

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**PROCEDIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN, MONTAJE
ELECTROMECAÁNICO Y PUESTA EN SERVICIO DE UNA LÍNEA DE
TRANSMISIÓN EN 220 KV.**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR:

DANTE VÁSQUEZ RABANAL

**PROMOCIÓN
2000 - I**

**LIMA – PERU
2005**

*Dedico este trabajo a:
Mi madre Marina Rabanal, con el mayor
agradecimiento de hijo,
Mi esposa Katy Ordoñez, por el apoyo
incondicional en mi desarrollo profesional,
y mis hijos Xiomara y Joshua, por ser mi
inspiración de superación.*

**PROCEDIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN, MONTAJE
ELECTROMECÁNICO Y PUESTA EN SERVICIO DE UNA LÍNEA DE
TRANSMISIÓN EN 220 kV.**

SUMARIO

El presente trabajo pretende ser una guía para las personas que se encuentren involucrados en el mundo de la construcción y montaje de Líneas de transmisión y servirá para hacer más eficiente su labor. En el presente trabajo recojo mi experiencia de campo, en la ejecución, inspección, supervisión y administración de Líneas de Transmisión.

La construcción de una Línea de transmisión requiere de conocimientos básicos previos como son el cálculo eléctrico de los conductores y el cálculo mecánico de los conductores y soportes.

El proceso constructivo y montaje está compuesto por la construcción de las fundaciones de los soportes de los cables, continúa con el montaje de los soportes y culmina con el montaje de los conductores y accesorios

La puesta en servicio de una línea de transmisión requiere de una serie de pruebas para asegurar su eficiente operación las cuales también se describen en el presente trabajo

Además se describen los procedimientos y pasos a seguir para una construcción eficiente, montaje y puesta en servicio de una línea de transmisión en 220 kV. con estructuras metálicas.

ÍNDICE

PRÓLOGO

CAPÍTULO I

ACTIVIDADES PRELIMINARES

1.1	Introducción	3
1.2	Replanteo topográfico	3
1.3	Caminos de acceso	8
1.4	Limpieza de faja de servidumbre	12
1.5	Excavación para estructuras	12
1.5.1	Excavaciones en suelo normal	16
1.5.2	Excavaciones en roca	16
1.5.3	Excavaciones con presencia de agua	17
1.6	Verificación de la profundidad de la excavación	17
1.7	Puesta a tierra en líneas de transmisión	18

CAPÍTULO II

CONSTRUCCION DE FUNDACIONES

2.1	Armado, embreado de parrillas y transporte	20
2.2	Nivelación de bases	20
2.2.1	Nivelación de stub	22

2.2.2	Nivelación de Parrillas	24
2.3	Relleno y compactación	25
2.3.1	Rellenos y compactados con material propio	25
2.3.2	Rellenos y compactados con material de préstamo	25
2.4	Concreto para fundaciones	26
2.4.1	Concreto para fundaciones	27
2.4.2	Dosificación del concreto	27
2.4.3	Proporción de mezclas de concreto	28
2.4.4	Información y procedimiento para el diseño de mezclas	30
2.4.5	Propiedades del concreto	32
2.5	Encofrado	32
2.6	Desencofrado	33
2.7	Curado de la cimentación	33
2.8	Verificación de stub o parrilla	34

CAPÍTULO III

MONTAJE DE ESTRUCTURAS

3.1	Introducción	36
3.2	Almacenamiento en patio	37
3.3	Clasificación de posiciones	37
3.4	Transporte a punto de izamiento	37
3.5	Ensamblaje de torres	38
3.6	Montaje de torres	40
3.6.1	Montaje por rotación	41
3.6.2	Montaje progresivo	43

3.7	Revisión de montaje	49
3.8	Verticalidad y torsión	49
3.8.1	Verticalidad	50
3.8.2	Torsión	50

CAPÍTULO IV

TENDIDO DE CONDUCTOR Y CABLE DE GUARDA

4.1	Montaje de cadena de aisladores y poleas de tendido	52
4.2	Extendimiento del conductor	53
4.2.1	Determinación de longitud de tendido	53
4.2.2	Ubicación de equipos	54
4.2.3	Análisis de cálculo de tendido	56
4.2.4	Esfuerzos en las máquinas	61
4.2.5	Programación	65
4.2.6	Instalación de pórticos y protecciones	67
4.2.7	Colocación de poleas o rondanas	69
4.2.8	Tendido del cable guía o cordina	71
4.2.9	Tendido del conductor	74
4.2.10	Elección del sistema de tendido	85
4.3	Manguitos de empalme y reparación	86
4.3.1	Manguitos de empalme	86
4.3.2	Manguitos de reparación	87

CAPÍTULO V

REGULACIÓN DEL CONDUCTOR Y CABLE DE GUARDA

5.1	Flechado y anclaje del conductor	89
-----	----------------------------------	----

5.1.1	Medición de la temperatura de flechado	91
5.1.2	Medición de flechas	92
5.1.3	Especificaciones para el flechado	96
5.2	Retenida en suelo en una torre anclada	98
5.3	Tolerancias en el flechado	98
5.4	Engrapado	99
5.4.1	Método de engrapado OFF-SET	99
5.4.2	Especificaciones del engrapado	100
5.4.3	Tolerancias en el engrapado	101
5.5	Instalación de cuellos de enlace o cuellos muerto	101
5.6	Instalación de amortiguadores y contrapesos	102
5.7	Colocación de placas	102
5.8	Colocación de dispositivos de anti-escalamiento	103

CAPÍTULO VI

REVISIÓN FINAL Y PRUEBAS PARA LA PUESTA EN SERVICIO

6.1	Revisión final	104
6.2	Pruebas para la puesta en servicio	106

CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

ANEXOS

Anexo I :	Riesgos en el Tendido del Conductor	119
Anexo II :	Tipos de Conductores	124
Anexo III	Calculo Mecánico de Conductores	128
Anexo IV :	Clasificación de las Estructuras	131
Anexo V :	Tipos de Fundaciones	137

Anexo VI : El Funcionamiento del Freno	141
Anexo VII : Supervisión Técnica de la Construcción	150
Anexo VIII : Procedimientos en caso de accidente	154
Anexo IX :	
Relación de equipos a utilizar	157
BIBLIOGRAFÍA	161

PRÓLOGO

La construcción, montaje electromecánico y pruebas para la puesta en servicio de una línea de transmisión requiere de procedimientos y metodologías de trabajo que se pueden utilizar tanto en la costa, sierra y selva.

Las actividades concernientes a estas metodologías de trabajo están desarrolladas en el presente informe, efectuadas en base a datos de líneas de alta tensión.

Las actividades implicadas en la construcción de líneas están agrupadas en seis capítulos, separadas así por la naturaleza de las mismas.

El capítulo I describe las actividades preliminares de la construcción. se da mayor realce al replanteo topográfico por ser una actividad determinante en la buena ejecución de la obra.

En el capítulo II se tratan las actividades concernientes a la construcción de las fundaciones, describiendo los dos principales métodos de nivelación

El montaje de torres está descrito en el capítulo III, presentándose el método de montaje progresivo utilizado por casi todas las empresas constructoras del país.

El capítulo IV está dedicado exclusivamente al tendido del conductor y cable de guarda, por ser la actividad más importante y peligrosa que requiere considerable movilización de personal y equipos.

La actividad que solicita más precisión, tanto en los cálculos como en el montaje, esta expuesta en el capítulo V, regulación del conducto y cable de guarda.

Por último, en el capítulo VI se señalan las pautas para realizar la revisión final y las pruebas para la puesta en servicio de la línea de transmisión.

CAPÍTULO I

ACTIVIDADES PRELIMINARES

1.1. Introducción.

La Información mínima necesaria para poder iniciar los trabajos de construcción de una línea de transmisión es la siguiente

a) Planilla de Estructuras.

En esta aparece la progresiva, es decir la distancia entre estructuras, así como la distancia acumulada al inicio de la línea, ángulos de línea, cotas del hito central, patas desniveladas, tipo de estructuras, tipo de suelo

b) Secciones Transversales

c) Plano Del Perfil Topográfico y Planimetría

1.2. Replanteo Topográfico

El objetivo de esta actividad es materializar en el terreno la ubicación de todas y cada una de las estructuras de la línea de transmisión, de acuerdo

con los planos del perfil longitudinal y la tabla de estructuras que establece las distancias y cotas.

Se verificará que las distancias libres de los conductores más bajos satisfagan los valores mínimos establecidos en el Código Nacional de Electricidad especificaciones en tres puntos por cada vano (puntos críticos) Estos puntos pueden estar referidos al perfil principal o lateral; para el replanteo generalmente se utiliza un equipo topográfico tipo estación total

En el replanteo topográfico se marcará en el terreno la posición de cada estructura por una señal fácilmente visible y efectuando todos los levantamientos necesarios para la determinación de perfiles laterales y el tipo de cimentación mas adecuado para la asignación de estribos (extensiones de pata de las torres).

Se marca la posición de la estructura colocando un hito central (varilla de fierro con cemento), dos estacas de madera adelante y atrás; y dos estacas laterales con un clavo en cada estaca en el punto exacto de alineamiento Luego se procede al estacado de las patas colocando cuatro estacas a 15m del hito central a 45, 135, 225, y 315 grados del eje de la línea y se coloca un clavo en el punto exacto de la diagonal. Ver figura 1.1.

Cuando la pendiente transversal del terreno, respecto del eje de trazo sea mayor del 30% se deberá levantar el perfil lateral derecho o izquierdo, según la tensión de la línea se pedirá entre 4, 6, 10 y 15 m de sobre perfil respecto al eje Cuando existan laderas muy pronunciadas o exista posibilidad que el conductor este muy cerca al terreno, se tendrá que levantar un perfil auxiliar lateral paralelo al eje de la línea y coincidente con

los ejes de los conductores externos. Las Tolerancias lo dan las especificaciones técnicas de cada diseño, pero se pueden emplear:

- A. En longitud:
- Pendiente - Menor de 20 % 20 cm.
 - Mayor de 20 % 40 cm.
- En Altitud:
- Pendiente - Menor de 20 % 5 – 10 cm.
 - Mayor de 20 % 7 – 15 cm.

B. Una especificación general es la alineación de las estructuras, en la cual el centro de una de ellas no se debe encontrar fuera del eje en más de 5 cm.

Las tareas básicas son

Control de Vanos

Control de Cotas.

Control de pendientes transversales en vanos con faldeos mayores de 30% de desnivel.

Secciones diagonales.

Marcación y concretado

Determinación de la estabilidad del terreno

Evaluación de problemas de ubicación de estructuras en caminos, cultivos, etc.

Corrección con los resultados finales de replanteo

Planilla de estructuras.

Metrado final de los materiales y accesorios que se utilizaran en la obra

Si durante esta etapa surgiese la necesidad de mover la posición teórica de la estructura debido a situaciones locales particulares (geología, conflictos aparición de poblados, etc. o por que por ejemplo cayo en medio de un canal o una cerca), el ingeniero debe decidir en mover (por decir, unos 10 m como máximo) longitudinalmente la estructura; en otros casos habrá que decidir entre subir la altura de la estructura o realizar desquinche en los puntos críticos del terreno; estas variaciones serán comunicadas inmediatamente al proyectista para el posible cambio ya sea de cimentación o de estructura

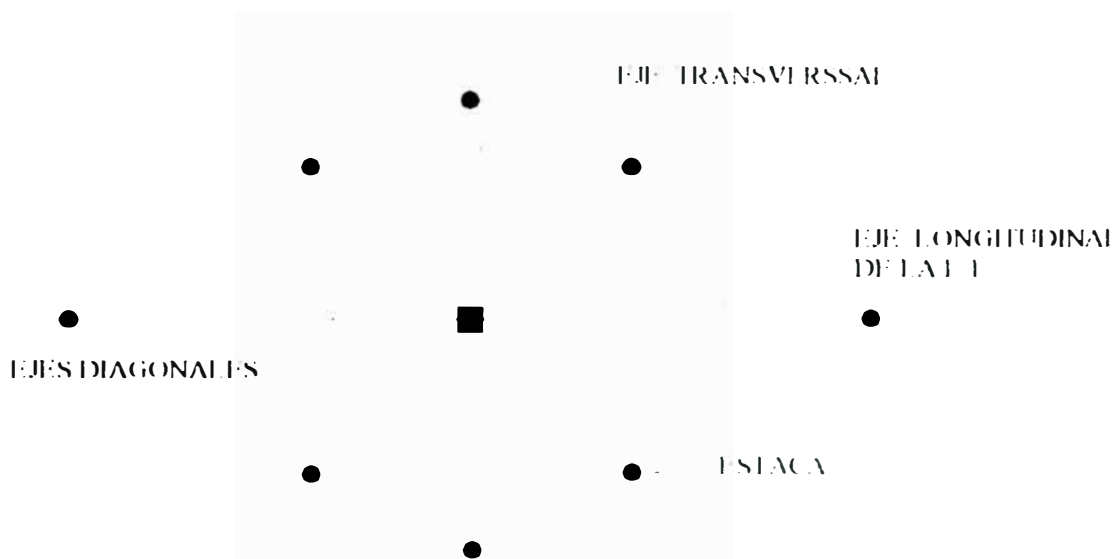


Figura 1.1: Estacado de Estructuras en Alineamiento

A lo largo del eje longitudinal de la Línea, se procederá al alineamiento de las estructuras utilizando una estación total, en la cual al centro de una de ellas **no se debe encontrar fuera del eje en más de 5 cm.**

Las estructuras estarán orientadas de manera que las cadenas de aisladores de las estructuras en tramos rectilíneos sean perpendiculares al eje de la

línea. Mientras que las cadenas de aisladores de las estructuras de ángulo bisectarán el ángulo formado por los ejes de los dos tramos adyacentes. Ver figura 1.2.

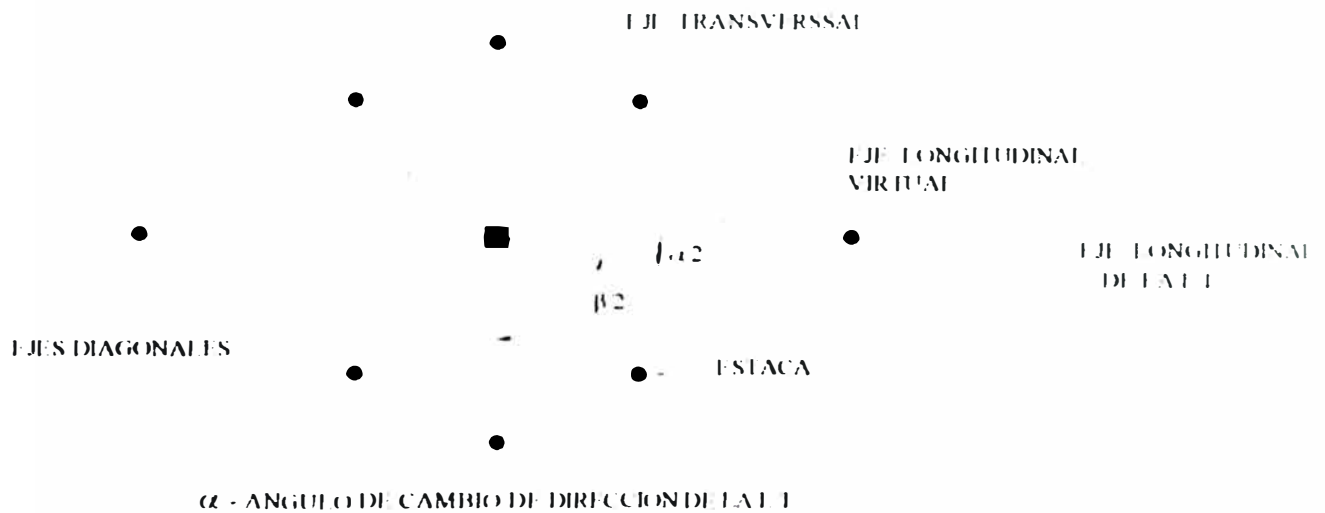


Figura 1.2: Estacado de Estructuras en Vértice

Si existieran variaciones en las secciones diagonales estas serán evaluadas en gabinete por el ingeniero responsable, para verificar las patas desniveladas y así tener en cuenta que éstas ocasionarán una extensión de patas en la estructura, el cual se comunicará al proyectista para su verificación estructural y posteriormente la verificación del stock

Terminando el replanteo y encontrando conforme el perfil longitudinal, se puede establecer el balance final de estructuras, aisladores, accesorios etc...

1.3. Caminos de Acceso

Terminado el replanteo, se debe proceder a la elaboración del plan de caminos de acceso a las estructuras, que permitirá el transporte del personal, equipos y materiales para las fundaciones, montaje de estructuras y tendido de conductores.

Los puntos de acceso para la construcción serán elegidos de manera que se pueda llevar a cabo los trabajos de construcción y mantenimiento en todos los tramos de la Línea y se tenga acceso a las estructuras.

Es el proyecto para la construcción de caminos o la habilitación de caminos existentes, el cual es el resultado de todo un recorrido a lo largo de la línea de transmisión torre por torre, en este recorrido se confirmará el tipo de suelo, pendiente, trazo y la longitud del camino, considerando los criterios de construcción y las especificaciones técnicas.

En el plan de caminos se indicará, tipo de camino, trocha carrozable o camino de herradura, longitud del camino, tipo del terreno (normal o roca) y los caminos existentes, ver figura 1.3.

La documentación técnica para el recorrido de la línea es el perfil y la planimetría de la línea ya que en él, están ubicados los accesos existentes y puntos importantes los cuales servirán para la ubicación de las estructuras

El camino de acceso carrozable tendrá una vía mínima de 3 m de ancho y una gradiente no menor que 10%. será necesario el lastrado de los caminos cuando se tenga suelos rocosos y suelos pantanosos o bien arcillosos

Se tendrá que habilitar los caminos existentes, ver figura 1 4, así como tener un mantenimiento de los caminos construidos a lo largo de la construcción de la línea.

El camino de acceso de herradura tendrá gradiente entre 15% y 20% y un ancho mínimo de 1 m.

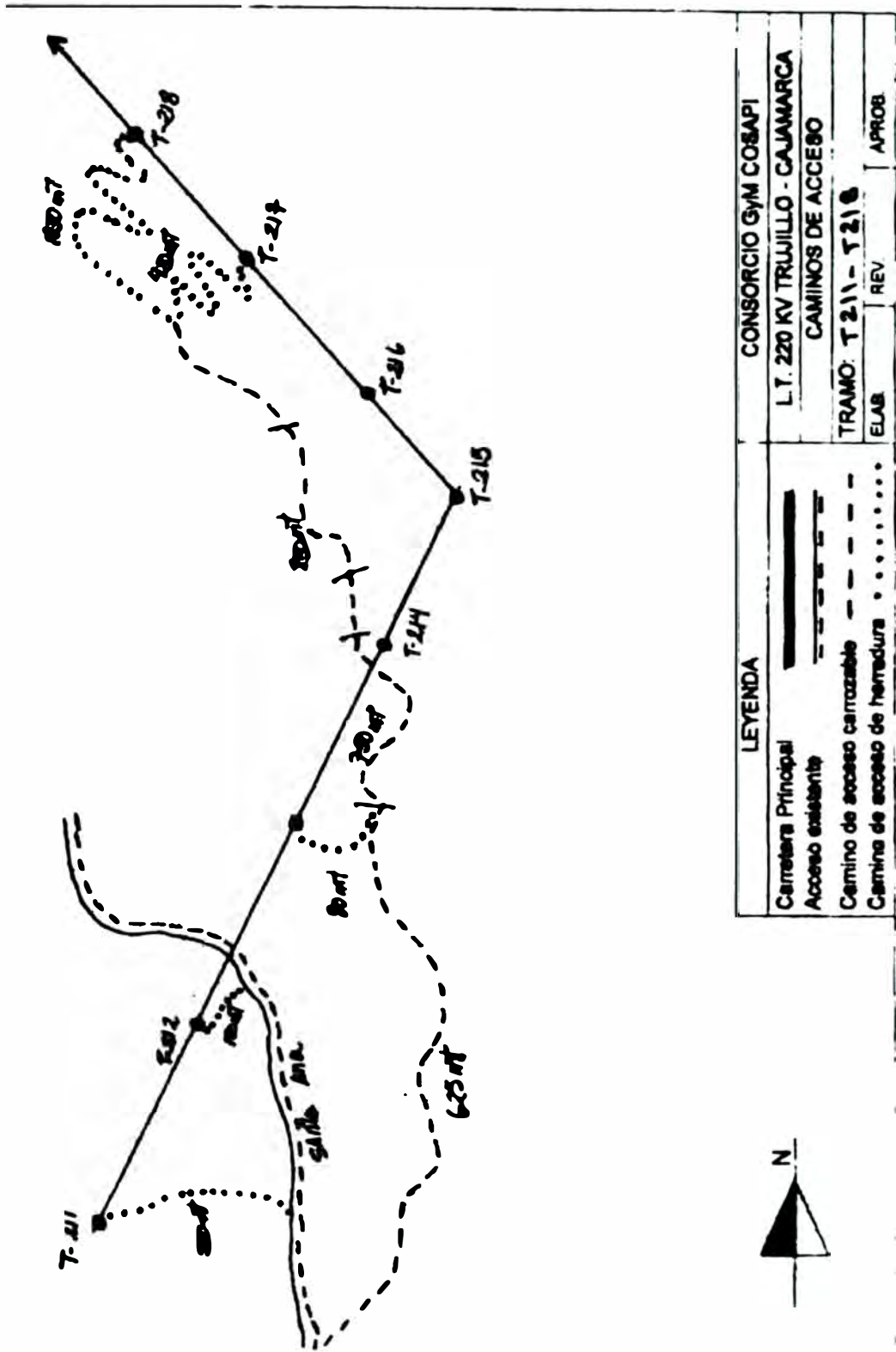


Figura 1 3: Caminos de Acceso 1

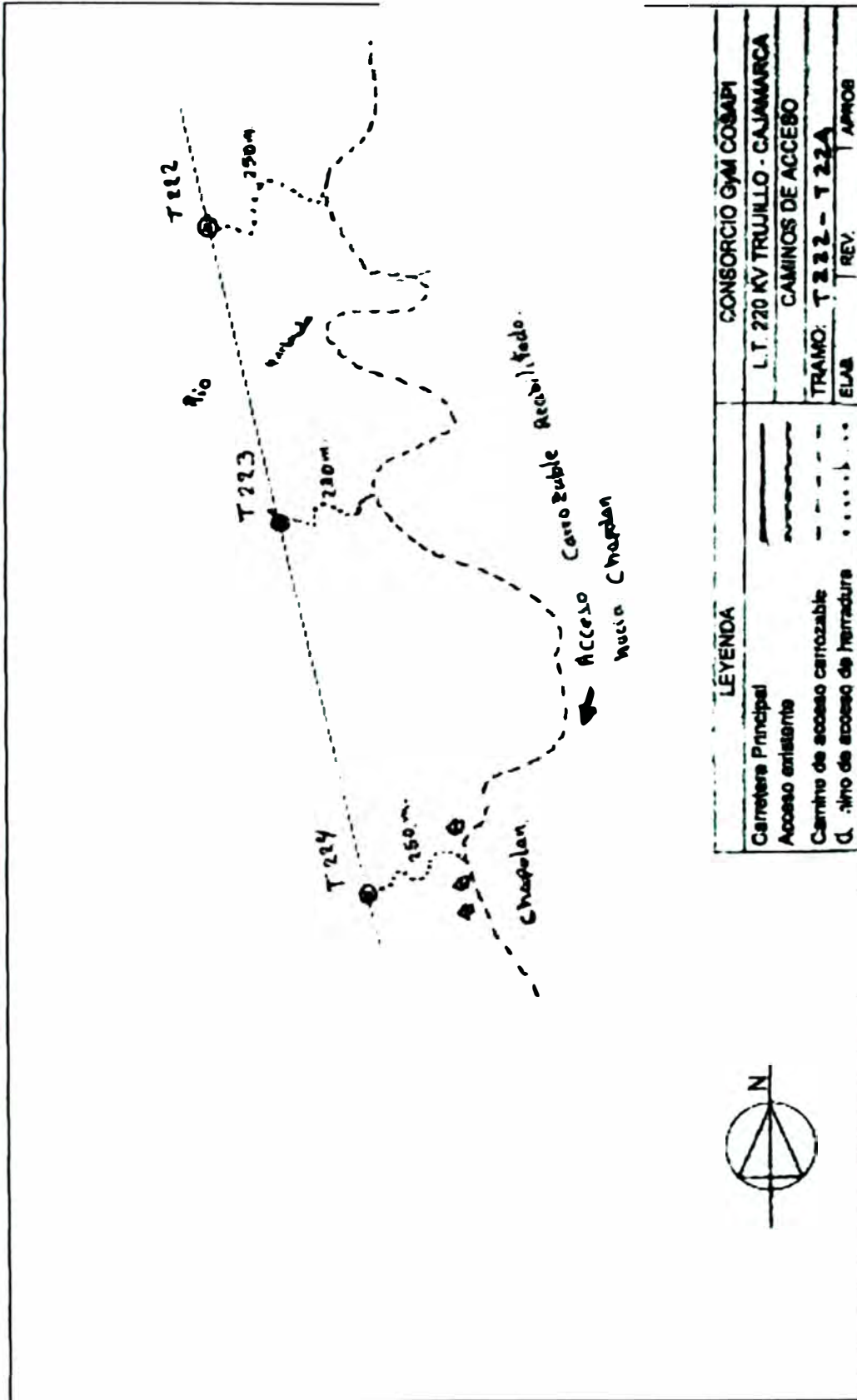


Figura 1.4: Caminos de Acceso 2

1.4. Limpieza de Franja de Servidumbre

Con la ubicación de la estructura, en la parte del replanteo topográfico se puede materializar el ancho del derecho de vía, que servirá para efectuar los trabajos de limpieza y destronque, construcción de fundaciones, ensamblaje de estructuras y tendido de conductores

Se verificará que no queden árboles o ramas, así como el desquinche si fuera necesario para cumplir con la distancia mínima de seguridad entre los conductores y la tierra

Se realizará el corte desde el nivel del suelo hacia arriba de todos los matorrales, arbustos y plantas que se encuentran en las zonas, así como el retiro del material y su disposición final en lugares adecuados, se utilizará machetes, hachas y motosierras.

Todos los árboles que se encuentren a distancias consideradas peligrosas para la línea de transmisión serán cortados, teniendo el cuidado que durante su caída no produzca daños.

El método de corte de árboles por trozos empezando desde arriba hacia abajo, será empleado cuando estos representen peligro para los peatones y/o vehículos.

1.5. Excavación para Estructuras

Para proceder con las excavaciones será necesario que el topógrafo efectúe el trazo respectivo, fijando las líneas, dimensiones y profundidades para cada una de ellas, de acuerdo con los planos y/o instrucciones escritas

No se excavará mas allá de las líneas y profundidades establecidas en los planos

Cuando el soporte esta empotrado en un sólo hueco, es muy sencillo el trazo, pero cuando el soporte tiene tres o cuatro patas aisladas, se requiere mas mediciones para el trazo y mayor precisión especialmente cuando tenemos un terreno desnivelado, la labor consisten en ubicar el eje diagonal de la torre, ver figura 1.5; sobre este eje se ubicará el centro de la excavación, calculado en gabinete con los datos de los planos, después reproducimos las dimensiones de cada pata, indicadas en los planos.

Verificación de la profundidad de la excavación

En excavaciones con presencia de agua se utilizarán equipos de bombeo adecuado al volumen de agua a extraer, de preferencia motobomba de 4", extrayendo el agua de manera tal que la estructura del suelo no resulte afectada.

Las excavaciones para instalación del cable de puesta a tierra y de la retenida se efectuarán de acuerdo a los planos y el terreno será compactado por capas de 30 cm. de espesor.

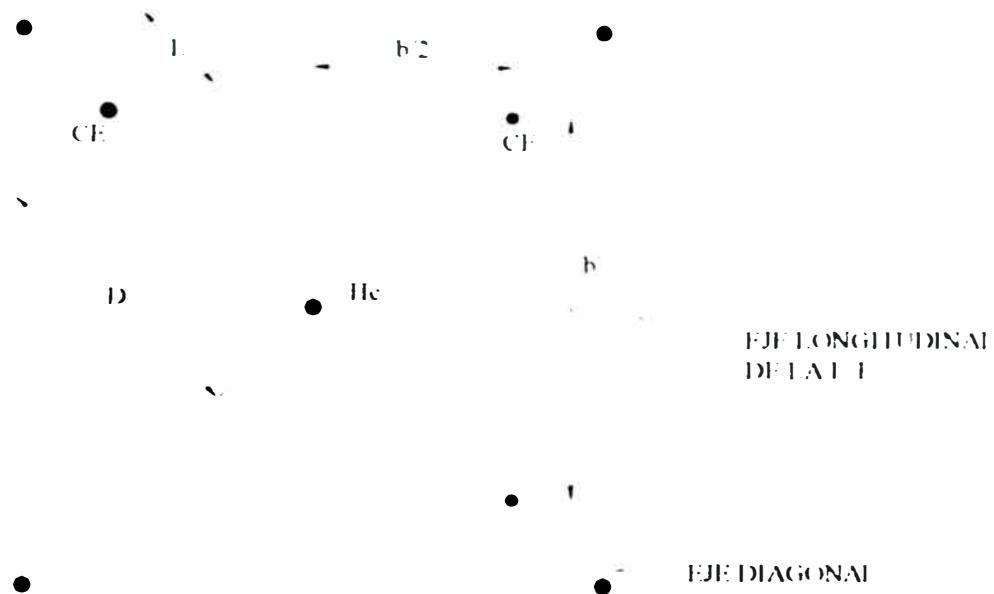


Figura 1.5: Marcación para Excavación

D = Distancia desde el hito central de la estructura Hc, al centro de excavación del cimiento de la pata de la torre. (Horizontal).

$$D = \sqrt{2} \cdot (b / 2)$$

b / 2 = Distancia desde el eje longitudinal o transversal (Hc) a los ejes de perforación de referencia (CE), para el tipo de extensión de pata.

L = Ancho de la Fundación, según tipo de sueldo.

Las cimentaciones serán apoyadas sobre terreno firme, por lo tanto si los niveles de excavación indicados en los planos no se ubicaran en este, entonces se continuará con la excavación hasta encontrarlo, este exceso de profundidad tendrá que ser rellenado con un concreto pobre para así formar una falsa zapata o solado. En las cimentaciones de concreto las dimensiones de las excavaciones, son las dimensiones de la zapata de

concreto y un talud en las paredes necesario para la estabilidad del terreno. En tanto que para las cimentaciones tipo parrilla metálica el ancho de la excavación tendrá que ser aumentado de 10 a 20 cm. y además de darle un talud de 5 a 10 % este sobre ancho y talud es inevitable, ya que dentro de las excavaciones se realiza el montaje de la parrilla además de la nivelación. Como medida de seguridad será necesario proteger los taludes cuando se excavan grandes profundidades. El encofrado total de la excavación sólo se justificará en terrenos arenosos o con filtraciones. En los terrenos blandos se emplearán métodos manuales pico y lampa y/o equipos necesarios (retroexcavadoras), en caso de roca se necesitará la ayuda de explosivos y equipos como compresoras y martillos neumáticos, en las excavaciones con presencia de agua se utilizarán equipos de bombeo.

Considerando la importancia del estacado de alineación en los ejes longitudinales y transversales, los materiales de excavación extraídas por las máquinas y/o por el personal de excavaciones, serán acumulados en áreas adecuadas para evitar la desaparición de las estacas.

Estos materiales igualmente, no deberán ser acumulados cerca de la excavación, para evitar la carga excesiva sobre la pared de la excavación, y causar el desmoronamiento de la misma.

Para proceder con las excavaciones, será necesario que el topógrafo efectúe el trazado respectivo, fijando las líneas, dimensiones y profundidades para cada una de ellas, de acuerdo con los planos y/o instrucciones escritas de la Supervisión.

1.5.1. Excavaciones en suelo normal

Se utilizarán palas, picos y barretas para este tipo de material definido en las excavaciones. Si el acceso lo permite pueden emplearse medios mecánicos. No se excavará más allá de las líneas y profundidades establecidas por los planos.

1.5.2. Excavaciones en roca

Se utilizarán explosivos en cantidades mínimas para no perturbar el terreno adyacente.

Las perforaciones se efectuarán con perforadoras neumáticas (tipo rotatorio), las cuales serán accionadas por compresoras iguales o similares al tipo Atlas Copco de 250 pies³ siempre y cuando la accesibilidad a la ubicación de la estructura permita el traslado del equipo.

En caso de que las torres estén ubicadas en lugares que no permitan el traslado del equipo mayor de perforación como son las compresoras, se utilizarán las moto perforadoras portátiles tipo Pionjer de Atlas Copco que pueden ser transportadas por el personal a través de los caminos de herradura.

La manipulación y el uso de explosivos se ceñirán a las recomendaciones y normas respectivas para efectuar las voladuras de manera segura y sin riesgo para el personal y propiedades de terceros. Estos serán almacenados en lugares seguros de la zona

Las excavaciones con explosivos en las cercanías de instalaciones existentes serán ejecutadas con métodos especiales y mediante explosivos de potencia reducida.

1.5.3. Excavación con presencia de agua

Se utilizarán equipos de bombeo adecuado al volumen de agua a extraer de preferencia motobombas de 4" ϕ , extrayendo el agua de manera tal que la estructura del suelo no resulte afectado. Para tal objeto se efectuarán pozos auxiliares que se ubicarán cerca de las excavaciones para las cimentaciones, donde se succionará el agua de la napa freática con el empleo de las motobombas.

Se proveerá de apuntalamientos que sean necesarios para sostener los lados de las excavaciones e impedir cualquier movimiento que pudiera averiar el trabajo o poner en peligro la seguridad del personal.

1.6. Verificación de la Profundidad de la Excavación

Con finalidad de obtener patas a un mismo nivel es posible la excavación en cuña, esta solución se llevará a cabo cuando no se puede obtener una solución más económica. La profundidad de excavación será verificada para cada estructura, se tendrá mucho cuidado cuando ésta sea una cimentación en terreno desnivelado, la profundidad de excavación será referida al hito central monumentado. Extensiones de patas, es el acortamiento o alargamiento que se le da a las patas de una torre para adecuarlo a la topografía del terreno. Este acortamiento o alargamiento es un número

entero de metros referido al hito central, existe una convención que cuando se levanta sobre el hito central es negativo y cuando se baja es positivo.

1.7. Puesta a Tierra en Líneas de Transmisión.

Consistirá en la realización de la instalación de servicios de puesta a tierra y la medición de la resistencia del terreno con el uso del telurómetro en todas las estructuras de la línea de transmisión.

La medición de las puestas a tierra de las fundaciones se realizará 4 días después de efectuado el relleno, en caso de no haber lluvia. Con la presencia de lluvias se efectuarán después de 2 días que pare la lluvia.

Para el caso de la fundación tipo parrilla se medirá inicialmente su resistencia después de su nivelación y compactación; siguiendo las instrucciones de servicio pertinentes previa verificación de la interconexión de las cuatro fundaciones.

En el caso de los stubs se instalará su puesta a tierra después del concretaje y la medición se efectuará por el mismo método utilizado en las parrillas.

La medición se registrará en el Formato de Puesta a Tierra. Si el valor de la medición fuera mayor a 20 Ohm será necesario mejorar dicha Puesta a Tierra para disminuir su resistencia.

El procedimiento para la instalación de la Puesta a Tierra es el siguiente: en áreas con resistividad de terreno menor a 200 ohm-m se instalara un contrapeso de 15 m para dos patas diagonales y en el caso de que la resistividad sea mayor a este valor se colocarán un contrapeso de 30m en cada una de las patas; seguidamente se colocará una capa de terreno de

cultivo fino en el fondo de la zanja instalando seguidamente el cable de puesta a tierra (Cooperweld 28 mm²) agregándole una segunda capa de material de terreno de cultivo fino, rellenando seguidamente con material de la propia excavación.

Para evitar la erosión en el terreno se dejará una elevación en el nivel a lo largo de la zanja. En las regiones de cultivo se respetarán sus curvas de nivel.

Después de realizar una instalación de Puesta a Tierra se efectuará otra medición para verificar la medida de la resistencia.

Los cables de medición se extenderán en forma transversal a la línea de transmisión o distribución bajo tensión, para evitar los efectos de inducción electromagnética. El equipo a utilizarse será un telurómetro digital de preferencia, se seguirán las instrucciones de operación del equipo.

CAPÍTULO II

CONSTRUCCIÓN DE FUNDACIONES

2.1. Armado, Embreado de Parrillas y Transporte.

El armado de las parrillas se hará con llaves de dado o llaves de boca. El embreado será con doble pasada de la brea cubriendo toda la parrilla interior y exteriormente. Para el transporte se tendrá mucho cuidado de no dañar o lastimar los perfiles de las parrillas.

2.2. Nivelación de Bases

Se escogerá el método de nivelación más apropiado ya sea por el tipo de fundación, peso de la fundación o dificultades del terreno. Existen dos métodos de nivelación:

nivelación de Stub (Utilizado en fundaciones de concreto)

Nivelación de Parrillas. dentro de esta hay dos variantes

- Nivelación de Parrillas Propiamente (Bases de Torres muy pesadas).

Nivelación de Parrillas con la base. método utilizado cuando la base no tiene mucho peso. sin embargo podemos decir que es el método más seguro. Ver figura 2.1.

En la nivelación cualquiera sea el método se hace necesario el uso de Teodolito, niveles, winchas de la mayor precisión posible, ya que de esta actividad depende el buen montaje de la torre.

Durante la nivelación se deberá considerar las medidas establecidas en los planos y las especificaciones del fabricante de torres.

Se deberá buscar las medidas y ángulos con mucha precisión en los ejes de los planos X, Y y Z

EL CUADRANTE
DE CIERRE



Figura 2.1: Nivelación de Base

2.2.1. Nivelación de Stub

Este método requiere una gran experiencia del topógrafo. se llama también nivelación a pata suelta o método japonés, para este tipo de nivelación se hace necesario el uso de un pequeño bloque de concreto en la base de la excavación a fin de conseguir las medidas y los ángulos correspondientes en los ejes X e Y. Ver figura 2.3.

A fin de evitar correcciones durante el proceso de enfierramiento, encofrado y vaciado se hace necesario fijar cada stub con cadenas ancladas al suelo o haciendo uso de vigas de madera o pedazos de perfiles, anclándolos al suelo de un extremo y del otro empernadas al stub. Ver figura 2.2.

Los stub deben ser montados con sus elementos de agarre al concreto.

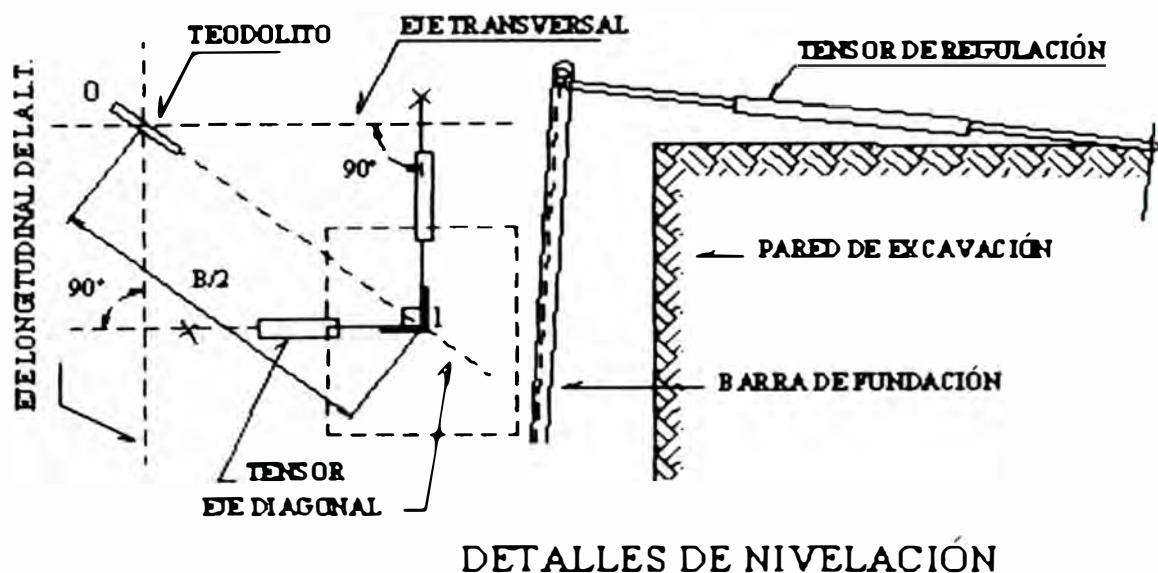


Figura 2.2. Nivelación de Stub (Vista de Planta)

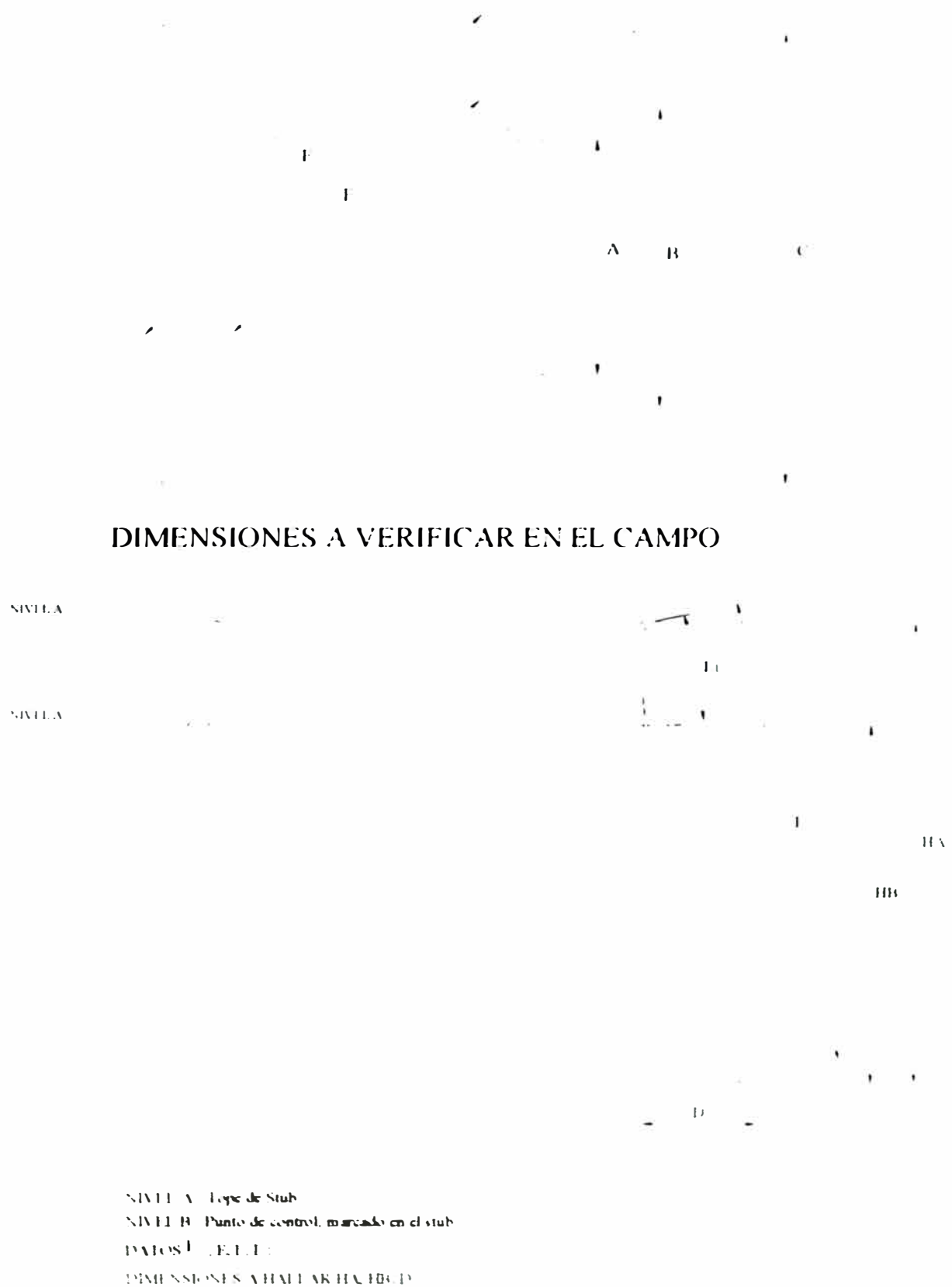


Figura 2.3 Nivelación de Stub (Medidas a Verificar)

2.2.2. Nivelación de Parrillas

Para este tipo de nivelación se tiene que conseguir durante la excavación el nivel cero luego se rosiará con arena fina el fondo de la excavación a fin de buscar un desplazamiento más ligero durante la nivelación de los ejes X, Y y Z, como es lógico primero se consigue el nivel adecuado en el eje Z.

Como se indica líneas arriba existen parrillas y bases muy pesadas por lo tanto solo se nivelará la parrilla y esta será tratada como stub.

Si la base es muy ligera esta se nivela en bloque parrilla-base, este método es muy seguro.

En el caso de nivelación en bloque parrilla-base, los elementos de la base vendrán clasificados y serán posteriormente ensambladas sobre las 4 parrillas, estas a su vez estarán colocadas en los huecos de las excavaciones teniendo el nivel cero (eje de las Z) y un grado de aproximación en sus distancias y orientaciones (ejes X e Y). Posteriormente será nivelada y orientada de acuerdo a las especificaciones, durante este proceso de nivelación se hará uso de patas de cabra para su nivelación consiguiéndose los controles de distancia con teodolito y winchas.

Generalmente las parrillas vienen preparadas y armadas para su montaje, si las especificaciones lo solicitan éstas deberán ser embreadas antes del envío a obra.

2.3. Relleno y Compactación

Se hará con material propio o material de préstamo según el tipo de terreno ya sea de material suelto, roca o bajo agua.

2.3.1. Rellenos y compactados con material propio

El material que se usará será el que procede de las mismas excavaciones siempre que cumpla con las características estipuladas en las especificaciones técnicas.

El relleno será efectuado por capas cuyo espesor no será mayor a 30 cm. Dicho espesor será marcado en las paredes de los huecos para garantizar que las capas de relleno no sobrepasen el espesor máximo y deberán de humedecerse por métodos mecánicos o manuales, hasta alcanzar una distribución uniforme de la humedad.

La compactación será realizada con las moto compactadoras de columna que permiten lograr el grado de compactación establecido después de un número determinado de pasadas de la compactadora, hasta obtenerse una densidad igual al 95 % de la densidad del "proctor" modificado, con una tolerancia de +/- 2%.

Los materiales para los rellenos deberán tener una graduación razonable y estar exentos de materias orgánicas y deberán secarse o humedecerse según corresponda para obtener un mayor grado de compactación.

2.3.2. Rellenos y compactados con material de préstamo

El material que se usa para este tipo de relleno no procede de la misma excavación, debido a que el terreno es malo (roca, fango, material orgánico, etc.), provienen de bancos de préstamos. El proceso de relleno y compactado es el mismo que el anterior.

Concluido con el relleno y compactado se efectuara la verificación del nivelado de las patas de las torres a fin de que no hayan sufrido ningún desplazamiento ni desnivelación, mediante el uso del teodolito para garantizar su precisión

Una vez relleno se dejará la plataforma limpia sin piedras, agregados, etc. O cualquier otro obstáculo que impida el montaje. Si se usa equipo mecánico para rellenar se tendrá el debido cuidado, ya que estos pueden chocar con los stub y dañarlo

2.4. Concreto para Fundaciones.

Después de realizados los análisis físico-químicos de los agregados en laboratorio se harán los diseños de las mezclas para cada fuente de materiales diferentes

Se tomarán muestras de concreto de acuerdo a las especificaciones técnicas y un laboratorio oficial hará los respectivos ensayos de compresión a todo lo largo de la construcción de las fundaciones.

El equipo para la construcción de las fundaciones será de tipo común mezcladoras y vibradores de gasolina.

El personal para esta labor será de calidad y en cantidad suficiente para el buen desarrollo de la obra

2.4.1. Concreto para Fundaciones.

El concreto es una mezcla de cemento Pórtland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia

2.4.2. Dosificación del Concreto.

Permitirá establecer la dosificación del concreto en toda la línea de transmisión, cumpliendo las siguientes premisas:

Preparar una dosificación correcta en laboratorio, con su certificación correspondiente.

Indicar el origen de los áridos, cemento y agua.

Considerar uso de aditivos (retardantes y plastificantes) en caso necesario.

Indicar el consumo de materiales para 1 m³ de concreto, para una bolsa de cemento.

a. Especificaciones del concreto:

- Resistencia deseada en obra puede ser $F'c = 210, 175, 100 \text{ kg/cm}^2$
- Tipo de Cemento, de acuerdo a los suelos:

Tipo I.- Cemento destinado a obras de concreto en general

Tipo II.- Cemento destinado a la acción moderada de Sulfatos

Tipo III.- Cemento de alta resistencia inicial, en tres días desarrolla una resistencia igual a la de 28 días

Tipo IV.- Cemento que requiere bajo calor de hidratación.

Tipo V.- Es el cemento del cual se requiere alta resistencia a la acción de los Sulfatos y Álcalis.

- Factor Agua /Cemento = 0.50 (para estos tipos de fundación).

b. Especificaciones de la grava:

- Módulo de finura.- Graduado dentro de los límites establecidos en la norma ITINTEC 400.037 o en la norma ASTM C 33 generalmente para estas fundaciones 6.5
- No debe tener polvo, limo o material orgánico.
- No debe ser laminado.
- Diámetro = 1 pulg. o 3/4 pulg. (Opcional)

c. Especificaciones de la arena:

- Módulo de finura.- Es el agregado proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz ITINTEC 9.5 mm (3/8").
- Según la Norma ASTN la arena debe tener un módulo de fineza no menor de 2,3 ni mayor que 3,1.
- No debe tener polvo, Limo o material orgánico.

2.4.3. Proporción de Mezclas de Concreto.

La selección del proporcionamiento del concreto, implica un balance entre economía razonable y requerimiento de ciertas características, las cuales están regidas por el uso futuro del concreto y las condiciones esperadas a ser encontradas en el momento de la colocación de la mezcla

- a. Las proporciones de la mezcla de concreto, deben ser seleccionadas para proporcionar la manejabilidad, resistencia y durabilidad necesaria para el trabajo específico que se está realizando.
- b. Se considera a la trabajabilidad como la propiedad del concreto que determina su capacidad de ser colocado, compactado y acabado sin la presencia perjudicial de segregación.
- c. Se considera a la consistencia como la propiedad que determina el grado de humedad de la mezcla de concreto. Se calificará en término del asentamiento de la misma, llamada prueba del "slump".
- d. En cuanto a la resistencia podemos decir que es una característica muy importante del concreto, Para un conjunto dado de material y condiciones de trabajo, la cantidad neta de agua utilizada por unidad de cemento, determina la resistencia del concreto.

Para una relación agua-cemento dado, las diferencias en la resistencia, pueden deberse a cambios en:

- El tamaño máximo del agregado
- La granulometría, textura superficial, forma, resistencia y dureza de los agregados.
- El tipo y marca del cemento
- El contenido de aire de la mezcla, en la medida en que un incremento en el contenido del aire, implica una reducción de la resistencia del concreto
- El uso de aditivos que, afectan el proceso de hidratación del cemento o desarrollen propiedades cementantes por si mismos.

e. En cuanto a durabilidad, el concreto debe ser capaz de resistir las condiciones de exposición al ambiente.

2.4.4. Información y Procedimiento para El Diseño de Mezclas.

La dosificación del concreto deberá basarse en datos obtenidos de experiencias en laboratorio. Los datos necesarios serán:

- Análisis granulométrico del agregado fino y grueso.
- Peso unitario del agregado grueso.
- Peso específico de masa, porcentaje de absorción y humedad de los agregados.
- Tipo y marca del cemento Pórtland escogido.
- Peso específico del cemento.
- Requerimiento de agua de mezclado, en base a experiencias con los agregados disponibles.
- Relación entre la resistencia y la relación de agua-cemento para las combinaciones posibles de cemento y agregado

El procedimiento para el diseño de mezclas es el siguiente

a. La obtención de los pesos de la mezcla de concreto especificado, se hace siguiendo una secuencia de pasos lógicos y directos, los cuales acomodan las características de los materiales disponibles, en una mezcla adecuada para el trabajo.

Las especificaciones con que se deben contar son las siguientes

- Máxima relación agua-cemento

- Mínimo contenido de cemento.
- Contenido de aire.
- Asentamiento (Slump).
- Tamaño máximo del agregado.
- Resistencia.

b. La obtención del peso de la mezcla por metro cúbico de concreto se hará de la siguiente manera:

b.1. Asentamiento.- Se deberá usar la mezcla de las consistencias más densa que puedan ser colocadas eficientemente.

b.2. Tamaño máximo del agregado.- El tamaño máximo del agregado deberá ser el mayor que sea económicamente compatible con las dimensiones de las estructuras, nunca será mayor de 115% de la dimensión más angosta entre caras del encofrado, $1/3$ del espesor de las losas, y $3/4$ de la distancia libre entre barras o paquetes de barras.

b.3. Estimación del agua de mezclado y contenido de aire - La cantidad de agua por unidad de volumen de concreto necesaria para obtener el asentamiento deseado, depende del tamaño máximo, perfil, textura y granulometría de los agregados, así como de la cantidad de aire incorporado, no siendo apreciablemente afectada por la cantidad de cemento.

b.4. Relación agua-cemento - Se determina teniendo en consideración no solamente la resistencia sino también factores como durabilidad y acabado del concreto.

Diferentes agregados y cementos. producen generalmente diferentes resistencias para una misma relación agua-cemento.

2.4.5. Propiedades del Concreto.

a. Ensayo de Consistencia del Concreto.- Llamado también de revenimiento o "Slump Test". Es utilizado para caracterizar el comportamiento del concreto fresco.

El ensayo consiste en consolidar una muestra de concreto fresco en un molde tronco cónico, midiendo el asiento de la mezcla luego de desmoldado.

b. Resistencia.- La resistencia del concreto no puede probarse en condición plástica, por lo que el procedimiento acostumbrado consiste en tomar muestras durante el mezclado las cuales después de curarse se someten a pruebas de compresión

La resistencia en compresión del concreto es la carga máxima para una unidad de área soportada por una muestra, antes de fallar por compresión

El 100 % de la resistencia a la compresión de un concreto debe alcanzarse a los 28 días.

2.5. Encofrado

Con el objeto de confinar el concreto y darle forma deseada, se emplearán encofrados donde fuere necesario. se tendrá mucho cuidado de no mover el stub cuando se coloque el encofrado para lo cual se preverá soportes espaciadores y todo lo necesario para la actividad como instruir al personal encargado. los encofrados deberán ser suficientemente resistente y estables

a las presiones debidas a la colocación y vibrado del concreto y deberán mantenerse rígidamente en su posición correcta. los encofrados deberán ensamblarse ajustadamente para impedir que los finos del concreto escurran a través de las juntas, los encofrados para las superficies que vayan a quedar expuestas, se revestirán o construirán empleando madera cepillada, que no contengan deformaciones o fallas. Tipos de encofrados: encofrados de madera bruta, para cimentaciones, encofrados de madera cepillada, machihembrada o enchapada, para estructuras cara-vista y estructuras hidráulicas, encofrados metálicos para estructuras cara-vista.

2.6. Desencofrado

Los encofrados deberán removerse con cuidado, para tal efecto se tendrán en cuenta los mínimos lapsos de tiempo transcurridos entre vaciado y desencofrado, pero en ningún caso deberá removerse antes de que la supervisión lo apruebe. El desencofrado se realizará a las 12 horas de haber vaciado el concreto sin dañar las aristas del fuste, a la cuadrilla del desencofrado se le puede dar la tarea del curado del concreto, este se realiza con un aditivo, membrasil o similar.

2.7. Curado de la Cimentación

Cualquier reparación o tratamiento que se requiera, se realiza con un aditivo membrasil o similar, deberá efectuarse inmediatamente después del desencofrado, continuándose luego con el curado especificado la remoción de los encofrados deberá hacerse teniendo cuidado de no dañar el

concreto, cualquier concreto que sufra daños por esta causa deberá repararse por cuenta del contratista.

Se llama "tiempo de vaciado y desencofrado", al tiempo que transcurra desde que se termina un vaciado hasta que se inicia el desencofrado. Amén que se ordene o autorice lo contrario.

En caso de utilizarse acelerantes, los plazos podrán reducirse de acuerdo al tipo y proporción del acelerante que se emplee, previa autorización de la supervisión. En todo caso, el tiempo de desencofrado se fijará de acuerdo a las pruebas de resistencia efectuadas en muestras de concreto.

Todo encofrado antes de ser colocado nuevamente deberá ser limpiado cuidadosamente no aceptándose la presencia de alabeos o deformaciones.

2.8. Verificación de Stub o Parrilla

Antes como después de efectuar el relleno o concretado de la cimentación se procede a verificar la posición correcta de las parrillas o stubs. Esta verificación será hecha torre por torre, en lo cual será asentado en planillas para su aprobación, una vez aprobada se podrá continuar con el montaje de la torre, si no fuese aprobado es decir que existiese mucho error en el caso de cimentaciones de concreto estas serán demolidas ocasionando pérdidas de dinero y tiempo. en el caso tipo parrilla se tendrá que ser removido. se tendrá que sacar todos los m³ de relleno y volver a nivelar.

Las Tolerancias lo dan las especificaciones técnicas sin embargo a manera de sugerencia proponemos la siguiente

- a. La distancia entre montantes adyacentes no deberá diferir de la medida teórica en más de 0.5 mm/m con un máximo de 5mm.
- b. La distancia diagonal entre dos montantes opuestos no debe diferir de la medida teórica en 1 mm/m
- c. Los niveles de los montantes de la base no se deberán desviar del plano teórico horizontal en más de 5 mm. Es decir que el desnivel máximo entre el desnivel máximo entre el montante más alto y el montante más bajo no debe exceder de 10 mm.
- d. Los montantes deben ser inclinados en conformidad con los planos de ejecución. La diferencia no debe exceder de 3mm/m
- e. La tolerancia sobre la distancia de una montante a otra montante es la suma de la tolerancia a nivel del cierre mas la tolerancia de inclinación.

CAPÍTULO III

MONTAJE DE ESTRUCTURAS

3.1. Introducción.

Las estructuras pueden ser de diferentes diseños, levantar un soporte que esta compuesto por un poste y crucetas es menos laborioso que levantar una estructura metálica, el primero consta de prácticamente de dos elementos, en cambio una estructura metálica esta conformado por un numero grande de piezas o elementos llámese perfiles, chapas y accesorios. Una estructura metálica tiene alrededor de 500 a 600 elementos y de 900 a 1700 pernos. Para el izado de torres se requiere de una secuencia lógica de fases como son ensamblaje, montaje y un ajuste final de pernos y revisión de elementos

El proceso de montaje de torres, involucra una serie de actividades secuenciales, que son las siguientes:

3.2. Almacenamiento en Patio.

El almacenamiento de los materiales de las torres, se realizará en áreas específicas denominadas patio de estructuras, sectorizadas para cada tipo de torre, ubicadas dentro de nuestros almacenes.

Cada grupo de materiales recepcionados con un número de posición específica, serán ubicados dentro de sectores, debidamente identificadas con carteles con el número de posición del elemento sobre durmientes de madera, que impidan el contacto con el suelo y daño al galvanizado.

3.3. Clasificación de Posiciones.

Esta actividad se realizará en el patio de estructuras del almacén, donde personal con experiencia, seleccionará, y juntará posiciones y pernos componentes de una torre específica, en función a sus extensiones de cuerpo y patas.

Durante la clasificación de las torres se evitarán los daños sobre la superficie galvanizada de los perfiles, ya sea por rozamiento, flexión o maltrato de los mismos.

La clasificación de posiciones, se efectuará en concordancia a los programas de izamiento de torres, y en función a la liberación de las fundaciones por parte de la supervisión.

3.4. Transporte a Punto de Izamiento.

Cuando la ubicación de las torres tenga accesos carrozables, serán trasladadas hasta su punto de izamiento, mediante camiones plataforma.

Para torres que tengan acceso de herradura, el transporte a partir del inicio del camino de herradura, será manual, con cuadrillas especialmente habilitadas, de ser posible incluso con el apoyo de animales de carga.

Se tendrá especial cuidado en el acomodo y aseguramiento de las posiciones, de forma que se eviten deflexiones y deformaciones, o daños en el galvanizado de las mismas.

3.5. Ensamblaje de Torres.

Se realizará la actividad de ensamblaje por tramos de los cuerpos de la torre y caras paralelas, ver figura 3.1, el mismo que se realizará sobre apoyos de madera buscando siempre una horizontalidad adecuada a fin de no someter a flexiones a los elementos ensamblados y teniendo en cuenta la geometría inicial de diseño, posteriormente se ajustarán los pernos que serán colocados como determina el plano para luego darles el ajuste y torque recomendados.

En caso de zonas agrestes es importante siempre conseguir la horizontalidad para el ensamblaje sin embargo no se le dará el torque definitivo en esta etapa, recomendándose darle dicho torque durante el montaje de torres.

Cada ménsula será ensamblada completa y ajustada con el torque correspondiente, dado en las especificaciones técnicas.

Las herramientas a usarse serán las adecuadas a fin de no dañar el galvanizado de los pernos y las tuercas, durante este proceso se debe tener

el mayor cuidado posible a fin de evitar rozamientos que lleven a la pérdida del galvanizado y flexiones de las piezas

Este trabajo consiste en armar y ubicar sobre un eje de trabajo (longitudinal, o transversal al de la línea), cuya selección depende de la disponibilidad de área libre del terreno, las distintas secciones o tramos de las caras de las torres perpendiculares al eje de trabajo seleccionado.

En el otro eje, se preparan los "traliches" o posiciones de amarre, para las caras armadas en el eje de trabajo.

También se arman y posesionan apropiadamente, las ménsulas y la capucha o canastillo para el cable de guarda.

Este armado de las posiciones, realizada sobre el suelo, apoyados en maderas, ofrece las siguientes ventajas:

Permite determinar con anticipación, la falta de alguna posición que pueda impedir el montaje parcial o total de la torre, por falta de envío, o envío incorrecto de la posición, de forma que se pueda tomar las medidas correctivas.

Permite seleccionar tramos de cuerpos, de pesos apropiados para los recursos humanos y mecánicos con que se cuente durante el izamiento.

Se debe tener cuidado en el orden de ubicación de las secciones armadas, esto es, que las posiciones de las patas de la torre se armen muy próximas a los cimientos, y se continúe en orden secuencial y alejándose de las bases, con las extensiones de cuerpo, cuerpo inferior, cuerpo común, cuerpo superior, ménsulas y capucha de cable de guarda, de forma que durante el

izamiento, la instalación de los primeros, vaya liberando espacio para la manipulación de las otras.

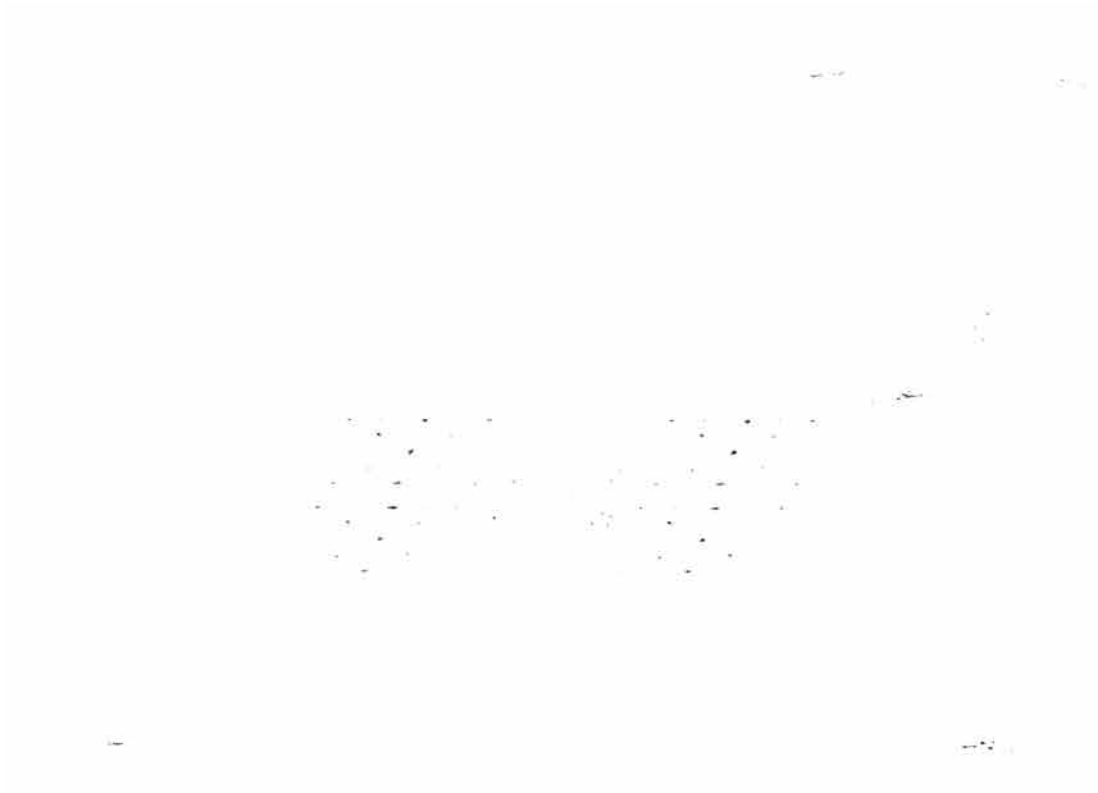


Figura 3 1: Ensamble o Pre-Montaje

3.6. Montaje de Torres.

Elegir el método de montaje de las estructuras depende de las características de las torres, del terreno así como de la disponibilidad del equipo de montaje.

Los métodos más comunes son el de Montaje por Rotación, Montaje Progresivo y el del elemento por elemento.

Para líneas de alta tensión el método más usual y más económico es el del montaje progresivo ya que estas torres son de gran altura, en torres que no

sobrepasan una sección de 3 x 3 y un peso de 3 TN se puede usar el montaje por rotación, el montaje elemento por elemento se usa en casos excepcionales.

3.6.1. Montaje por Rotación

Este método es el más usado en el izaje de postes, se requiere de un área de trabajo grande y lo más horizontal posible, Ver figura 3.2.

En el caso de torres, el método consiste en ensamblar toda la torre en el suelo apoyada sobre caballetes sin necesidad de equipos de levante toda la torre, para que posteriormente esta se levante por rotación valiendo de un winche, si el espacio plano es grande se puede reemplazar el winche con un móvil de tiro. Esta es una solución del punto de vista económico muy interesante ya que la operación se realiza con un reducido grupo de obreros calificados.

El Punto de izaje (B) será elegido de tal manera que no genere esfuerzos grandes que pueden originar daños graves, para lo cual se tomará las medidas de seguridad necesarias que el caso requiera, así como reforzar esa zona.

La Pluma móvil se coloca unida a la torre de modo que todo el conjunto gire al mismo tiempo que esta. El Winche trabaja en tracción directa desde que la inclinación de la torre es tal. que el cable de levaje no reposa mas sobre la polea fijada en el extremo de la pluma.

El Empuje (Q) esta dirigido en dirección OC. este es máximo al inicio del levantamiento y disminuye muy rápidamente conforme se va poniendo vertical la torre.

La importancia de este empuje "Q" nos muestra que el montaje por rotación no puede llevarse a cabo si el concreto de la cimentación no ha alcanzado la resistencia especificada además que será necesario unir todos los lados de la rotación de la base para repartir los componentes vertical y horizontal del empuje Q.

La elección de los equipos, personal y herramientas va a depender mucho de los esfuerzos T, Q y R.

Si tenemos el caso de una torre que pesa $P = 2,0 \text{ Tn}$, Altura $H = 20,0 \text{ m}$:

$a = 2,5 \text{ m}$ y $h = 5,5 \text{ m}$, Distancia de la base al punto B = 12 m, Distancia del winche a la torre = 10,0 m.

Tendremos:

Tensión en el cable de $T = 2,6 \text{ Tn}$ Un empuje en la base $Q = 2,8 \text{ Tn}$ y
Compresión en la pluma $R = 2 \text{ Tn}$.

Con estos valores elegiremos nuestro cable de isaje, potencia del winche, que tipo de pluma y capacidad de poleas, así como los diámetros de grilletes y estrobos



Figura 3.2: Montaje por Rotación

3.6.2. Montaje Progresivo

El montaje progresivo se realiza con la ayuda de una pluma de montaje y un winche se levanta una por una las caras preensambladas que corresponden a dos caras del prisma, posteriormente se completan las caras transversales o longitudinales de manera que se forme un prisma lo mas rígido posible, la pluma se desplaza por el eje interno de la torre, conforme avanza el montaje. Una o mas retenidas (vientos) según la demanda sujetan el cuerpo ya montado, el que se esta montando y además sirve de guía al momento del ensamblaje, ver figura 3.3, 3.4 y 3.5.

Los desplazamientos sucesivos de la pluma son necesarios para pasar de un cuerpo a otro. Estas maniobras de la pluma son siempre lentas y delicadas que exigen el empleo de linieros muy bien entrenados.

Las maniobras se ven facilitadas cuando la pluma de montaje sobre pasa al menos 3 m el punto mas alto del cuerpo en su posición definitiva.

Las poleas son casi siempre útiles para disminuir la tensión del cable de 1saaje y disminuir los movimientos de la carga

La pluma de montaje esta provista en su parte superior de un disco móvil perforado con una docena de huecos que sirve para fijar los vientos, según se requieran (un mínimo de tres a 120 grados).

En la parte Inferior, uno o varios ganchos forjados facilitan el enganche de la pluma sobre un nudo de la estructura de la torre. Las plumas utilizadas son plumas metálicas (acero o metal ligero).

Los esfuerzos que se presentan en el montaje de la carga "P" son los siguientes:

Tensión el cable de levaje (T)

$$T = P \times \text{Cos} (\alpha) / \text{Cos} (\alpha + \beta)$$

Para $\beta = 0$, $T = P$, $C = 0$;

Tensión en el cable de retención (C)

$$C = P \times \text{Sen} (\beta) / \text{Cos} (\alpha + \beta)$$

Compresión en la Pluma (M) sin tener en cuenta el peso de la pluma

$$M = T (1 + \text{Cos} (\theta - \beta) / \text{Cos} (\theta - \gamma))$$

Tensión del Viento (H)

$$H = T \times \text{Sen} (\beta + \gamma) / \text{Cos} (\theta + \gamma)$$

De las relaciones observamos que las tensiones en los cables, y cuerdas y la compresión en la pluma son funciones de P, α , β , θ , γ . Las diferentes relaciones se obtienen aplicando las ecuaciones de proyección. En ellas no intervienen ni el rozamiento en las poleas, ni el peso de la pluma y los cables, ellos corresponden por lo tanto a valores mínimos.

Se puede ver que el ángulo de inclinación de la pluma (γ) no debe sobrepasar de 15 a 20 grados.

El aumento de la altura de la pluma contribuye en la economía, ya que de esta forma se puede disminuir el número de desplazamientos (maniobras en la pluma).

En ciertos casos se puede concebir plumas fijas montadas al pie de la torre, en la cual la altura sobre pasa los 8 o 10 m de la torre a montar, que permite realizar el montaje sin otra maniobra, que el montaje inicial de la pluma.

Estas plumas pueden ser transportadas al pie de la torre desmontada, lo que no presenta inconveniente en zonas accidentadas.

El peso y acceso con pendiente muy elevada vuelven a las grúas de montaje inaplicables.

Todo método de montaje tiene que tener en cuenta lo siguiente:

- Evitar esfuerzos excesivos en los elementos de las estructuras, particularmente en las estructuras que se levantan ya ensambladas. A tal fin, es importante que los puntos de la estructura donde se fijan los cables de montaje sean elegidos cuidadosamente.
- Arriostrar las cuatro montantes de la estructura de modo que ellos permanezcan en su posición correcta.

Evitar daños en el galvanizado.

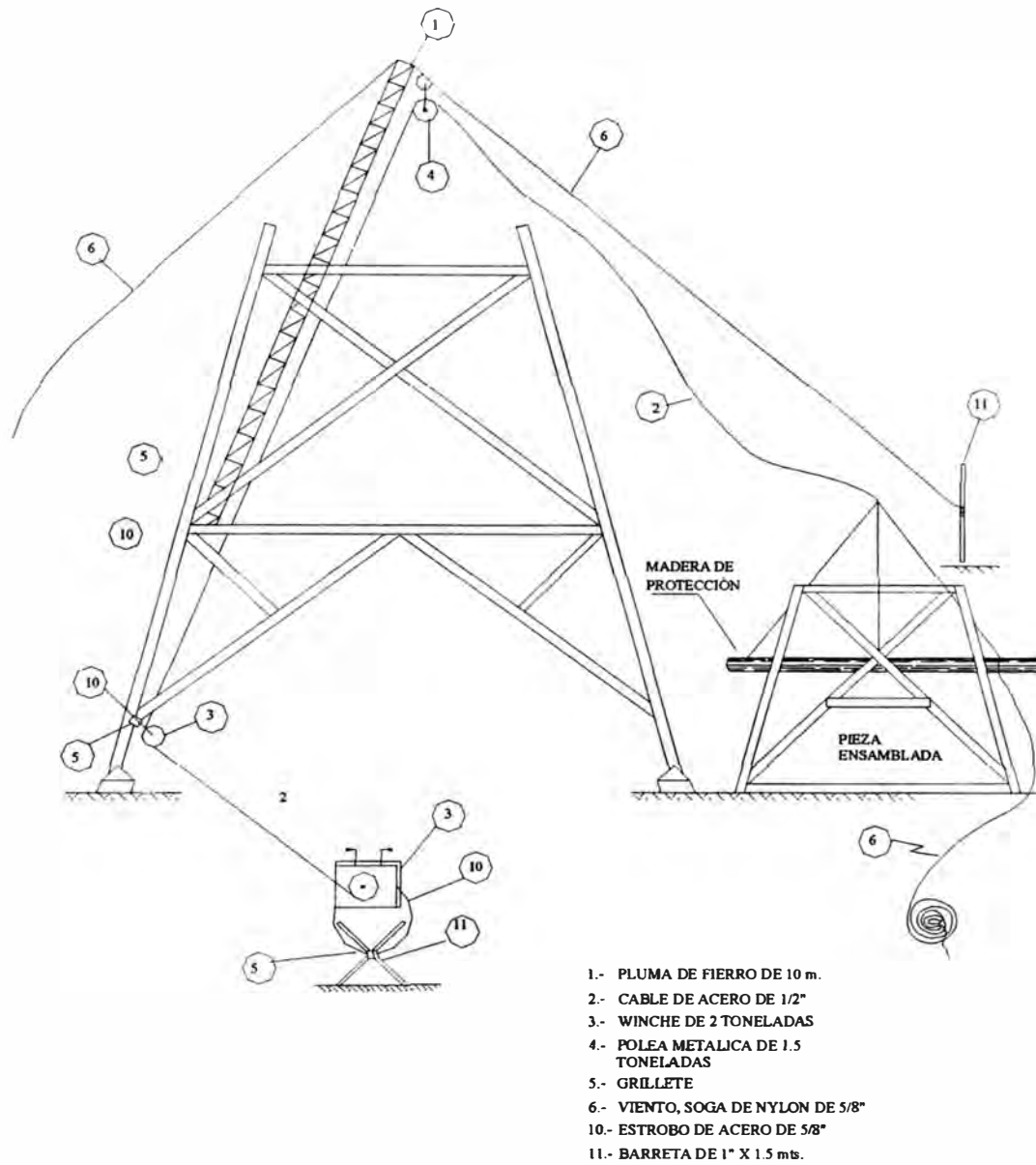


Figura 3.3: Montaje Progresivo

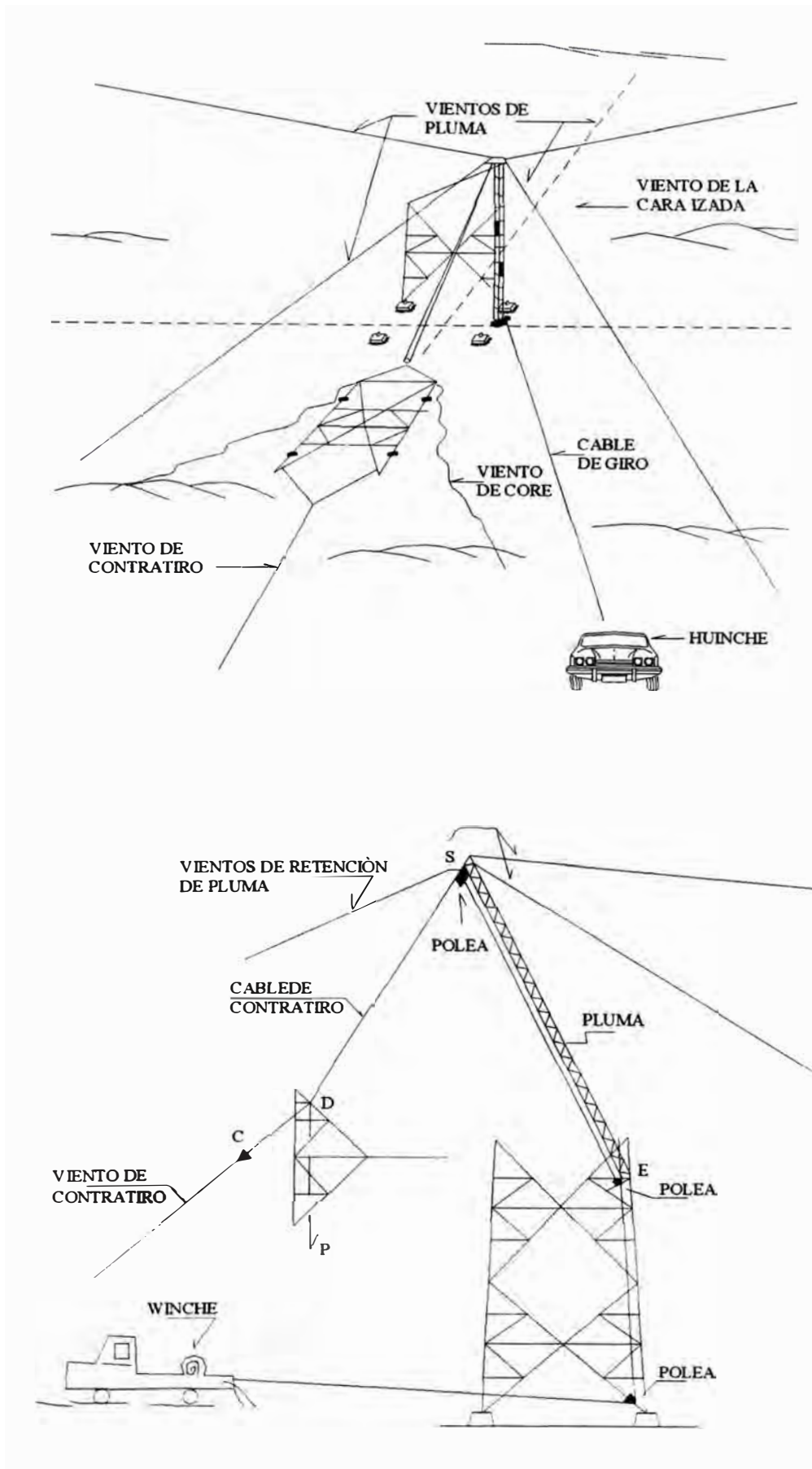


Figura 3.4: Montaje Progresivo con Winche

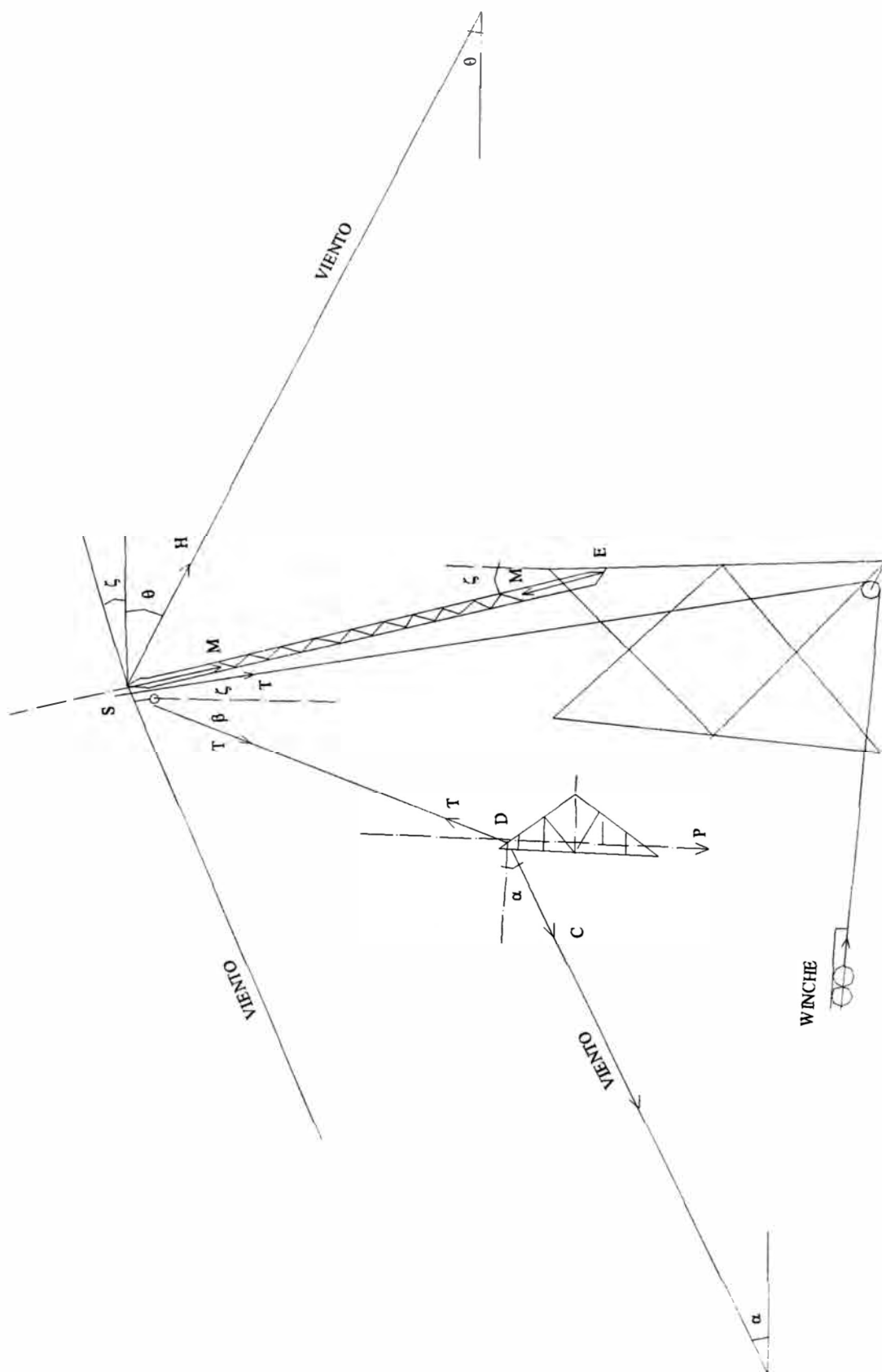


Figura 3.5: Montaje Progressivo con Winche 2

3.7. Revisión de Montaje

En esta actividad se verifica si todos los elementos que componen una torre son los correctos (posiciones, diámetros, longitud de pernos, arandelas planas y recortadas), luego se procede a darle a todos los pernos el torque especificado. Debajo del dispositivo antiescalamiento, a las tuercas se les aplica después del ajuste, dos o tres golpes con el punzón en el filo de contacto para así evitar las sustracciones, posterior al punzonado se lo protege con una pintura antioxidante. El torque de los pernos se verificaraá con el torquimetro y las herramientas para el ajuste son las llaves de boca o dado sin ninguna extensión, ya que éstas pueden provocar tensiones internas que pueden ocasionar la rotura de este. El ajuste de los pernos se realizan por las cuatro patas de la torre a la vez, se recomienda que el avance de las cuatro patas se deba hacer a la misma velocidad, ya que un desfase en este someterá a la torre a una torsión el cual se tendrá que corregir si sobrepasa la tolerancia. Culminado el ajuste se limpiará la mugre y todo moho blanco, los daños menores al galvanizado serán resanado retocando con pintura especial, antes de aplicar la protección adicional contra la corrosión.

3.8. Verticalidad y Torsión

Culminada la revisión de montaje se realiza la verificación de la verticalidad y torsión de cada torre, el error más común es el de torsión, se tendrá que respetar las tolerancias dadas en las especificaciones técnicas.

3.8.1. Verticalidad

El eje vertical del punto más alto de la torre no debe desviarse del eje vertical que pase por el centro geométrico de la base, en más de $1/480$ de la altura de la torre, ver figura 3.6.

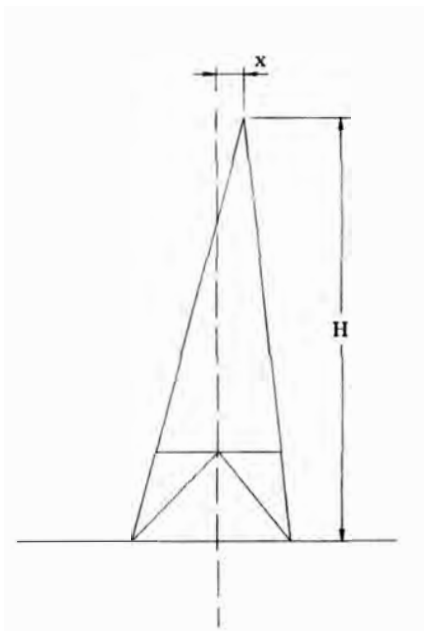


Figura 3.6: Tolerancias de Verticalidad

3.8.2. Torsión

La desviación de las extremidades de los brazos con respecto al eje transversal, perpendicular a la dirección de la línea no deberá superar más de $1/200$ de la distancia entre extremo del brazo y el centro de la torre, ver figura 3.7.

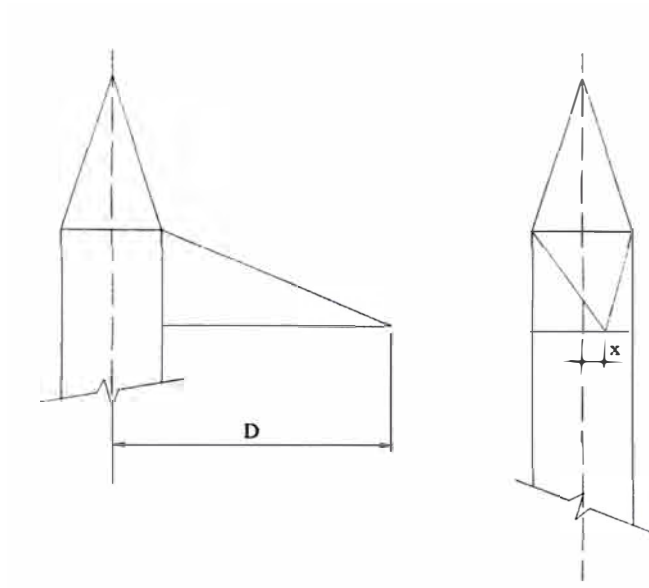


Figura 3.7: Tolerancias de Torsión

CAPÍTULO IV

TENDIDO DE CONDUCTOR Y CABLE DE GUARDA

4.1. Montaje de la Cadena de Aisladores y poleas de Tendido.

Las actividades que componen el montaje de las cadenas de aisladores y poleas de tendido de conductor o roldanas son:

- Carga de materiales en el patio.
- Limpieza cuidadosa y prolijamente.
- Armado de las cadenas y roldanas.
- Izado y fijación de las cadenas.

Los aisladores se distribuirán sin sacarlos de sus protecciones de embalaje, a pie de torre, de modo de facilitar el armado con la polea, y su izamiento. Durante el manipuleo de los aisladores se evitarán los impactos y roces contra el suelo.

El izado y colocación de las cadenas en las torres, se hará con dispositivos que permitan la operación sin que las cadenas sean sometidas a esfuerzos que no sean en el eje longitudinal.

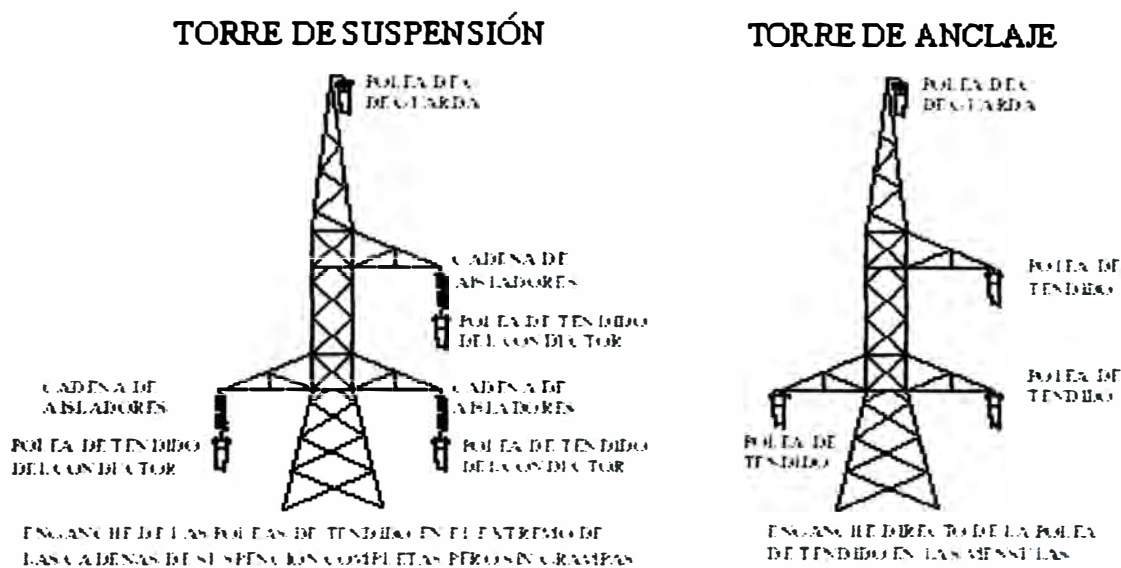


Figura 4.1: Tipos de Torres

En las torres de suspensión, el montaje de las cadenas de aisladores se efectuará conjuntamente con las poleas de tendido. En las torres de anclaje, solo se instalarán las poleas, y la instalación de las cadenas de aisladores se efectuará después de culminado el lanzamiento de todos los conductores, durante la regulación de los mismos, ver figura 4.1.

4.2. Extendimiento del Conductor.

Debido a que esta es una actividad muy importante será explicada en forma mas detallada.

4.2.1. Determinación de Longitud de Tendido

La primera actividad para la ejecución de un tendido de línea es el reconocimiento de terreno y acceso a las torres para luego definir la ubicación de los equipos de tendido (winche y freno), estas ubicaciones determinan las longitudes de tendido para cada tramo a tenderse se le conoce también como sector de tendido.

Estas longitudes se determinan a todo lo largo de la línea a ejecutarse por ser un trabajo consecutivo en su ejecución y su determinación sea definitiva.

Otro aspecto a considerar es que el sector de tendido sea entre torres de anclaje, que no es determinante pero ayudará para posteriores actividades como la puesta en flecha y anclaje.

4.2.2. Ubicación de Equipos

Siendo equipos muy pesados se hace necesario que el acceso al lugar de su emplazamiento sea buena y de longitud corta. Es muy importante la primera determinación de equipos para una secuencia ordenada y consecuente que considere el menor desplazamiento de equipos, ver figura 4.2.

Ejemplo:



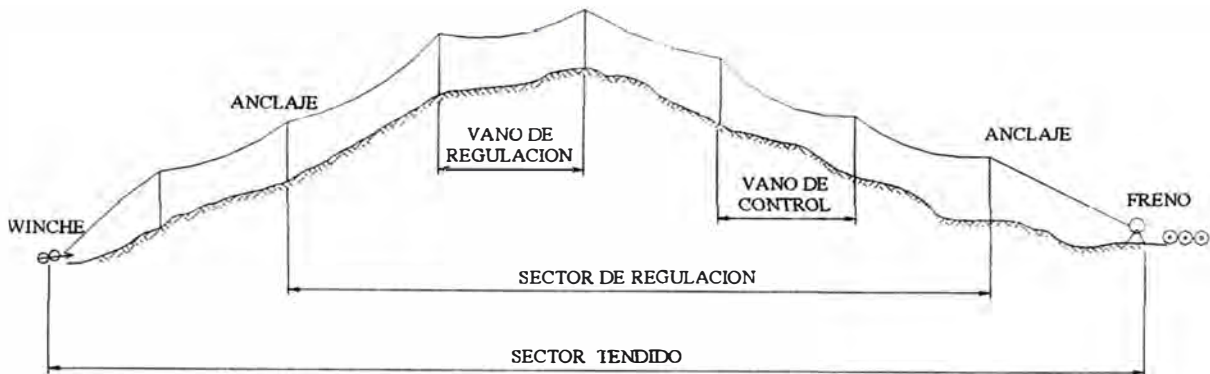


Figura 4.2: Ubicación de Equipos

a. Ubicación de equipo winche

Requiere una plataforma nivelada y de un área aproximada de 5 x 12 m considerando que se emplazará muy junto el equipo envolvente, además en este lugar se producirá la recuperación del cable guía por lo tanto se tendrán porta bobinas llenas y vacías de acuerdo al requerimiento de la longitud del tendido.

b. Ubicación de equipo recogedora o envolvente

Su emplazamiento obedece a la ubicación del winche cuando estos son equipos separados.

La ubicación conjunta winche-recogedor tendrá un área libre de 4 m y estará siempre en un mismo eje considerando el último canal de salida del tambor del winche y la ubicación central de la porta bobinas vacía emplazado en el recogedor. De igual forma se considerará el canal de entrada del tambor del winche orientado al eje central de la torre inmediata.

En máquinas modernas el recogedor viene junto al equipo principal winche.

c. ubicación del equipo de freno

Requiere una plataforma nivelada, en este lugar se emplazarán las bobinas de conductores y de cable de guarda en cantidad requerida según el plan de conductores.

El emplazamiento entre el freno y la recogedora tendrá un área libre de 4 m y en un mismo eje que será dado por el canal de entrada del tambor del freno y el centro de la bobina a desenrollarse, además el canal de salida estará orientado al eje de la torre inmediata.

Nota.- Existen casos especiales sobre emplazamiento de estos equipos fuera de ejes y a grandes longitudes, esto ocurre por falta de espacios adecuados o malos accesos hacia la línea donde se ubican las plataformas respectivas y donde se tiene que usar artificios de tendido ocurriéndose los llamados "contrarios".

4.2.3. Análisis de Cálculo de Tendido: Conductor, Cable Guarda y Cable guía.

a. Definición del problema y resultados de cálculo

a.1. El cálculo deberá determinar el vano crítico del sector del tendido, el parámetro mínimo en este vano define un equilibrio sobre poleas global permitiendo obtener un parámetro mayor o igual al parámetro mínimo en cada vano.

a.2. Este primer cálculo determina la tensión mínima necesaria en el freno para que el cable no roce en ningún pórtico de protección y/o en el suelo.

Permitirá igualmente situar los problemas eventuales de:

- Tensión más fuerte en los equipos, apoyos intermedios al menos en el vano crítico.

a.3. Como segunda etapa se deberá determinar todos los equilibrios intermedios sobre poleas, en función:

- De la tensión escogida para el freno.
- De la posición del cable guía dentro del tiro de desenrollamiento.

a.4. Los cálculos especificarán:

- El parámetro de cada vano (tensión horizontal / peso del cable)
- Las tensiones en el punto de enganche
- Las cargas verticales en los soportes

a.5. Permitirá verificar que:

- Las tensiones máximas no sean sobrepasadas (winche, freno, cable guía)
- Los parámetros mínimos de desenrollamiento son siempre superiores a los parámetros mínimos de los vanos
- Se determinará el emplazamiento de las contra poleas necesarias (para el conductor o el cable guía)
- Estudio de las variaciones de tensión en el winche en función de la tensión en el freno y de la progresión del cable.

b. Cálculos para el conductor: Cálculo de parámetro mínimo para el conductor

Como primer dato se establecen las cotas de cada una de las torres a nivel de la garganta de la polea, para efectos del cálculo consideramos la altura

más desfavorable que sería la ménsula inferior de las torres, cuyo resultado es la suma algebraica de las alturas positivas y negativas que influyen para obtener dicha cota con cuyo dato se obtiene el parámetro mínimo.

c. Cálculo de tensiones de desenrollamiento

Determinando el parámetro mínimo de desenrollamiento, se crea el concepto de vano de partida y el de vano crítico que será el mismo para el sector de tendido que más adelante analizaremos.

El cable sobre poleas sufre las tensiones más fuertes en las torres que se emplazan en los puntos más altos del perfil, estas tensiones van decreciendo en los puntos más bajos, en general estarán en función de los desniveles entre torres.

d. Cálculo de tensiones horizontales

A partir de las tensiones de desenrollamiento de cada una de las torres se calculan las tensiones horizontales para cada vano utilizando las tensiones de las torres comprendidas en dicho vano y los desniveles de éstas.

e. Cálculo de esfuerzos verticales

Este cálculo solo es necesario para el tendido de conductores en vanos desnivelados que se torna muy importante porque determinará el esfuerzo vertical a nivel de la garganta de la polea en cada torre.

f. Cálculo para el cable guía o cordina

Parámetro mínimo, tensión de desenrollamiento, tensiones horizontales, esfuerzos verticales para el cable guía o cordina en vacío.

Los cálculos para este conductor están orientados para saber el esfuerzo vertical y el posible uso de contra poleas.

g. Tensiones de desenrollamiento, tensiones horizontales y esfuerzos verticales para el cable guía o cordina con carga (en proceso de tendido).

Todos los cálculos de este cable están orientados a conocer el esfuerzo vertical y el posible uso de contra poleas a partir de la tensión de desenrollamiento del conductor, sabiendo que es un cable cuyo peso es de 0.678 Kg./m y que tiende a levantarse por tener menor peso. Como punto de partida para este cálculo se admite la tensión de desenrollamiento del conductor en el punto más crítico de tensión será mayor siendo una simulación perfectamente concebible de lo que ocurre físicamente.

h. Cálculo para el cable de guarda

Para el cálculo de los parámetros mínimos para el cable de guarda se procede de igual forma que el conductor, sabemos por otro lado que el cable de guarda está más arriba que los conductores inferiores con cuyos datos se calculó para el conductor.

i. Uso de contrapoleas

El uso de contra poleas está definido por los esfuerzos verticales, los cálculos son realizados para saber el comportamiento del conductor a nivel

de la garganta de las poleas en cada torre, el uso de contra poleas se justifica cuando los esfuerzos encontrados son menores o iguales a 50 Kg.; este valor se determina con el fin de cubrir cualquier tensión accidental del freno y no sufra el levantamiento del conductor hacia la cogolla de la polea. Los esfuerzos verticales son menores debido a las posiciones de las torres, damos a conocer dos casos típicos donde se experimenta el uso de contra poleas y requieren realizar el cálculo para saber exactamente la magnitud del esfuerzo vertical.

i.1. CASO I:

En las torres que se encuentran en un gran desnivel negativo y entre torres anterior y posterior de desnivel positivo como se muestra en la figura 4.3.

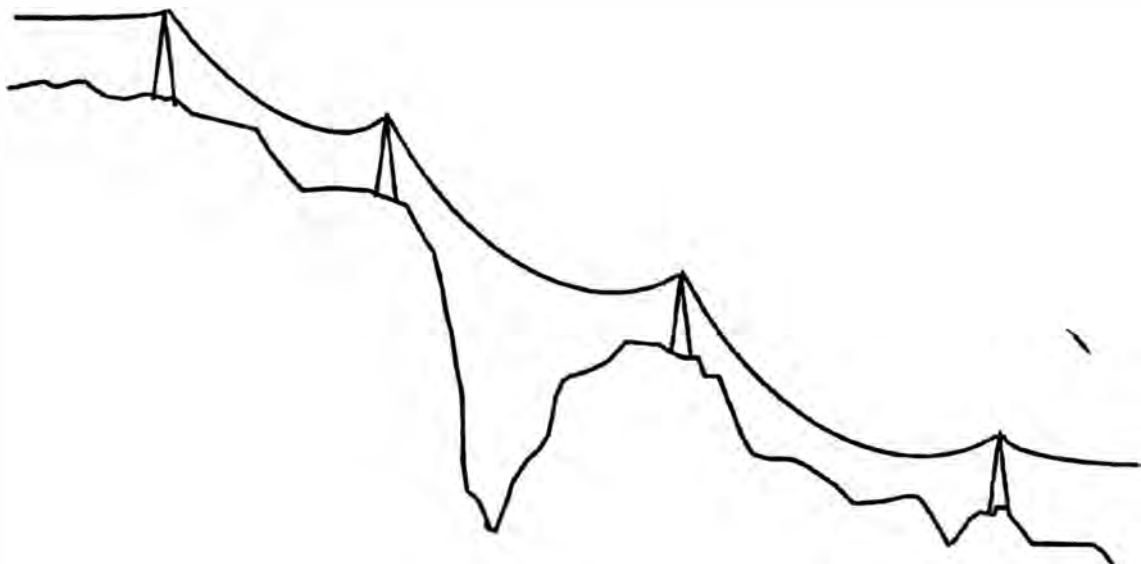


Figura 4.3: Torres Desniveladas

i.2. CASO II:

- En las torres que se encuentran en una topografía ascendente de gran desnivel y de vano corto. Ver figura 4.4.

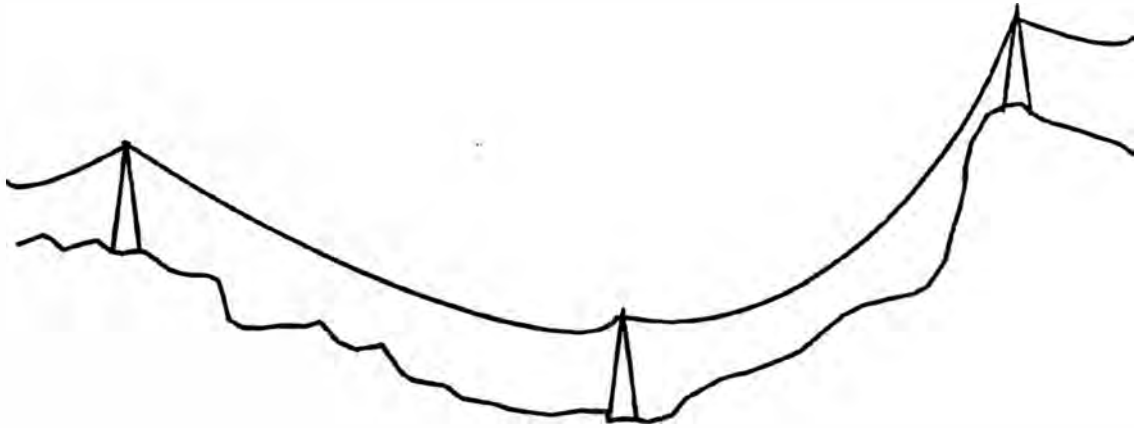


Figura 4.4: torres en arrancamiento

4.2.4. Esfuerzos en las máquinas

Es importante realizar el cálculo para encontrar la tensión (T_0) que deberá permanecer en forma regular y continua en todo el proceso de tendido. Se deberán evitar variaciones bruscas de T_0 , sean positivas o negativas estas.

La tensión calculada será regulada por el vano regulador estando en una comunicación constante entre el operador del freno y del hombre vigía del vano crítico.

Es muy importante trabajar con una T menor si es que la topografía lo permite, estando sujeto la determinación a los vanos críticos.

El esfuerzo de tracción sometido al freno en una sección de tendido debe ser menor que el valor admitido por dicha máquina (dato del fabricante), caso que fuera mayor será necesario rebajar este T creando apoyos auxiliares

provistos con poleas en los puntos críticos de los vanos críticos de la sección de tendido.

En las máquinas modernas existe un manómetro incorporado donde se lee el valor de T , del modo tal que se programa este valor en el dinamómetro que se encuentra provisto de un sistema de alarma para valores mayores que T este es una forma de detectar cualquier falla en cuyo caso el operador bajará la tensión en el freno en coordinación con el hombre vigía del vano crítico.

a. Esfuerzos en el winche

Conocido también como tensión de tiro que dependerá de la regulación de T del freno y del vano regulador. Esfuerzo que no deberá sobrepasar el esfuerzo admitido por la máquina dado por el fabricante.

Siendo el winche una máquina de tracción rotatoria que obedece a un motor provisto de una caja reguladora de velocidad el accionar de la misma en el proceso del tendido es tan importante como la del freno, entrando estos dos equipos en una perfecta coordinación de arranque, jalado y parado.

b. Coordinación de arranque y jalado

El proceso de arranque se realizará lentamente, hasta llegar a la tensión calculada del tendido la cual deberá permanecer constante en todo el proceso.

El proceso de jalado se deberá realizar con las tensiones calculadas para no someter al conductor, cable guía, y calcetines a esfuerzos mayores que lo

calculado, que podrían sobrepasar las tensiones de ruptura especificadas por sus fabricantes y llegar al colapso, especialmente los calcetines. Se deberán mantener las tensiones previamente calculadas para las máquinas las cuales podrían sufrir cambios previa coordinación entre los operadores de los equipos y del vigía que se encuentra en el vano de control que determinará las bondades de la altura disponible para no producir el rozamiento del conductor sobre el suelo (punto más crítico).

Cualquiera sea la determinación de los cambios de aumento o disminución de tensión de tendido o jalado este se realizará lentamente y en estricta coordinación, que será producto directo de la velocidad que se le imprima al equipo winche.

c. Coordinación de parado

Este se deberá realizar como en el caso anterior para no producir la disminución de tensión, que podría causar el roce del conductor al suelo.

Es muy importante tener en cuenta este hecho especialmente en cada cambio de bobina de conductor y a la culminación del proceso de tendido.

El comportamiento físico del parado que será inverso al del jalado es el siguiente: el equipo winche disminuirá su velocidad mientras tanto el equipo freno subirá su tensión hasta el punto de que el freno quede totalmente bloqueado y el winche tenga velocidad cero, actividad ésta que será perfectamente coordinada segundo a segundo.

d. Determinación y control del vano regulador durante el tendido

Se determina con el cálculo de parámetro mínimo escogiéndose el vano donde se haya encontrado el parámetro mayor llamándose a éste vano crítico o regulador.

En una sección de tendido el vano regulador de tendido puede ser en número de uno, dos o tres vanos de acuerdo a la longitud de la sección de tendido, la importancia y la priorización en caso de varios vanos de regulación está dado por el de mayor parámetro.

En el proceso de tendido es muy importante la altura de desenrollamiento del conductor y del cable de guarda para este vano el mismo que servirá para una adecuada regulación de tensión de tendido y acoplamiento de funcionamiento de winche y freno.

Sabiendo que los cálculos de parámetros mínimos se realizan a dos metros encima del punto más crítico, este margen de seguridad deberá ser aprovechado al máximo para poder bajar la tensión del tendido si es que es permitido.

Una consideración general será el de realizar cualquier tendido con la tensión menor posible.

El personal que vigilará estos vanos deberá estar provisto de radios transmisores para una constante comunicación con el freno, indicando a pedido del operador del freno la altura de desenrollamiento por estos sectores y por toda la sección de tendido.

El vano regulador de tendido es muy importante porque a través del paso del conductor en ella se puede detectar cualquier error de un anormal

funcionamiento de poleas y de equipos. Esta detección está dado por la pérdida o elevación de altura del conductor en el punto más crítico de estos vanos.

Por otro lado a través de este vano regulador, el conductor se puede poner en toda la sección de tendido muy próximo a su flecha final, a la culminación del tendido de cada fase lo que llevará a un ahorro de tiempo en su reglaje final.

4.2.5. Programación

La programación es la fase preparatoria en los trabajos donde son elaborados los programas de tendido a fin que los programas en el campo puedan ser conducidos con la suficiente coordinación, precisión y seguridad. Esta fase es indispensable para la ejecución del tensado frenado. Deben ser elaborados los planes de tramos de tendido y tramos de regulación.

a. Plan de tramos de tendido

Este debe comprender lo siguiente:

- La determinación de los tramos por tensar, con la colocación de las máquinas (winche y freno), ver figura 4.5.
- La distribución de las bobinas del conductor y del cable de guarda.
- La posición de las juntas de empalme en la fase de tendido y de regulación.
- La programación de los cruces para los cuales es indispensable prever las flechas en las cuales hará falta tener disponibles las autorizaciones de los entes interesados. En particular para las líneas aéreas, es oportuno saber cuales son los intervalos de tiempo concedidos para la puesta fuera de

servicio y para cuales de ellas es posible la desviación con cable subterráneo provisional.

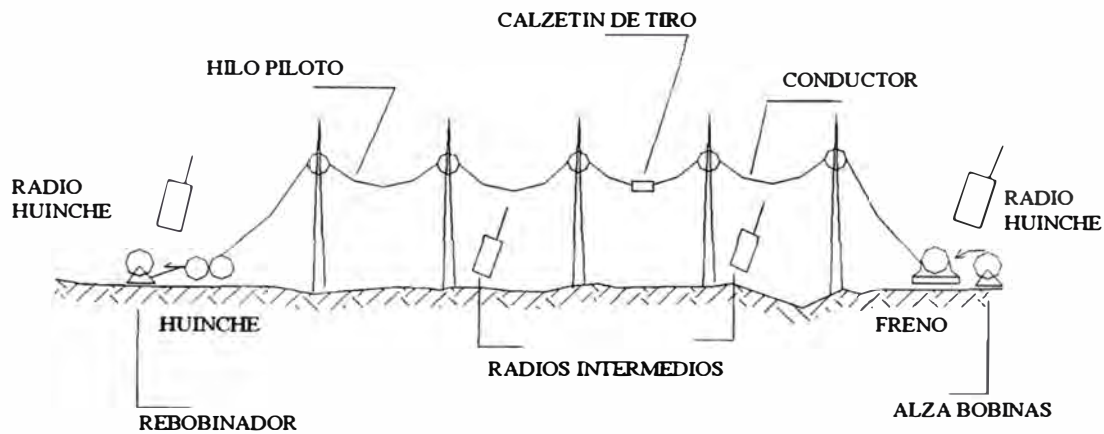


Figura 4.5: Esquema de Lanzamiento del Cable

- La posición de los apoyos.
- La posición de las poleas.
- Los puntos críticos de distancias mínimas al suelo.
- Los datos de tiros a los winches y frenos en las diversas fases del tendido.
- Eventuales sobrecargas sobre poleas colocadas en las torres con fuertes solicitaciones.
- La descripción del equipo necesario con sus características.
- Las medidas de seguridad a adoptarse.
- La indicación de la colocación fija de la señalización (instalaciones de comunicación).

b. Plan de tramos de regulación

Este plan debe contener lo siguiente:

- La delimitación de los vanos que se pretende regular con un único tiro de regulación.
- La elección de método de regulación (medida de las flechas).
- La descripción del equipo necesario con sus características.

4.2.6. Instalación de Pórticos y protecciones.

Con el fin de asegurarles las mejores condiciones de funcionamiento a los equipos de tendido (winche y freno), en cuanto a espacio suficiente y estabilidad, se requiere del acondicionamiento de plataformas, cuando el terreno es totalmente desnivelado el acondicionamiento representa cortes y rellenos que requerirán algunas veces el uso de equipos.

En estas plataformas se colocarán las retenidas donde se anclaran los equipos para evitar su desplazamiento, así mismo se colocaran las retenidas para anclar el conductor y cable de guarda, ver figura 4.6 y 4.7.

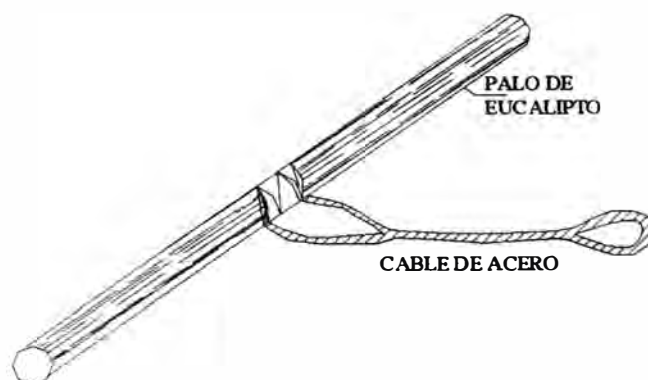


Figura 4.6: Muerto para Retenida de Equipos

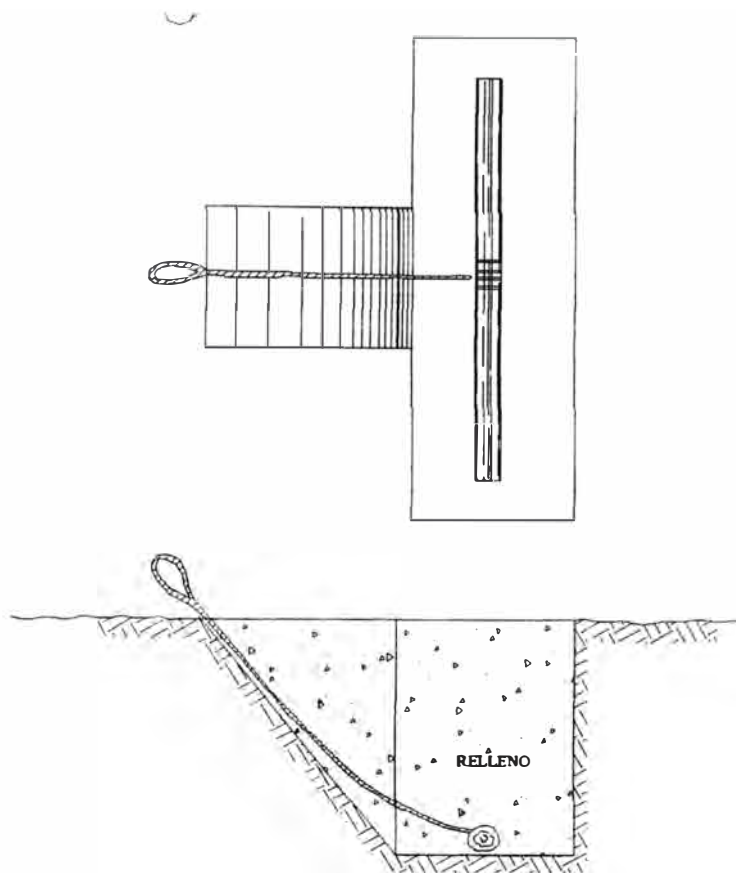


Figura 4.7: Detalle de Muertos para Anclaje de Equipos y Cables

Una vez realizados los empalmes de los cables, los muertos se van recuperando y así sucesivamente se continúa en toda la longitud de la línea. Cuando la línea atraviesa caminos de tráfico importantes, ríos, ferrocarriles, líneas de transporte de energía o posibles zonas donde el conductor se arrastrará por el suelo chocando con rocas, se levantarán pórticos y protecciones de madera, con el fin de proteger a los cables y a las personas de accidentes. Estos pórticos serán de tal manera que le darán a los cables una altura libre suficiente por encima de los obstáculos.

Estas protecciones son levantadas antes del tendido de los cables y no deberán ser desmantelados hasta después de la regulación y engrampado definitivo de los conductores y cable guarda, ver figura 4.8.

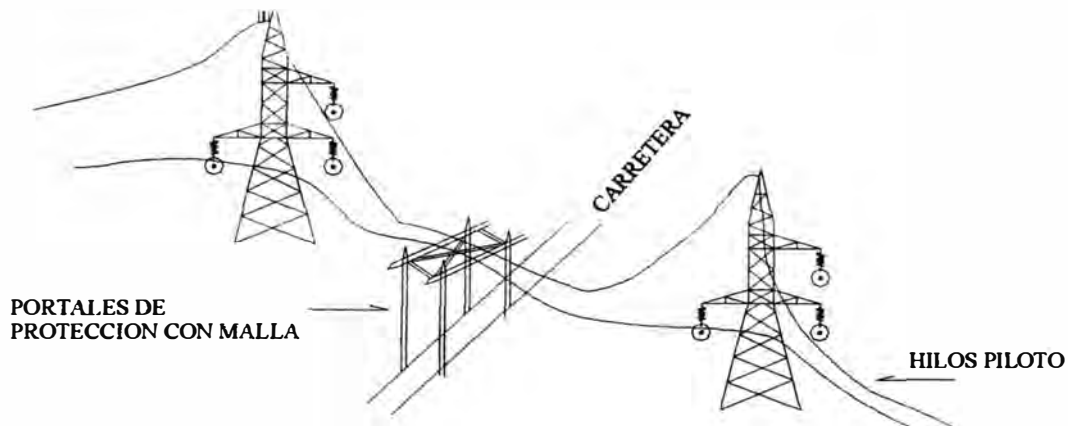


Figura 4.8: Esquema de Protección

4.2.7. Colocación de Poleas o Rondanas.

Las poleas de tendido es un equipo muy indispensable tanto para el tendido de cables como para el regulado. Estas son de un diámetro suficiente para no crear en los cables presiones radiales, importantes cuando están sometidos a la tensión de tendido. La presión radial "P" desarrollada por un cable en la garganta de una polea esta dada la expresión:

$$p = \frac{T \cdot ds}{R}$$

Donde:

T: Tensión en el cable (Kg.)

ds: longitud de arco (ds = cm)

R : Radio (cm)

p: Presión en cm. de longitud de arco.

La presión P es susceptible de provocar anomalías en cada capa de los hilos del conductor y cable guarda. Estas anomalías son la causa de un debilitamiento en la resistencia mecánica de los cables.

En ensayos se ha mostrado que el peligro de deterioro de los hilos de aluminio desaparece cuando el diámetro de la polea es al menos igual a 23 veces el diámetro del cable conductor.

El uso de las poleas de gran diámetro, sobre todo aquellas montadas sobre rodajes o billas, reducen considerablemente los esfuerzos de rozamiento al paso del cable de manera que se facilita el tendido así como la regulación.

Generalmente estas son fabricadas de aleación de aluminio y tienen un revestimiento interno de neoprene.

Las poleas deben tener una garganta lo suficientemente profunda como para impedir el descarrilamiento del conductor, así como el paso de los empalmes (uniones entre conductores o unión conductor, cable piloto).

Las poleas son piezas muy costosas que deben tener un mantenimiento constante, es decir un engrasado y una verificación de todos sus elementos (ejes, seguros, etc.).

La cantidad de poleas necesarias para una obra depende de la velocidad del lanzamiento y de la longitud del Sector de Tendido, la cantidad de las poleas que se requieren como mínimo es para dos sectores de tendido.

En obras con tensiones de más de 138 KV se debe contar al menos con 72 poleas de tendido para conductor y 24 poleas para cable de guarda.

Las poleas de tendido son suspendidas de las cadenas de aisladores en el caso de las torres de suspensión y directamente de los brazos de las estructuras en el caso de las torres de anclaje.

En torres de ángulo muy pronunciados o torres en arrancamiento, las poleas se colocan en el cuerpo de la torre o en la pata.

4.2.8. Tendido del cable guía o cordina.

La cordina o cable guía, es un cable auxiliar que se extiende a todo lo largo del sector de tendido y que sirve para tirar al conductor que se pretende tender.

La extensión de la cordina es una actividad que consiste en hacer pasar este cable por todas las poleas ya instaladas en las torres, a lo largo de todo el sector de tendido.

Los cables utilizados, están fabricados en acero de 160 a 180 Kg/mm² estos deben tener una sección necesaria para resistir con mucha seguridad los esfuerzos de tracción que se van a ejercer sobre ellos.

Para el "Tendido de conductor en el suelo" se utiliza habitualmente cables de 8 a 10 mm. de diámetro (40 a 60 mm² de sección). Mientras que para el "Tendido Bajo Tensión" utilizamos cables cordina de 12 a 14 mm. de diámetro o más (80 a 120 mm² de sección).

Los cables cordina, así como todos los otros cables (conductor mixto u homogéneo), están afectos al fenómeno de torsión. Es necesario elegir cordinas en donde la torsión sea muy baja (cables antigiratorios) ya que estas son muy satisfactorias.

Cuando no se tiene cordinas antigiratorias, se usa en los empalmes entre cordinas y empalme de cordina-conductor los llamados "yuntos giratorios" los cuales impiden que los giros de los cables (conductor, cable guarda) no se comuniquen a la cordina, lo cual lo volvería inservible muy rápidamente.

Para un conductor en donde la cubierta exterior se encuentra torneada hacia la izquierda y cuando es tirado se le provoca un giro hacia la derecha, es necesario que la cordina, también gire hacia la derecha, y que no se oponga al giro del conductor.

Existen cables cordina casi antigiratorias pero sus costos son muy elevados.

El uso de nylon en cordinas de tendido ha sido probado, pero este presenta un doble inconveniente.

- Un estiramiento excesivo, aún sometidos a tensiones relativamente bajas.
- Puede perder una parte importante de su resistencia mecánica, cuando está expuesto a la intemperie y a los rayos del sol (ultravioleta).

El nylon se deberá usar sólo como cuerda de servicio para facilitar el tendido.

Metodología

La forma de extender la cordina dependerá de las condiciones de topografía y de la disponibilidad del equipo.

a. Primer método

El cable piloto enrollado en su bobina respectiva será montado en una porta bobina el cual será jalado mecánicamente siempre que el terreno permita el

empleo de un vehículo, y será tirado manualmente en el caso de terrenos accidentados y sin acceso.

Para jalar los cuatro cables pilotos simultáneamente (3 para conductor y 1 cable de guarda), en el caso de una simple terna, se puede hacer uso de un yugo el cual ira montado en el Jeep porta winche.

A medida que se realiza el lanzamiento de los cables pilotos y cuando éste sobrepasa la torre en aproximadamente un centenar de metros, el tiraje se debe parar con la finalidad de colocar los cables pilotos dentro de las poleas de tendido antes de reanudar la operación en dirección de la torre siguiente

a.1. Secuencia de Operaciones

- Los cables pilotos han sido lanzados y colocados dentro de las poleas de tendido hasta al torre (N -1), el tiraje se prosigue más allá de la Torre N en unos 100 m o el triple de la altura del soporte de la polea, con el fin de no someter a esfuerzos excesivos a las ménsulas de las torres, este tiraje puede realizarse con un winche montado sobre un vehículo.

- El tiraje es detenido

- Los cables pilotos son desconectados del yugo y montados uno a uno dentro de las poleas de tendido de la torre N.

- Los cables pilotos, luego de pasar dentro de las poleas son reconectados al yugo y se reinicia el tiraje en dirección a la torre (N + 1).

- En el caso de un tiraje manual, el procedimiento es idéntico para cada uno de los cables pilotos, sino que no es posible jalar los cuatro cables a la vez.

b. Segundo método

Este corresponde a tramos donde es posible de hacer circular un vehículo a lo largo de la línea, los porta bobinas de cable piloto son instalados sobre la plataforma del vehículo y el cable piloto extendido sobre el suelo a lo largo del tramó considerado, luego se monta el cable sobre las poleas de tendido.

Una vez extendido el cable piloto en el sector de tendido este se tensa y se ancla al suelo en cada extremo de las retenidas preparadas para las plataformas de tendido.

Para 1 terna y sectores de 6 km se requiere aproximadamente 50 km de cordina.

4.2.9. Tendido del Conductor.

Consiste en la actividad de dejar el conductor y cable de guarda sobre las poleas, y anclados al suelo, valiéndose ya sea del cable cordina o sin él.

Tenemos dos formas de desenrollar el conductor, con móviles de tracción ó con cable de tracción. Con móviles de tracción, tenemos dos métodos, tendido de conductor con la bobina sobre remolque y el tendido con la bobina en posición fija; y usando el cable de tracción también tenemos dos métodos, el tendido sin tensión (conductor al suelo) y el tendido bajo tensión.

En Líneas de Transmisión de alta tensión el método generalizado es el tendido bajo tensión, el cual expondremos más ampliamente.

En ningún caso el equipo de tendido dejará el lugar de trabajo al terminar la jornada sin asegurar que los conductores tendidos se encuentren fuera del alcance de personas extrañas. Debe procederse, tan luego sea posible

después del tendido, a la operación que consiste en aplicar a los cables en las poleas, una tensión provisoria, la cual se encuentra entre el 50 y 75% de la tensión definitiva. Esta tensión debe ser suficiente para que el punto más bajo del cable se encuentre al menos a unos 5 m del suelo y así este protegido.

a. Tendido de conductor usando móviles de tracción

Estos equipos de tracción son los tractores, ya sea sobre llantas (los más comúnmente utilizados) o sobre orugas, y una potencia que puede variar entre 50 y 150 HP de acuerdo al tipo de conductor y la naturaleza del terreno. Estos tractores funcionan, ya sea con un remolque sobre el cual se fija la bobina del conductor o jalando el conductor y poniendo la bobina fija. Estos sistemas se pueden usar solo cuando exista acceso a lo largo de todo el sector de línea a tender.

La bobina de conductor, montada sobre un caballete alza bobina, se encuentra frenada por medios rudimentarios, teniendo únicamente por objeto regularizar el pandeo del conductor tendido. A la salida de la bobina, la tensión del cable no sobrepasa jamás a la centena de Kg.

a.1. Primer Método - Tendido Con La Bobina Sobre Remolque

Con este método el puesto de tendido y el puesto tractor se confunden, la bobina es instalada sobre un eje móvil en un caballete fijado en el remolque, el extremo del conductor se amarra firmemente al suelo o al extremo del conductor ya tendido, ver figura 4.9.

Este procedimiento no es válido en el caso de torres en donde una o varias fases pasan por el interior del fuste (torres tipo horizontal), ya que solo se pueden tender las fases exteriores.

Este procedimiento como hemos visto impone hacer circular el tractor sobre una pista continua a lo largo de toda la línea, por consiguiente no debe existir en todo el recorrido ningún tipo de obstáculo, ya sea viñedos, cultivos, ríos, lagos profundos, líneas eléctricas, así como cruces ferroviarios.

En el caso en que se cumplan todas las condiciones y en donde la ruta este en buenas condiciones, el proceso de tendido permite colocar los cables sobre el suelo sin que sufra algún daño debido a lo áspero del terreno o las rocas.

En donde sea necesario se colocaran protecciones en el suelo y áreas de tal manera que dejen una altura libre al menos de 4m. para el paso del vehículo.

Estas protecciones aéreas (pórticos) son fijadas al suelo con una longitud de aproximadamente 6 m soportando el conductor que ha sido instalado en una polea (se tiene dos postes en cada cruce). Se pueden usar también dispositivos más resistentes como son los usados con tubos metálicos o de madera, los cuales permiten supervisar los cables en los cruces más importantes.

En las torres donde es necesario prever protecciones aéreas, el tractor deberá dejar a su paso algunos metros de conductor en forma de bucle para así poder elevarlo.

Después del paso del tractor es necesaria la elevación del cable a su posición en la torre e introducirlo en las poleas de tendido.

Se deberá buscar la forma de optimizar la ida y vuelta del tractor para así evitar pérdida de tiempo.

El tendido se puede hacer en la misma fase varias longitudes de bobina pero es preferible limitar la sección de tendido a una o dos bobinas para así permitir una mejor organización.

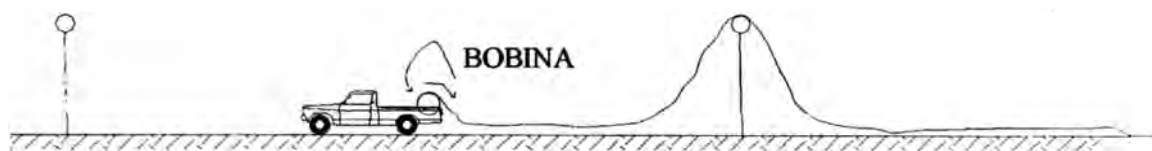


Figura 4.9: Tendido con bobina sobre vehículo

a.2. Segundo Método - Tendido Con Bobina En Posición Fija

Con este procedimiento, la bobina de conductor se encuentra montada sobre un porta bobina instalado en una posición fija (punto de desenrollado). El extremo libre del cable se fija al equipo de tiro (puede ser tractor o camión) que se va a desplazar a lo largo de la línea, ver figura 4.10.

Es ventajoso hacer remolcar por el tractor varios cables, con lo cual se evita de esta forma la ida y vuelta sucesivos, para esta operación se usa una barra (yugo) sobre el cual se fijan cada uno de los conductores a ser tendidos la tarea se hace igual como en el extendido de cordina.

A pesar de colocar el conductor sobre poleas al pasar por cada torre, la tensión que se ejerce no es lo suficiente para impedir que el conductor se arrastre por el suelo. Para ello es necesario tomar las debidas precauciones del caso, como es de poner caballetes o algún otro dispositivo que reduzca el rozamiento para así evitar cualquier daño a los hilos de aluminio. Los cables de aleación de aluminio AAAC son mucho menos sensibles que los cables de aluminio puro.

Este sistema así como el anterior, tiene la ventaja de no necesitar la ayuda de cable cordina. Se permite un buen desarrollo de la supervisión y se obtienen excelentes garantías, siempre y cuando se cumplan las precauciones del caso.

Los dispositivos de protección en este método requieren de más cuidado durante la ejecución. Estos dispositivos están sometidos al menos por parte del cable, a rozamientos que no pueden ser ignorados.

Con este procedimiento, lo ideal es limitar la longitud del tendido a una bobina, lo que permite a la vez limitar los esfuerzos ejercidos por los vehículos de tiro, y además de disminuir la fricción y reducir las posibilidades de avería a los cables.

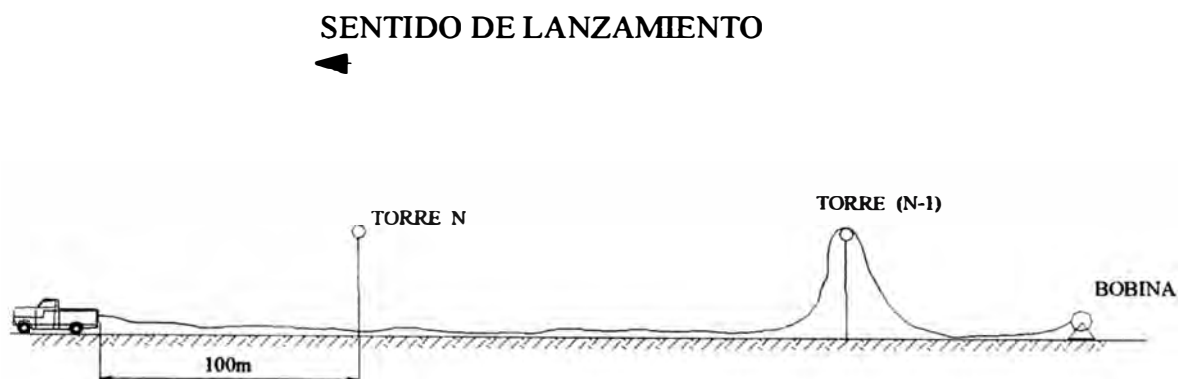


Figura 4.10: Tendido con Bobina en Posición Fija

b. Tendido por cable de tracción

Con este método de tendido, las bobinas de conductores se encuentran fijas en el freno en un extremo de la línea, el winche o motor igualmente fijo e instalado al otro extremo

Entre los dos lugares, está tendido, el cable auxiliar de acero (cable cordina) apoyado en las poleas de tendido y sobre el cual se aplicará una tracción necesaria que permitirá jalar el conductor que se pretende tender.

Para esta tarea, se utilizan dos procedimientos diferentes:

b.1. Tercer Método - Tendido Sin Tensión (Conductor Al Suelo)

El tendido se realiza aplicando un esfuerzo de tracción de pocos Kg. con la ayuda de un winche próximo a las torres, el tendido se realiza prácticamente en el suelo igual que en los casos anteriores. Es necesario prever los mismos sistemas de protección contra daños eventuales de los hilos de aluminio.

La tensión del conductor a la salida de la bobina, debe ser la necesaria para vencer el rozamiento de la bobina alrededor del eje del caballete de tendido y regular el cable lanzado. Esta tensión se ha estimado en 100 Kg.

Conforme avanza el tendido, la tensión que el cable ejerce sobre el winche, crece debido al rozamiento transmitido por el conductor, como:

- Rozamientos de las poleas sobre sus ejes
- Rozamiento del conductor sobre los brazos de las torres, poleas, protecciones colocadas entre los pórticos.

Es bastante difícil definir el valor de esta tensión, esencialmente variable. Se sabe solamente que al valor del rozamiento b) sin duda entre 0.2 y 0.3 Kg. es muy superior a la del rozamiento a) que debe estar entre 0.02 y 0.03Kg.

Admitiendo que el coeficiente de rozamiento del cable sobre las protecciones puestas en tierra es: $f = 0.30$ y que en promedio la tercera parte del peso del cable se ubica al centro del pórtico, el resto encontrándose soportado por las poleas sobre cada uno de los soportes, se puede calcular el valor aproximado de la tensión "T" aplicada al winche al final del tendido de un conductor.

$$T = \frac{wL}{3} \times f1 + \frac{2wL}{3} \times f2 + wH + N$$

Donde:

w = peso lineal del conductor

L = longitud del cable

- f1 = 0.3 (coeficiente de rozamiento del conductor a tierra).
- f2 = 0.03 (coeficiente de rozamiento del conductor en las poleas)
- H = desnivel entre la bobina y el winche (o tractor de tiro)
- N = 100 Kg. (fuerza aplicada a la bobina para su lanzamiento)

Para una longitud de tendido igual a 2, 600 m. (2 bobinas) de un cable homogéneo 570 mm² AAAC, se obtiene una tensión "T" del orden de 700 Kg. cuando el desnivel positivo es H=60 m. Esta tensión crece rápidamente con "L".

Tomando una velocidad de tendido máxima de 1 m/seg, es posible calcular fácilmente la potencia del motor que debe accionar el winche de tendido.

Con este procedimiento de tendido, no es necesario construir caminos de acceso continuos bajo la línea de tendido. Pero es conveniente hacerlo, al menos en parte, lo que permitirá utilizar un vehículo 4 x 4 para tirar el cable hasta donde sea posible, en lugar de lanzar en forma manual, una soga de servicio en nylon, a todo lo largo de la sección. Se entiende que el cable debe hacerse pasar por las poleas de la fase de tendido en todos los soportes de la sección, procedimiento que reduce considerablemente el rozamiento.

La operación de tendido puede entonces comenzar desde que el extremo del cable ha podido ser acoplado al winche de tiraje e instalada al extremo libre del conductor a lanzar.

Estos lanzamientos de cable y de tendido del conductor deben continuarse tramo a tramo y son evidentemente bastante largos sobre todo si las secciones de tendido alcanzan a varios kilómetros.

La longitud que se debe tomar para las diferentes secciones de tendido depende sobre todo de la configuración del terreno, las posibilidades de acceso al tramo y maniobrar así al pie los trabajos con la bobina de conductor y material de tendido. Se recomienda que no debe sobrepasarse distancias mayores a dos o tres kilómetros, aunque esto fuera posible.

b.2. Cuarto Método - Tendido Bajo Tensión (Con El Winche y El Freno)

En este método se aplica un esfuerzo de tracción; el cual es suficiente para que el conductor no toque el suelo.

El frenado se realiza con un equipo llamado "freno" el cual controla el esfuerzo de tracción en pleno tendido, esta tensión es conveniente para sobrepasar los obstáculos (viñedos, rutas de líneas eléctricas, telefónicas, etc.), ver figura 4.11.

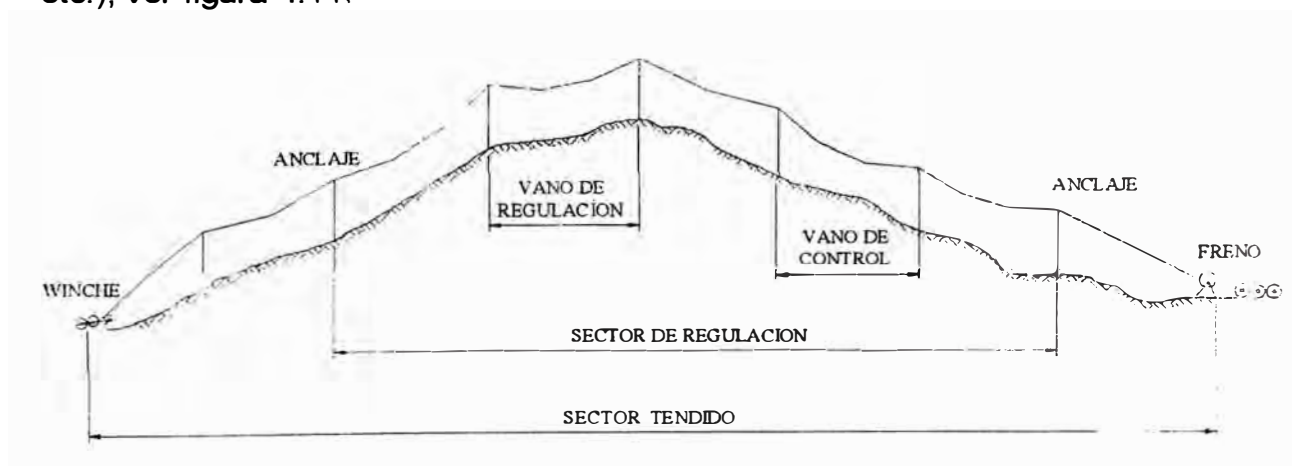


Figura 4.11: Tendido Bajo Tensión

MATERIALES DE TENDIDO

Es muy importante conocer todos los materiales utilizados en el tendido de los conductores con el método de tendido bajo tensión.

Las "medias" ó "mangas" de tendido, es un aparato destinado a ser montadas al extremo de un cable a ser tendido. Están compuestas por hilos de acero trenzados, que detienen el cable por rozamiento resultante del cierre. La presión de cierre crece al tiempo que el esfuerzo de tracción aumenta. Es un equipo que debe adaptarse al diámetro y a la naturaleza del conductor.

Las garantías sobre el deslizamiento, deben solicitarse al fabricante, sobre todo si se trata de conductores engrasados y de gran diámetro, o aquellos fabricados a base de aleación de aluminio.

En los cables homogéneos de aleación de aluminio y los cables de aluminio-acero o aleación de aluminio-acero se presenta una leve torsión, el uso de una armella entre el conductor y el cable cordina no es ya indispensable, como se empleaba anteriormente en conductores menos equilibrados desde el punto de vista giratorio.

La "media" de tendido montada al borde del cable es fijada directamente sobre el extremo de la cordina.

Existen medias de tendidos dobles (medias simétricas que permiten el ensamble provisional de dos conductores). Estas medias pasan fácilmente por las poleas, así como por el tambor de los frenos.

Cuando se trata de conductores de gran diámetro (arriba de 700 a 800 mm²) la unión de medias simples o dobles no dan generalmente las garantías necesarias, entonces se debe recurrir a:

- A la unión definitiva entre los conductores
- A la unión de los conductores y el cable cordina por armellas.

El paso de estas uniones por las poleas debe ser muy bien vigilado.

La Comunicación Radiofónica es imprescindible que entre la torre de retención y la torre de tiro, manteniendo una comunicación permanente mediante radio transmisores portátiles en el recorrido. Por otro lado, es necesario que el supervisor que recorre la sección de la línea, pueda estar en contacto permanente con el responsable del tendido.

En regiones montañosas, a veces es necesario colocar en las cimas de los cerros un dispositivo que retransmita y amplifique la señal recibida, para evitar efectos de distorsión.

El equipo usado comúnmente por una cuadrilla de tendido, se compone entre otros equipos, por escaleras de suspensión, sogas de nylon, mordazas, grampas, equipos radio transmisores portátiles, etc.

Cabe recordar que este equipo debe ser escogido y usado, teniendo siempre el cuidado necesario para evitar posibles daños a los conductores de aluminio. Particularmente, las mordazas y las grampas trabajan con forros de aluminio en la parte que se encuentra en contacto con el conductor, por último procurar que las grampas transmitan la tensión sola en las capas superiores de aluminio y siempre evitar de utilizarlos solos, cuando se le aplican las tensiones que se emplean para la regulación.

Se hace necesario pedir al fabricante la garantía de que la mordaza sola no deslice, precisando bien las características del conductor empleado (sección de acero y aluminio, composición, diámetro exterior, carga de rotura). La distancia "d" entre las mordazas debe ser por lo menos de 10 m.

Un equipo esencial que es utilizado en los trabajos de tendido, es el freno.

La potencia del winche, colocado en el extremo de la sección que se viene trabajando, deberá adaptarse a la tensión que deberá vencer para poner en movimiento el conductor a lanzar.

4.2.10. Elección del sistema de Tendido

Cuando la línea a tender presenta una longitud suficiente (100 Km o más) puede ser juicioso tener acceso a varios sistemas de tendido según los sitios que se van a atravesar.

El primer sistema se presta para un tendido sin obstáculos. Es sin duda el más económico.

El Segundo sistema admite la existencia de obstáculos diversos, sobre los cuales es posible hacer pasar el extremo del libre del conductor luego de montar las protecciones.

El tercero y el cuarto se aplican en regiones mas variadas, con un alto número de obstáculos.

De manera general, siempre es ventajoso, reducir la longitud de las secciones de tendido, con la finalidad de permitir una mayor concentración en los trabajos y una mejora en la supervisión en el tendido del conductor.

Los cables o base de aluminio siempre deben considerarse como un material delicado que debe tener siempre un control permanente.

En el caso de tendido bajo tensión, la reducción de las secciones de tendido con longitud de 1 a 2 bobinas de conductor, se impone cada vez más.

4.3. Manguitos de Empalme y Reparación.

4.3.1. Manguitos de Empalme

En todo tendido a la culminación de una bobina de conductor y el inicio de otra se requiere el uso de empalmes provisionales los cuales son realizados con las medias o mallas y estos al final del tendido son cambiado con empalmes definitivos que se realizan con manguitos de empalme y bajo compresión, los métodos de realizarse se derivan de la topografía del lugar definitivo donde se situarán estos empalmes, ver figura 4.12.

Tipos de Empalme

El primero más sencillo, cuando se empalma los cables anclados al suelo, estos son los cables que limitan los sectores de tendido, estos son más fáciles ya que el punto de empalme esta en el suelo.

El segundo, es un poco más dificultoso que el primero, esto sucede cuando los cables son posibles de ser jalados y bajados al suelo, y en el suelo realizar el empalme. Es necesario disminuir la tensión en el cable para lo cual se desmonta de una de las poleas de tendido.

El tercero es más difícil que los dos anteriores ya que es imposible bajar el cable al suelo y poder realizar el empalme, en este caso el empalme se realiza en el mismo sitio, es decir hay que llevar la empalmadora y demás equipos por los conductores hasta la media de tendido y reemplazar este por el empalme definitivo.

4.3.2. Manguitos de Reparación.

Los manguitos de reparación serán utilizados a partir de un hilo roto para reparar los daños presentados en el conductor dentro del límite siguiente: si es menor del veinticinco por ciento de la superficie total de la última capa del conductor, o el daño llegue a la segunda capa el conductor se cortará eliminando la parte dañada para luego hacer uso de empalme.

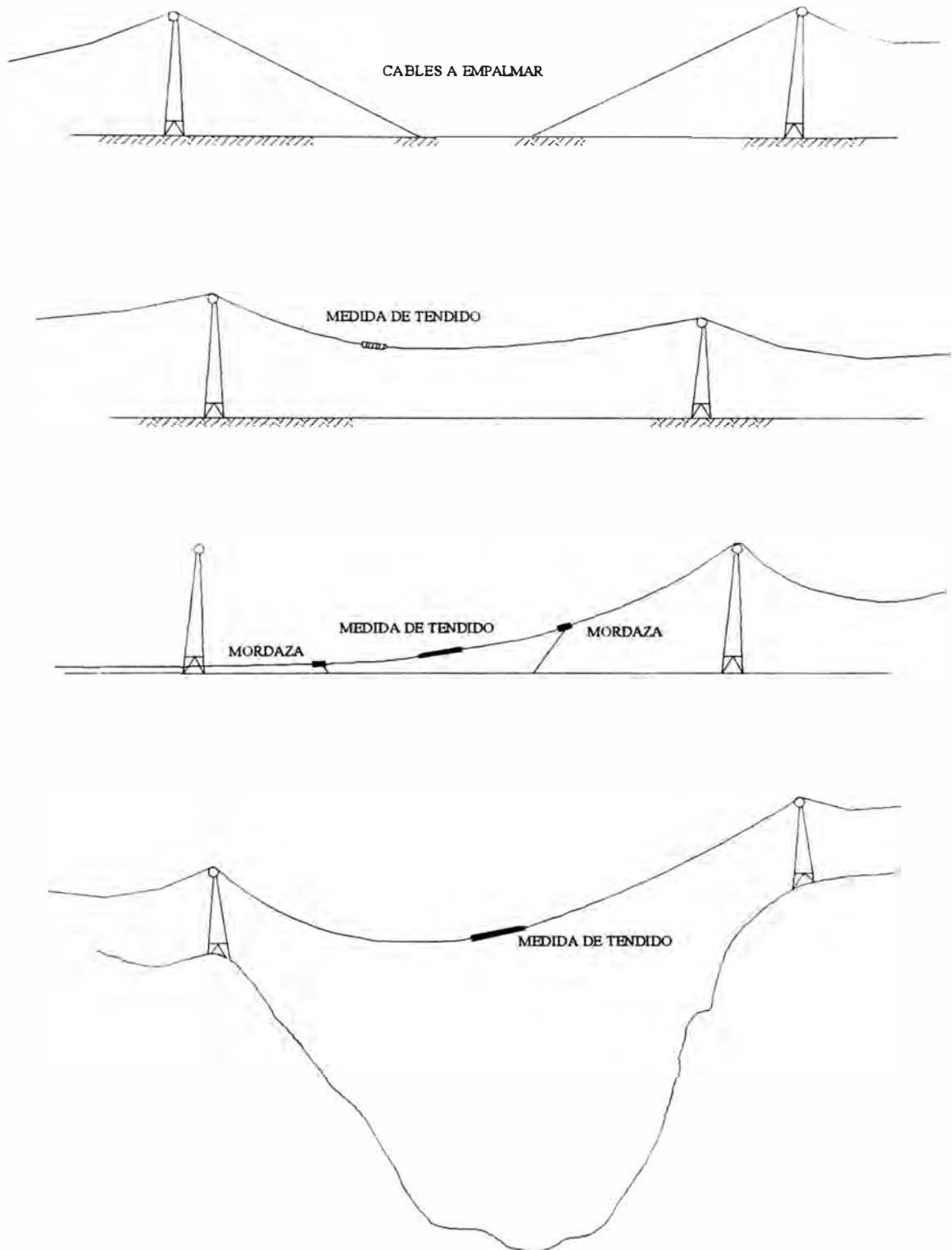


Figura 4.12: Instalación de Medias de Tendido

CAPÍTULO V

REGULACIÓN DEL CONDUCTOR Y CABLE DE GUARDA

5.1. Flechado y Anclaje del Conductor.

La operación de flechado consiste en dar a cada uno de los vanos del sector de regulación una tensión horizontal conveniente, correspondiente a la temperatura en la que se efectúa la operación. Esta tensión se verifica por la medida de las flechas de los cables. La tensión de flechado debe permitir justificar la hipótesis de base elegida que se tomo en el estudio mecánico de conductor. El flechado del conjunto esta hecho sobre la concepción de un vano de regulación (vano equivalente) este permite calcular para el conjunto de vanos entre anclajes, un valor medio de tensiones a la diferentes temperaturas.

El vano de regulación esta dado por:

$$dr = \sqrt{\left(\frac{\sum di^3}{\sum di} \right)}$$

Conociendo el vano de regulación (d_r) y partiendo de la hipótesis de base, se obtiene para todo el sector de regulación, las tensiones que corresponden a las diferentes temperaturas, usando la ecuación de cambio de estado.

Se admite que a una temperatura dada la tensión calculada es válida para todos los vanos del sector de regulación. Con los datos obtenidos se construye una tabla, llamada tabla de regulación o tabla de flechas donde aparecen, para todos los vanos las flechas que ocurrirán a diferentes temperaturas.

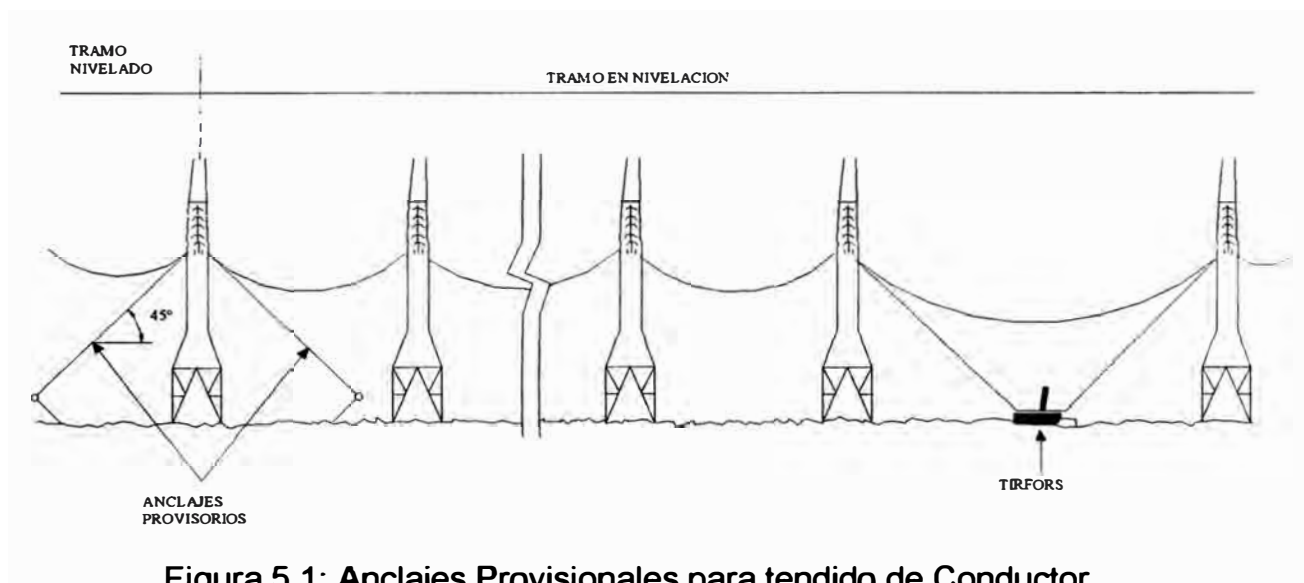


Figura 5.1: Anclajes Provisionales para tendido de Conductor

Cuando se tienen sectores de Regulación de una longitud mayor a 10 Km. y con vanos muy irregulares y fuertes desniveles una forma de regular el sector es dividiendo este en tramos, estos tramos pueden ser un grupo de vanos ó un vano solo (vanos más largos), ver figura 5.1. En este caso existirán en un mismo Sector de Regulación varios vanos equivalente uno por cada tramo.

5.1.1. Medición de la Temperatura de flechado

El dato de la temperatura a la hora del flechado es muy importante, lo que deseamos conocer es la temperatura real del cable a flechar en la longitud del sector de regulación o tramo elemental del flechado.

La temperatura dependerá principalmente de:

- La temperatura ambiente.
- Los rayos solares.

La temperatura es susceptible de variar, en cada punto de la línea, a cada instante del día con la exposición del sol, la altura, la distancia al suelo, y la ventilación. Puede ser causa de diferencias sensibles si esta se mide a unos cuantos metros del suelo o en la punta de la torre, en un punto expuesto al sol o la sombra, en la recta de la torre o algunos kilómetros más lejos.

Por otro lado la inercia calorífica de un cable a base de aluminio es muy baja.

Es aconsejable utilizar un termómetro graduado de unos quince centímetros de largo, esto se introduce -al interior de un pedazo de conductor similar al usado en la línea y en donde se ha retirado el centro de acero o el aluminio.

El termómetro es introducido al interior del tubo y retirado muy fácilmente, este conjunto se suspende de la torre a unos 15 m del suelo.

Se deberá tener al menos dos termómetros, los cuales se colocarán en lugares distintos en el momento de ejecutar el flechado, se tomará el valor medio de las lecturas.

Es bueno notar que las lecturas medias sólo representan la temperatura del termómetro en el lugar mismo donde el termómetro se instaló, se puede deducir con cierta exactitud que estas medidas representan la temperatura del cable en varios kilómetros por estas razones es recomendable:

- Utilizar siempre varios termómetros colocados en lugares diferentes.
- Verificar las temperaturas en el lugar mismo del flechado y no donde se encuentra el winche o equipos de tiro algunos kilómetros más lejos.
- Evitar realizar el flechado de los conductores en horas donde exista demasiado calor, ya que tomar lecturas de temperatura del cable es muy difícil, por exceso de variación.
- Realizar el flechado sólo en tramos cortos de manera de disminuir los errores debido a las diferentes temperaturas locales.

5.1.2. Medición de Flechas

a. Visada Directa

Este método consiste en marcar la flecha "f" en las dos estructuras adyacentes al vano. Se instala el teodolito en una de las estructuras y se visa el punto marcado en la otra, la flecha en el cable será correcta cuando la línea de visada del teodolito sea tangente al conductor.

b. Visada Horizontal

Esta forma consiste en marcar la flecha f_0 en la estructura de cota menos elevada y de ahí lanzar la visual horizontal el que tendrá que ser tangente a ésta.

En el caso que no sea posible marcar el punto de visada en la estructura, el teodolito, nivel topográfico o estación total podrá ser instalado en el eje de la línea haciendo el nivelamiento del terreno.

En el caso que sea más fácil hacer la visada horizontal con relación a la estructura de cota más elevada, la flecha deberá ser sumada al desnivel entre las estructuras adyacentes al vano indicado.

Las flechas estarán correctas cuando la línea de visada horizontal sea tangente al conductor en el vértice de la catenaria.

Estas formas no serán posibles cuando el vértice de la catenaria sea virtual.

En estos casos las flechas f es la flecha a la mitad del vano y f_0 es la flecha en el punto más bajo de la curva de equilibrio respecto al apoyo más bajo donde:

$$f = (w \cdot d^2) / (8 \cdot T_0)$$

$$f_0 = f (1 - h/4f)^2$$

c. Regulación del cable por una visual tangente al pie del soporte

Esta forma es la más común y más usada que las medidas directas anteriores. Para este método es necesario el uso de un teodolito, es poco común que este método no pueda usarse, ver figura 5.2 y 5.3.

Este método consiste en hallar un ángulo " θ " que es el ángulo que hace la visual con la horizontal, cuando este es tangente a la curva en la flecha dada.

Entonces obtenemos tantos ángulos " θ " para cada temperatura. Partimos de los datos vano " d ", desnivel " h " peso del cable " w " tiro en el punto más bajo

"To" fijamos la distancia "T" entre el punto de amarre del cable y la visual debajo de la suspensión.

El teodolito se instala a una altura constante de 1.20 m del suelo.

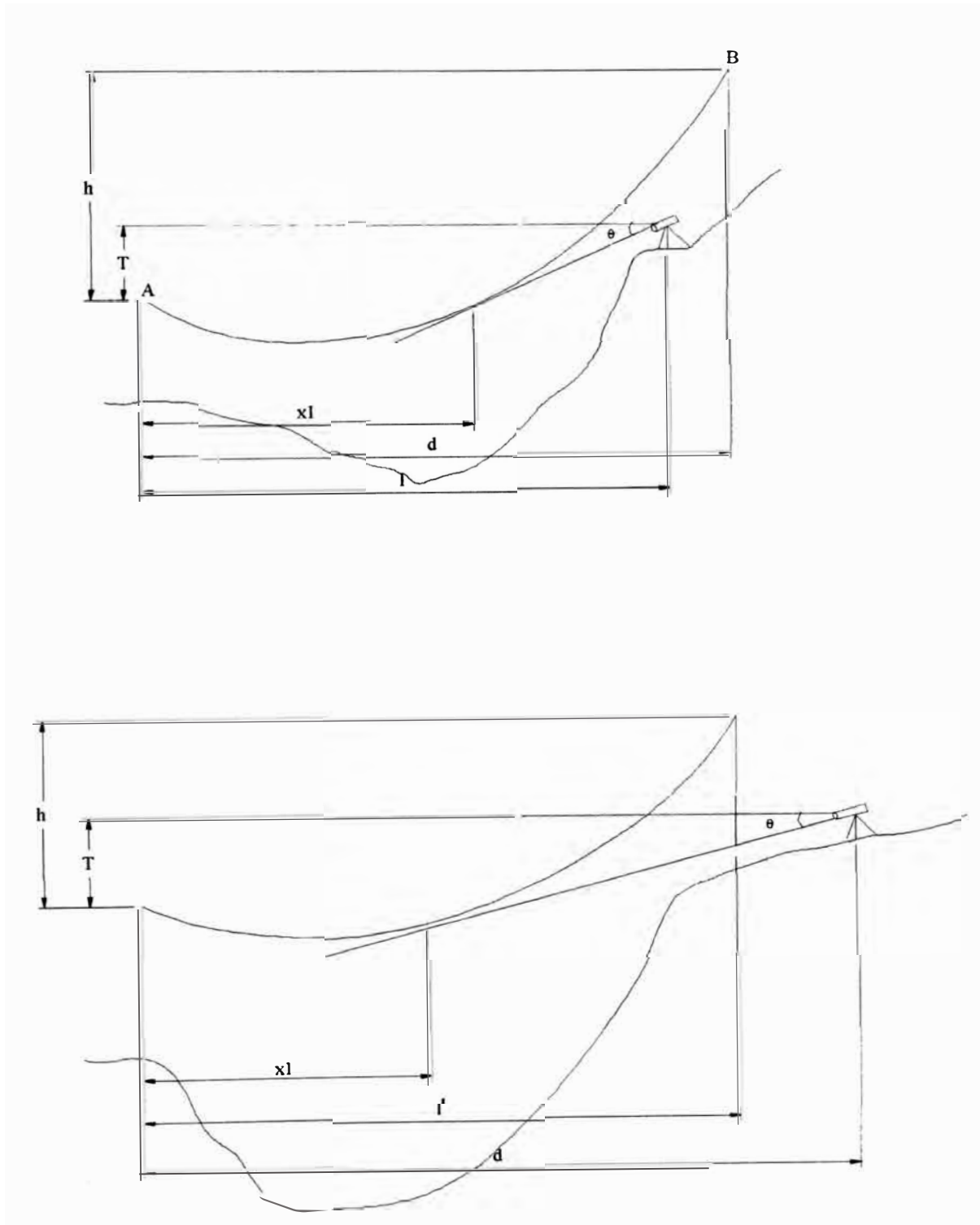


Figura 5.2: Regulación por el método de la Tangente 1

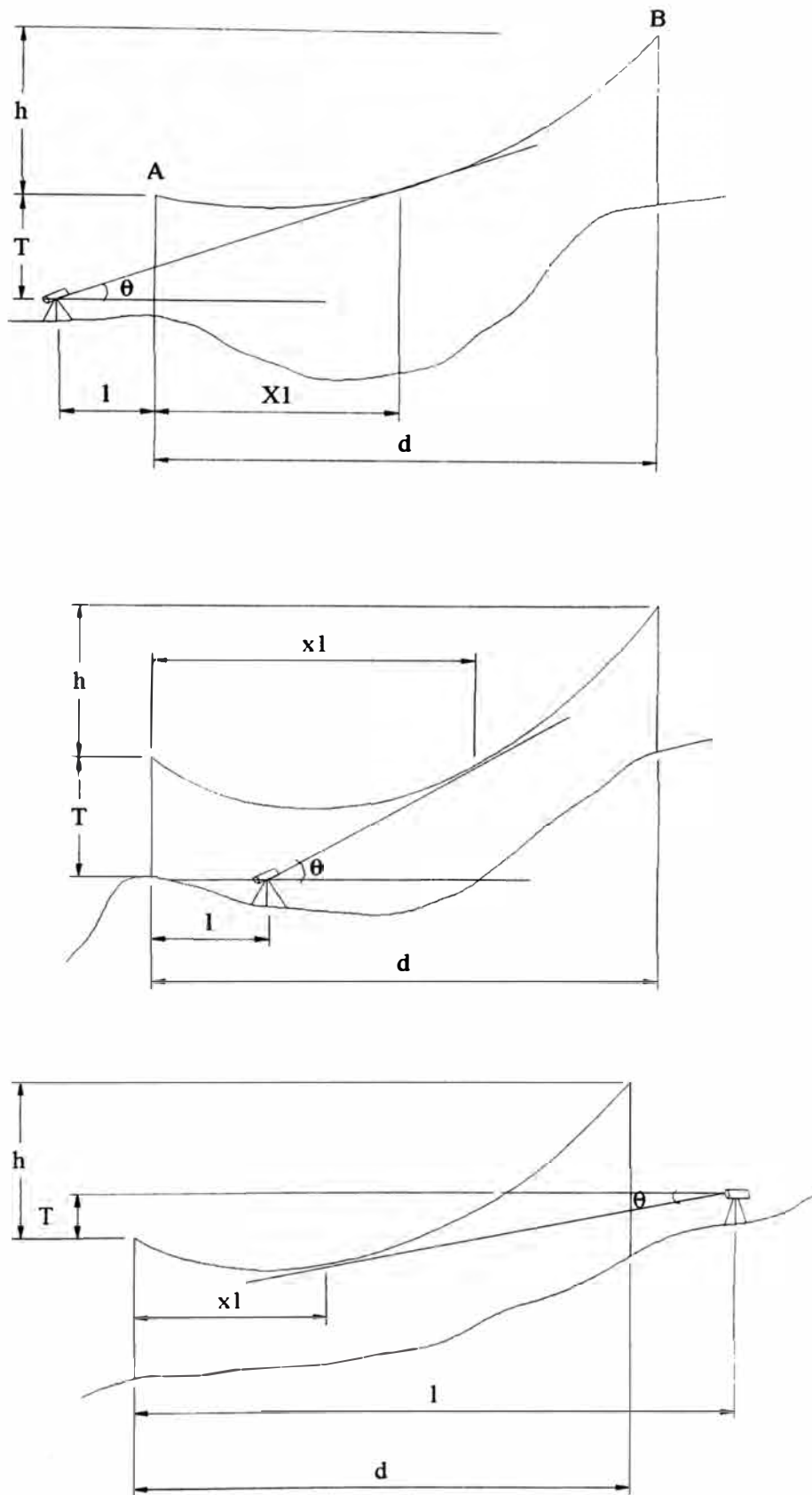


Figura 5.3: Regulación por el Método de la Tangente 2

d. Uso del Dinamómetro

Este método es particularmente útil para la regulación de los vanos al pórtico de las subestaciones ya que la flecha es muy débil dentro del vano para permitir una visada precisa, otro uso es entre dos anclajes próximos, ver figura 5.4.

La lectura que se debe leer en el dinamómetro será "T" (tensión en el amarre), para lo cual se calculará con los T_0 de la Tabla de Regulación.

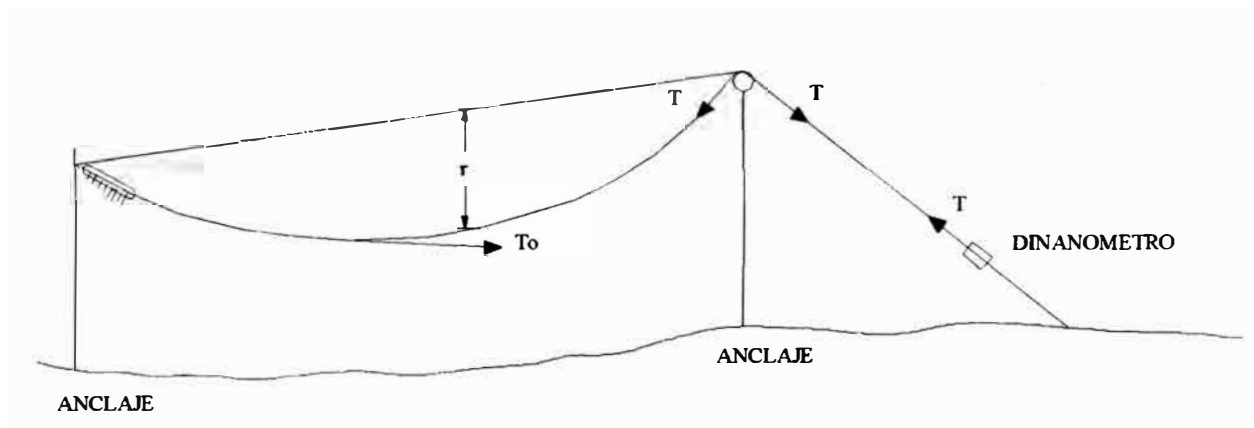


Figura 5.4: Regulación usando Dinamómetro

5.1.3. Especificaciones para el flechado

Esto lo dan las Especificaciones de cada obra pero se puede tomar las siguientes:

- Los cables no permanecerán en las rondanas de lanzamiento por más de 48 horas antes de ser verificadas las flechas de los vanos escogidos para el flechado. Después de flechado los cables deberán permanecer por lo menos dos horas antes de ser engrapados.
- El tiempo total de permanencia de los cables en las rondanas desde el lanzamiento hasta el engrapado no deberá ser superior a 96 horas.

- El flechado se efectuará cuando no exista viento o cuando este sea muy leve.
- El número de vanos a ser verificados en un sector de flechado no debe ser inferior a:
 - Dos en tramos de hasta cuatro vanos, cuando el tramo tenga una longitud total inferior, a 1,600 m.
 - Tres en tramos de 1,600 m.
 - Proporcional a la relación 3/1600 en tramos superiores a 1,600m.
- Deberán ser verificados los siguientes vanos:
 - Vanos extremadamente largos.
 - Vanos adyacentes a torres con ángulos verticales u horizontales acentuados.
 - Vanos extremos y un vano intermedio (en este caso siempre que sea posible deberá ser escogido vanos con longitud próxima al vano equivalente del Sector de Regulación y los más nivelados posibles).
 - Se deberá disponer para la ejecución del flechado el siguiente número de flechadores

Tramos	No Mínimo
hasta 4 vanos	1
de 4 a 10 vanos	2
de 11 o más	3

- Los vanos para la verificación de flechas en los cables de guarda podrán ser los mismos que los conductores, al menos que hayan grandes diferencias entre sus vanos equivalentes.

- La regulación definitiva no podrá efectuarse en un plazo inferior a 12 horas.

5.2. Retenida en Suelo en una Torre Anclada

Se trata de anclar al suelo el brazo de una torre en una dirección mientras que en el otro se está realizando el tiro para dejar en flecha los conductores.

Con esta retenida se trata de evitar la aparición de deformaciones en la torre desplazamientos longitudinales de la armadura, es decir se trata de evitar sobre la torre la aparición de situaciones que dan como resultado:

- La oscilación vertical debida a la componente vertical de la tensión del anclaje.
- La sollicitaciones longitudinales debidas a diferencias entre la componente horizontal de la tensión de la retenida y la tensión horizontal en la línea.

5.3. Tolerancias en el Flechado

Las flechas medidas luego del engrapado definitivo deberán ajustarse a la tabla final de flechas con las tolerancias siguientes:

- Vanos de 0-300m: 0-5% del valor teórico de la flecha con máximo de 0.5 m.
- Vanos Superiores a 300 m: 0-5% del valor teórico de la flecha con un máximo de 1.50 m.
- En algunos casos se dan la suma de las flechas de los tres conductores por fase 0-5% como máximo.

5.4. Engrapado.

Consiste en transferir los cables actualmente regulados pero todavía en poleas a las grapas de suspensión definitivas, con el objetivo que las cadenas de suspensión queden verticales para así obtener una tensión constante en todo el Sector de Regulación a la temperatura conveniente.

Los conductores serán engrapados luego del flechado o templado, para lo cual se marcará con precisión el sitio del engrapado. Las marcas para el engrapado se hará en el punto en el cual el conductor corta al plano vertical que contiene de las estructuras.

La colocación vertical de las cadenas no representa ninguna dificultad si es que los desniveles son pocos y los vanos son casi iguales de 10 a 20% aproximadamente de diferencia.

El problema se vuelve delicado cuando en el tramo se tienen torres a niveles muy diferentes y con grandes vanos. Cuando vimos el tendido bajo tensión, las cadenas no quedaban verticales, luego que el conductor reposa en las poleas, se da generalmente que las tensiones horizontales varían de un vano a otro, mientras que las tensiones reales en el punto de suspensión de los cables se equilibran de algún modo con las poleas.

5.4.1. Método de Engrapado OFF-SET

El método que se va mostrar requieren de cálculos que se realizan en el gabinete muchas veces estos cálculos lo realiza el proyectista. El método consiste en hallar una longitud en el cable referido a la vertical que pasa por

el punto de sujeción de la cadena, esta longitud será tal que al engrapado la cadena, quedará vertical, el cálculo se denomina OFF-SET.

5.4.2. Especificaciones del Engrapado

- El flechado de cada trecho a ser engrapado deberá hacerse incluyendo siempre el vano siguiente a la última torre del referido trecho.
- Se debe tener cuidado de que las cadenas de la última torres de cada trecho permanezcan siempre suspendidas en la posición vertical durante la operación de flechado del trecho siguiente.
- El marcado del plomo sobre los cables deberá hacerse en todas las torres de cada trecho antes de comenzar las operaciones de engrapado, obligatoriamente en el mismo día del flechado.
- Las distancias correspondientes al OFF SET deberán ser medidas a lo largo de los cables a partir de las marcas del plomo, determinando los puntos de engrapado, de acuerdo con el sentido indicado, ver figura 5.5.

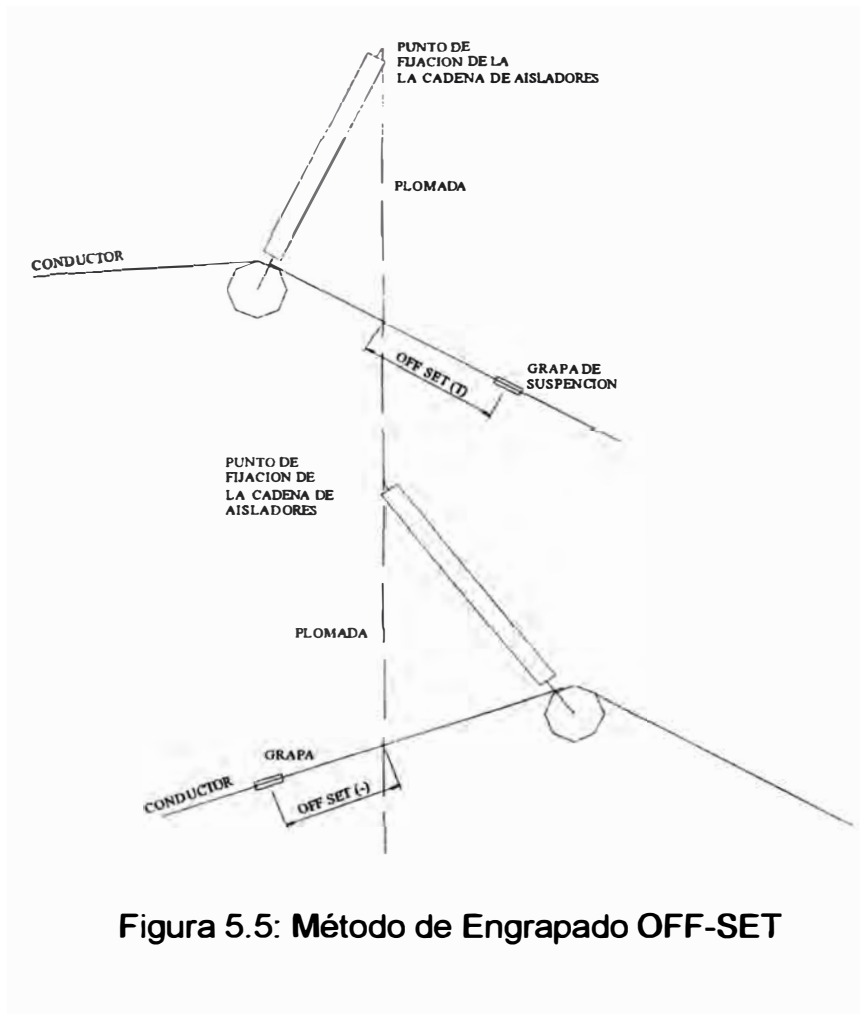


Figura 5.5: Método de Engrapado OFF-SET

5.4.3. Tolerancias en el Engrapado

- Los conductores serán trasladados a su posición final con una tolerancia de 15 cm.
- El ángulo de inclinación de la cadena respecto a la vertical no podrán superar 4°.

5.5. Instalación de Cuellos de Enlace o Cuellos Muertos.

Una vez anclado las torres, es decir sectores ya flechados y engrapados se procede a instalar los cuellos de enlace para darles la continuidad eléctrica a

los conductores, ver figura 5.6. Se deberá tener presente la longitud de la curva indicada en los planos.

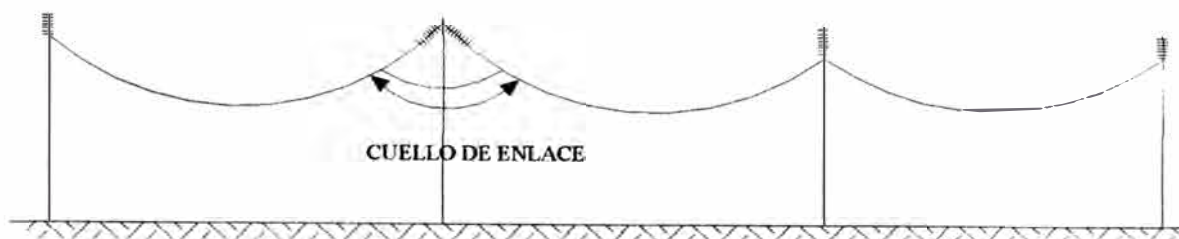


Figura 5.6: Cuellos de Enlace o Cuellos Muerto

5.6. Instalación de Amortiguadores y Contrapesos.

Es el conjunto de operaciones necesarias para la fijación a los conductores de los dispositivos previstos para neutralizar las vibraciones y garantizar su distanciamiento.

Colocación de dispositivos antivibrantes, “varillas de armado”, es efectuada contemporáneamente con la fijación de los conductores, mientras que los amortiguadores son colocados en obra después de la colocación de los distanciadores a fin de evitar interferencias con el dispositivo usado por el personal para los desplazamientos aéreos a lo largo de los conductores.

5.7. Colocación de Placas

Consiste en la colocación de placas de identificación donde se indicará lo siguiente:

Código de la línea.

Nombre de la línea.

Nivel de Tensión.

Propietario.

Número de Estructura.

Fases

Señal de Peligro

5.8. Colocación de Dispositivos de Anti-Escalamiento.

Consiste en la colocación de alambre de púas o concertina para evitar el robo de los perfiles de las torres, generalmente se colocan a 2.5m de altura sobre el nivel del suelo.

CAPÍTULO VI

REVISIÓN FINAL Y PRUEBAS PARA LA PUESTA EN SERVICIO

6.1. Revisión Final

Consiste en la revisión total de todos los elementos de la línea con la finalidad de que no exista ningún inconveniente para las pruebas.

Es una actividad en la cual se asegura que el flechado del conductor y la verticalidad de las cadenas sean las correctas, además de la verificación de los accesorios así como distancias de amortiguadores o grapas de suspensión y anclaje, sentido de entorche de las varillas de armar, cantidad de amortiguadores por vano, longitud de cuello de enlace cantidad de contrapeso.

Existen otros accesorios los cuales se colocan al final del montaje total como son boyas, placas de numeración, de peligro, de fase, dispositivos antiescalamiento, concertinas, etc.

En cada estructura se verificará que los trabajos siguientes hayan sido llevados a cabo:

- Relleno, compactado, nivelado alrededor de las fundaciones, la dispersión de la tierra sobrante, etc.
- Las partes de la fundación que sobresalen del nivel del suelo están apropiadamente formadas y terminadas.
- La pintura asfáltica sea correctamente aplicada.
- El correcto montaje de las estructuras, dentro de las tolerancias permitidas, con sus perfiles, rectos, limpios y sin daños en el galvanizado o en su defecto correctamente bien resanado por ejemplo con pintura epóxica. tipo zincad 7.
- Los pernos y tuercas con arandelas, correctamente ajustados, asegurados y pintados con pintura protectora donde sea requerido (en pernos punzonados).
- Los accesorios de las estructuras estén fijados.
- Las ralladuras u otros daños al galvanizado estén reparados, conforme a las Especificaciones Técnicas.
- La estructura este libre de cualquier cuerpo extraño.
- La correcta ubicación de los antivibradores.
- La ubicación de empalmes de conductores en concordancia con los documentos del plan de tendido.
- Los aisladores estén libres de materias extrañas polvo y todos los platos estén sin daños.

- Las cadenas de suspensión y anclaje estén montados en su correcta posición, en conformidad con las Especificaciones Técnicas.
- Se controlará para cada sección de regulación las flechas y las distancias de seguridad que estos estén dentro de las tolerancias, además se controlará que las cadenas de aisladores en tramos rectos no tengan inclinación en la dirección de la línea.

Cualquier inconveniente que exista es decir flechas, inclinación de cadenas, verticalidad y torsión de las torres fuera de las tolerancias prescritas se deberán corregir.

6.2. Pruebas para la Puesta en Servicio.

Revisada la línea y corregidos los errores posibles se llevarán a cabo las pruebas de puesta en servicio, estas pruebas deberán abarcar lo siguiente:

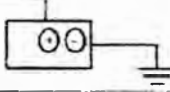
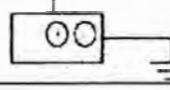
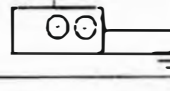

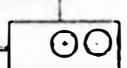
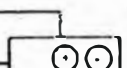
- Medida de la resistencia de puesta a tierra en cada estructura.
- Medida del Aislamiento Fase-Tierra y entre Fases.
- Determinación de secuencias de fases.
- Prueba de la continuidad.
- Medida de la resistencia eléctrica de los conductores por fase.
- Medida de la impedancia positiva o directa.
- Medida de la impedancia Homopolar.
- Medición de la impedancia propia y mutua.
- Prueba de tensión brusca.

Proyecto: Sistema de transmisión de 220 kV	Registro N° 001
--	---------------------------

Cod: N/A	Contrato N°: N/A	C.R./U.O.: N/A	Hoja: 1 de 2
-----------------	-------------------------	-----------------------	---------------------

Registro de la Prueba de Aislamiento: Fase a tierra y entre fases

Cliente:	Supervisión:		
Sector / Tramo:	Long. tramo (km):	Fecha:	Hora:
Posición Frente 1 (toma de mediciones):		Posición Frente 2:	

Magnitudes registradas			
Prueba	Esquema	Resistencia (M-Ohm)	Observaciones
1. Fase R a Tierra	R 	1160	
2. Fase S a Tierra	S 	1200	
3. Fase T a Tierra	T 	1160	
4. Fase R-S	R S 	1800	
5. Fase S-T	S T 	1700	
6. Fase R-T	R T 	1750	

NOTA: El tiempo de aplicación del Megger es de aprox. 1 minuto

Representantes presentes:

Posición	Cargo	Nombre	Firma
Contratista	Gerente de Proyecto		
	Gerente de Construcción		
	Ingeniero Residente		
	Ingeniero Residente		
Supervisión	Supervisor		
	Supervisor		

Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
Nombre / Función: D: M: A:	Nombre / Función: D: M: A:	Nombre / Función: D: M: A:
Firma:	Firma:	Firma:

Proyecto: Sistema de transmisión de 220 kV		Registro N° 001
Cod: N/A	Contrato N°: N/A	C.R./U.O.: N/A
Hoja: 2 de: 2		

Registro de la Prueba de Aislamiento: Fase a tierra y entre fases

Magnitudes calculadas							
FASES		RESISTENCIA			CONDUCTANCIA		
Fase	Cadenas (N)	Resistencia total (Rt)	Resistencia por cadenas (Rc)	Resistencia por km de línea (R')	Conductancia total (Gt)	Conductancia por cadena (Gc)	Conductancia por km de línea (G')
R	72	1160	83520	39.27	8.62E-04	1.20E-05	0.0254
S	72	1200	86400	40.63	8.33E-04	1.16E-05	0.0246
T	72	1160	83520	39.27	8.62E-04	1.20E-05	0.0255
Promedio	-----	1173.33	84480	39.72	8.52E-04	1.18E-05	0.0251
Teórico	-----						
%	-----						

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

TOTAL DE LA LÍNEA	:	Rt, medido con instrumento.	Unidades:
POR CADENAS	:	Rc = N.Rt	MOhmios
N	:	Número total de cadenas de aisladores por Fase del tramo medido	MOhmios - Cadena
POR KM. DE LÍNEA	:	R' = Rt / L	Unidades
L	:	Longitud de la línea.	MOhmios/km
			km

CONDUCTANCIA DEL AISLAMIENTO

TOTAL DE LA LÍNEA	:	Gt = 1 / Rt
POR CADENAS	:	Gc = 1 / Rc
DE KM. DE LÍNEA	:	G' = 1 / R'

EQUIPAMIENTO

MEGGER	:	Megabras, N° Serie: GEO 4711
CONECTORES	:	Tipo mordaza para cable de sección 593 mm ² . Aluminio.
RELOJ	:	Con indicación de segundos.

OBSERVACIÓN: Todas las pruebas deben ser realizadas en condiciones de clima sin lluvia, nieve, granizo y sin tempestades en la zona del recorrido de la línea.

Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:
	M:		M:		M:
Firma:	A:	Firma:	A:	Firma:	A:

Proyecto: Sistema de transmisión de 220 kV	Registro N° 001
---	------------------------

Codi: N/A	Contrato N°: N/A C.R./I.O.: N/A	Hoja: 1 de 1
------------------	---	----------------------------

Registro de la Prueba de Continuidad y Resistencia de Fases C.C.

Cliente:		Supervisión:			
Sector / Tramo:		Long. tramo (km):	Fecha:	Hora:	
Posición Frente 1 (toma de mediciones):			Posición Frente 2:		
Magnitudes registradas					
N°. Prueba	Esquema	V (Voltios)	A (Amperios)	R (Ohms)	Concordancia de fases
1. Fase R-S		10.94	2.25	2.43	OK
2. Fase R-T		10.92	2.24	2.44	OK
3. Fase S-T		10.93	2.28	2.40	OK

NOTA: Se incluye la verificación de la concordancia de fases. Correcto = OK.

Leyenda: A: Amperímetro, CC, rango 10 Amp, aislamiento 2 kV, clase 0.5 %. V: Voltímetro, CC, rango 100 V, aislamiento 2 kV, clase 0.5 %. Fuente de energía: Batería 12 V, 40 Amp-hr. R: Resistencia en CC, $R = V/(2x)$. $R_{cc} = (R_{rs} + R_{rt} + R_{st}) / 3 = 2.42$ Ohms (Valor dato para el registro de la prueba de Impedancia de Secuencia Positiva)	Observación: Todas las pruebas deben ser realizadas en condiciones de clima sin lluvia, nieve, granizo y sin tempestades en la zona del recorrido de la línea.
--	--

Representantes presentes:			
Posición	Cargo	Nombre	Firma
Contratista	Gerente de Proyecto		
	Gerente de Construcción		
	Ingeniero Residente		
	Ingeniero Residente		
Supervisión	Supervisor		
	Supervisor		

Observaciones generales:

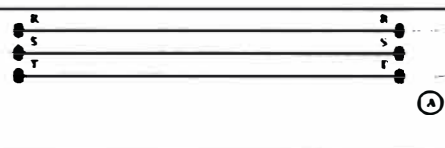
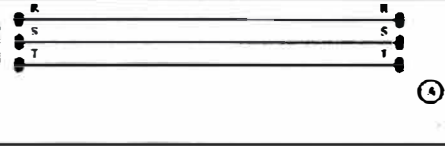
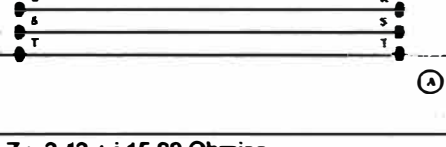
Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:
	M:		M:		M:
Firma:	A:	Firma:	A:	Firma:	A:

Proyecto: Sistema de transmisión de 220 kV	Registro N° 001
---	----------------------------------

Cod: N/A	Contrato N°: N/A	C.R./U.O.: N/A	Hoja: 1 de: 1
-----------------	-------------------------	-----------------------	-----------------------------

Registro de la Prueba de Medición de Impedancia de Secuencia Positiva

Cliente: EDEGEL	Supervisión: EDEGEL
Sector / Tramo:	Long. tramo (km):
Fecha:	Hora:

Magnitudes registradas					
N°. Prueba	Esquema	V (Voltios)	I (Amperios)	Z (Ohms)	Concordancia de fases
1. Fase R-S		220.30	6.80	16.20	OK
2. Fase R-T		222.20	6.87	16.17	OK
3. Fase S-T		221.90	6.87	16.15	OK

RESUMEN: Z = 2.42 + j 15.99 Ohmios z = 0.19 + j 0.65 Ohmios/km

NOTA: Se incluye la verificación de la concordancia de fases. Correcto = OK.

<p>Leyenda y fórmulas:</p> <p>A: Amperímetro, CA, rango 10 Amp. aislamiento 2 kV, clase 0.5 %.</p> <p>V: Voltímetro, CA, rango 220 V. aislamiento 2 kV, clase 0.5 %.</p> <p>Fuente de energía: Generador 220 V, 40 kW, 60 Hz.</p> <p>L: Longitud de línea en km.</p> <p>Z: Impedancia en CA, $Z = V/(2xI)$.</p> <p>Zl: Impedancia en CA por km, $Zl = V/(2xtL)$.</p> <p>Zprom = (Zrs + Zrt + Zst)/3 = R + j X ohmios.</p> <p>$X = \sqrt{(Zprom^2 - Rca^2)}$; Rca = Rcc (de la Prueba de Continuidad).</p>	<p>Observación:</p> <p>Todas las pruebas deben ser realizadas en condiciones de clima sin lluvia, nieve, granizo y sin tormentas en la zona del recorrido de la línea.</p> <p>Zprom: Impedancia promedio de secuencia positiva.</p> <p>X: Reactancia de secuencia positiva.</p> <p>Rca: Resistencia de corriente alterna.</p>
---	--

Representantes presentes:

Posición	Cargo	Nombre	Firma
Contratista	Gerente de Proyecto		
	Gerente de Construcción		
	Ingeniero Residente		
	Ingeniero Residente		
Supervisión	Supervisor		
	Supervisor		

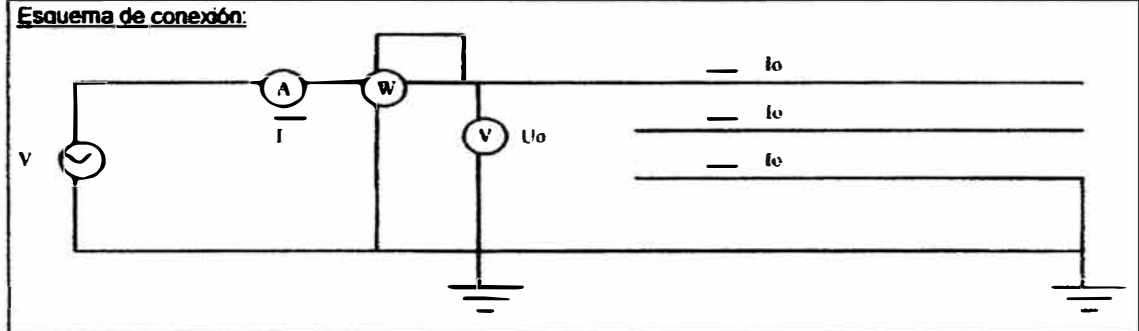
Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
Nombre / Función: _____ D: _____	Nombre / Función: _____ D: _____	Nombre / Función: _____ D: _____
Firma: _____ M: _____	Firma: _____ M: _____	Firma: _____ M: _____
A: _____	A: _____	A: _____

Proyecto: Sistema de transmisión de 220 kV	Registro N° 001
---	----------------------------------

Cód: N/A	Contrato N°: N/A	C.R.U.O.: N/A	Hoja: 1 de 1
-----------------	-------------------------	----------------------	----------------------------

Registro de la Prueba de Medición de Impedancia de Secuencia Homopolar

Cliente:	Supervisión:
Sector / Tramo:	Long. tramo (km):
Fecha:	Hora:
Posición Frente 1 (toma de mediciones):	Posición Frente 2:



Magnitud	Medidas			Promedio	Unidades
	1	2	3		
Diferencia de tensión (Uo)	216.20	215.00	213.90	215.03	Voltios
Intensidad de corriente (Ia)	0.41	0.41	0.41	0.41	Amperios
Potencia (Wo)	---	---	---	---	Watts
Impedancia homopolar / fase (Zo)	527.32	537.50	521.71	528.84	Ohmios
Impedancia homopolar / km (zo)	17.85	18.20	17.66	17.90	Ohmios / km

<p>Leyenda y fórmulas:</p> <p>A: Amperímetro, CA, rango 10 Amp, aislamiento 2 kV, clase 0.5 %.</p> <p>V: Voltímetro, CA, rango 220 V, aislamiento 2 kV, clase 0.5 %.</p> <p>W: Watímetro, CA, rango 220 V, 5 Amp., aislamiento 2 kV, clase 0.5 %</p> <p>Fuente de energía: Generador 220 V, 40 kW, 60 Hz.</p> <p>L: Longitud de línea en km.</p> <p>$Z_o = U_o/I_o = 3U_o/I_a$; $z_o = Z_o/L$</p> <p>$I_a = 3I_o$</p>	<p>Observación:</p> <p>Todas las pruebas deben ser realizadas en condiciones de clima sin lluvia, nieve, granizo y sin tormentas en la zona del recorrido de la línea.</p>
---	---

Representantes presentes:			
Posición	Cargo	Nombre	Firma
Contratista	Gerente de Proyecto		
	Gerente de Construcción		
	Ingeniero Residente		
	Ingeniero Residente		
Supervisión	Supervisor		
	Supervisor		
Cliente			

Observaciones generales:

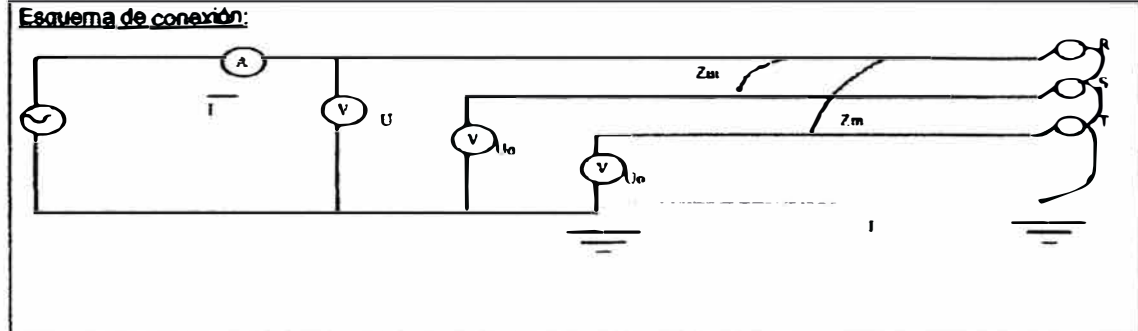
Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
Nombre / Función:	Nombre / Función:	Nombre / Función:
D:	D:	D:
M:	M:	M:
A:	A:	A:
Firma:	Firma:	Firma:

Proyecto: Sistema de transmisión de 220 kV	Registro N°: 001
---	-----------------------------------

Cod: N/A	Contrato N°: N/A	C.R.U.O.: N/A	Hoja: 1 de: 1
-----------------	-------------------------	----------------------	-----------------------------

Registro de la Prueba de Medición de Impedancia Propia y Mutua

Cliente:	Supervisión:
Sector / Tramo:	Fecha:
Posición Frente 1 (toma de mediciones): Torre 56	Posición Frente 2: Torre 1



Mediciones obtenidas							
N° Prueba	Fases	U (Voltios)	I (Amperios)	Uo (Voltios)			Circuito
				R	S	T	
1	R	16.37	0.44	—	4.68	4.63	Fase R a Tierra
2	S	15.88	0.44	5.06	—	5.39	Fase S a Tierra
3	T	15.81	0.44	5.13	5.45	—	Fase T a Tierra
PROMEDIO				5.10	5.07	5.01	

Magnitudes calculadas					
Magnitud	Fases			Promedio	Unidades / Fase
	R	S	T		
Impedancia propia (Zp)	37.20	36.09	35.48	36.26	Ohmios
Impedancia Mutua (Zm)	11.58	11.51	11.39	11.49	Ohmios
Impedancia de Secuencia Positiva (Z)	25.63	24.58	24.09	24.77	Ohmios
Impedancia de Secuencia Cero (Zo)	48.78	47.60	46.86	47.75	Ohmios

Leyenda y fórmulas: A: Amperímetro, CA, rango 10 Amp, aislamiento 2 kV, clase 0.5 %. V: Voltímetro, CA, rango 220 V, aislamiento 2 kV, clase 0.5 %. Fuente de energía: Generador 220 V, 40 kW, 60 Hz. $Z_p = U / I$; $Z_m = U_o / I$; $Z = Z_p - Z_m$; $Z_o = Z_p + 2xZ_m$	Observación: Todas las pruebas deben ser realizadas en condiciones de clima sin lluvia, nieve, granizo y sin tormentas en la zona del recorrido de la línea.
--	--

Representantes presentes:

Posición	Cargo	Nombre	Firma
Contratista	Gerente de Proyecto		
	Gerente de Construcción		

Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:
Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:
	A:		A:		A:

CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

El proceso constructivo de una Línea de Transmisión lo podemos agrupar en etapas o fases constructivas bien definidas, como son:

- Replanteo Topográfico
- Caminos de Acceso
- Cimentaciones
- Montaje de Torres
- Tendido de cables

A. Replanteo Topográfico.

Esta es la etapa donde se ubican los hitos centrales de las estructuras y donde se verifican las secciones diagonales de cada torre.

- Algunas veces el inicio de la construcción y la elaboración del proyecto difieren en varios años, por lo que debe tenerse en cuenta ya que pueden haberse presentado variaciones en cuanto al relieve del terreno, así como a la creación de nuevas zonas urbanas, líneas telefónicas, de

energía, etc. no contemplados en el proyecto, por lo tanto, es necesario obtener los catastros urbanos actuales con la finalidad de que el trazo de la línea no comprometa calles, lotes, durante su recorrido.

- Cuando el trazo de la Línea de Transmisión recorre terrenos a media ladera y existen alguna duda de que el conductor pueda quedar a menor distancia de la mínima reglamentaria, se tendrá que elaborar el perfil longitudinal pero teniendo como eje la cadena de aisladores más cercana a la ladera, esto con la finalidad de que el Proyectista verifique la distancia de seguridad.

B. Caminos de Acceso.

Se deberá tener muy presente que los caminos de acceso son ejecutados con la finalidad de llevar a cabo el montaje y el posterior mantenimiento de la Línea de Transmisión, por lo tanto, estos se deberán de construir de la mejor calidad y en donde nos facilite la tarea de montaje y mantenimiento.

En zonas accidentadas existe la necesidad de realizar una evaluación entre el costo de la construcción del camino de acceso y el costo que ocasionaría el transporte de materiales, equipos y las dificultades de llevar a cabo el montaje de la Línea de Transmisión.

C. Cimentaciones

- Para la ubicación de la cimentación de las torres, es necesario tener información sobre las estructuras que se encuentran en ángulo puesto

que no todas las estructuras angulares tienen la misma ubicación de patas.

- En el intento de querer obtener un número entero de patas desniveladas, algunas veces existen patas que sobresalen del terreno más de los indicados en los planos, estos datos deberán ser obtenidos del terreno y proporcionados al proyectista para la verificación del arrancamiento.
- En estructuras de patas desniveladas, podemos decir que es imposible llevar a cabo la nivelación de estos mediante el uso de plantillas, el método de nivelación pata por pata es el más recomendable.
- En cimentaciones donde las cuatro patas se encuentran ubicadas en un solo bloque de concreto el uso de plantillas es imprescindible.
- Cuando tenemos cimentaciones de concreto, es necesario verificar cada instante durante el concretado la distancia entre patas, esto con la finalidad de estar seguro de la correcta separación y así evitar posibles inconvenientes para el montaje de la torre, ya que cualquier error traerá consigo su demolición. Si la cimentación es tipo parrilla, estas verificaciones se llevarán a cabo durante el relleno.
- Cuando existan pocos accesos los cuales dificultan el traslado de los equipos de concreto para el mezclado, este se realizará manualmente.
- El uso de encofrados metálicos o de madera será condicionado por la longitud de la línea de Transmisión y la disponibilidad de los materiales.
- Al personal de relleno se le deberán dar las indicaciones para llevar a cabo un buen relleno, especialmente cuando el relleno es con material de préstamo y las cimentaciones son de tipo parrilla metálica.

- En el caso de cimentaciones tipo parrilla metálica la densidad de comparación deberá ser cercana a la densidad natural del suelo.
- En lugares donde sea posible se puede utilizar equipos Mixer de concreto pre-mezclado para acelerar el proceso en caso de cimentaciones de concreto.

D. Montaje de Torres

- En la construcción de las Líneas de Transmisión el montaje progresivo es el más utilizado y el más económico.
- Se deberá evitar dañar el galvanizado de los elementos de la torre durante el transporte y el montaje, por que el pintado o resane de éstos elementos originan un costo adicional.
- Las torres que se encuentran cercanas a zonas urbanas, luego del montaje se deberá realizar inmediatamente el ajuste de pernos, esto con la finalidad de evitar los robos.
- Durante el ajuste de pernos estos se deberán llevar a cabo simultáneamente en las cuatro caras de las torres y a la misma velocidad, por que un desfase de esta labor puede ocasionar la torsión de ésta.
- Líneas de gran longitud en donde existan varios almacenes o patio de estructura se deberán coordinar y organizar adecuadamente, para así llevar un buen control del suministro de estructuras.

E. Tendido de Conductores.

Esta actividad la podemos dividir en dos etapas, el tendido y el regulado de los cables.

En el tendido de los cables:

- Una buena limpieza de la vía así como las protecciones facilitarán el montaje de los cables especialmente durante el lanzamiento de la cordina y conductor, evitándose así los obstáculos que puedan provocar paralizaciones o accidentes.
- Es recomendable instalar las cadenas de aisladores conjuntamente con las poleas, puesto que así se reduce la cantidad de recursos.
- El tendido de cables "bajo tensión" mediante cable de tracción es el más utilizado en líneas de alta tensión, puesto que mediante el sistema de freno se regula la tensión en el cable, para así poder evitar el roce con el suelo como vencer los obstáculos, además mediante este sistema es posible proporcionarle al cable un tiro cercano al tiro definitivo, es decir un pre- regulado.
- El tendido bajo tensión exige una supervisión minuciosa del paso de los empalmes por las poleas de tendido, especialmente en las torres que se encuentran en ángulo como en las que se ubican en los puntos más bajos del perfil, puesto que algunas veces en estos puntos los cables no descansan sobre las poleas provocando así el descarrilamiento de éstos.
- Los cables de aluminio son muy delicados, el cual se deberá tener mucho cuidado durante el transporte, así como en su lanzamiento.

- Se deberá tener un control permanente de los cables durante el lanzamiento especialmente a la salida de la bobina, para verificar su estado y evitar así ser dañados.

En el regulado de los cables:

- Se deberán limitar la longitud de los sectores de tendido a 6 Km. puesto que una longitud mayor puede provocar serios problemas debido a posibles interrupciones en la comunicación radial.
- En el regulado o flechado de los cables, como sabemos es la operación de dar a cada uno de los vanos del sector de regulación una tensión horizontal correspondiente a la temperatura que se efectúa la operación, esta tensión se verifica por la medida de las flechas que es la que se lleva a cabo durante el proceso constructivo.
- Un buen replanteo de la topografía es indispensable para un buen flechado, si es que este no se tiene muy claro en cuanto a los desniveles entre amarres del cable, será necesario verificar rápidamente estos valores en los vanos de regulación.
- El método de flechado de la recta tangente a la curva del cable es el más utilizado puesto que se adecua a todos los casos presentados en obra, cabe indicar que se requieren datos precisos de la geometría del vano de regulación.
- En zonas muy accidentadas y en donde se ubican en la cima de los cerros torres de suspensión, se deberá tener de dos a tres flechadores para verificar la flechas en ambas pendientes, puesto que estas torres

por encontrarse en la cima de los cerros y soportando grandes vanos, se convierten en torres de anclajes generando sectores de regulación adicionales.

- Una vez flechado los cables se procede al engrapado, que consiste en la liberación de las poleas de tendido y a la fijación definitiva de los cables a las cadenas de aisladores, teniendo en cuenta de obtener la verticalidad de éstas, lo cual verifica que existen en los cables las mismas tensiones horizontales en cada uno de los vanos.
- Se deberá tener una correcta interpretación del sentido de marcado sobre los cables para la correcta fijación de las grapas de suspensión.
- Durante el proceso constructivo se hace muy necesario una buena organización para el control de rendimientos de la mano de obra, a continuación presentamos rendimientos promedios reales obtenidos de obra para líneas de transmisión de alta tensión en zonas de la sierra:

Fase	Rangos de Rendimiento Promedio		
Replanteo Topográfico	23.8	26.3	HH / Km.
Camino de Acceso	22.8	25.2	HH / Km.
Excavaciones	3.8	4.2	HH / m ³
Concreto	7.6	8.4	HH / m ³
Montaje de parrilla	3.8	4.2	HH / Torre
Montaje de torres	23.8	26.3	HH / Torre
Tendido de cables	304.0	336.0	HH / Km.

ANEXO I

RIESGOS EN EL TENDIDO DEL CONDUCTOR.

ANEXO I

RIESGOS EN EL TENDIDO DEL CONDUCTOR.

Siendo un trabajo en conjunto y a lo largo de tramos de tendido con tensiones mecánicas, estará sometida a riesgos del personal con consecuencias trágicas tanto técnicas y materiales por efecto de descoordinaciones y malas maniobras durante el proceso de ejecución, a continuación detallamos las siguientes:

POR FALTA DE CONTROL DE CALIDAD DE EQUIPOS, Y MATERIALES.

Se hace imprescindible someter a todos los equipos y materiales a un control de calidad periódico, programados con anterioridad a cualquier proceso de tendido por considerar una actividad altamente riesgosa.

Además todo equipo y material deberá trabajar dentro de las especificaciones técnicas dadas por sus fabricantes, en ningún caso podrá ser lo contrario ya que se pone en riesgo la integridad del personal y de la obra.

POR FALLA EN LA COMUNICACIÓN.

Tratándose de trabajos a lo largo de kilómetros de línea es imprescindible el uso de radio transmisores cualquier falla de éstos a nivel de winche y freno determinará la paralización de actividades mientras estas no sean subsanadas.

Es importante contar con un doble canal de transmisión (canal de reserva) entre los equipos de tendido a efectos de garantizar la buena comunicación ya que pueden existir interferencias o saturaciones de comunicación en uno de los canales.

POR MANIOBRAS BRUSCAS DEL WINCHE Y FRENO.

Obedece a la falta de experiencia y coordinación de los operadores de equipos. El inicio y parado de un desenrollamiento de conductor deberá ser en forma lenta y coordinada con anterioridad para evitar efectos de sobre tensiones mecánicas en: winche, freno, conductor, cable guía, calcetines, emerillones.

POR MAL AMARRE Y COLOCACIÓN DE CALCETINES.

Un mal trabajo en la colocación de calcetines al conductor o cable de guarda generaría al paso por la polea un desprendimiento de estos, ocurrida esta alteración el conductor y cable guía avanzarían arrastrándose por el suelo en sentidos contrarios hasta tomar tensiones mecánicas cero.

Para prevenir este caso es necesario someter a una tensión mecánica de prueba el conjunto calcetín conductor, antes de ser lanzado.

La tensión mecánica de prueba deberá ser un 20% mayor de la tensión mecánica calculada para el cable piloto.

POR TRANCAMIENTO DE MEDIAS DE TENDIDO.

El paso de una media de tendido por la polea de una torre de ángulo podría producir el trancamiento de éstos, creando una sobre tensión entre este punto y el winche y produciéndose el efecto contrario entre el punto indicado y el freno.

Para prevenir se hace necesario comunicar a los operadores de equipos el paso por cada polea de éstos.

En muchos casos es necesario disminuir la velocidad de desenrollamiento y por ende la reducción de tensión al paso de estos accesorios por los ángulos fuertes del eje de la línea.

POR EL DESCARRILAMIENTO DEL CABLE GUIA O DEL CONDUCTOR.

Producido por el efecto de una sobre tensión altísima y de una bajada de tensión en forma inmediata, creando una oscilación vertical en los cables hasta alcanzar el descarrilamiento del cable o conductor en la garganta de la polea. Se presenta este hecho especialmente en el cable guía y el cable de guarda por ser de menores pesos.

Para estos casos es importante el rol que cumple los vigías intermedios.

Esta falla es producto de una mala coordinación entre el winche y el freno al no mantener constante la tensión de desenrollamiento durante todo el proceso.

DETECCIÓN DE FALLAS DURANTE EL TENDIDO (sobre tensiones mecánicas).

Como todo proceso de montaje dinámico existen riesgos y al mismo tiempo se pueden detectar fallas durante su proceso.

La detección de fallas requiere de una parada inmediata que conducirá a una paralización brusca, para eliminar este hecho es necesario que se detenga primero el winche y luego el freno.

DETECCION DE FALLAS A NIVEL DE WINCHE Y FRENO.

Cualquier falla durante el proceso de desenrollamiento de conductor ocurrido a lo largo del tramo es factible determinarlo por dos formas.

Por Medición de Tensión Mecánico.

El dinamómetro incorporado al winche y/o freno de la tensión en todo el instante del tendido, la elevación o bajada de tensión mecánica prevista en el dinamómetro nos pone en alerta de cualquier falla que este ocurriendo a lo largo del tramo de tendido, en estos casos es necesario parar el tendido hasta determinar con ayuda de los vigías los posibles problemas.

Por Elevación ó Bajada de Flecha de Llegada Regulador.

De los cálculos de tendido se desprende un vano regulador el mismo que será chequeado por un vigía provisto de un radio transmisor con frecuencia igual al de los equipos.

La forma de detectar falla en este lugar será por la altura del conductor que normalmente es calculado por encima de los dos metros del suelo el mismo que en un proceso de tendido dinámico estable debe permanecer inalterable (rango variable entre más o menos de 30 cm); altura fuera de lo indicado será comunicado inmediatamente a los operadores de equipos (winche-freno), para su parada hasta determinar las causas de esta fluctuación ascendente o descendente de altura del conductor.

ANEXO II
TIPOS DE CONDUCTORES

ANEXO II

TIPOS DE CONDUCTORES

Los materiales básicos de los hilos con los cuales se fabrican los cables conductores, son el Cobre y el Aluminio. Ambos pueden ser usados en su forma electrolítica o en aleación con otros elementos a fin de aumentar su resistencia mecánica o química.

El Aluminio es el preferido en Alta Tensión y extra alta tensión, la menor resistencia del aluminio a la tracción ha sido compensada con la introducción de filamentos de acero galvanizado en los cables, dando origen a los cables de aluminio con alma de acero ACSR (Aluminium Conductor Steel Reinforced), de esta forma es posible obtener conductores con características eléctricas semejantes pero con características mecánicas diferentes. Su menor resistencia al ataque de agentes químicos en diversas regiones es compensada con el uso de aleaciones de aluminio resistentes a la corrosión. Su menor resistividad eléctrica es compensada por su menor peso específico y menor precio, permitiendo el uso de secciones mayores de aluminio.

El ACSR en la costa se deteriora y este es cambiado por el cobre debido al ambiente, el uso de este tipo de material es limitado en ambientes con contenidos clorosos la razón es que al paso de la corriente la estructura molecular sufre un cambio y luego de un tiempo el cable se rompe, esto sucede mas en la zona costera. El cobre tiene su uso restringido en zonas volcánicas pero se usa en costa, sierra y selva.

ACAR, conductor de aluminio reforzado de aleación (Aluminium Conductor Alloy Reinforced) es de construcción idéntica a los cables ACSR excepto por el alma que en este caso está compuesto por hilos de aluminio en vez de acero.

Los cables se especifican por el área nominal de la sección en milímetros cuadrados, por su formación, por su tipo (ACSR, ACAR, etc.).

Los conductores en aleación de aluminio son muy usados en Europa como el ALDREY, ALMELEC. En Estados Unidos existen dos tipos de conductores en aleación de aluminio tipo AAAC (All Aluminium Alloy, Cable) que son cables homogéneos compuestos de hilos iguales en ligas de aluminio de diversas composiciones y el tipo ACAR.

Cable de acero galvanizado, es empleado como refuerzos para los cables de aluminio o aleaciones de aluminio que constituyen su núcleo. En la línea de transmisión estos cables son empleados como cables de guarda o cables pararrayos destinados a interceptar las descargas eléctricas de origen atmosférico.

INFLUENCIA DE AGENTES EXTERNOS EN LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

Los conductores de las líneas de transmisión son susceptibles de ser afectados por otros efectos externos de carácter transitorio que son transmitidos a su vez a los soportes. Se pueden clasificar en tres tipos:

1. - Aquellos que ocurren con frecuencia durante la vida útil de la línea.
2. - Aquellos que ocurren durante el trabajo de montaje y mantenimiento.

3. - Aquellos que se espera que nunca ocurran, más la probabilidad de ocurrencia es remota, pero que se debe tener en cuenta.

En el primer grupo, podemos clasificar las cargas debidas a factores meteorológicos, como la fuerza resultante del viento sobre los conductores, los cambios de temperatura que aumentan y disminuyen la tensión en el cable. En las zonas de muy baja temperatura se considera una capa de hielo alrededor del conductor, estas solicitaciones se podrían clasificar como normales dada su frecuencia.

En el segundo grupo, están las fuerzas de pre-tensionamiento, y las cargas verticales concentradas, provenientes de los carritos de línea ocupados por operarios que se deslizan por los conductores.

En el tercer grupo encontramos las sobrecargas excepcionales o accidentales, son constituidas por esfuerzos de tracción unilaterales de gran intensidad, pudiendo someter a las estructuras a solicitaciones de tracción, estos ocurren por la ruptura de uno o más cables, si bien estos casos son raros, se deberán tener en cuenta en los proyectos.

ANEXO III
CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES

ANEXO III

CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES

Para el cálculo mecánico de conductores es usual formular cuando menos tres hipótesis básicas de trabajo, denominadas generalmente como:

A. HIPÓTESIS I: DE MÁXIMOS ESFUERZOS

Supone las mayores exigencias en el conductor. Generalmente interviene la mínima temperatura, formación de hielo si existiera, presión de viento máxima.

En algunos casos se puede formular dos hipótesis de máximo esfuerzo combinando presión máxima de viento y temperatura mínima, otra hipótesis combinando formación de hielo con temperatura mínima.

B. HIPÓTESIS II: DE CONDICIONES DE TEMPLADO

Se refiere a las condiciones de instalación de la línea y a las condiciones normales de operación de ella. Generalmente considera una temperatura promedio y una presión de viento mínima o nula.

C. HIPÓTESIS III: DE MÁXIMA FLECHA

Se refiere a las condiciones de máximo acercamiento del conductor al terreno. Estas condiciones se representan generalmente, cuando se tiene máxima temperatura sin viento o cuando se tiene formación de hielo. Algunas veces es necesario analizar la hipótesis de máxima presión de

viento, aun cuando debe proyectarse la flecha obtenida al plano vertical para fines de comparación.

TENSIÓN DE CADA DÍA, EVERY DAY STRESS (EDS)

La experiencia en operación de líneas de transmisión demostró que cuanto más elevada es la tensión mecánica de un conductor se incrementaban más las probabilidades de que aparezcan los fenómenos vibratorios sobre él.

Por la importancia de este fenómeno se estimó adecuado recomendar límites para la tensión mecánica del conductor de tal forma de eliminar o atenuar la presencia de las vibraciones.

Aparece así, el concepto de tensión de cada día, definida como: "La tensión máxima admisible en un conductor durante el periodo de tiempo más largo del año sin que experimente vibraciones por efectos eólicos".

La tensión de cada día se expresa como un porcentaje del tiro de rotura.

A fin de minimizar los efectos de las vibraciones se instalan dispositivos amortiguadores, usualmente se instalan dispositivos de registro de vibraciones para confirmar la disposición de los amortiguadores.

ANEXO IV
CLASIFICACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS

ANEXO IV

CLASIFICACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS

A. ESTRUCTURAS DE SUSPENSIÓN

Son dimensionadas para soportar cargas normales verticales y cargas normales horizontales, transversales debidas a la acción del viento sobre los cables y en las propias estructuras. En el sentido longitudinal resisten la acción de la fuerza del viento, conforme al tipo de estructura resisten también a los esfuerzos excepcionales. Algunas veces son diseñados para resistir los esfuerzos horizontales transversales, resultante de la composición de componentes longitudinales de esfuerzos de tracción en los cables en pequeños ángulos (en general igual o inferior a 5°).

B. ESTRUCTURAS DE ANCLAJE

ANCLAJE TOTAL. Es llamada también “fin de línea” son dimensionadas para resistir todas las cargas normales y excepcionales unilateralmente. Son por lo tanto las estructuras más reforzadas de la línea.

ANCLAJE PARCIAL. Es llamado “anclaje intermedio”, es empleada en puntos intermedios de la línea sirviendo normalmente como punto de tensionamiento, menos reforzada que la anterior; resiste en general a los esfuerzos normales de tracción unilateral en las condiciones diarias de operación, también los esfuerzos transversales y longitudinales normales y las cargas excepcionales, su uso es obligatorio en todas las líneas con distancia variable de 5 a 10 Km entre sí.

C. ESTRUCTURAS PARA ÁNGULO

Son aquellas dimensionadas para resistir los esfuerzos normales inclusive las fuerzas horizontales debidas a la presencia de ángulos dependiendo de los valores de este. Resisten generalmente las cargas excepcionales

D. ESTRUCTURAS DE DERIVACIÓN

Aparece por la necesidad de efectuar una derivación sin la necesidad de interrumpir el servicio, colocando un seccionamiento en ese punto, la línea es simplemente derivada para ese fin.

E. ESTRUCTURAS DE TRANSPOSICIÓN O ROTACIÓN DE FASE

A fin de asegurar la simetría eléctrica de una línea es usual el empleo de rotación o transposición de fase, esta es hecha en estructuras especiales capaces de permitir esa rotación.

CLASIFICACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS POR EL MATERIAL QUE ESTA COMPUESTO

Los materiales más usados en la fabricación de estructuras de líneas de transmisión son madera, concreto, acero y recientemente se están empleando materiales de fibra de vidrio.

A. MADERA:

En general se usa el eucalipto, pino, los cuales deben satisfacer las siguientes condiciones:

- a. Elevada resistencia a la flexión, aprox. 1000Kg/cm^2 .
- b. Buena resistencia a la intemperie.
- c. Indeformalidad con el correr del tiempo.
- d. Buena resistencia al ataque de microorganismos que llevan a su destrucción.

B. CONCRETO ARMADO

Tiene ventajas sobre otros materiales, en cuanto a que no necesita mantenimiento y es más durable, el montaje es relativamente simple, pudiendo en gran parte ser ejecutado con personal reclutado y entrenado rápidamente en obra que reduce el costo.

La principal desventaja esta, en las dificultades de transporte al campo; principalmente en terrenos accidentados y de difícil acceso. Las estructuras de concreto, se fabrican con técnicas de centrifugado, pretensado o normal.

C. ESTRUCTURAS METÁLICAS

Son construidos normalmente de acero al carbono normales y de alta resistencia en perfiles o tubos, pudiendo ser obtenidos en las más variedad de formas y dimensiones. Dada la versatilidad del acero como material de construcción pueden ser fabricadas en grandes series, siendo compuestas

de piezas relativamente pequeñas y leves que pueden ser transportados con bastante facilidad a cualquier punto para su montaje.

Como están expuestas a la intemperie, deben ser protegidas contra la oxidación, el galvanizado a todas las piezas asegura una ausencia de mantenimiento de 25 años o más.

HIPÓTESIS PARA EL CÁLCULO DE SOPORTES

Los soportes durante su vida útil se encuentran sometidos a diversas fuerzas actuantes como son cargas normales y cargas eventuales, cuya ocurrencia no necesariamente son simultanea, pero se tendrán en cuenta para verificar la estabilidad de las estructuras.

A. Cargas Normales

En esta hipótesis se consideran íntegros todos los cables (conductores y cables de guarda) en las estructuras y los cables sujetos a las cargas máximas posibles de ocurrir simultáneamente de acuerdo con el tipo de estructura y de su ubicación en la línea.

B. Cargas Excepcionales

En esta hipótesis además de las cargas normales se consideran la rotura de uno o más conductores y/o cables de guarda.

CUADRO REPRESENTATIVO DE HIPÓTESIS DE CÁLCULO DE SOPORTE

TIPO DE SOPORTE	1ra Hipótesis (Viento)	2da Hipótesis (desequilibrio de tracciones)	3ra Hipótesis (Rotura de conductor)
SUSPENSIÓN	<p>-Carga de viento perpendicular a la línea (incluye conductores, soportes y cable de guarda).</p> <p>-Peso del soporte, incluye accesorios y peso del conductor y cable de guarda.</p> <p>-Peso del personal de mantenimiento.</p>	<p>-Peso del soporte incluye accesorios y peso del conductor y cable de guarda.</p> <p>-8% de las tracciones unilaterales de todos los conductores y cable de guarda.</p>	<p>-Peso del soporte incluyendo accesorios y peso del conductor y cable de guarda.</p> <p>-50% del tiro de rotura del conductor y cable de guarda en el punto mas desfavorable.</p>
ÁNGULO	<p>-Carga de viento según bisectriz del ángulo incluye conductor, soporte y cable de guarda.</p> <p>-Peso del soporte (incluye accesorios y peso del conductor y cable de guarda).</p> <p>-Resultante de tracciones y conductor y cable de guarda.</p>	<p>-Peso del soporte incluyendo accesorios y peso del conductor y cable de guarda.</p> <p>-8% de las tracciones unilaterales de todos los conductores y cable de guarda.</p>	
ANCLAJE	Idem Suspensión	<p>-Peso del soporte incluyendo accesorios y peso del conductor y cable de guarda.</p> <p>-8% de las tracciones unilaterales de todos los conductores y cable de guarda.</p>	<p>-Peso del soporte incluyendo accesorios y peso del conductor y cable de guarda.</p> <p>-50% del tiro de rotura del conductor y cable de guarda en el punto mas desfavorable</p>
FIN DE LINEA	<p>-Carga de viento perpendicular a la línea (incluye conductores, soportes y cable de guarda).</p> <p>-Peso del soporte, incluye accesorios y peso conductor y cable de guarda.</p> <p>-100% de las tracciones unilaterales de todos los conductores y cables de guarda.</p>		Idem anclaje

ANEXO V
TIPOS DE FUNDACIONES

ANEXO V

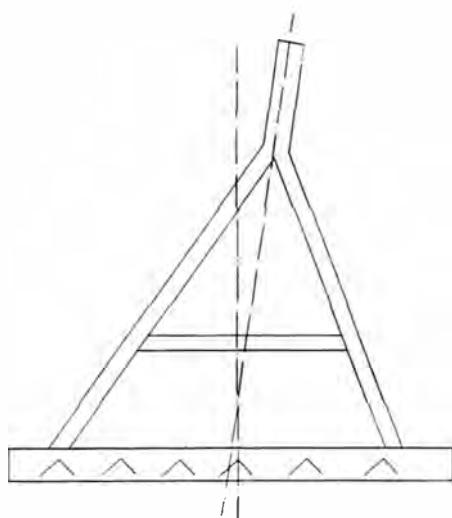
TIPOS DE FUNDACIONES

Básicamente existen cuatro tipos de fundaciones:

- a.- Parrilla de acero
- b.- Zapata de concreto
- c.- Bloque de concreto
- d.- Anclaje de roca

A. Parrilla de Acero

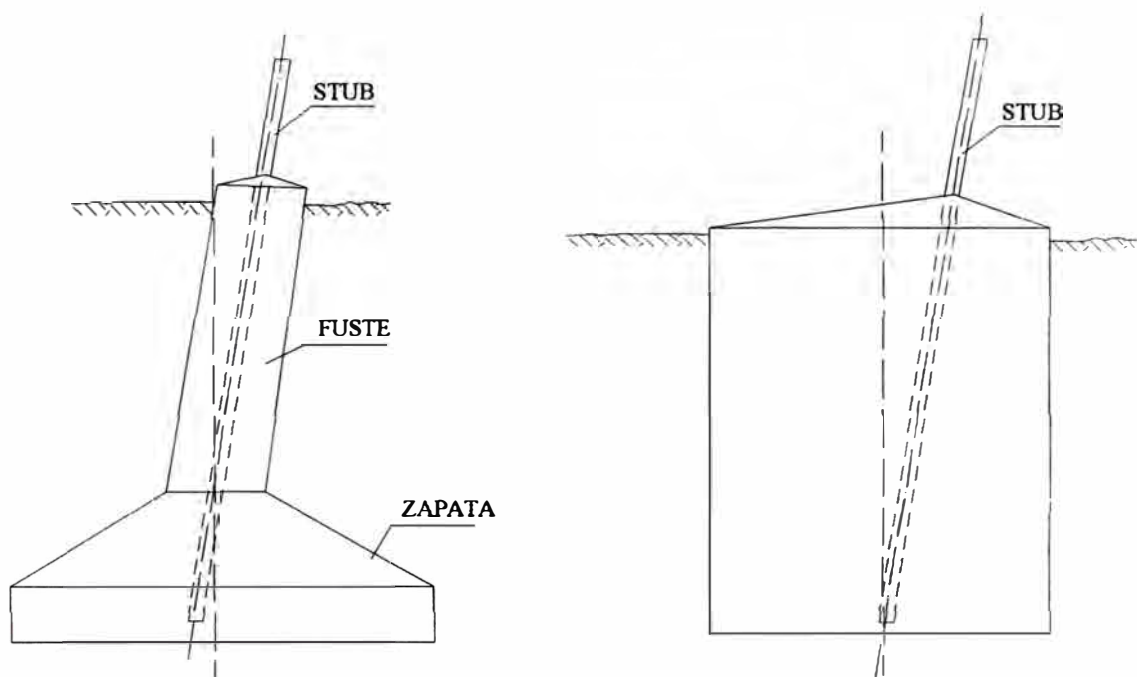
La parrilla semeja a una zapata de concreto, ya que esta parrilla esta formada por un conjunto de perfiles. La resistencia de arrancamiento de este tipo y sus variedades depende directamente del peso del suelo colocado sobre la parrilla y el ángulo de talud del suelo. La ventaja de este tipo es que se puede adquirir conjuntamente con la torre de acero.



PARRILLA DE ACERO

B. Zapatas de Concreto

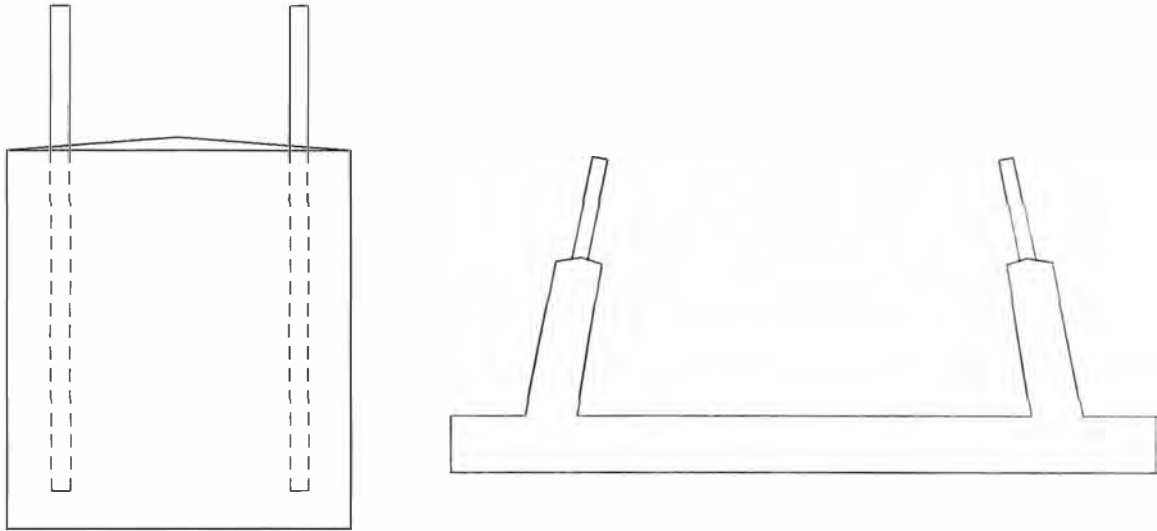
Esta formada por una zapata y un fuste (columna) donde esta embebido el stub que es el que empalma a la montante de la torre, también en esta se pueden obviar la zapata y solamente lleva un fuste, esta cimentación, es una por cada pata de la torre.



ZAPATA DE CONCRETO

C. Bloque de Concreto

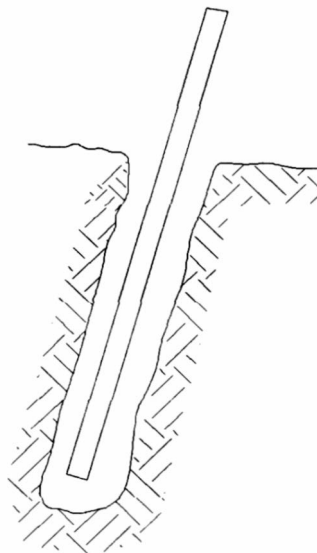
Es un bloque donde están las cuatro stub de la torre embebidas en el bloque.



BLOQUE DE CONCRETO

D. Anclaje en Roca

Son usados cuando se tiene una roca viva, sin ninguna fisura, el stub va anclado directamente a la roca.



ANCLAJE EN ROCA

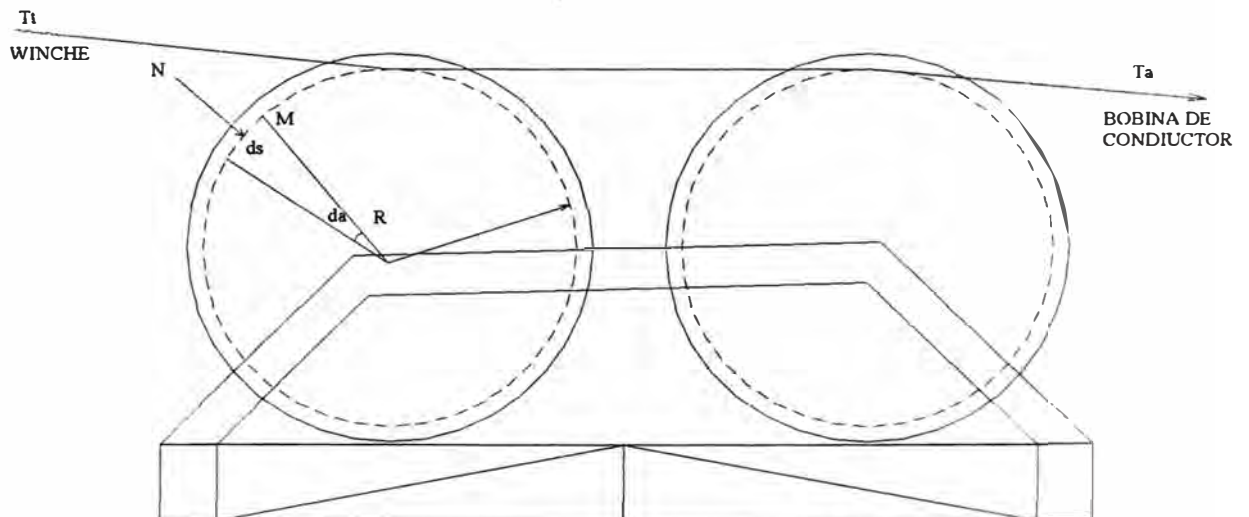
ANEXO VI
EL FUNCIONAMIENTO DEL FRENO

ANEXO VI

EL FUNCIONAMIENTO DEL FRENO

El freno es un soporte sobre ruedas que puede ser anclado al suelo, y sobre el cual se instalan uno o dos tambores móviles, provistos de gargantas sobre los cuales se enrolla como en un winche, el cable a tender. Los tambores llevan un sistema de frenos regulables, diferentes según el fabricante (frenos hidráulicos, etc.) que impiden la rotación.

El rozamiento del cable sobre la garganta de los tambores móviles, así como el número de vueltas para enrollar sobre estos tambores, están previstos, para así evitar todo deslizamiento del cable.



EQUIPO DE FRENO

a) RADIO DE LOS FRENOS

Resulta que la tensión a la salida del freno, es independiente del radio de su tambor. Así mismo este radio debe ser suficiente:

- Para evitar una curvatura excesiva del conductor al pasar por el freno.

$$D > 23 d$$

Para que el cable no se deslice a la salida del freno así como en el interior del equipo generando gradientes de tensión muy elevados.

En la práctica, el diámetro de los frenos esta comprendido entre uno y dos metros.

b) IMPORTANCIA DE LA TENSIÓN "To"

Es importante mantener una tensión constante "To" a la entrada del cable al freno, ya que es necesario que el frenado de la bobina se realice en forma regular y continua, a fin de evitar las variaciones bruscas de ésta tensión.

Sin embargo, la tensión "To" es difícil de mantener en un valor constante, cuando la velocidad de lanzamiento es muy rápida, al menos que se disponga de un sistema de regulación automática de la tensión, como ocurre con ciertos equipos, por lo tanto es recomendable limitar la velocidad de tendido a valores inferiores a 1 m/seg.

Las variaciones bruscas de "To", pueden ser causa de daños y accidentes ya que ellos arrastran las variaciones de la tensión de tendido "Tt", lo que provoca oscilaciones longitudinales en el conductor lanzado y variaciones de la flecha, susceptibles de provocar el descarrilamiento de

los conductores de las poleas así como otros inconvenientes relacionados a estas variaciones.

Estos inconvenientes se atenúan con la utilización de frenos con poca graduación de tensión, que corresponden a equipos con ranuras múltiples ($n > 5$) y con un bajo coeficiente de rozamiento ($f = 0.1$) en las cuales las variaciones de "To" se amortiguan rápidamente.

c) INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE ROZAMIENTO

Hemos designado como "f" al coeficiente de rozamiento originado por el cable en las ranuras del freno. Sea "f1" el coeficiente de rozamiento interno de las capas de cables entre ellas. El cuadro indica los valores de f1 que pueden servir de base para los cálculos.

Condiciones	Valores del coeficiente de rozamiento	
	Aluminio sobre acero galvanizado	Aluminio sobre aluminio
Cable seco sin engrasado interno	$f_1 = 0.30$	$f_1 > 1$
Cable engrasado interiormente (punto a 60°C)	$f_1 = 0.10$	$f_1 > 0.10$
Cable engrasado con grasa especial (punto superior a 100° C)	$0.10 < f_1 < 0.30$	$0.10 < f_1 < 0.30$

1. Cuando "f" es más pequeño que "f1", ($f < f_1$), el paso del cable por el freno se desarrolla normalmente. La tensión "T" en el interior del freno que resulta del rozamiento de la capa externa del cable sobre las ranuras (coeficiente de rozamiento f) se transmite fácilmente a las capas internas

sin deslizamiento relativo de la capa externa de aluminio respecto de las otras capas

2. Cuando el coeficiente de rozamiento del cable sobre las ranuras del freno (f) sobrepasa el valor de rozamiento interno f_1 , ($f > f_1$), la tensión "T" en el interior del freno aplicada en la capa exterior del hilo de aluminio no se puede transmitir al resto del cable o en todo caso al alma de acero. Esta capa exterior se somete a la salida del freno y a la tensión total "Tt", si ocurre en el sentido del movimiento un deslizamiento relativo, respecto a las capas internas de aluminio y acero, el cable se escapa a la salida del freno.

Este caso se presenta en frenos que tienen un ángulo bajo de enrollado del cable sobre el tambor, o es decir pocas vueltas de enrollado

$$a = 4 \pi \text{ radianes} \quad n = 2$$

$$a = 6 \pi \text{ radianes} \quad n = 3$$

Estos necesitan un coeficiente de rozamiento del cable (f) sobre las ranuras, bastante bajo para poder mantener la relación $f < f_1$.

d) TIPOS DE FRENOS

Independiente del sistema adoptado para realizar el frenado (frenado por discos, freno hidráulico, frenado motor o combinaciones de los diferentes sistemas). Cada tipo de freno se caracteriza por el medio en que se utiliza para obtener el valor necesario del producto $f \times a$, en donde la

tensión depende a la salida del equipo, ya sea que se busque aumentar el coeficiente (f), o sea que se busque aumentar el número de vueltas del cable enrollado para aumentar "a".

El freno con tambor de dos o tres vueltas $n=2$, $n=3$ han sido fabricados para ser usados con conductores secos con elevado rozamiento interno ($f > 0.3$). Las ranuras entonces satisfacen sin problemas la condición $f < f_1$.

e) LIMITE DE LA TENSIÓN T_t A LA SALIDA DEL FRENO

En casos de tendido de conductores lubricados (grasa en estado líquido a temperatura ambiente, elevación momentánea de la temperatura del conductor) en los que la diferencia entre " f_1 " y " f " es insignificante ($f_1 - f \rightarrow 0$). La tensión " T_t " puede localizarse momentáneamente en la capa externa de hilo de aluminio en lugar de repartirse entre las diferentes capas. Es necesario entonces, evitar distorsiones graves, procurando que el conjunto de hilos de la capa externa, bajo la tensión " T_t " no alcance el límite elástico que es del orden de los 10 a 11 Kg/mm² para el aluminio y de 18 a 20 Kg. para la aleación de aluminio.

Estas tensiones son válidas en la salida del freno. Ellas deben compararse con los cuadros del párrafo anterior establecidos tomando en cuenta los valores de n y f . La tensión a conservar será la más baja.

Para el tendido de conductores de sección superior a 800 mm² (sobre todo los fabricados con aleación de aluminio), puede ser necesario aumentar el número de vueltas del tambor del freno para cables

lubricados $n = 7$, parece ser lo aconsejable en la mayoría de los casos. Cualquiera sea el caso, la experiencia muestra que es preferible no utilizar al máximo las tensiones de tendido que se aproximan a los límites antes indicados. El escoger una tensión relativamente baja, permite un sentido de tiro favorable, beneficia el aumento de tensiones significativas tomando en cuenta los desniveles y los rozamientos.

f) INFLUENCIA DEL ROZAMIENTO EN LAS POLEAS SUCESIVAS

En las poleas de tendido los rozamientos desempeñan un rol importante y es función de un gran número de parámetros. Se trata de rozamientos de rodaje en los que intervienen:

- El radio de la polea.
- El sistema de rodaje utilizado (rodaje o billas o algún otro).
- Estado de lubricación de los rodajes.
- La rigidez del cable y su estado superficial.
- La carga vertical soportada por la polea.

Lo mejor es buscar en forma experimental por medio de ensayos estos rozamientos. Se determina así, por cálculo y sin tomar en cuenta los rozamientos la tensión $T'n$ en el extremo del tendido (costado del winche).

Se mide con ayuda de un dinamómetro la tensión del cable T_n antes de su llegada al winche y se obtiene $T_n > T'n$.

La diferencia positiva $DT = T_n - T'_n$ representa la suma de fuerzas de rozamiento actuando sobre el conjunto de poleas de la sección de tendido.

Por otro lado, designamos por N el peso del cable tendido, por fase en el conjunto de la sección. El coeficiente promedio f_p que corresponde a este tipo de rozamiento es entonces:

$$f_p = DT / N$$

Una verificación hecha en varias secciones del tendido, permite obtener con precisión el valor de este coeficiente.

Si la carga vertical aplicada a cada polea luego de su tendido es V_i

La fuerza de rozamiento DT_i que le corresponde es entonces: $DT_i = f_p V_i$

Se sumará DT_i a la tensión T_i calculada en cada vano, para obtener la tensión del winche en el vano siguiente a la polea tomada en consideración.

Las fuerzas de rozamiento se acumulan de una polea a otra, después de la siguiente al freno hasta la llegada del winche.

Nota 1:

Es bueno notar que se trata de un precedente del rozamiento por rodamiento. Cuando uno detiene el tendido por algún motivo, y luego se inicia el tiro con el winche no va a ser necesario tomar datos en el dinamómetro: junto al winche, ya que la tensión importante es la que se tenían cuando se realizaba el tendido. Se trata de vencer los rozamientos al, inicio, en cada polea. Estas pueden ser dos o tres veces más importantes que los rozamientos por rodamientos anteriores.

Nota 2

Los rozamientos del cable "coordina" sobre las poleas durante el tendido son bastante más bajos que los rozamientos del conductor. La influencia de los desniveles es igualmente baja. Esto resulta del peso lineal del cable coordina que es 1/4 a 1/2 el peso del conductor. Es notorio que al principio del tendido, las tensiones del conductor en el winche y en el freno sean muy próximas, las tensiones crecen a medida que avanza el tendido del conductor, para alcanzar al final del mismo los valores indicados en el cálculo.

Ejemplo del cálculo.

El tramo de línea a ser tendida, tiene una longitud de 5,000 m. entre el freno y el winche. En él existen 13 torres, el desnivel es de +144 m. Se trata de realizar el tendido de un conductor de AAAC con un peso de 1.6 Kg/m.

Partiendo del freno con una tensión de 1.630 Kg.

La tensión calculada a la llegada del conductor al winche es de 2,130 Kg. tomando en cuenta los rozamientos acumulados en las poleas, donde se ha estimado en: $5,000 \times 1.6 \times 0.03 = 240$ Kg.

Un cálculo aproximado de la tensión a la llegada del conductor al winche es:

$$T = 1630 + 240 + 1.6 \cdot 144 = 2100 \text{ kg.}$$

ANEXO VII
SUPERVISIÓN DE LA CONTRUCCIÓN

ANEXO VII

SUPERVISIÓN TÉCNICA DE LA CONTRUCCIÓN

Las actividades principales que se desarrollan durante los trabajos de supervisión de las obras se circunscriben a:

- Verificación de los principales equipos y materiales que arriban a los almacenes, viendo la calidad y estado de conservación de los mismos.
- Supervisión y verificación de las excavaciones para las fundaciones de las torres.
- Supervisión de excavaciones para la puesta a tierra de las estructuras metálicas y/o de madera.
- Absolución de consultas en campo del Contratista, analizando en su posición final las parrillas y/o stub.
- Evaluación del tipo de terreno a utilizarse en la fundación de las estructuras, para proponer el tipo de cimentación.
- Preparación y ejecución para desarrollo de los Planes de tendido del conductor, verificando los sitios donde están ubicados el freno y el winche.
- Verificación de ubicación donde se propone realizar los empalmes en los vanos.
- Supervisión del tensado y puesta en flecha del conductor entre las estructuras.

- Verificación de la nivelación, verticalidad y alineación de las estructuras según cuadro de tolerancias aprobado.
- Selección de los materiales de cimentación y proceso de compactación
- Supervisión y absolución respecto al cumplimiento de las actividades de imposición de servidumbre, en los diversos tramos de la Línea.
- Control de los trabajos de preparación de las estructuras, para iniciar el izado y proceder a la cimentación respectiva.
- Verificación permanente del estado de los equipos de montaje electromecánico y equipos de seguridad del Contratista, que viene utilizando en el desarrollo de las actividades del izado de las estructuras, etc.
- Verificación permanente del estado de los equipos de tendido como son el freno y el winche, así como el estado de la coordina, poleas, y la protección del conductor durante el jalado, etc.
- Verificación de diferentes tipos de vaciados para las zapatas de las torres y toma de muestras como testigos de concreto para realizar las pruebas de concreto.
- Supervisión y verificación de excavaciones de fundaciones especiales de torres.
- Supervisión del montaje electromecánico de las torres.

- Absolución de consultas en campo del Contratista, referidos al cumplimiento del Plan de Tendido y flechado de los diferentes tramos de la Línea.
- Supervisión del cumplimiento de las normas de tolerancia de verticalidad y horizontalidad de las torres.
- Supervisión del cumplimiento del torque en las torres.
- Evaluación de las fundaciones del terreno en las diferentes estructuras luego del período de lluvias.
- Cumplimiento y ejecución en el desarrollo del Plan de tendido del conductor verificando los sitios donde están ubicados el freno y el winche.
- Verificación de la ubicación donde se propone realizar los empalmes en los vanos.
- Supervisión del tensado y puesta en flecha del conductor entre las estructuras.
- Verificación del cumplimiento del contratista respecto al reglamento del contratista respecto al reglamento de seguridad e higiene referido a este tipo de obras.
- Revisión y validación de los avances de obras en campo para aprobación y autorización de los pagos de valorizaciones del contratista.

ANEXO VIII

PROCEDIMIENTOS EN CASO DE ACCIDENTES.

ANEXO VIII

PROCEDIMIENTOS EN CASO DE ACCIDENTES.

Todo trabajador que sufriera lesiones de cualquier tipo o gravedad como consecuencia de un accidente de trabajo se le prestará de inmediato los primeros auxilios y servicios médicos asistenciales necesarios en el lugar del accidente y posteriormente trasladado al centro hospitalario más cercano, para lo cual la empresa constructora dispondrá de botiquines de primeros auxilios debidamente implementados así como un vehículo debidamente equipado para la atención del trabajador accidentado y su traslado respectivo.

Todo accidente de trabajo debe ser informado inmediatamente después de ocurrido, por el propio accidentado o compañero de labores más cercano, a su jefe inmediato o supervisor a cuyas órdenes trabaja. Así mismo, deberá comunicarse dentro de las veinticuatro horas siguientes a ESALUD o centro asistencial autorizado, a la autoridad policial o política correspondiente.

Será responsabilidad de la jefatura o encargado de la seguridad investigar en un plazo no mayor de 10 días las causas del accidente a fin de determinar las responsabilidades y recomendaciones que sean convenientes adoptar en previsión de futuros accidentes.

El informe de investigación de los accidentes deberá precisar cuando menos:

Datos personales de los implicados en el accidente

Descripción del procedimiento de trabajo que se ejecutaba antes del accidente

Descripción precisa del accidente de trabajo

Efectos o lesiones causados por el accidente y los primeros auxilios prestados.

Los daños y perjuicios ocasionados en el suministro eléctrico, en las instalaciones civiles u otras y la pérdida de tiempo ocasionado,'

Las conclusiones que comprenden causa y responsabilidad y las recomendaciones que eviten accidentes similares.

Las investigaciones de accidentes efectuadas por el comité de seguridad darán lugar a un informe en el que se propondrá las acciones correctivas y las sanciones a que hubiere lugar, las mismas que serán aplicadas por la empresa según los niveles correspondientes.

La empresa deberá formular y mantener actualizado los cuadros estadísticos de accidentes de trabajo, con el fin de registrar los tipos de lesiones, incapacidades, índice de frecuencia y severidad.

ANEXO IX
RELACIÓN EQUIPOS A UTILIZAR

ANEXO IX
RELACIÓN EQUIPOS A UTILIZAR

1. Equipos de topografía.
2. Tractor.
3. Cargador frontal.
4. Motoniveladora.
5. Volquete.
6. Compresora.
7. Mezcladora.
8. Cisterna
9. Compactadora de plancha
10. Pluma metálica.
11. Winche
12. Tilford de 3 Ton.
13. Poleas para el conductor.
14. Cable coordina
15. Radios
16. Freno
17. Empalmadora
18. Pértigas
19. Termómetro
20. Camión Grúa
21. Tecle Rachet de 4 Ton

22. Comelones para 400mm²
23. Escalera modular de aluminio
24. Escalera modular de anclaje
25. Escalera de aluminio de gancho para suspensión
26. Escalera de madera
27. Escalera de madera tipo tijera
28. Estrobos de acero
29. Lampas, picos, machetes, puntas
30. Mordazas para templar vientos.
31. Prensa hidráulica
32. Gatas mecánicas
33. Polines
34. Combas
35. Llave francesa
36. Llave corona
37. Llave de boca
38. Torquímetros de Racha con juego de dados
39. Destornilladores
40. Alicates
41. Arcos de sierra
42. Martillos de bola
43. Martillo de carpintero
44. Pinzas planas
45. Pinzas de punta

- 46. Limas redondas y planas
- 47. Wincha de tela de 50m
- 48. Cinceles
- 49. Taladro eléctrico
- 50. Esmeril eléctrico
- 51. Sierra eléctrica
- 52. Estrobos para poleas
- 53. Polea simple
- 54. Llave estilson
- 55. Megometro
- 56. Camionetas 4x4

BIBLIOGRAFÍA

1. Techint "Cuaderno de instrucciones para el tendido de conductores". EDELCA C.A.
2. ENDESA. "Redes de Energía Eléctrica - Parte 2: Líneas de Transmisión". ENDESA.
3. Límaco Valencia, Pedro. "Experiencias en la construcción de líneas de transmisión de alta tensión". Perú 1996.
4. Utiveroz Zaldivar Hernan A. "Diseño de Líneas de Transmisión Aéreas de Alta Tensión". Maracaibo 1992.
5. Anonimo. "Ingeniería civil de la construcción de líneas de transmisión" Perú 1992.
6. ABB. "Instrucciones de Servicio – Proyecto LT 220kV Aguaita - Tingo Maria - Paramonga" ABB. Perú 1997.
7. SOINCO SACI. "Métodos de trabajo – Proyecto LT 22kV Talara – Zorritos, Subestaciones y Sistema de telecomunicaciones" SOINCO SACI. Perú 1998.