadas a la pata de la torre y a la base de un poste respectivamente, y la tercera fase ha sido fijada sobre la superficie del terreno. Algo similar se aplicó para la segunda terna.

Con los antecedentes antes mencionados procederemos a elaborar el programa de recuperación de las líneas en mención tal como se muestra en los pert siguientes.

4.2.4.- Descripción de las actividades

En todas las reparaciones las actividades que normalmente se realizan son las siguientes:

- Excavación de huecos para enterramiento

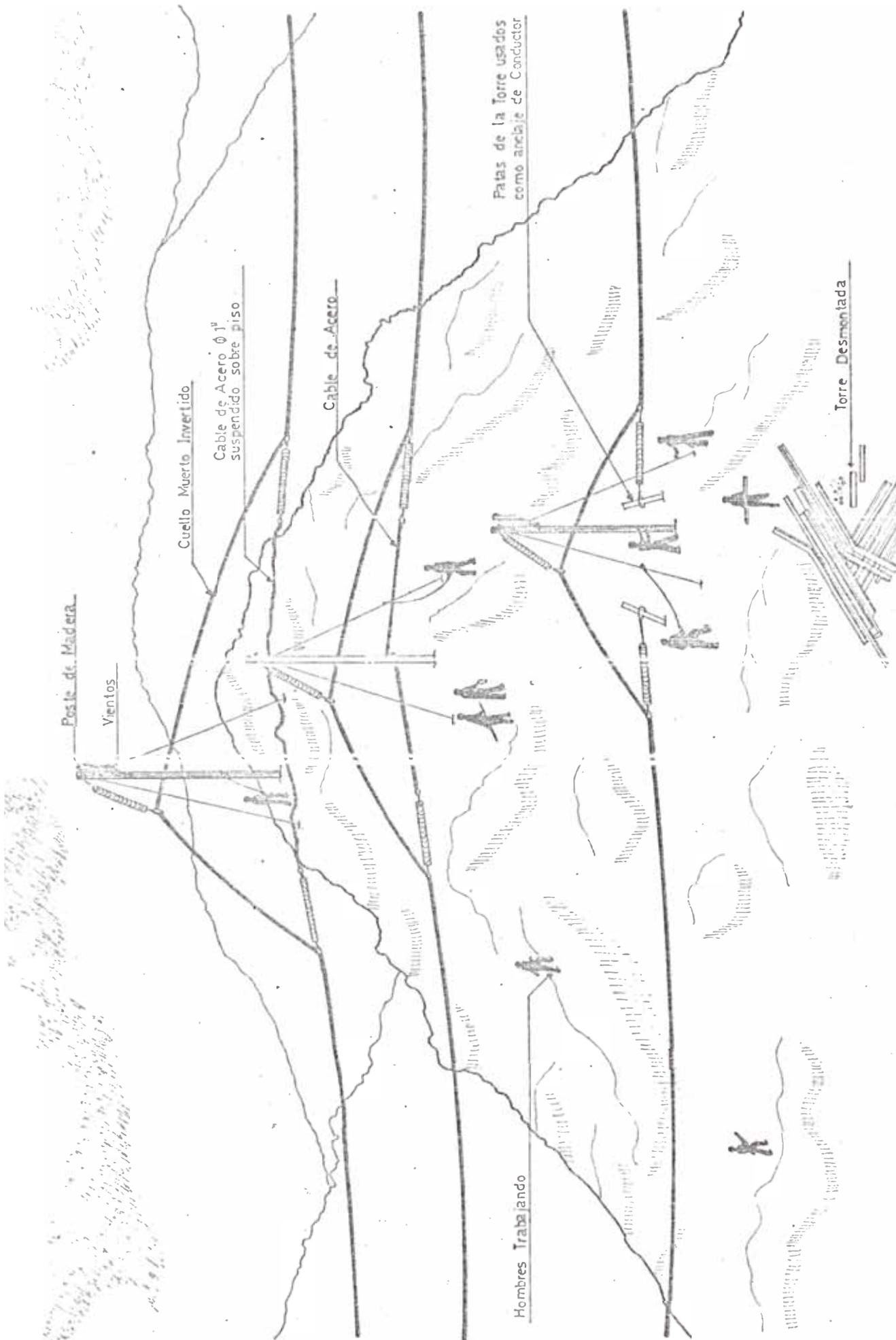


FIG N° 13 RECUPERACION PROVISIONAL DE UNA TERNA - BY PASS TIPO CERRO T-45 L-22: PACHACHIACA CALLAHUANCA

de durmientes y postes provisionales.

- Desmontaje de la torre e izado del poste.
- Liberación y alineamiento de conductores.
- Reparación de conductores.
- Izado de conductores al poste provisional.
- En algunos casos como en el by pass tipo cerro, se instalan cuellos muertos invertidos (C. M. I.).

#### 4.2.5.- Conformación de una brigada de reparación

Una brigada completa en términos promedios está constituida de la siguiente manera:

- Personal: 1 capataz y 16 oficiales.
- Vehículos: 01 camión unimog.  
01 camioneta doble tracción.  
01 camión D-300.
- Equipos y herramientas necesarias.

#### 4.2.6.- Conformación de una brigada para fabricación de reticulado

- Personal: 1 capataz y 10 oficiales.
- Equipos y herramientas necesarias.

Pert recuperación provisional L-201/202 en torres N° 230,

364 y 369 Línea Mantaro-Lima

<u>Item</u>	<u>Actividad</u>	<u>Ant</u>	<u>Sec</u>	<u>I.E.</u> (Hrs)
01	Mantenimiento de accesos L-201/202 T-230.	-	2,3	10
02	Traslado de equipos y herramientas a T-230 L-201/202.	1	5,6	04
03	Traslado de poste by-pass 3 cuerpos a T-230, L-202.	1	7,9	04
04	Fabricación de reticulado T-230, L-201.	-	9	20
05	Liberación y alineamiento de conductores L-202, T-230.	2	10,11	12
06	Excavación de huecos para by-pass T-230, L-202.	2	7,8	08
07	Izado de poste by-pass 3 cuerpos en T-230, L-202.	3,6	11	10
08	Excavación de huecos para reticulado T-230, L-201.	6	15	08
09	Traslado de reticulados a T-230, L-201.	3,4	15	04
10	Desmontaje, liberación y alineam. de conductores L-201, T-230.	5	14	16
11	Izado de conductores L-202 a by-pass T-230.	5,7	12,15	08
12	Instalación de puentes cambio de línea L-202 a L-201, T-332.	11	13	02
13	Energización de L-202.	12,28 35	18	-
14	Reparación de conductores L-201, T-230.	10	16	06
15	Izado de reticulado T-230, L-201.	8,9 11	16	08
16	Izado de conductores L-201 a reticulado T-230.	14,15	17	08
17	Retiro de puentes cambio de línea L-201/L-202, T-232.	16	18	02
18	Energización de L-201.	17,31 35	-	-
19	Mantenimiento de accesos T-364.	-	20,21	10
20	Traslado de equipos y herramientas a T-364.	-	22,23	06
21	Traslado de poste by-pass 2 cuerpos a T-364, L-201.	19	24,26	06
22	Liberación y alineamiento L-201, T-364.	20	25,28	10
23	Excavación de huecos para by-pass T-364, L-201.	20	26,27	08

24	Traslado de poste by-pass 2 cuerpos a T-364, L-202.	21	30	06
25	Desmontaje, liberación y alineam. L-202, T-364.	22	29	14
26	Izado de by-pass T-364, L-201.	21,23	28	08
27	Excavación de huecos para by-pass T-364, L-202.	23	30	08
28	Izado de conductores L-201 a by-pass T-364.	22,26	13,30	08
29	Reparación de conductores L-202, T-364.	25	31	06
30	Izado de poste by-pass 2 cuerpos en T-364, L-202.	24,27 28	31	08
31	Izado de conductores L-202 a by-Pass T-364.	29,30	18	08
32	Mantenimiento de accesos T-369.	-	33	10
33	Traslado de equipos y herramientas a T-269.	32	34	06
34	Excavación de huecos para apuntalamiento de T-369.	33	35	08
35	Apuntalamiento de T-369.	34	13,18	06

Se ha considerado día de 10 horas de trabajo.

Inicio de Actividades: Lunes 6:00 a.m.

Energización L-202 : Viernes 8:00 a.m.

Energización L-201 : Sábado 2:00 p.m.

Brigadas de fabricación de reticulados: 1

Brigadas de reparación : 3 (1/torre).

Pert recuperación provisional L-222/223 en Torre N°45  
con by pass tipo cerro línea Pachachaca-Callahuanca

<u>Item</u>	<u>Actividad</u>	<u>Ant</u>	<u>Sec</u>	<u>T.E.</u> (Hrs)
01	Mantenimiento de accesos T-45.	-	2,3	10
02	Trasl.de equipos y herram. a T-45.	1	4,5	08
03	Trasl.de poste de 3 cuerpos a T-45 L-222.	1	6,7	12
04	Desmont. Liberación y alineam. de conductores T-45 L-222.	2	9,10	20
05	Excavac. de huec.para cuello muerto invertido (C.M.I.) T-45 L-222.	2	7,8	12
06	Trasl. de poste de 3 cuerpos a T-45 L-223.	3	11	12
07	Izado de 3 cuerpos de p. T-45 L-222.	3,5	10	12
08	Excavac. de huec. para cuello muerto invertido (C.M.I.) T-45 L-223.	5	11	12
09	Desmont. Liberación y alineam. de conductores T-45 L-223.	4	13	20
10	Anclado de conduct. en postes by pass y conexión de C.M.I. T-45 L-222.	4,7	12	12
11	Izado de 3 cuerpos de p. T-45 L-223.	6,8	14	12
12	Energización L-222.	10	15	-
13	Reparación de conduct.T-45 L-223 .	9	14	06
14	Anclado de conduct. en postes by pass y conexión de C.M.I. T-45 L-223.	11,13	15	12
15	Energización L-223.	14	-	

Inicio de actividades : Lunes 6:00 a.m.

Energización L-222 : Domingo 10:00 a.m.

Energización L-223 : Martes 12:00 p.m.

Brigadas de reparación : 01(1/torre).

Pert recuperación de emergencia L-218/219 sobre T-94

caida Línea Mantaro- Pachachaca

<u>Item</u>	<u>Actividad</u>	<u>Ant</u>	<u>Sec</u>	<u>I.E.</u> (Hrs)
01	Trasl. de equipos y herram. a T-94.	-	3	2
02	Trasl. de postes y materiales a T-94.	-	3	2
03	Apuntalamiento de T-94.	1,2	4	12
04	Energización L-218/219.	3		-

Por tener la zona de trabajo buen clima se ha considerado día de 14 horas de trabajo

Inicio de actividades : Lunes 5:00 a.m.

Energización L-218/219 : lunes 7:00 p.m.

Brigadas de reparación : 01(1/torre).

En la figura N°17 se muestra la configuración de la primera terna reparada, nótese el puente que se usa para cambiar de terna. En la Figura N°18 se grafica el estado actual de las dos ternas **tensionadas** independientemente

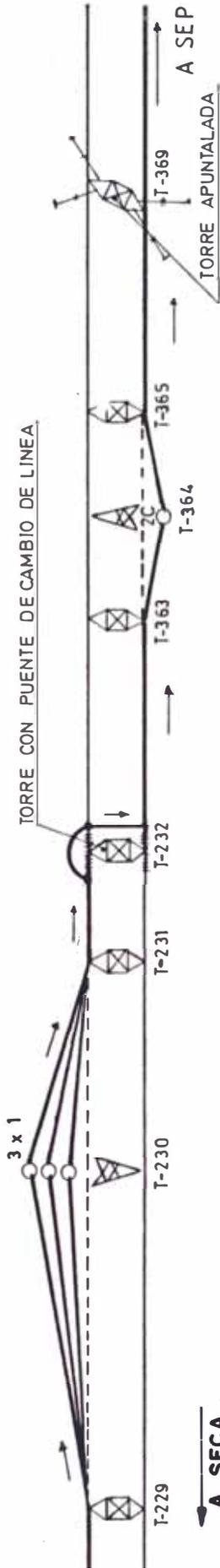


FIG N° 17 PLANIMETRIA DE UNA TERNA RECUPERADA PROVISIONALMENTE CON INSTALACION DE PUENTE DE CAMBIO DE TERNA.

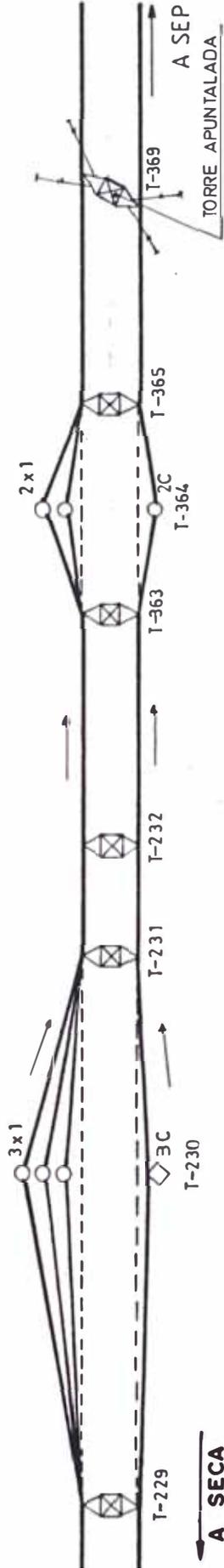


FIG N° 18 PLANIMETRIA DE 2 TERNAS DE UNA LINEA RECUPERADAS PROVISIONALMENTE.

## CAPITULO 5

### JUSTIFICACION TECNICA DE LA REPARACION PROVISIONAL

#### 5.1.- Premisas

- Se trata de recuperar el servicio de la línea colapsada sin reemplazar en forma exacta las condiciones iniciales de diseño de la torre original. Por lo general se tendrá que recurrir a la aplicación de vientos para compensar las cargas mecánicas que se presentan.
- La recuperación debe efectuarse en el menor tiempo posible lo que obliga a usar un sistema By Pass para su reparación.
- La topografía determina el tipo de By Pass a ser instalado. Puede usarse el By Pass de anclaje o el tipo bandera donde las tres fases de una terna son sostenidos por un poste de fibra de vidrio o reticulado. También se aplican algunas variantes de esta modalidad, como usar un cuerpo de poste de

fibra de vidrio por fase o dos cuerpos por terna como se ve en las figuras N° 8,9,10,11,19 20.

En algunos casos se usa el reticulado tipo suspensión con aisladores rígidos(Fig.21) o la recuperación de emergencia sobre torre caída (Fig.N°12). Sólo en casos muy extremos se instala el By Pass tipo Cerro que se muestra en la Fig.N° 13.

- No se instala el cable de guarda de la torre original en el poste provisional porque es necesario realizar un nuevo trazado de la línea.

- El variado clima de la zona no permite una fijación definitiva de las retenidas que sostienen la instalación provisional. Esto ocurre sobre todo en la época de lluvia donde los durmientes son removidos por aflojamiento del terreno. Como es inmediata la reparación no se puede fijar con concreto los durmientes por que el traslado de agregados para la mezcla y el proceso de endurecimiento son lentos.

- Con la finalidad de dejar libre la torre siniestrada para su reparación definitiva, el poste se instala en posiciones cercanas a ella de tal manera que no impida las intervenciones posteriores

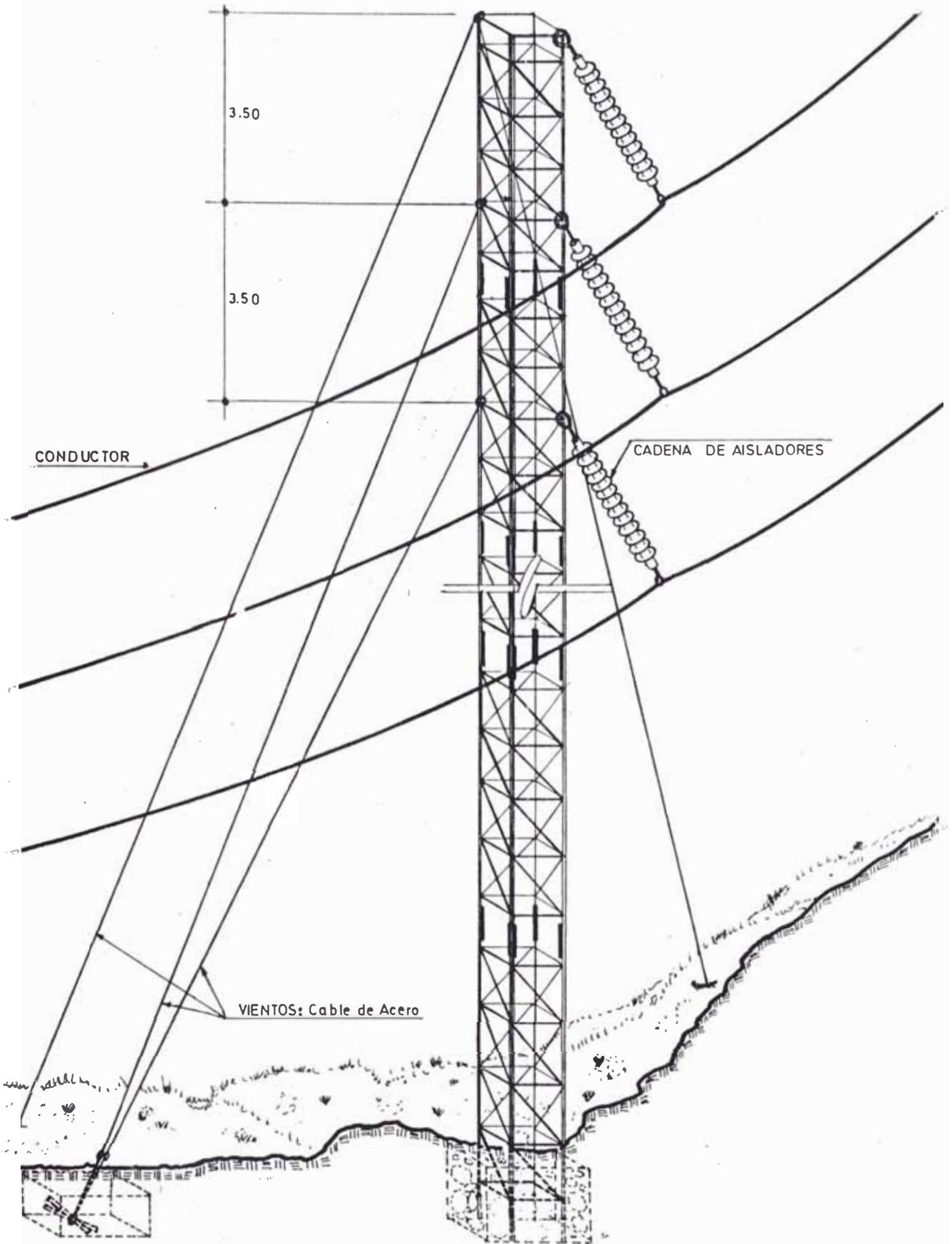


FIG. Nº 19 TORRE RETICULADA TIPO BANDERA

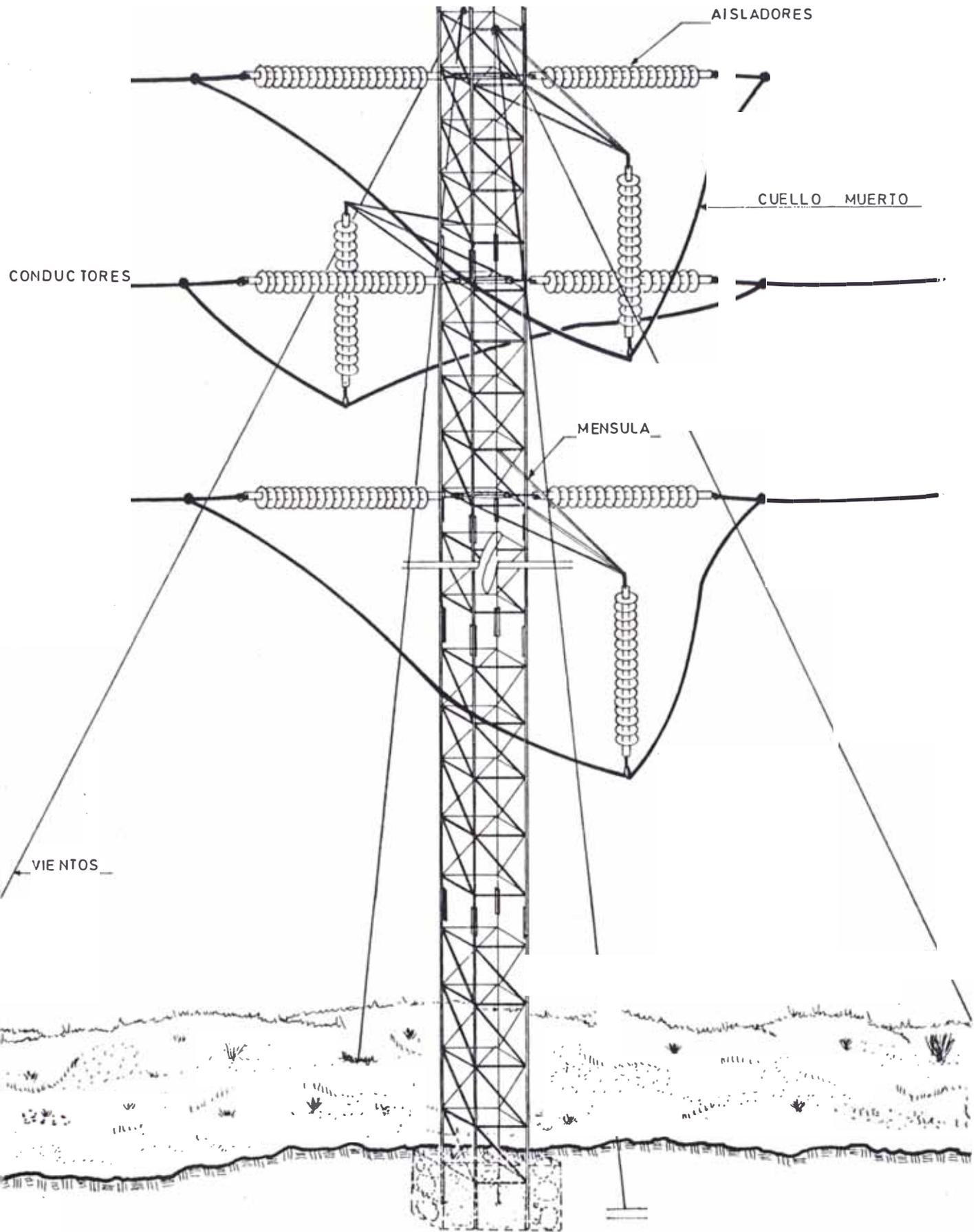


FIG. Nº 20 TORRE RETICULADA TIPO ANCLAJE EN EL EJE DE LA LINEA.

5.2.- Características de diseño de una torre original

A continuación mostraremos las características de diseño de una torre de anclaje tipo D en doble terna que han sido reemplazadas por instalaciones provisionales. En la Fig.Nº 22 se muestra las características de los conductores ACSR y cables de guarda que se usa en esta línea.

5.2.1.- Características de empleo de la torre

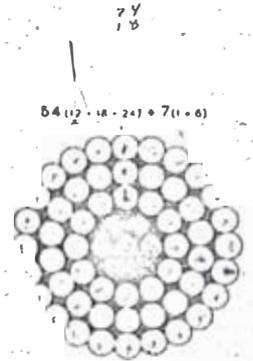
Zona : 4,500 m.s.n.m.  
Vano Medio : 420 mts.  
Vano gravante : 1900 mts.  
Vano máx. real : 1,250 mts.  
Angulo : 60°/2.  
Presión del viento : 45 Kg/mts².  
Tensión máxima en el conductor : 4,400 Kg.  
Tensión máxima en el c. de guarda:1,500 Kg.

5.2.2.- Cargas transversales

Viento sobre el conductor :  
45Kg/mt²\*420mt\*0.03168..... = 599Kg  
Viento sobre la cadena de aisladores=120Kg  
Angulo : sen30°\*4,400Kg.....= 2,200Kg  
-----  
Total = 2,919Kg  
  
Viento sobre el c. de guarda :  
45Kg/mt²\*420mt\*0.0105Kg.....= 199Kg  
Angulo : sen30°\*1,500Kg.....= 750Kg  
-----

- MATERIAL		AL-AC
- FORMACION		(54+7)x3.515
- SECCION ALUMINIO	mm <sup>2</sup>	523.7
- SECCION ACERO	mm <sup>2</sup>	67.9
- SECCION TOTAL	mm <sup>2</sup>	591.6
- DIAMETRO	mm.	31.68
- PESO TEORICO TOTAL	Kg/m.	1.990
- CARGA DE RUPTURA MINIMA	Kg.	16,600
- MOD. DE ELAST. FINAL	Kg/mm <sup>2</sup>	6,850
- MOD. DE ELAST. INICIAL	Kg/mm <sup>2</sup>	5,150
- COEFICIENTE DE DILAT.LINEAR		19.35x10 <sup>-6</sup> /°C
- RESISTENCIA ELECT. A 20°C	Ω /Km.	0.05527

CURLEW

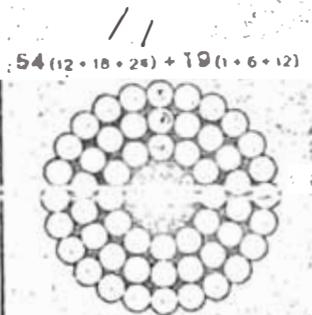


PARA ZONA 0 - 4500 m.

CONDUCTOR

- MATERIAL		AL-AC
- FORMACION		(54x3,9) + (19x2.34)
- SECCION ALUMINIO	mm <sup>2</sup>	644.5
- SECCION ACERO	mm <sup>2</sup>	81.
- SECCION TOTAL	mm <sup>2</sup>	726.2
- DIAMETRO	mm.	35.1
- PESO TEORICO TOTAL	Kg/m.	2.433
- CARGA DE RUPTURA MINIMA	Kg.	20,200
- MOD. DE ELAST. FINAL	Kg/mm <sup>2</sup>	6,500
- MOD. DE ELASTIC. INICIAL	Kg/mm <sup>2</sup>	4,850
- COEFICIENTE DE DILAT.LINEAR		19.26 x 10 <sup>-6</sup> /°C
- RESISTENCIA ELECT. A 20°C	Ω /Km.	0.0449

PHEASANT



CONDUCTOR

PARA ZONA > 4500 m.

LINEAS MR-LI Y MR-PI  
CARACTERISTICAS CONDUCTORES ACSR  
Y CABLES DE TIERRA

Total = 949Kg

5.2.3.- Cargas Verticales

Peso del conductor :

1.99Kg/mt\*1900mts.....= 3,781Kg

Peso de la cadena de aisladores..= 300Kg

-----  
Total = 4,081Kg

Peso del c. de guarda :

0.54Kg/mt\*1,900mt.....Total = 1,026Kg

5.2.4.- Cargas longitudinales

Conductor.....Total = 4,400Kg

Cable de guarda.....Total = 1,500Kg

5.3.- Características de trabajo del reticulado

La torre reticulada que se viene usando consta de cuerpos modulares fáciles de ensamblar. Dependiendo de las condiciones topográficas del terreno, se usan unidades compuestas por tres, cuatro ó cinco cuerpos de 4.5 - 5 mts. cada uno. En las figuras N°23 y 24 se muestra un cuerpo de reticulado con su despiece correspondiente. El traslado es fácil porque se realiza en **pequeños** paquetes modulares. El ensamble es rápido y su izado no presenta tendencia a la flexión durante la maniobra.

5.3.1.- Especificaciones técnicas del material





usado

- Los perfiles a ser usados deben ser de acero de alta resistencia DIN 17100 ST52.
- Esfuerzo de rotura Mínimo ( $\sigma_r$ ): 52Kg/mm<sup>2</sup>
- Límite de fluencia ( $\sigma_y$ ) : 36Kg/mm<sup>2</sup>
- Los pernos serán de alta resistencia grado 5.
- El cable usado como viento será de acero galvanizado de 3/8" de diámetro.
- Esfuerzo de rotura mínimo  $\sigma_r$  : 70 Kg/mm<sup>2</sup>

5.3.2.- Pruebas reales realizadas

Basicamente son dos las pruebas realizadas:

5.3.2.1.- Prueba de desplazamiento y deformación

Esta prueba consiste en aplicar una fuerza axial al eje del reticulado con la finalidad de garantizar la capacidad a la compresión que tiene la estructura.

El reticulado que se viene usando ha sido probado con 6 toneladas a la compresión sin que exista deformación alguna tal como se muestra en la

Fig.Nº25. Este reticulado se puede aplicar para reemplazar una terna de las torres más pesadas como las tipo D mostradas en el Item 5.2 que están diseñadas para soportar cargas de aproximadamente 3 Ton/fase.

A continuación mostramos los valores de deformación porcentual de la prueba realizada.

ZONA	DESPLAZAMIENTO (mm)		DEFORMACION %
	TEORICO	REAL	$\frac{(D.TEORIC - D.REAL) * 100}{600}$
1-1' / 1-1"	23	23	0
2-2' / 2-2"	18	12	1
3-3 / 3-3'	13.212	8	0.8
4-4' / 4-4"	8.319	5	0.5
5-5' / 5-5"	3.425	3	0.07

Conclusión: Satisfactoria deformación menor de 1% .

#### 5.3.2.2.- Prueba con cargas externas

Esta prueba simula los esfuerzos reales que soporta la estructura. En la Fig. 26 se muestra la disposición de la

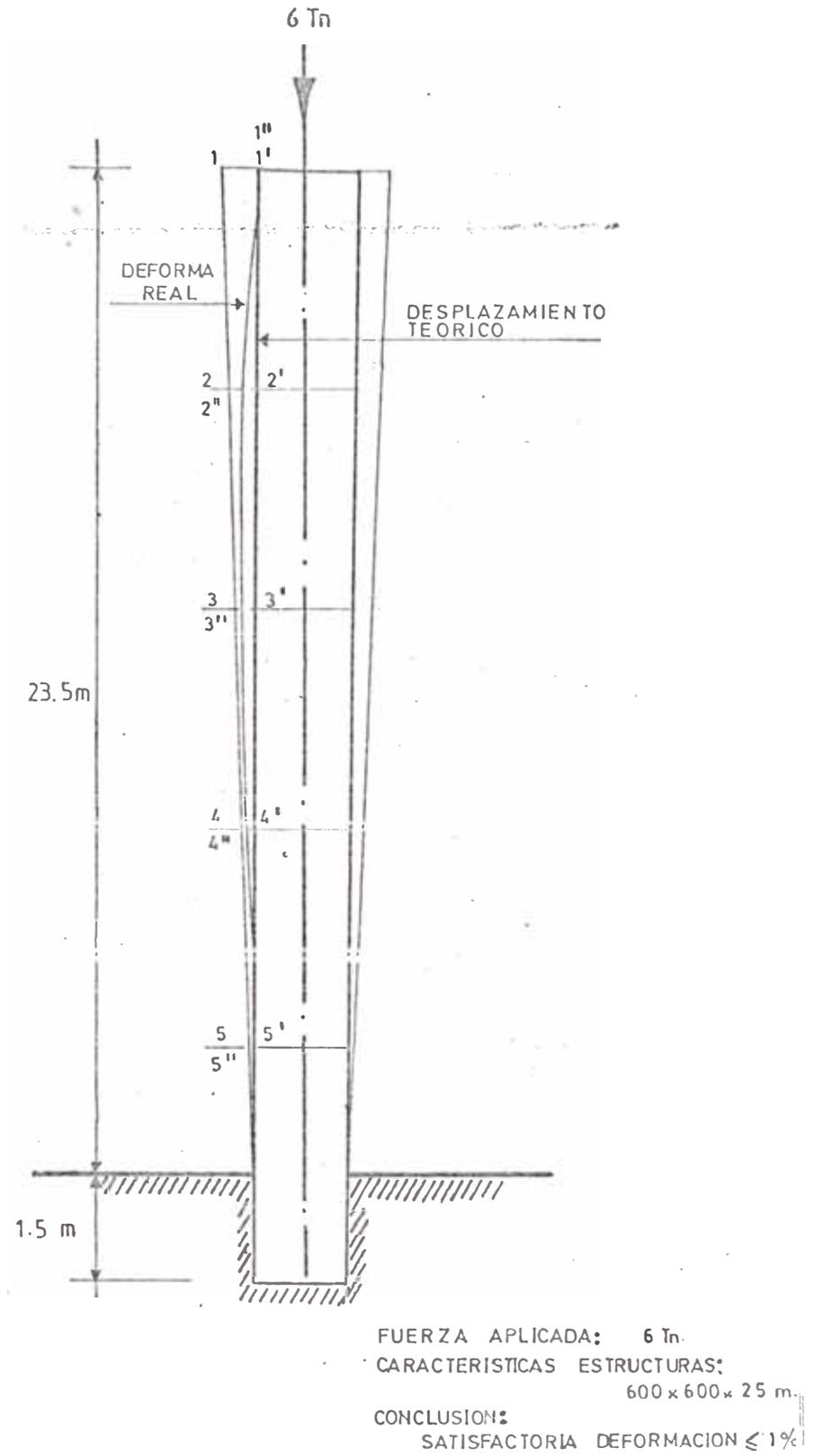


FIG. Nº 25 PRUEBA DESPLAZAMIENTO Y DEFORMACION

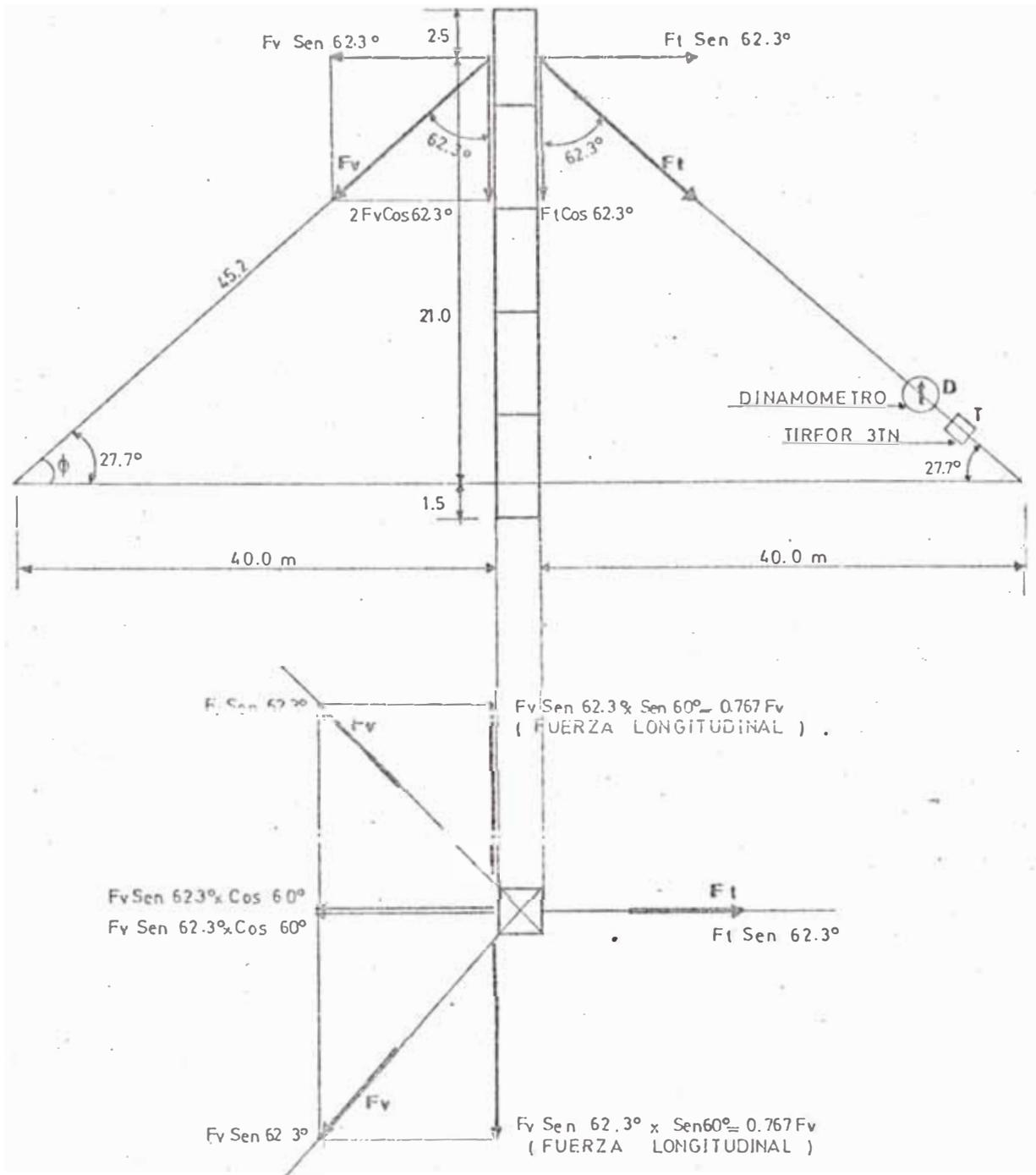


FIG. N° 26 TORRE RETICULADA  
 ESFUERZO REAL CON 6.138 TN

estructura con la aplicación de una carga externa. La leyenda es la siguiente:

Ft = Fuerza de tiro en ton.

Fv = Fuerza sobre el viento.

Fc = Fuerza de compresión  
sobre la estructura.

D = Dinamómetro 0-5000 Kg.

T = Tirfor de 3 Ton.

Cable de 3/8" diám. usado como viento.

Durmientes enterrados a 1.50 mts de profundidad.

Nota de cálculo.- Condición de equilibrio por fuerzas transversales:

$$2Fv * \text{Sen}62.3^\circ * \text{Cos}60^\circ = Ft * \text{Sen}62.3^\circ$$

$$Fv = Ft$$

- Condición de equilibrio por fuerzas longitudinales:

$$0.767 * Fv = 0.767 * Ft$$

- Condición de equilibrio a la compresión:

$$Fc = 2 * Fv * \text{Cos}62.3^\circ + Ft * \text{Cos}62.3^\circ$$

$$Fc = 2 * Ft * \text{Cos}62.3^\circ + Ft * \text{Cos}62.3^\circ$$

$$Fc = 3 * Ft * \text{Cos}62.3^\circ$$

$$F_c = 1.375 F_t$$

Teniendo como parámetro la prueba de desplazamiento y deformación se aplicó cargas externas en forma gradual obteniéndose los siguientes resultados:

Cargas Resultantes

<u>Ft(Ton)</u>	<u>Fv(Ton)</u>	<u>Fc(Ton)</u>
1.0	1.0	1.375
2.0	2.0	2.79
3.0	3.0	4.185
3.5	3.5	4.883
4.0	4.0	5.58
4.4	4.4	6.138

Alcanzado las 6 Ton. que se aplicó en la prueba de deformación, se culminó la experiencia quedando garantizado el uso del reticulado para estas condiciones. Asimismo el cable de 3/8" de diám. usado como viento garantiza su aplicación con 4.4 Ton. para estas condiciones.

#### 5.4.- Características de trabajo del poste by pass fibra de vidrio

Este sistema ha sido empleado desde que se presentaron por primera vez los siniestros en el sistema interconectado centro norte. Normalmente consta de tres cuerpos modulares ensamblados entre sí con tubos interiores y medias abrazaderas de tubo Standard para fijación exterior. En la Fig.27 se muestra las características del poste y el embone para su armado correspondiente. Son fáciles de transportar y ensamblar y a cumplido exitosamente en todas las reparaciones provisionales donde ha sido usado indistintamente con uno, dos o tres cuerpos de acuerdo a la necesidad de la zona.

##### 5.4.1.- Especificaciones Técnicas

El poste fibra de vidrio presenta las siguientes especificaciones técnicas:

- Material: Fibra vidrio MAT-WOVEN ROVING
- Resistencia a la flexión :  $3,300 \text{ Kg/cm}^2$
- Resistencia a la tensión :  $2,030 \text{ Kg/cm}^2$
- Resistencia al corte :  $1,015 \text{ Kg/cm}^2$
- Densidad :  $1.6 \text{ gr/cm}^3$
- Peso poste de 3 cuerpos : 1,500 Kg.  
(Incluye accesorios metálicos)
- Propiedad eléctrica : Aislante

- Dimensiones del poste :

  - Cuerpo superior 12 Mts.
  - Cuerpo Medio 9 Mts.
  - Cuerpo inferior 9 Mts.

- Sección :

  - Diámetro interior : 355 mm.
  - Espesor de la pared : 22 mm. aprox.

- Acabado de la superficie : Capa exterior recubierta con película protectora de los rayos solares (ultravioleta).

#### 5.4.2.- Consideraciones de diseño

Vamos a calcular la carga sin vientos que soporta el poste cuando está ensamblado con tres y dos secciones respectivamente (Fig 28).

##### 5.4.2.1.- Tres secciones sin vientos

Carga en la punta

$$P_1 = \frac{\pi * S * (D^4 - d^4)}{32 * L * D} \quad \dots \text{ Kg.}$$

S = Carga a la flexión (1.650 Kg/cm<sup>2</sup>) por usar coeficiente de seguridad 2.

L = Longitud neta del poste en la punta 2,640 cms.

D = Diámetro exterior del poste en el empotramiento 40.5 cms.

d = Diámetro interior del poste

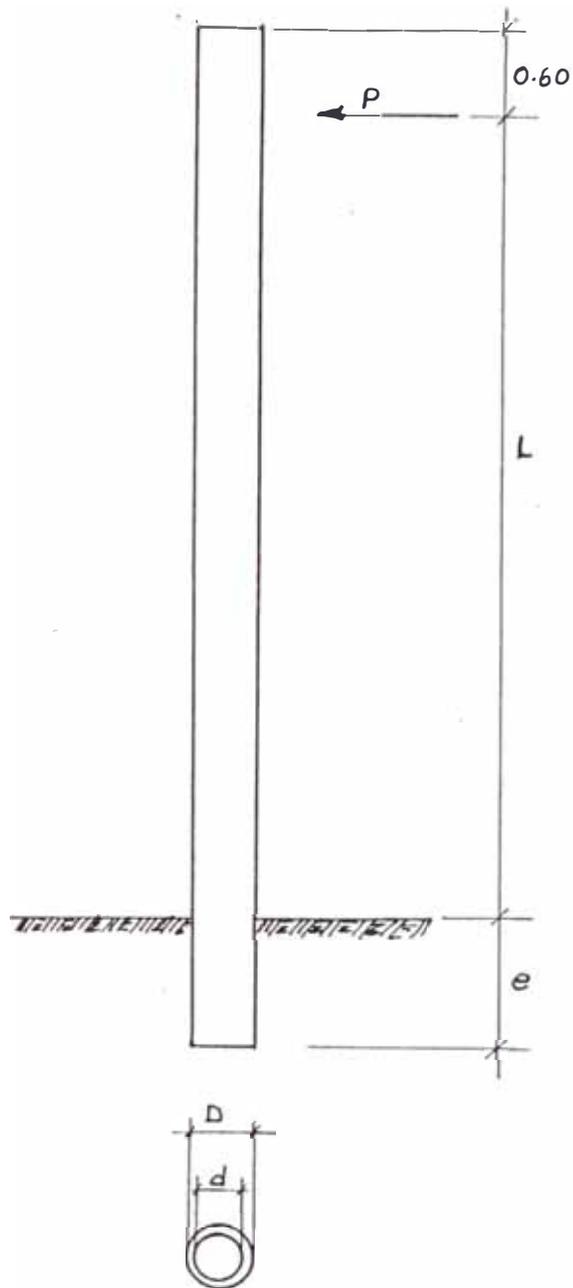


Fig. N° 28 CONSIDERACIONES DE DISEÑO DEL POSTE FIBRA DE VIDRIO

en el empotramiento 35.4 cms.

e = Empotramiento 300 cm.

$$P1 = \frac{\pi * 1.650 * (40.5^4 - 35.5^4)}{32 * 2640 * 40.5}$$

P1 = 1,670 Kgs.

El poste de tres secciones diseñado sin vientos resiste una carga en la punta de 1,670 Kgs.

#### 5.4.2.2.- Dos secciones sin vientos

Con un cuerpo menos las características para diseñar el poste son las siguientes :

L = 1,820 cms.

D = 40.5 cms.

d = 35.5 cms.

e = 200 cms. La carga sin vientos que soporta es:

$$P1 = \frac{\pi * 1.650 * (40.5^4 - 35.5^4)}{32 * 1,820 * 40.5}$$

P1 = 2,420 Kgs.

#### 5.5.- Cálculo de esfuerzos en postes de fibra de vidrio

Con la finalidad de mostrar los criterios que se toman en cuenta para hacer uso de algún tipo de by pass, a continuación mostraremos el cálculo

realizado para fijar una terna en instalación tipo pórtico y en poste de tres cuerpos para el caso de conductores en alineamiento y con ángulo de desviación.

#### 5.5.1.- Simple terna en by pass tipo Pórtico

Se ha tomado como ejemplo la reparación de una torre de la línea Mantaro Lima similar a la que se muestra en la Fig.8.

##### - Datos

Peso del conductor : 1.99 Kg/mt.

Diámetro : 31.68 mm.

Vano medio : 850 Mts.

Angulo de desvío ( $\theta$ ) : 30°

Tiro máx. de tensado : 4,100 Kgs.

El diagrama de cargas para el cálculo correspondiente se muestra en la Fig.29.

##### Cálculos preliminares

- Fuerza del viento sobre el poste ( $F_{vp}$ )

$$F_{vp} = \frac{P * L * (d_1 + D)}{2}$$

P = 4.5 g/cm<sup>2</sup>. Presión del viento.

L = 1020 cms. Altura neta del poste.

d1 = 35 cms. Diámetro del poste en la punta.

D = 40.5 cms. Diámetro del poste en el empotramiento.



$$F_{vp} = \frac{4.5 \cdot 1020 \cdot (35 + 40.5)}{2} = 173,273 \text{ gr}$$

$$F_{vp} = 173 \text{ Kgs.}$$

- Fuerza del viento sobre los conductores y cadena de aisladores (Fv)

$$F_v = F_{vc} + F_{va} \text{ donde :}$$

F<sub>vc</sub> = Fuerza del viento sobre los conductores.

$$F_{vc} = 0.01 \cdot P \cdot d \cdot a$$

d = Diámetro del conductor 31.68 mm.

a = 850 Mts. Vano medio.

$$F_{vc} = 0.01 \cdot 4.5 \cdot 31.68 \cdot 850$$

$$F_{vc} = 1,212 \text{ kgs.}$$

F<sub>va</sub> = Fuerza del viento sobre la cadena de aisladores y accesorios

$$F_{va} = 120 \text{ Kgs. (Diseño de la línea).}$$

$$\text{Reemplazando : } F_v = 1,212 + 120 = 1,332 \text{ Kg.}$$

- Fuerza Transversal por cambio de dirección de la línea (Tc)

$$T_c = 2 \cdot T \cdot \text{Sen} \theta / 2$$

Donde : T = 4,100 Kg. y  $\theta = 30^\circ$

$$T_c = 2 \cdot 4,100 \cdot \text{Sen} 30^\circ / 2$$

$$T_c = 2,122 \text{ Kgs.}$$

- Cargas verticales (P)

$$P = W + W_p \text{ donde :}$$

W = Peso de los aisladores y

conductores.

Peso de cadenas de aisladores = 280 Kg.

Peso del conductor :

$$1.99\text{Kg./Mt.} \cdot 850\text{Mts.} = 1,692 \text{ Kg.}$$

$$\underline{\hspace{10em}} \\ W = 1,972 \text{ Kg.}$$

$W_p$  = Peso del poste : 500 Kgs. Aprox.

Reemplazando :

$$P = 1,972 + 500 = 2,472 \text{ Kgs.}$$

#### Desarrollo del diagrama de cargas

- Momentos por cargas transversales  
respecto al empotramiento

Nudo 1 :

-  $\Sigma$ Momentos respecto de A = 0

$$T_1 \cdot L = (2T \cdot \text{Sen}\theta/2 + F_v)L + F_{vp} \cdot L/2$$

$$T_1 = 2T \cdot \text{Sen}\theta/2 + F_v + F_{vp}/2$$

$$T_1 = 2,122 + 1,332 + 173/2$$

$$T_1 = 3,540 \text{ Kgs.}$$

-  $\Sigma$ Fuerzas en el eje Y = 0

$$F_{1y} = W + W_p = 2,472 \text{ Kgs.}$$

Nudo 2 :

-  $\Sigma$ Momentos respecto de B = 0

$$T_2 \cdot L = (2T \cdot \text{Sen}\theta/2 + F_v + T_1)L + F_{vp} \cdot L/2$$

$$T_2 = 2T \cdot \text{Sen}\theta/2 + F_v + T_1 + F_{vp}/2$$

$$T_2 = 2,122 + 1,333 + 3,540 + 173/2$$

$$T_2 = 7,081 \text{ Kgs.}$$

-  $\Sigma$ Fuerzas en el eje Y = 0

$$F_{2y} = W + W_p = 2,472 \text{ Kgs.}$$

Nudo 3 : (Vientos igualmente tensados)

-  $\Sigma$ Momentos respecto de C = 0

$$Tr(\text{Sen}60^\circ + 2\text{Sen}60^\circ * \text{Sen}60^\circ)L = (2T\text{Sen}0/2 + F_v + T_3)L + F_{vp} * L/2$$

$$Tr\text{Sen}60^\circ(1 + 2\text{Sen}60^\circ) = 2,122 + 1,333 + 7,081 + 173/2$$

$$Tr = 5,498 \text{ Kgs.}$$

-  $\Sigma$ Fuerzas en el eje Y = 0

$$F_{3y} = W + W_p + 3Tr\text{Cos}60^\circ$$

$$F_{3y} = 2,472 + 3 * 5,498 * \text{Cos}60^\circ$$

$$F_{3y} = 10,719 \text{ Kgs.}$$

- Cálculo de las retenidas

De los cables existentes en el mercado, el viento que corresponde 5,498 Kgs. es de 3/4" de diámetro con 17,200 Kgs. de tiro de rotura.

El coeficiente de seguridad es :

$$Cs = \frac{T(\text{rotura})}{Tr(\text{trabajo})} = \frac{17,200 \text{ Kgs.}}{5,498 \text{ Kgs.}} = 3.1$$

$Cs = 3.1 > 2.5$  que es lo recomendado.

Como no es usual utilizar cables de vientos gruesos porque no son manuales, lo recomendable es usar dos vientos de menor sección en cada la o.

Su Tr sería :  $5,498 \text{ Kgs.} / 2 = 2,749$  Kgs. y le corresponde un cable de 7/16" de diámetro que tiene 6,591 Kgs. de tiro

de rotura.

El Cs sería :  $6,591/2,749 = 2.4$

que está cerca a lo recomendado.

- Cálculo del cable que amarra los postes  
A T3 = 7,081 Kgs. le corresponde un cable de 3/4" de diám. con 17,200 Kgs. de tiro de rotura. Su Cs sería :

$$Cs = 17,200 / 7,081 = 2.43$$

que satisface lo recomendado.

- Coef.de esfuerzo a la compresión ( $\sigma$ )

$$= Fct(1+k*h^2A/u*I)/A \quad \text{Kg/mm}^2$$

Fct = F3y = 10,719 Kgs. Esfuerzo de compresión total sobre el poste.

$$A = \pi( D^2 - d1^2 )/4 \quad \text{mm}^2$$

D = 40.5 cms. Diámetro exterior del poste en el empotramiento

d1 = 35.5 cms. Diámetro interior del poste en el empotramiento

$$A = \pi(40.5^2 - 35.5^2)/4 = 298.5 \text{ cm}^2.$$

u = 0.25 depende del modo de fijación del poste un extremo libre y el otro empotrado.

K = 0.011 aprox. Coeficiente que depende del material del poste.

$$I = \pi( D^4 - d1^4 )/64 \quad \text{momento de inercia en cm}^4.$$

$$I = \pi(40.5^4 - 35.5^4) / 64 = 54,104 \text{ cm}^4.$$

Reemp.valores :  $K \times 100$  para usar  $A$  en  $\text{cm}^2$

$$\sigma = 10,719 * (1 + 1.1 * 10.50^2 * 298.5 / 0.25 * 54,104) / 298.5$$

$$\sigma = 132 \text{ Kg/cm}^2.$$

Valor que satisface porque es mucho menor que el esfuerzo de rotura del poste fibra de vidrio que sobrepasa los  $2,000 \text{ Kg/cm}^2$ .

- Profundidad de enterramiento del durmiente de anclaje (t)

**Fuerza que levanta el durmiente:**

$$Tr \cos 60^\circ = 5,498 * \cos 60^\circ = 2,749 \text{ Kgs.}$$

Peso de la piedra :  $2,750 \text{ Kg/mt}^3$

$$\text{Volumen del macizo (V): } 2749 / 2750 = 1 \text{ mt}^3$$

$$\text{Si } V = 0.8 * 0.8 * t = 1 \text{ mt}^3 \dots t \approx 1.60 \text{ mts.}$$

Dimensiones del durmiente de anclaje

$$\frac{10M}{d} = \frac{10Tr * L}{d^3} \dots d = (10Tr * L / R)^{1/3}$$

$R = 1.5 \text{ Kg/mm}^2$ . Coef. de trab. de la madera

$L = 1 \text{ mt}$ . Asumido Long. del tronco de mad.

$d = \text{diámetro del tronco de madera. (cms)}$ .

$Tr = \text{tensión de la retenida (Kgs.)}$ .

$$d = (10 * 5498 * 1 / 1.5)^{1/3} = 33 \text{ cms.}$$

Luego se usará 1 tronco de madera de 33 cms de diámetro x 1 mt de longitud.

El poste se enterrará a 1.50 mts. de prof.

### 5.5.2.- Simple terna vertical

Es la alternativa que más se usa en las reparaciones de líneas **siniestradas**. Su aplicación es inmediata pero se debe tener en cuenta las particularidades que **presenta** cada torre que va a ser reemplazada. A continuación mostramos el caso de instalación de un poste de tres cuerpos.

- Datos

Peso del conductor : 1.99 Kgs.

**Diámetro** : 31.68 mm.

Vano medio : 400 Mts.

Angulo de desvío ( $\theta$ ) :  $0^{\circ},20^{\circ}$ .

Tiro máx. de tensado. : 4,100 Kgs.

El diagrama de cargas para el cálculo de esfuerzos correspondientes se muestra en la Fig.30.

- Fuerza del viento sobre el poste ( $F_{vp}$ )

$$F_{vp} = \frac{P * L * (d1 + D)}{\text{-----}}$$

P =  $4.5 \text{ g/cm}^2$ . Presión del viento.

L = 2,700 cms. Altura neta del poste.

d1 = 35 cms. Diámetro del poste en la punta.

D = 40.5 cms. Diámetro del poste en el empotramiento.

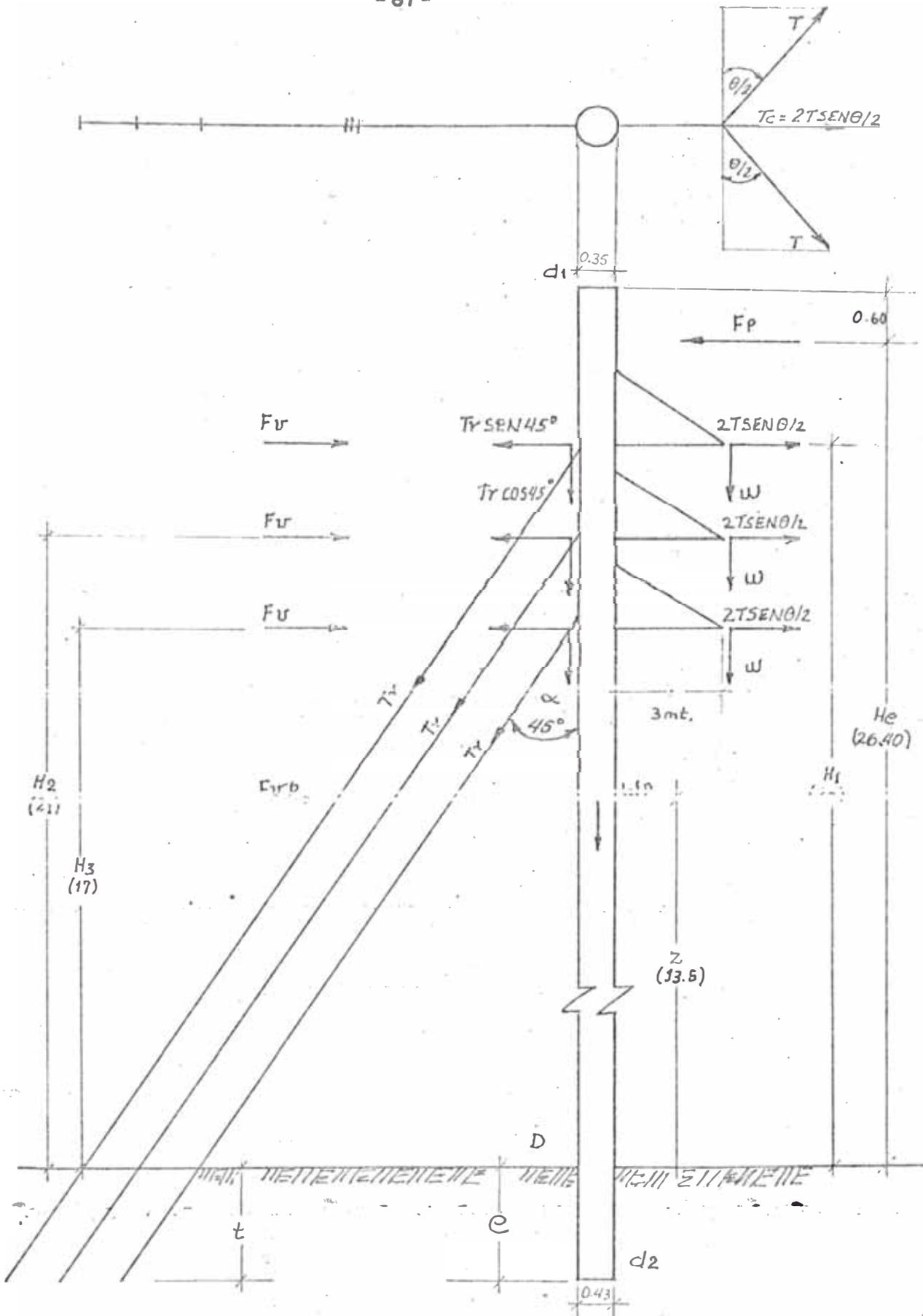


Fig. N° 30 - DIAGRAMA DE CARGAS EN DISPOSICION SIMPLE TERNA VERTICAL

$$F_{vp} = \frac{4.5 \times 2.700 \times (35 + 40.5)}{2} = 458,663 \text{ grs.}$$

$$F_{vp} = 459 \text{ Kgs.}$$

- Fuerza del viento sobre los conductores y cadena de aisladores (Fv)

$$F_v = F_{vc} + F_{va} \text{ donde :}$$

F<sub>vc</sub> = Fuerza del viento sobre los conductores.

$$F_{vc} = 0.01 \times P \times d \times a$$

d = Diámetro del conductor 31.68 mm.

a = 400 Mts. Vano medio.

$$F_{vc} = 0.01 \times 4.5 \times 31.68 \times 400$$

$$F_{vc} = 570 \text{ Kgs.}$$

F<sub>va</sub> = Fuerza del viento sobre la cadena de aisladores y accesorios F<sub>va</sub> = 120 Kgs.  
(Diseño de la línea).

$$\text{Reemplazando : } F_v = 570 + 120 = 690 \text{ Kgs.}$$

- Fuerza Transversal por cambio de dirección de la línea (Tc)

$$T_c = 2 \times T \times \text{Sen} \theta / 2$$

Donde : T = 4,100 Kg. y  $\theta = 20^\circ$

$$T_c = 2 \times 4,100 \times \text{Sen} 20^\circ / 2$$

$$T_c = 1,424 \text{ Kgs.}$$

- Cargas verticales (P)

$$P = W + W_p \text{ donde ,:}$$

W = Peso de los aisladores y conductores.

Peso cadenas de aisladores 280 Kg.

Peso del conductor :

$$1.99\text{Kg./Mt.} \cdot 400\text{Mts.} = 796 \text{ Kg.}$$

$$W = 1,076 \text{ Kgs.}$$

$W_p$  = Peso del poste : 1,500 Kgs. Aprox.

Reemplazando :

$$P = 3 \cdot 1076 + 1,500 = 4,728 \text{ Kgs.}$$

Desarrollo del diagrama de cargas

- Momentos por cargas transversales respecto al empotramiento

Con ángulo de desvío  $\theta = 0^\circ$

$$F_p \cdot H_e = 3 \cdot W \cdot r + F_v(H_1 + H_2 + H_3) + F_{vp} \cdot Z$$

$$F_p = \frac{3 \cdot W \cdot r + F_v(H_1 + H_2 + H_3) + F_{vp} \cdot Z}{H_e}$$

$$F_p = \frac{3 \cdot 1076 \cdot 3 + 670(25 + 21 + 17) + 459 \cdot 13.5}{26.40}$$

$$F_p = 2,248 \text{ Kgs.}$$

Con ángulo de desvío  $\theta = 20^\circ$

$$F_p = \frac{3 \cdot W \cdot r + (F_v + 2T \cdot \text{Sen} \theta / 2)(H_1 + H_2 + H_3) + F_{vp} \cdot Z}{H_e}$$

$$F_p = \frac{3 \cdot 1076 \cdot 3 + (690 + 1424)(25 + 21 + 17) + 459 \cdot 13.5}{6.40}$$

$$F_p = 5,646 \text{ Kgs.}$$

Como las cargas equivalentes que se han obtenido (2,248 y 5,6446 Kgs.) son mayores que las que resiste el poste sin vientos ( $P_1 = 1,670$  y 2,420 Kgs.) luego es necesario utilizar

retenidas de anclaje para compensar estos esfuerzos.

- Cálculo de las retenidas

$$Tr = \frac{Fp * He}{(H1 + H2 + H3) \text{Sen} 45^\circ}$$

Con ángulo de desvío  $\theta = 0^\circ$

$$Tr = \frac{2,248 * 26.4}{(25 + 21 + 17) * \text{Sen} 45^\circ} = 1,332 \text{ Kgs.}$$

$$Tr = 1,332 \text{ Kgs.}$$

Para este valor de esfuerzo el cable que satisface es de 3/8" diám. cuyo tiro de rotura es 6,591 Kgs.

El coeficiente de seguridad es :

$$Cs = 6,591 / 1,332$$

$$Cs = 4.9 > 2.5 \text{ que es lo requerido.}$$

Con ángulo de desvío  $\theta = 20^\circ$

$$Tr = \frac{5,646 * 26.4}{(25 + 21 + 17) * \text{Sen} 45^\circ} = 3.346 \text{ Kgs.}$$

$$Tr = 3,346 \text{ Kgs.}$$

El cable que satisface este requerimiento es 3/8 " diám. La tensión de rotura es 6,591 Kgs.

El coeficiente de seguridad es :

$$s = \frac{6,591 \text{ Kgs.}}{3,346 \text{ Kgs.}} = 1.97 \text{ cercano a } 2.5$$

Los accesorios adicionales como las grapas

tipo Crosbys o los cables preformados tipo GUY-GRIP que sirven para fijar los vientos se seleccionan con este mismo criterio.

- Esfuerzo de compresión total sobre el poste (Fct)

$$Fct = P + 3*Tr*\text{Cos}45^\circ$$

Con ángulo de desvío  $\theta = 0^\circ$

$$Fct = 4,728 + 3*1,332*\text{Cos}45^\circ$$

$$Fct = 7,554 \text{ Kgs.}$$

Con ángulo de desvío  $\theta = 20^\circ$

$$Fct = 4,728 + 3*3,346*\text{Cos}45^\circ$$

$$Fct = 11,826 \text{ Kgs.}$$

- Coeficiente de esfuerzo a la compresión ( $\sigma$ )

$$= Fct(1+k*h^2A/u*I)/A$$

$$A = \pi(D^2 - d1^2)/4$$

D = 40.5 cms. Diámetro exterior del poste en el empotramiento.

d1 = 35.5 cms. Diámetro interior del poste en el empotramiento.

$$A = \pi(40.5^2 - 35.5^2)/4 = 298.5 \text{ cm}^2.$$

u = 0.25 depende del modo de fijac. del poste un extremo libre y el otro empotrado.

= 0.011 aprox. Coeficiente que depende del material del poste

h = 27 Mts. altura libre del poste.

$$I = \pi(D^4 - d1^4)/64 \text{ momento de inercia en cm}^4.$$

$$I = \pi(40.5^4 - 35.5^4)/64 = 54,104 \text{ cm}^4.$$

Reemplazando valores:

Con ángulo de desvío  $\theta = 0^\circ$

$$\sigma = \frac{7,554}{298.5} (1 + 1.1 * 27^2 * 298.5 / 0.25 * 54,104)$$

$$\sigma = 473 \text{ Kg/cm}^2 < 2000 \text{ Kg/cm}^2.$$

El poste cumple para el esfuerzo solicitado.

Con ángulo de desvío  $\theta = 20^\circ$

$$\sigma = \frac{11,826}{298.5} (1 + 1.1 * 27^2 * 298.5 / 0.25 * 54,104)$$

$$\sigma = 741 \text{ Kg/cm}^2 < 2000 \text{ Kg/cm}^2. (\text{Cumple}).$$

- Profundidad de enterramiento del durmiente de anclaje

El procedimiento de cálculo es el mismo que se ha efectuado en el ejemplo anterior.

Para ángulo de desvío de  $\theta = 20^\circ$

Fuerza que levanta el durmiente:  $T \cos 45^\circ$

Volúmen del macizo que se opone al arrancamiento del durmiente :

$V = T \cos 45^\circ / \delta$  de la piedra

$$V = 3346 \cos 45^\circ / 2750 = 0.86 \text{ mt}^3$$

Para un hueco de 0.80mts. de lado la profundidad de enterramiento del durmiente será :

$$t = 0.86 / 0.8^2 = 1.35 \text{ mts.}$$

Dimensiones del durmiente de anclaje

$$d = (10Tr * L / R)^{1/3}$$

$$d = (10 * 3346 * 1 / 1.5)^{1/3}$$

$$d = 29 \text{ cms.}$$

Luego se usará un tronco de madera de 29 cms de diámetro x 1 mt. de longitud.

En la práctica el durmiente se instala a 1.20/1.50 mts. de profundidad trabajando correctamente. Cabe señalar que también se usa retazos de perfiles en desuso de 100x100x10x1000 mm cuando no se tiene troncos para ser usados como durmientes.

El poste se enterrará a 2 mts. de profundidad

## 5.6.- Procedimiento para la instalación de un soporte provisional

### 5.6.1.- Izado de reticulado

- Ubicación de huecos para fijar durmientes y reticulado (ver Fig.31).
- Excavación de los huecos ubicados y ensamble del reticulado.
- Enterramiento de los cinco durmientes, cuatro son para vientos y uno para maniobra.
- Se procede a preparar las maniobras de acuerdo a la Fig. 31.
- El winche comienza la maniobra de izar el

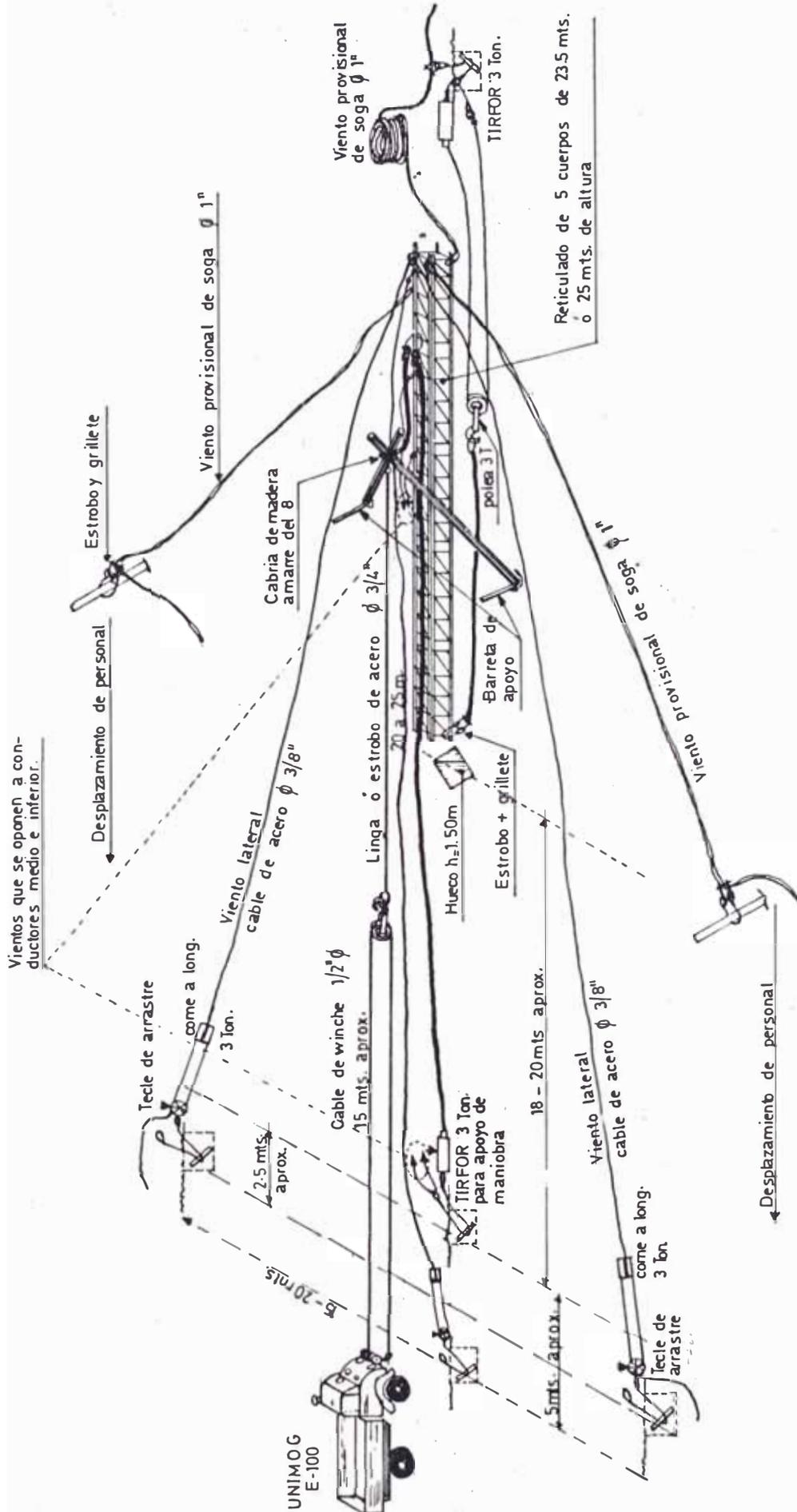


FIG. N° 31 DISPOSICION DE MANIOBRAS PARA IZADO DE RETICULADO

reticulado siendo orientado por los vientos de soga laterales dispuestos para este fin.

- Se va soltando poco a poco el tirfor que sostiene la base del reticulado hasta hacerlo llegar al final del hueco.
- Una vez izado el reticulado se procede a su nivelación, retirándose el estrobo que fija la base del reticulado (ver Fig.32).
- - Se compacta la base del reticulado, llenándose con piedras mayores de 25" y capas de tierra en forma alternada hasta nivelar la base.
- Una vez culminado el apisonado se procede a retirar toda la maniobra y templar los vientos en sus posiciones definitivas, quedando expeditiva para el izado de conductores (ver Fig. 33).

#### 5.6.2.- Liberación y alineamiento de conductores

- Se prepara la maniobra tal como se muestra en la Fig.34. El teclé de arrastre fijado en la punta de la ménsula sirve para recoger el conductor y soltar la cadena de aisladores. De las dos poleas opuestas que se encuentran enganchadas entre si, una es corrediza y sirve para que el conductor busque su posición al

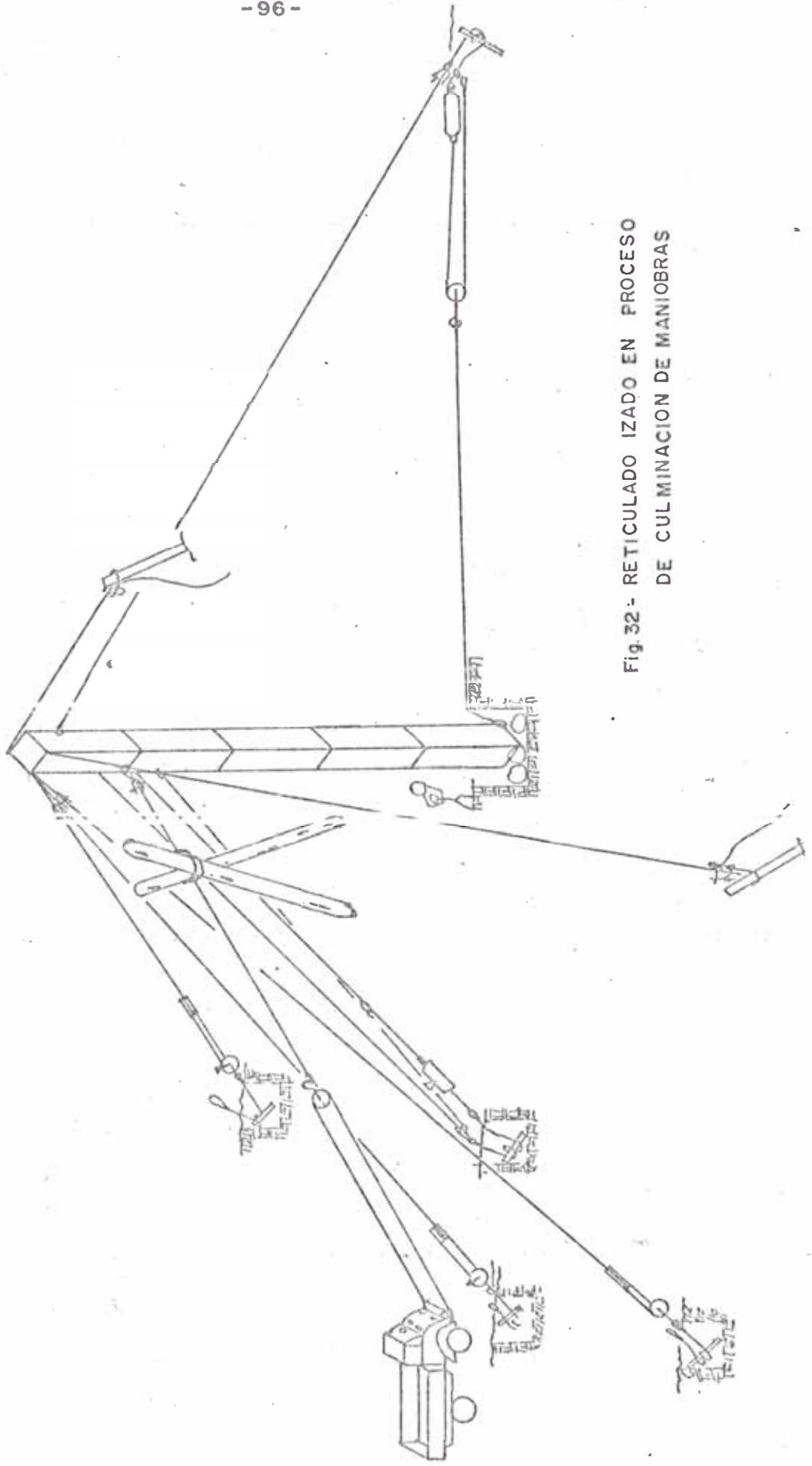


Fig. 32 - RETICULADO IZADO EN PROCESO DE CULMINACION DE MANIOBRAS

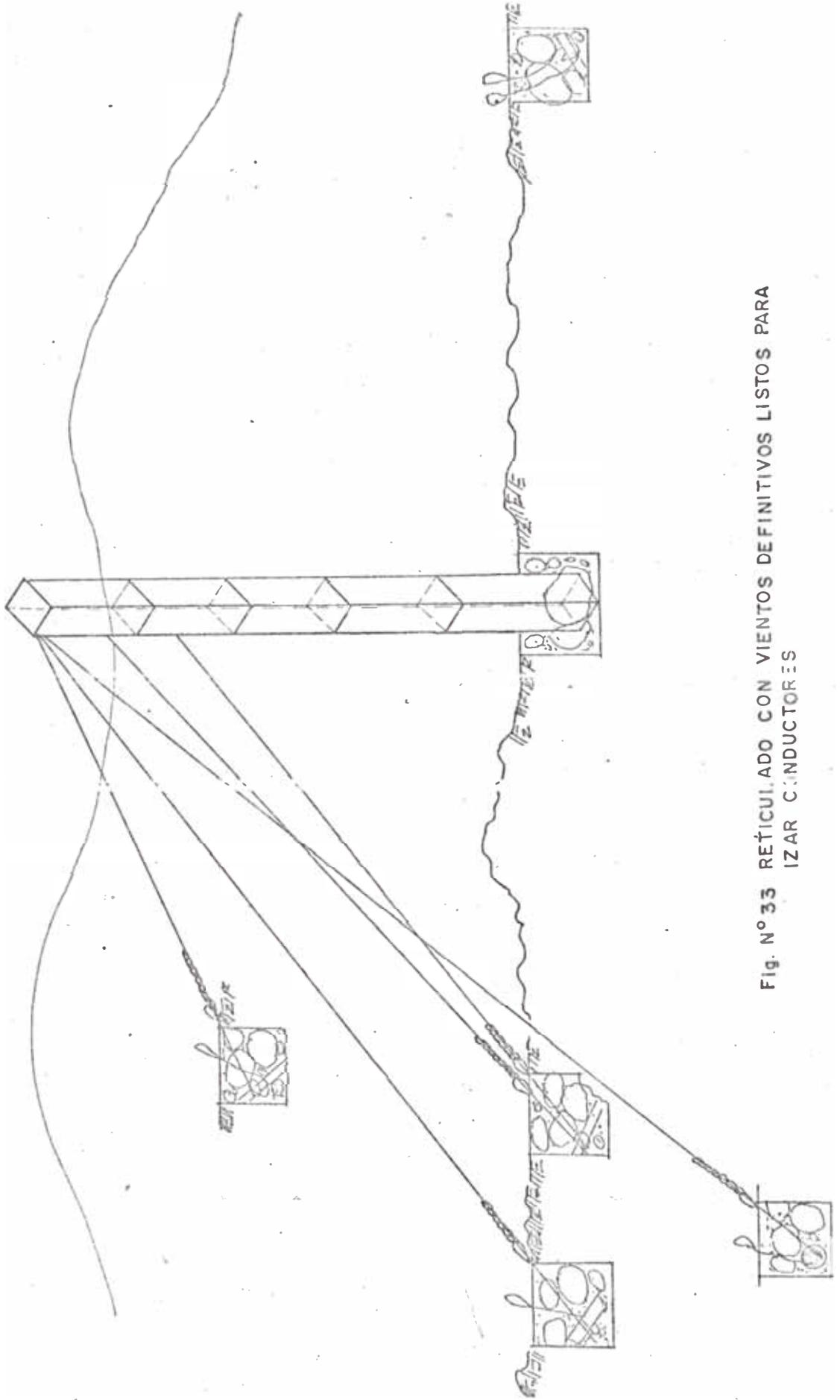


Fig. N° 33 RETICULADO CON VIENTOS DEFINITIVOS LISTOS PARA IZAR CONDUCTORES

momento de ser izado, la otra hace deslizar la cordina. Con estos pormenores el procedimiento para liberar los conductores es el siguiente:

- Se recoge el tecele de arrastre para que el conductor tome altura y la cadena de aisladores quede suelta.
- Se tensa la soga para sostener el conductor que ya está en altura y poder liberar el tecele de arrastre.
- Se retira el tecele de arrastre y se libera el conductor de la cadena de aisladores.
- Se comienza a jalar con el unimog la cordina y en forma simultánea se va soltando la soga que sujeta al conductor.
- Una vez que queda suspendido el conductor se deja libre la soga y se baja la cadena de aisladores. Terminado esto se retira la polea.
- El conductor es bajado al piso dejándose tendido y alineado.
- Se retiran los pernos de la base del brazo quedando dos de ellos para poder ser usados como bisagra y hacer que la ménsula gire hacia el lado del brazo medio (ver Fig. 35).
- Una vez que ha sido girado se retiran los dos pernos y se empuja el brazo hacia el terreno teniendo como contrapeso el tiro de la soga

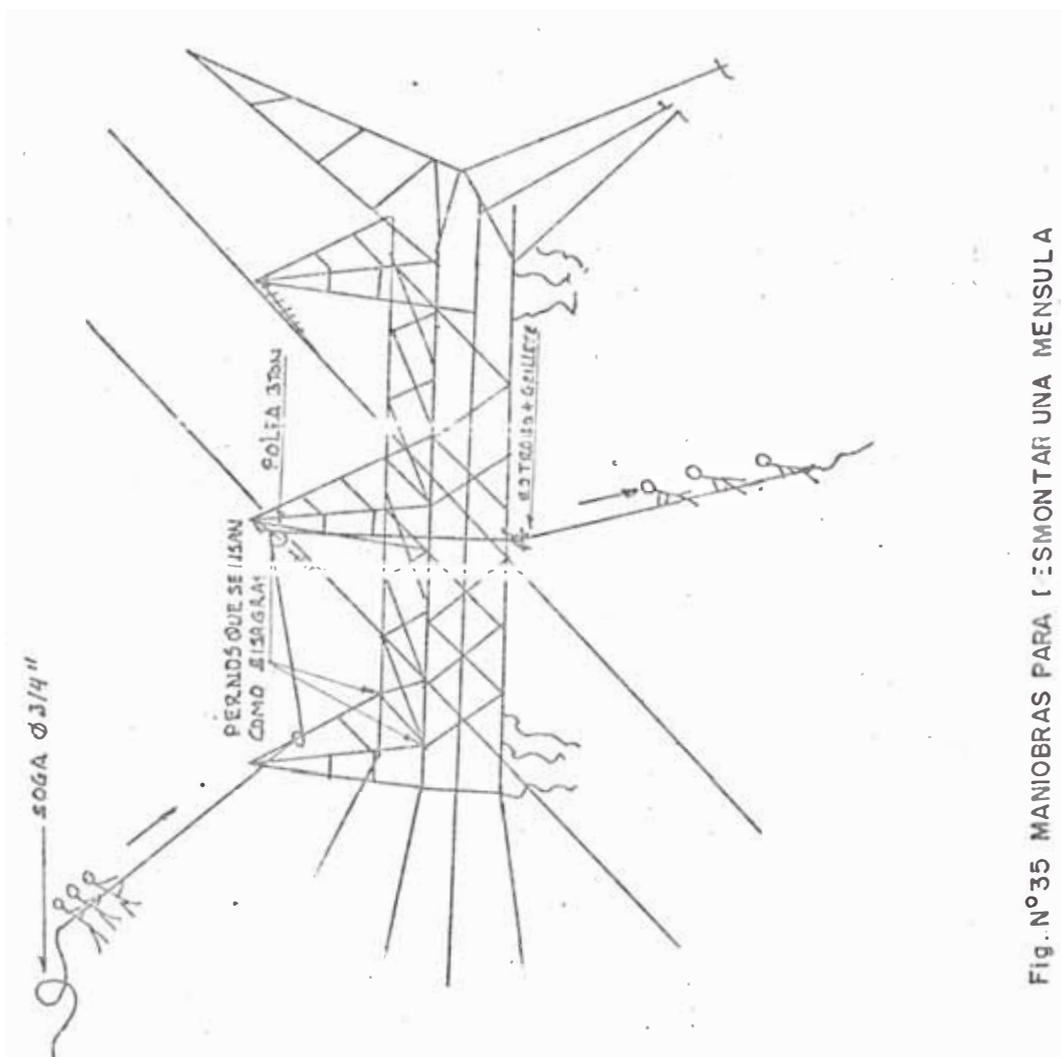


Fig. N°35 MANIOBRAS PARA DESMONTAR UNA MENSULA

para evitar que se dañe la perfilería.

- De la misma manera se retiran los brazos medio y superior. La maniobra para retirar el brazo superior se realiza con la ménsula del cable de guarda.
- Una vez que están libres y alineados los tres conductores, se voltea la estructura. esta maniobra se realiza instalando a ambos lados de la torre un tirfor de tres toneladas, uno para jalar y el otro de contratiro para evitar que se dañe.
- Después que se voltea la torre, una parte del personal (maestros) se preparan para el izado de conductores y la otra parte desmonta la torre.

#### 5.6.3.- Izado de conductores

Antes de izar la primera terna se debe de reparar los daños ocasionados durante la caída. Normalmente los conductores que están para el lado caído son los que más se dañan al sufrir el impacto. cabe señalar que la reparación de las capas de aluminio se deben efectuar con el conductor suspendido a un metro del suelo aproximadamente. Esto se hace con la finalidad de que la parte dañada esté sometido a los esfuerzos que se originan y al propio peso del conductor, para que no se generen las juntas de

empalme que a la **postre se vuelven** puntos calientes y se seccionan en la parte dañada.

Estando reparado el conductor se procede al izado de la siguiente manera:

- Como normalmente son derribadas dos o mas torres, la maniobra de izado debe realizarse en forma paralela y coordinada entre los frentes de trabajo adyacentes.
- En cada reticulado se fijan las cadenas de aisladores en sus 3 fases, teniendo preparado los conductores en el piso en posición semejante a la Fig.34.
- Se iza el conductor superior en forma paralela en cada frente de trabajo, dejándose a la altura de la cadena correspondiente. Esta maniobra se realiza sin personal en el poste.
- Como normalmente existen postes que suplen a torres de anclaje, primero se ancla el conductor en este poste, y en los de suspensión se deja en roldanas, de tal manera que busque su posición en todo el tramo que se está **interviniendo**. El Unimog debe soltar poco a poco hasta que quede tensado el conductor.
- Una vez que el conductor a buscado su posición, el liniero vuelve a subir para retirar la roldana y fijar la grapa de suspensión en el conductor. De

esta manera queda izado el primer conductor.

- Se procede a desenganchar **la maniobra** y se envia la polea que fijaba el primer conductor a la fase intermedia para engancharlo y proceder a subirlo. Las maniobras se repiten para estas dos fases.

- culminado el izado se inspeccionan los vanos adyacentes de tal manera que no existan problemas con la distancia de aislamiento. Se permiten los siguientes espaciamentos:

Distancia entre fases : 2.40 mts.

Distancia fase a tierra : 1.40 mts.

- Se mejoran las distancias de aislamientos si son menores a los antes recomendados. este mejoramiento se hace aumentando o disminuyendo platos de aisladores para ganancia vertical, instalando postes intermedios para elevar la fase inferior etc.

## CAPITULO 6

### JUSTIFICACION ECONOMICA DE LA REPARACION PROVISIONAL

La experiencia a lo largo de estos años donde se viene reemplazando en forma provisional a una estructura colapsada, demuestra que las necesidades de recursos y materiales que intervienen en una reparación, sean aproximadamente modulares de acuerdo al tipo de aplicación. Por su caracter de provisional en algunos casos se requiere más de un tipo de material que otro, como ocurre con los vientos que fijan el poste y que es la geografía del terreno la que en última instancia lo determina. Es el medio también el que determina el uso de postes intermedios que siempre se trata de evitar porque disminuye la calidad del trabajo. estos postes en algunos casos no se presupuestan como adquisición pero si como transporte, porque se hace uso de cuerpos sueltos de postes de fibra de vidrio que han sido dados de baja por encontrarse en mal estado. Se hace este tipo de

reemplazo por que no es fácil adquirir en la zona postes tratados de 9 o 12 mts. que puedan ser utilizados.

En casos donde la zona es rocosa y no facilita la excavación de huecos para la instalación del poste y de los durmientes respectivos, se hace necesario incluir en el costo el alquiler de una perforadora para este fin.

Todas estas situaciones hacen que se alteren ligeramente los costos entre los diferentes postes instalados, pero no se alejan del costo modular antes mencionados.

#### 6.1.- Comparación económica de las alternativas

Para poder efectuar la comparación económica de los diferentes tipos de reparaciones, utilizaremos el valor actual de cada uno de ellos, eligiendo entre dos reparaciones similares con diferentes tipos de postes cuál es el mas económico.

##### 6.1.1.- Consideraciones para el análisis

Se tomará en cuenta los programas de reparación elaborados en el capítulo anterior, que para efecto de cálculo y para para hacer mas sencillo la explicación, se promediará entre dos el tiempo que dura la recuperación de las dos ternas en una posición colapsada, con el fin de obtener el monto correspondiente a la reparación de

una torre-terna.

Con las diferencias del caso instalar un by pass fibra de vidrio o reticulado, toma el mismo tiempo y los mismos recursos por lo que se considerará el costo del poste como base de decisión.

La mano de obra de una brigada de reparación la constituyen 17 personas, para una de fabricación de reticulado 11 personas.

Todos los equipos y herramientas son alquilados.

Los pormenores para la obtención de las partidas correspondientes se encuentran detallados en el apéndice A.

Todos los cálculos se efectuarán en U.S.\$.  
al 30 de Junio de 1,990.

Teniendo en consideración lo antes mencionado, se calcularán los costos de las diferentes alternativas.

**6.1.2.- Costo de reparación de una terna con poste by pass fibra de vidrio**

Un poste fibra de vidrio puede ser utilizado en término promedio hasta en ocho reparaciones diferentes, por lo que se considerará 1/8 del costo del poste para

efectos de cálculo.

Tiempo que dura la rep. :  $6/2 = 3$  días.

U.S.\$

**Brigada de reparación**

\$ 1036/día\*3días. 3,108

**Supervisión :**

\$191.5/día\*3días. 575

Costo de materiales para instalación

provisional(Nacional) : 1,269

Costo poste fibra de vidrio :

\$12,000/8 1,500

Costo de materiales (Exterior) : 2,000

Utilidades. 1,000

-----  
Total : \$ 9,452

**6.1.3.- Costo de reparación de una terna con reticulado**

Para efecto de comparación se considerará  $1/8$  del costo del reticulado. Como el tiempo y los recursos són los mismos que se han usado para el caso del poste de fibra de vidrio, se resumirá el cálculo de estos costos con la diferencia de valor que existe entre estos soportes.

Tiempo de duración :  $6/2 = 3$  días.

U.S.\$

Costo del reticulado(Fabric.+ material):

$(\$253/\text{día} * 2\text{días} + \$4,668)/8.$  647

Mano de obra + Material + Utiliddad. 7,952

-----  
Total : \$ 8,599

6.1.4.- Costo de reparación de una terna mediante apuntalamiento de la torre

Como la torre no es derribada, no existe daño en la ferretería por lo que sóloamente se considerará el 50% del material nacional a instalarse en un poste.

Tiempo de duración :  $3/2 = 1.5$  días.

U.S.\$

Mano de obra y utilidades. 2,400

Materiales :  $\$1,269/2$  635

-----  
Total : \$ 3,035

6.1.5.- Costo de reparación de una terna sobre torre caída

De los materiales menores sóloamente se considerará el 50 % de lo que se usa en un poste.

Tiempo de duración :  $1/2$  día.

U.S.\$.

Mano de obra y utilidades. 800

Materiales (Nacional). 635

Materiales (Extranjero). 2,000

-----  
Total : \$ 2,435

6.1.6.- Costo de reparación de una terna con

instalación de by pass tipo cerro

Este tipo de reparación es el que más tiempo toma para su culminación y el que más recursos necesita.

Tiempo de duración :  $9/2 = 4.5$  días.

	<u>U.S.\$.</u>
Mano de obra y utilidades.	7,000
Materiales (Nacional).	1,624
Materiales (Extranjero).	2,000
	-----
Total :	\$ 10,624

6.1.7.- Costo de reparación de una torre definitiva

Tiempo de duración : 7 días.

	<u>U.S.\$.</u>
Mano de obra y utilidades.	9,000
Costo perfiles + fabricación.	8,000
Materiales (Extranjero).	5,000
	-----
Total :	\$ 22,000

6.1.8.- Resumen

Los valores en que puede fluctuar la reparación de una terna són los siguientes:

Reparación sobre torre caída :	U.S.\$.	2,435
Apuntalamiento de la torre :	U.S.\$.	3,035
Instalación de reticulado :	U.S.\$.	8,599
Instalación poste fibra de vidrio :	U.S.\$.	9,452

Instalación by pass tipo  
cerro : U.S.\$ 10,624

Reparación definitivo de la  
torre : U.S.\$ 22,000

Esta última reparación incluye las dos  
ternas de la línea.

#### 6.2.- Costo de la energía no transmitida

La energía que se transmite durante las 24 horas del día es variable, por lo que para efectos de cálculo vamos a tomar el valor promedio de este consumo, de tal manera de obtener un nivel de comparación con el costo de la reparación provisional.

##### 6.2.1.- Costo por corte de suministro

Normalmente una terna deja de transmitir 120 Mw durante las 24 horas del día.

Esto equivale a :  $120\text{Mw} * 24\text{horas/día}$   
: 2,880 Mw - h /día.

El costo del Kw-h es : U.S.\$ 0.045/Kw-h

Lo que representa :  $2,880 * 1,000 * 0.045$   
: U.S.\$ 129,600/día

Quiere decir que en un día que se deja de transmitir, la empresa pierde U.S.\$ 129,600/terna.

6.2.2.- Otros costos

Existen otros montos adicionales como són:

- Las moras por incumplimiento de entrega de energía.

- El costo del combustible que se quema para generar los Mw-h que se dejan de transmitir. Este monto varía de acuerdo al tipo de planta térmica que se use para el reemplazo correspondiente.

Rendimiento de una planta térmica de generación

- Diesel : 11 - 13 Kw-h/gl.

Promedio : 12 Kw-h/gl.

- Turbo gas/Turbo vapor : 8 - 9.5 Kw-h/gl.

En el caso de la ciudad de Lima la energía es generada por una planta térmica diesel, cuyo volumen de combustible para reemplazar 2,880 Mw-h es :

$$\frac{2,880 \text{ Mw-h}}{0.012 \text{ Mw-h/gl}} = 240,000 \text{ gls. (4,364 cilindros)}$$

1 cilindro de petróleo diesel cuesta U.S.\$ 24.75. Luego el costo del petróleo quemado es :

$$4,364 * 24.75 = \text{U.S.} \$ 108,009.$$

Teniendo en cuenta el costo de la energía no transmitida y del petróleo que se quema

para reemplazarlo, el monto total que se pierde por salida de servicio es :

$$129,600 + 108,009 = \text{U.S.}\$. 237,609.$$

6.3.- Comparación entre el costo de la reparación provisional y la energía no transmitida

De los costos calculados para reparar una terna el de más alto valor es U.S.\$. 10,624 que corresponde al by pass tipo cerro, y se pierde U.S.\$. 237,609 por deservicio diario de la línea. Como este valor es mucho mayor que el antes mencionado y se incrementa diariamente conforme pasen los días, luego se justifica cualquier tipo de reparación provisional que permita la reposición inmediata del servicio.

## CONCLUSIONES

- 1.- Teniendo en cuenta que las líneas de transmisión vienen siendo reparadas continuamente, se debe tener presente el estado actual de las últimas reparaciones, de tal manera que se incluya como información adicional a las acciones iniciales que se toman para detectar la falla.
- 2.- Es necesario efectuar una evaluación detallada de la línea siniestrada durante la inspección, porque en la mayoría de los casos se dañan los conductores de vanos adyacentes a la torre. Cuando una línea que presenta daños en el conductor es energizada, se producen salidas de servicio que pueden ser originados por seccionamiento del conductor (cuando se recalienta el alma de acero), o por acercamiento de fases a través de una hebra suelta, etc. El arreglo de estas nuevas averías originado por una

incorrecta evaluación, representa grandes pérdidas por restricción de suministro.

- 3.- En términos promedio podemos concluir, que cuando una torre es derribada el 60% del material no sufre daño, y el 40% restante se reprocesa o se fabrica. Se puede considerar averiados los aisladores y ferretería de una terna y que necesitan reparación menor los conductores(hebras sueltas). Sólo en casos muy extremos se cambian tramos extensos de conductores.
- 4.- Una torre siniestrada puede quedar : derribada, inclinada, parada o deslizada fuera de su eje.
- 5.- Los tipos de reparaciones que se aplican a una línea de transmisión, depende del estado en que se encuentre la torre dañada, las características de los vanos, y de la topografía del terreno.
- 6.- La reparación que menos tiempo demora o es casi inmediata, es la que se realiza sobre la torre caída (horas o 1 día), la que más tiempo demora es el by pass tipo cerro(4 a 8 días). El tiempo promedio para reparar una terna que no incluye las antes mencionadas, es de 2 a 4 días. Estos parámetros son aplicados para zonas difíciles comprendidas entre 3,000 y 5,000 m.s.n.m.(zona centro del país).
- 7.- La conformación óptima de una brigada para reparar una torre colapsada, la constituyen 17 personas(1

supervisor, 8 maestros y 8 oficiales). Si es mayor el número, dificulta el accionar en el área de trabajo.

- 8.- Para toda reparación de una línea de transmisión, es necesario aplicar un programa que optimice el tiempo que dure la recuperación, y permita controlar el avance diario de las actividades en los diferentes frentes de trabajo. Este programa asigna actividades específicas al personal que interviene, y evita duplicidad de esfuerzos que traen problemas de descoordinación y retraso en su culminación.
- 9.- Se debe tener personal preparado de bastante experiencia en este tipo de actividades, para evitar accidentes de trabajo y optimizar el tiempo de intervención.
- 10.- Es necesario el uso de vehículos de doble tracción y de herramientas en buenas condiciones.
- 11.- Se debe de tener un sistema de comunicación adecuado que permita realizar las coordinaciones correspondientes.
- 12.- El by pass se instala para reparar rápidamente la torre dañada, pero no reemplaza las condiciones de diseño de la línea.
- 13.- Se debe tener bastante cuidado para enterrar los muertos de anclaje, para evitar que las lluvias

aflojen el apisonado. Se debe usar piedras grandes de contrapeso.

14.- El poste se instala teniendo cuidado de dejar área libre para reparar la torre averiada.

15.- La mejor configuración para reparar una línea de transmisión, es la ubicación tipo zic-zac en torres consecutivas de tal manera que la cadena de aisladores quede pateada. Esta posición facilita el mejoramiento de la distancia de aislamiento entre el conductor y el poste.

16.- Es necesario el uso de procedimientos de trabajo para estos tipos de reparaciones, porque se trabaja con seguridad y se optimiza el tiempo que dura la recuperación de la línea.

17.- Se debe revizar toda la zona afectada antes de energizar la línea reparada, de tal manera de que se corrija alguna anomalía que pueda originar deservicio de la línea.

18.- Está garantizado la transmisión de energía para las siguientes distancias de aislamiento:

Distancia entre fases : 2.40 mts.

Distancia fase tierra : 1.40 mts.

19.- El costo referencial para la reparación de una terna averiada, es la que corresponde al by pass fibra de vidrio o reticulado. Más económico resulta instalar un reticulado que un poste fibra de vidrio.

- 20.- Cualquier tipo de instalación que se aplique para recuperar una línea colapsada, se justifica por que el ronto que representa la energía dejada de vender es mucho mayor que el costo de la reparación.
- 21.- La intervención en una línea de transmisión que se encuentra inducida, puede realizarse siempre que se halla confirmado la conexión de las puestas tierras en las subestaciones extremas de la línea, y de las tierras locales en el área de trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- Redes eléctricas de alta y baja tensión.  
G. Zoppèti J.
- Líneas de transporte de energía.  
L. María Checa.
- Técnica de las altas tensiones Vol 1.  
G. Enríquez Harper.
- Manual del ingeniero mecánico.  
Marks. Theodore Baumeister, Eugene A. Avallone.
- Curso de líneas de transmisión.  
Ing. Barera-UNI.
- Sistema de emergencia de reposición estructuras colapsadas  
Ing. S. Patroni.  
Electroperú S.A.
- Manual de procedimientos y operación del Sistema Interconectado Centro Norte.  
Servicio Centro de Operaciones.  
Electroperú S.A.
- Seguridad en trabajos de líneas de transmisión en Alta tensión.  
Seminario Técnico de Seguridad 1,979.  
Electroperú S.A.