

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BACKBONE DE FIBRA  
ÓPTICA EN SISTEMA COMPARTIDO CON LÍNEA DE ENERGÍA  
PARA UN CAMPAMENTO MINERO EN ETAPA PRE-OPERATIVA

## **INFORME DE SUFICIENCIA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
**INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTADO POR:**

**VÍCTOR MARTÍN CELIS CHÁVEZ**

**PROMOCIÓN  
2007-I**

**LIMA-PERÚ  
2011**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BACKBONE DE FIBRA ÓPTICA  
EN SISTEMA COMPARTIDO CON LÍNEA DE ENERGÍA  
PARA UN CAMPAMENTO MINERO EN ETAPA PRE-OPERATIVA**

A mis padres Luzmila y Victor por el apoyo y confianza que me dieron fuerzas en los momentos difíciles. Así como a una persona especial que creyó en mí en todo momento.  
Gracias Angelita

## SUMARIO

Este informe describe la implantación de un backbone de fibra óptica ADSS en sistema compartido con línea de energía para un campamento minero en etapa pre-operativa.

La solución brindada debía satisfacer los requerimientos de conectividad del campamento minero de un cliente para acceso a servicios de Internet y Voz, así como la uniformización de su red de fibra óptica.

Se decide reutilizar parte de la infraestructura eléctrica existente del cliente y adicionar nueva postería para el tendido de la nueva fibra y así poder comunicar a la sede con el nodo más cercano del proveedor de servicios de Telecomunicaciones. Esto permitiría brindar servicios de telecomunicaciones de Internet de 4 Mb redundante y dos enlaces primarios de 30 canales cada uno.

La reutilización de la infraestructura del tendido eléctrico aéreo facilitaría la implementación, reduciría los tiempos de implantación, al no tener que construir ductería subterránea en la mayor parte del tendido y también se reducen los costos del proyecto ya que no se tendría que duplicar la infraestructura.

La carretera de acceso al asentamiento minero desde el nodo carecía de ductos, cámaras y postería. Por diseño, tomando en cuenta los costos y tiempo, se determinó que no se haría tendido subterráneo de la fibra óptica sino más bien tendido aéreo con la colocación de nueva postería.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPITULO I</b>	
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	3
1.1. Descripción del problema.....	3
1.2. Objetivos del trabajo .....	3
1.3. Evaluación del problema.....	3
1.4 Alcance del trabajo .....	4
1.5 Síntesis del trabajo .....	4
<b>CAPITULO II</b>	
<b>MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL</b> .....	6
2.1 Instalación de Cable OPGW .....	6
2.1.1 Generalidades .....	6
2.1.2 Planeación .....	7
2.1.3 Instalación del cable .....	11
2.1.4 Instalación de herrajes para suspensión .....	16
2.2 Instalación del cable aéreo Auto soportado (ADSS).....	18
2.2.1 Generalidades .....	18
2.2.2 Consideraciones para el despliegue de fibra óptica .....	19
2.2.3 Métodos de tendido .....	21
2.2.4 Criterios de Instalación de cable ADSS.....	22
2.2.5 Análisis de diferentes escenarios.....	26
<b>CAPITULO III</b>	
<b>METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	29
3.1 Análisis para la solución.....	29
3.2 La ingeniería del proyecto.....	31
3.2.1 Tendido de postes .....	31
3.2.2 Instalación de anclas y riostras .....	40
3.2.3 Puesta a tierra de los accesorios de sujeción .....	41
3.2.4 Tendido de la Fibra Óptica.....	41
3.2.5 Pruebas de comunicaciones .....	52
3.3 Equipamiento.....	55

3.3.1	Equipamiento para enlace principal (Fibra óptica).....	56
3.3.2	Equipamiento para enlace de respaldo (Radio) .....	56
3.4	Materiales de cableado y canalización de fibra óptica.....	58
<b>CAPITULO IV</b>		
<b>CRONOGRAMA Y COSTOS</b> .....		60
4.1	Costos .....	60
4.3	Cronograma.....	61
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....		63
<b>ANEXO A</b>		
<b>CÁLCULOS DE LAS TENSIONES PARA LA INSTALACIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA..</b>		64
<b>ANEXO B</b>		
<b>DIFERENCIAS ENTRE LOS CABLES AUTO-SUSTENTADOS Y OPGW</b> .....		66
<b>ANEXO C</b>		
<b>ANÁLISIS DEL TIPO DE FIBRA ÓPTICA A UTILIZAR</b> .....		69
<b>ANEXO D</b>		
<b>ANÁLISIS DE RENDIMIENTO DEL SISTEMA</b> .....		73
<b>ANEXO E</b>		
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS</b> .....		75
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....		77

## INTRODUCCIÓN

Este informe describe la solución brindada para satisfacer los requerimientos de conectividad del campamento minero de un cliente para acceso a servicios de Internet y de voz.

Estos requerimientos podían ser resueltos mediante enlace satelital o enlace radial, sin embargo el cliente exigía uniformizar el medio de acceso a sus servicios. El cliente ya contaba con un backbone de fibra óptica ADSS que unía las sedes (Planta Concentradora con el Puerto) mediante tendido aéreo, en mayor parte haciendo uso de la postería de la línea de transmisión de energía eléctrica de 60KVA

Dada esta situación es que se opta por brindar una solución de fibra óptica ADSS para posibilitar el uso de la infraestructura de 60KVA. El tendido de cable ADSS continúa desde la Planta Concentradora hasta cierto tramo en donde, para dirigirse hacia el nodo más cercano, se hace uso de nueva postería de concreto. Este tendido viabiliza poder brindar servicios de telecomunicaciones que cumplan los siguientes requisitos:

- Internet de 4 Mb redundante.
- Dos enlaces primarios de voz de 30 canales cada uno.

Dada las necesidades de conectividad inmediata, mientras se implementa la solución de fibra óptica se le habilita la utilización de enlace satelital cambiándose luego por un enlace radial, quedando este último como respaldo de la infraestructura de fibra luego de concluida la implementación.

Este informe se enfoca en describir el diseño e implementación de un backbone de fibra óptica en sistema compartido con línea de energía para un campamento minero en etapa pre-operativa. No se tratarán los aspectos referido al enlace satelital ni al enlace de respaldo de radio.

El informe se divide en cuatro capítulos principales: Planteamiento del problema, Marco Teórico Conceptual, Metodología para la solución del problema, Cronograma y Costos.

En el capítulo 1 se describe las necesidades del cliente que se ha de satisfacer con una solución técnica que es expuesta como objetivo del proyecto, se evalúa los requerimientos de conectividad del cliente y se precisan los alcances del informe; finalmente se hace una síntesis del trabajo desarrollado.

En el capítulo 2 se desarrolla los aspectos conceptuales referidos a: las técnicas

aéreas para la instalación de cables de Fibra Óptica; el análisis de diferentes escenarios; los criterios para instalación de nueva postiería.

En el capítulo 3 se describe la ingeniería del proyecto para la implementación de un backbone de fibra óptica en sistema compartido con línea de energía para un campamento minero en etapa pre-operativa.

En el capítulo 4: se muestra el cronograma de los trabajos realizados y la estimación de costos.

El informe se basa en las normas técnicas de Telefónica para: la instalación y retiro de postes; instalación y retiro de anclas y riostras; instalación de protección eléctrica en la red de planta externa; Instalación de Cable aéreo autosoportado de F.O, catálogos de hardware para ADSS y datos del fabricante (Draka) de la fibra óptica. Las figuras fueron extraídas de la bibliografía mencionada. Las imágenes satelitales utilizadas para describir la zona de la implementación del proyecto provienen del Google Earth.



## **CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En este capítulo se describe las necesidades del cliente que se ha de satisfacer con una solución técnica que es expuesta cómo objetivo del proyecto, se evalúa los requerimientos de conectividad del cliente y se precisan los alcances del informe; finalmente se hace una síntesis del trabajo desarrollado.

### **1.1 Descripción del Problema**

Necesidad de conectividad del campamento minero de un cliente para acceso a servicios de Internet y de voz.

La sede que requiere de los servicios se encuentra distanciada de los nodos del operador de telecomunicaciones, por lo que debe ampliar su backbone de fibra óptica haciendo uso de infraestructura eléctrica existente, así como de nueva infraestructura.

La solución implantada es desarrollada bajo la premisa que la nueva infraestructura (no equipos de comunicaciones) es de su propiedad; esto incluye a la fibra así como a la postería desplegada para este fin.

### **1.2 Objetivos del trabajo**

Proporcionar un backbone de fibra óptica en sistema compartido con línea de energía para un campamento minero situado en Sechura en etapa pre-operativa.

Reutilizar parte de la infraestructura eléctrica existente del cliente para comunicarse con el nodo más cercano y poder brindar sus servicios de telecomunicaciones que cumplan los siguientes requisitos:

- Internet de 4 Mb redundante.
- Dos enlaces primarios de voz de 30 canales cada uno.

Dada la urgencia de conectividad inmediata al cliente, mientras dura la implementación y puesta en operación de los servicios a través de fibra, se habilita el servicio, primeramente mediante un enlace satelital y luego mediante un enlace radial, quedando este último cómo respaldo de la infraestructura de fibra luego de concluidos los trabajos.

### **1.3 Evaluación del problema**

El cliente requería conectividad inmediata para satisfacer sus necesidades en los servicios de Internet y voz. Esto se debía a que el campamento minero se encontraba en una etapa pre-operativa (no se había iniciado la extracción de minerales). Sin embargo,

dado que otros asentamientos mineros de la misma empresa hacían uso de fibra, tanto para los servicios de Internet y voz, así como para sus sistemas de monitoreo y control de sus plantas automatizadas, el cliente deseaba que la conectividad definitiva fuera hecha por fibra.

Ya existía un tendido de fibra entre la planta concentradora y la zona de descarga de camiones (cerca al muelle, desde donde el material es transportado vía un sistema de fajas).

La gran mayoría de campamentos mineros se encuentran en zonas alejadas de difícil acceso, este proyecto no era la excepción por lo cual era oportuno el aprovechamiento de la infraestructura eléctrica (tendido aéreo), propiedad del Campamento minero. Esto brindaba muchas ventajas como:

- Se facilitaba la implementación.
- Se reducían los tiempos de implantación al no tener que construir ductería subterránea en la mayor parte del tendido.
- Se reducían los costos de duplicar infraestructura.
- Mayor capacidad de comunicaciones para los servicios actuales y brindando a su vez escalabilidad a servicios futuros.

Para acceder al nodo no existía infraestructura disponible desde cierto tramo. No había ductos, cámaras ni postería. Por una cuestión de costos y tiempo, se determinó que no se haría un tendido subterráneo sino más bien un tendido aéreo con la colocación de nueva postería.

#### **1.4 Alcance del trabajo**

En este documento se describe el diseño e implementación de un backbone de fibra óptica en sistema compartido con línea de energía para un campamento minero en etapa pre-operativa. No se tratarán los aspectos referido al enlace satelital ni al enlace de respaldo de radio. En este informe cubre los protocolos de prueba del enlace de fibra óptica así como las de los equipos. El diseño de implementación es realizado con fibra óptica ADSS. El proyecto debía ser puesto en operación en un plazo de 100 días, con un presupuesto de 1'750,000 nuevos soles.

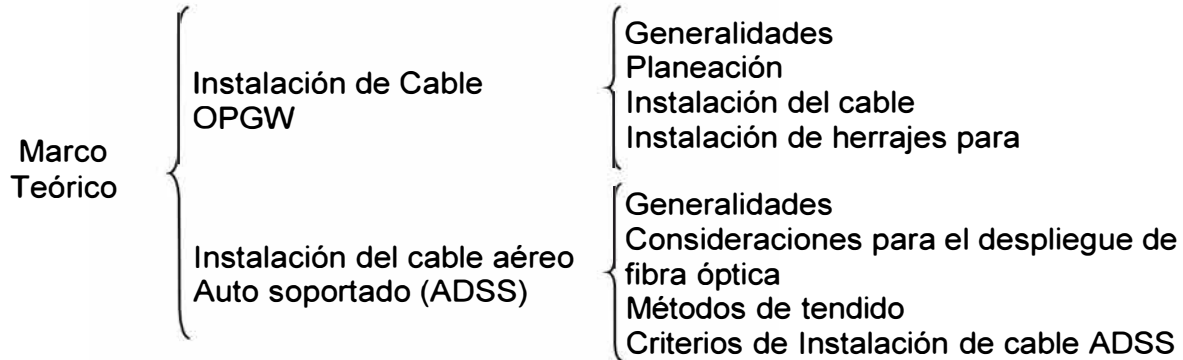
El proyecto ha sido realizado basándose en las tablas y especificaciones de los proveedores, sin embargo, para los efectos académicos del informe, se están agregando información relacionada en los anexos respectivos. El Anexo A "Cálculos mecánicos"; el Anexo B "Diferencias entre los Cables Auto-Sustentados Y OPGW", Anexo C "Análisis Del Tipo De Fibra Óptica a Utilizar", y el Anexo D "Análisis de rendimiento del Sistema"

#### **1.5 Síntesis del trabajo**

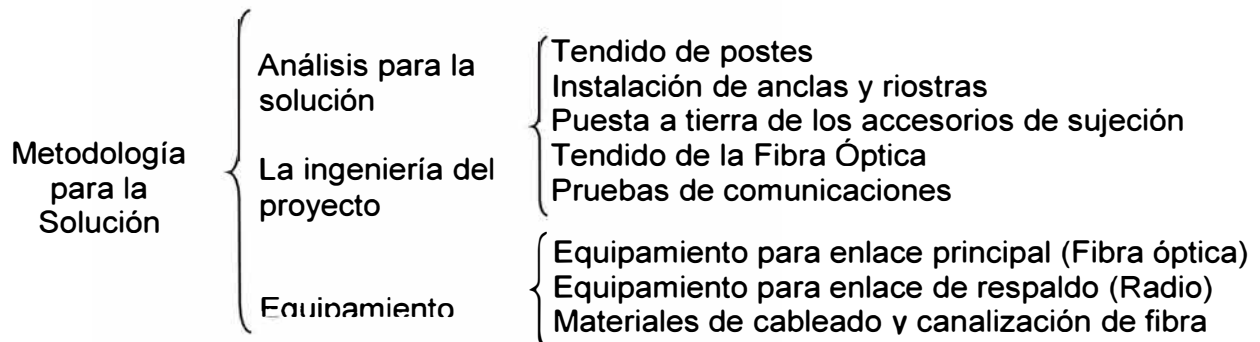
El informe teóricamente se enfoca en explicar aspectos puntuales de las técnicas de

tendido de fibra aérea, el análisis de diferentes escenarios y explicación de los criterios para instalación de nueva postería.

El caso de estudio realiza un análisis situacional para luego describirse la ingeniería del proyecto la cual trata los temas de tendido de postes, instalación de anclas y riostras, la puesta a tierra de los accesorios de sujeción, el tendido de la fibra óptica y las pruebas de comunicaciones. La Figura 1.1 y 1.2 son los cuadros sinópticos que sintetizan el Marco Teórico y la Metodología de la Solución.



**Figura 1.1** Cuadro sinóptico de Marco Teórico (Gráfica propia)



**Figura 1.2** Cuadro sinóptico de Metodología de las Solución (Gráfica propia)

## **CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL**

Los sistemas aéreos de cable de fibra óptica se han convertido en factor clave en la implantación de las redes de telecomunicación de los operadores. La ausencia de obra civil y los derechos de paso ya existentes permiten minimizar los costos y lo que es más importante, el tiempo de puesta en servicio de la red.

El crecimiento de las redes de transmisión (datos y TDM), la demanda de nuevos servicios por parte de los usuarios y la aparición de nuevos operadores de red, exigen que la arquitectura de la red de fibra óptica ofrezca las adecuadas facilidades en cuanto a flexibilidad y calidad para satisfacer un mercado que está y seguirá cambiando. Al introducir infraestructuras de tipo aéreo se brindan nuevas alternativas de acceso.

Este capítulo desarrolla los siguientes aspectos:

- Instalación de cable OPGW
- Instalación de cable ADSS

### **2.1 Instalación de Cable OPGW**

En esta sección se desarrollan los siguientes aspectos: generalidades, planeación, instalación del cable, instalación de herrajes para suspensión.

#### **2.1.1 Generalidades**

El OPGW es un tipo de cable que está diseñado para ser instalado en líneas de alta tensión y que por sus características cumple dos funciones: actúa como cable de guarda protegiendo a las líneas que transmiten la energía eléctrica de descargas atmosféricas y de eventuales cortocircuitos y se constituye en un medio de comunicaciones a alta velocidad a través de las fibras ópticas.

Las fibras ópticas inicialmente se usaron para control y protección de las líneas eléctricas o para comunicaciones a nivel local. Para estos fines era suficiente un bajo número de fibras (6 u 8). Sin embargo, hoy en día se instalan cables de 36 fibras o más debido a que el objetivo ha cambiado: ahora es el transporte masivo de información aprovechando la tecnología de comunicaciones ópticas y el derecho de vía de las líneas eléctricas a lo largo y ancho del país. La combinación de ambos elementos da muy importantes beneficios a las compañías eléctricas:

- Permite tener concentrada información de toda la red en tiempo real para optimizar la explotación del sistema.

- Les brinda una vía propia de comunicación, de gran importancia en el mundo actual, que depende tanto de los sistemas como de las bases de datos.
- Crea una nueva y muy importante fuente de ingresos, al poder vender a otras entidades el servicio de transporte de información.

La presencia de las fibras ópticas en el cable de guarda no sólo representa un aumento en las dimensiones del mismo, sino que implica importantes diferencias en la forma de planear y ejecutar la instalación del cable:

- En un cable de guarda sin fibras ópticas, se empalma a tope al fin de un tramo con el siguiente y puede quedar a medio claro; en el OPGW, en cambio, los empalmes tienen que estar en torres y mantener una reserva de varios metros de cable.
- En un cable de guarda sin fibras ópticas no importa la temperatura que se alcance en una falla o descarga, mientras no se rompa el cable; por su parte, en el OPGW debe cuidarse que no se afecten las fibras.
- Una coca o maltrato que no afecte al cable de guarda sin fibras ópticas puede dañar las fibras ópticas dentro del OPGW.

### **2.1.2 Planeación**

Consta de los siguientes ítems: selección de estructuras para remates y preparación del camino, maquinarias, herramientas y accesorios

#### **a. Selección de estructuras para remates y preparación del camino**

Generalmente el cliente proporciona los requisitos para ubicar las estructuras para empalmes y re- mates. La definición de éstos y de las estructuras que se emplearán como base para efectuar el tendido del cable son fundamentales; por lo tanto, debe realizarse una inspección de campo, así como un estudio de flechas y tensiones para corroborar si es factible cumplir con la localización de empalmes solicitada o recomendar otra que asegure la instalación y operación adecuada del cable, con base en los siguientes criterios:

- De preferencia, debe tratarse de un lugar sin declives y sin deflexiones en el plano horizontal (cuando menos hasta la posición de las estructuras vecinas) para facilitar el trabajo y evitar que el cable esté sometido a esfuerzos innecesarios.
- Con respecto al cálculo de flechas y tensiones, ningún punto debe sobrepasar los 11,800 N (1 ,200 kgf) para el jalado y flechado; en caso de que suceda, es necesario consultar las opciones con el fabricante del cable antes de proceder con la instalación.
- El jalado del cable es recomendable hacerlo desde el extremo que presente la condición más crítica para éste, para ello se debe considerar la tensión, deflexión, pendientes y claros largos. Con esto se logra que recaiga el mayor esfuerzo en la menor longitud posible del cable.

Las longitudes de cable en carretes serán acordadas con el fabricante, en función de las distancias entre las estructuras seleccionadas para remates y empalmes. Convenida con el cliente, esta información se indica en los planos de la obra para facilitar su identificación al momento de efectuar la instalación.

Una vez identificadas las estructuras de los empalmes y remates, si es necesario, considerar abrir una brecha hasta ellas para transportar máquinas y carretes hasta su base. Dependiendo del terreno y del equipo disponible, la brecha puede abrirse con ayuda de maquinaria pesada, ligera o a mano. Por lo general, tanto la Comisión Federal de Electricidad (CFE) como la Compañía de Luz y Fuerza del Centro (LyFC) han habilitado caminos de acceso para el mantenimiento de las estructuras, por lo que quizá sólo sea necesario rehabilitar alguno de ellos.

Si la línea de energía es nueva, el constructor abre caminos de acceso para sus materiales; en ese caso, se reduce el trabajo para los instaladores del cable.

#### **b. Maquinaria**

A continuación se da un listado de los accesorios, así como del equipo y las características mínimas necesarias para poder instalar en forma adecuada el OPGW.

##### **Devanadora**

Esta máquina se utiliza a la salida del carrete para controlar la salida del cable que se instala. Su función consiste en mantener una tensión constante en el cable, frenándolo y alimentando sólo la cantidad requerida de cable al tendido, con tensión y velocidad controlada. También evita que se sobretensione el desenrollador, permitiendo un desenrollado de las espiras del cable en forma controlada. Antes y durante el tendido, deben verificarse continuamente los siguientes puntos:

- Las poleas de la devanadora por las que pasa el OPGW deben ser de 90 cm como mínimo.
- El control de frenado debe ser monitoreado mediante instrumentación calibrada.
- La operación de frenado debe ser de nivel constante, de manera que se eviten jalones o fluctuaciones de tensión en el cable.
- Se debe dar mantenimiento adecuado al sistema de frenado. Cuando sea de tipo hidráulico, hay que verificar antes de las maniobras de instalación el nivel de aceite, que el sistema no presente fugas y que los actuadores y balatas apliquen el freno en forma homogénea.

##### **Traccionadora**

Este equipo proporciona la fuerza de tiro necesaria para retirar el cable guía y jalar el OPGW para posicionarlo en toda su longitud en las torres. A continuación se mencionan los puntos más importantes que debe cumplir para funcionar adecuadamente:

- Debe contar con potencia suficiente para jalar sin dificultad alguna el peso del cable que se instalará.
- La fuerza de tracción aplicada deberá ser monitoreada continuamente mediante instrumentación calibrada (dinamómetro).
- La sensibilidad del medidor de tensión deberá tener precisión en la escala de medición, de manera que se puedan discernir diferencias de tensión de al menos 5% de la tensión máxima recomendada para la instalación del cable.
- La operación de este equipo durante el tendido debe ser con tensión homogénea, evitando variaciones que provoquen jalones en el cable.

### **Desenrollador**

La base para desenrollar el cable del carrete debe tener las siguientes características:

- La base y la flecha de soporte deben tener capacidad de carga para 4 toneladas como mínimo. De esta forma se asegura que soportará un carrete con hasta 6 km de cable.
- El diámetro de la flecha debe corresponder con el barreno central del carrete, de forma que permita que éste gire libremente pero que no provoque bamboleos cuando se desenrolle el cable.
- El freno para el carrete debe aplicarse en forma homogénea sin propiciar daños al carrete ni provocar variaciones en la tensión del cable en su recorrido hacia la devanadora.

### **c. Herramientas y accesorios**

#### **Poleas**

Las poleas para guiar el cable durante el tendido deben tener una estructura tal que resista adecuadamente los esfuerzos generados por el cable al tensionarlo; además, deben contar con un diámetro mínimo ( $D$ ) medido sobre la base de la canal de al menos 40 veces el diámetro del cable (Figura 2.1).



**Figura 2.1 Polea**

La canal de la polea debe estar forrada con una capa de neopreno o de otro material plástico para proteger el cable de rayones o raspaduras. Debe verificarse que la polea

esté debidamente balerada, de tal forma que aun cargando el cable bajo tensión gire libremente y sin sufrir atoros.

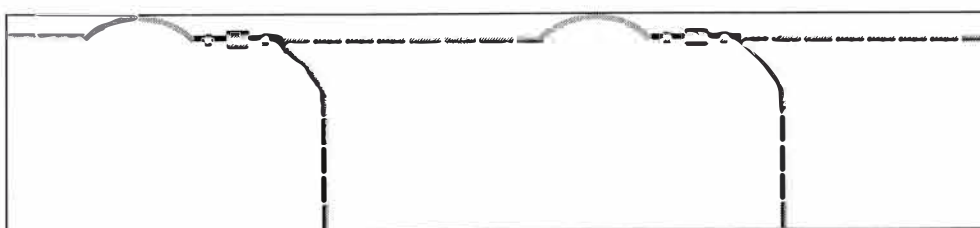
### **Pengolín**

El destorcedor o pengolín aísla al cable de los esfuerzos de torsión que ejerce la guía de tendido. Sus componentes deben estar adecuadamente balerados y perfectamente lubricados a fin de que el pengolín efectúe su función de manera adecuada.

### **Alacrán**

El dispositivo antitorsión (Figura 2.2) o alacrán consiste en un contrapeso, el cual se fija a la punta del OPGW durante el tendido, de tal manera que evita que ocurran torsiones en el cable que se instalará. Es recomendable que el alacrán cuente con dos "colas", ya que al pasar por las poleas el contrapeso se deshabilita temporalmente. A continuación se indican los puntos que deben verificarse en este accesorio antes de iniciar el tendido:

- La cola o contrapeso debe pasar por la canal de la polea sin dificultades.
- Las articulaciones del contrapeso deben flexionarse en el sentido longitudinal sin atorarse entre sí.
- Las articulaciones no deben tener movilidad lateral que propicie un enroscamiento sobre sí mismas.
- El acoplamiento de la cabeza del alacrán con el cable debe tener una fijación tal que no permita el deslizamiento ni la rotación entre ellos.
- La longitud del contrapeso debe ser de al menos 150 cm y de 30 kg.



**Figura 2.2** Dispositivo anti-torsión o alacrán con contrapesos

### **Calcetín**

A fin de sujetar firmemente el cable que se instalará con la guía de arrastre, es necesario tener un calcetín de dimensiones adecuadas para el cable. Al seleccionar este accesorio, debe considerarse el diámetro y el peso lineal del cable, ya que tiene que evitarse cualquier riesgo de ruptura en la unión durante las maniobras. No deben efectuarse amarres con los alambres del cable que pudieran causar atorones en las poleas cuando se esté instalando el cable.

### **Tensor provisional**

Los tensores provisionales (Figura 2.3) se utilizan en el cable OPGW para tensionarlo temporalmente. Debe ser diseñado para retener el cable OPGW bajo una tensión de



manejo sin dañarlo, particularmente sin deformarlo o aplastar el tubo de aluminio. Este tensor provisional puede ser un remate preformado, un come-along de presión a tornillos o un tensor de pinza con protección de neopreno en la mordaza. En cualquiera de los casos anteriores, el diámetro de la herramienta utilizada debe ser adecuado al diámetro del cable.



**Figura 2.3** Tensor provisional y mordaza de sujeción temporal con tornillos de acero

### **Balancín**

Esta herramienta se utiliza para soportar el cable OPGW por encima de la polea durante la maniobra de aplicación del herraje de suspensión (clema).

#### **2.1.3 Instalación del cable**

En esta sección se desarrollan los siguientes ítems: Traslado y anclado de máquinas y gatos, preparación de máquinas y carretes para tendido, colocación de las poleas sobre estructuras, instalación de la guía, colocación de los dispositivos de tracción, preparación para el tendido del cable, tendido del cable, y finalmente remates y flechado del OPGW

##### **a. Traslado y anclado de máquinas y gatos**

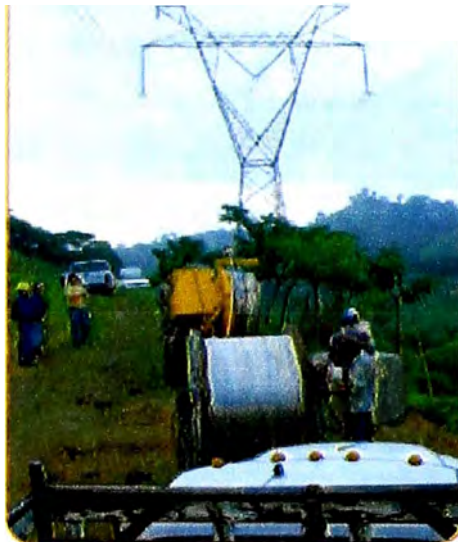
Una vez abierto el camino de acceso a la estructura, se transportan las máquinas de tensión o cabestrante y la de freno (devanadora).

La máquina de tensión se coloca en un terraplén preparado para este fin después de la última estructura de instalación. Por su parte, debe procurarse instalar la devanadora en un área nivelada y sin deflexiones horizontales.

El carrete se coloca en la parte posterior, a 10 ó 15 m de la devanadora, en un desenrollador que garantice un soporte firme y un giro uniforme, sin cabeceos o jalones bruscos.

Es importante que tanto la máquina de tensión como la de frenado queden alineadas (Figura 2.4) con la línea de tendido (para disminuir los esfuerzos sobre el cable) y a una distancia mínima que sea equivalente a dos veces la altura de la estructura de remate que se usará para el tendido.

El anclado de las máquinas debe garantizar que la trayectoria del cable, desde la base desenrolladora hasta su entrada a las poleas de tensión, no sufra cambios de ángulo mayores a  $15^\circ$  sobre la línea del cable.



**Figura 2.4** Alineación del carrete y la devanadora con la línea de transmisión.

Las poleas de la devanadora deben estar recubiertas con neopreno. El equipo debe ser capaz de mantener la tensión requerida sin generar variaciones ante las diferentes velocidades de tracción, y deben contar con sistemas de frenado positivo para mantener la tensión cuando se detiene el jalado. El diámetro mínimo de las poleas de la devanadora no debe ser inferior a 910 mm.

#### **b. Preparación de máquinas y carretes para tendido**

Los carretes de OPGW no están diseñados para soportar las fuerzas de frenado que hay durante el tendido; por ello, por ningún motivo podrá aplicarse tensión al cable desde su carrete.

Los carretes deben ser colocados sobre el desenrollador y deben enrollarse por lo menos seis vueltas de la guía en la devanadora. El enrollado debe hacerse de la línea exterior a la interior, y las vueltas tienen que iniciar y terminar en la parte superior de la máquina, a fin de reducir la tensión de salida del cable.

Las poleas de la máquina devanadora deben tener un diámetro mínimo de 910 mm; lo mismo aplica para las poleas de la máquina de tensión si el OPGW va a pasar por ellas. Esto no es una práctica común. Es necesario tener por lo menos tres radios de comunicación; uno en cada máquina y otro que acompañe a la punta de la guía.

#### **c. Colocación de las poleas sobre estructuras**

Es muy importante usar poleas adecuadas sobre las estructuras para instalar correctamente el OPGW, ya que de ellas dependerá el aumento o reducción de la tensión sobre el cable. Para fijarlas a la estructura, deben utilizarse gasas de acero galvanizado

junto al punto de fijación para herrajes de remate o suspensión en la forma usual.

Las poleas utilizadas en la instalación de OPGW deben tener por lo menos 600 mm de diámetro, medido sobre la base del canal (como se indica en la fotografía de la polea) y deben ser del tipo reentrable, acanaladas en su perímetro y con una protección de neopreno. El tamaño mínimo comercial es de 24".

El recubrimiento de neopreno debe encontrarse en buenas condiciones y estar adherido a la polea, con una superficie lisa. Si hay rebabas o imperfecciones en el neopreno, deberán lijarse.

El número de poleas necesarias para instalar el cable se determina con base en la disposición de las estructuras en la línea. Como regla general, se requiere una polea por cada estructura, pero en estructuras con deflexiones de más de 30° (horizontales o verticales) se requieren arreglos de dos poleas para evitar daños al cable por deflexiones.

#### **d. Instalación de la guía**

Cuando la maniobra es en una línea nueva, una vez instaladas las poleas se utiliza una cuerda de nylon de media pulgada para guiar el alambrado de la guía definitiva, ya sea de cordina o de pilotillo. Esta instalación es realizada generalmente a mano por personal que jala la cuerda a lo largo de la línea para colocarla en las poleas.

La velocidad de instalación recomendada para la guía es: en caso de ser pilotillo, de 60 m/min; en caso de ser cordina, de 40 m/min. Asimismo, al instalar la guía es recomendable iniciar con una velocidad de 10 m/min (a fin de monitorear los comportamientos de las poleas y guías) y aumentarla conforme avanza el tendido.

Cuando la línea no es nueva, existe la posibilidad de usar el cable de guarda anterior como guía. En este caso, antes de la maniobra de tendido deberá efectuarse una inspección visual del cable existente, para asegurarse de que está en condiciones adecuadas y que no hay amarres o cocas que puedan provocar que se atore o se deslice fuera de las poleas durante el tendido de la línea. Si existen dudas sobre si puede soportar las tensiones de tracción, debe ser reemplazado con una línea de tracción nueva. Asimismo, previamente a la instalación, se debe liberar el cable de guarda de accesorios como boyas o indicadores visuales que pueda tener colocados, esto con el fin de efectuar un jalado continuo durante la instalación.

#### **e. Colocación de los dispositivos de tracción**

Alambrado de la devanadora y preparación de la punta con calcetín para iniciar el jalado.

Al preparar la punta del cable que habrá de jalarse, desentorche unos 3 m de la capa de alambres externa corte una sección del tubo de aluminio que sea de mayor longitud que el calcetín utilizado para jalar el cable, usualmente 2 m es suficiente. El corte del tubo

debe realizarse de tal forma que no aplaste el núcleo óptico, por ejemplo, con segueta y arco.

Después, coloque nuevamente el tramo de tubo de aluminio cortado en el centro del cable y vuelva a entorchar los alambres sobre el tramo de tubo suelto. En el extremo del cable preparado de esta manera, se coloca un calcetín para tracción, al que se une un alacrán o balancín de protección, que, combinado con un destorcedor, debe evitar efectos de torsión en el cable. Para un óptimo funcionamiento, debe instalarse el alacrán completo con un contrapeso total de 25 a 30 kg. El dispositivo anti-torsión aísla al cable de la torsión provocada por la guía; se puede utilizar más de uno, siempre y cuando se coloquen entre la guía y el cable.

También se debe asegurar el dispositivo anti-torsión al extremo del OPGW con una mordaza apropiada para el diámetro del cable.

Todos los dispositivos y herramientas auxiliares para la tracción deben ser adecuados para el diámetro del cable, tienen que estar en perfecto estado, bajo un estricto control de mantenimiento, y deben ser lubricados antes y después de la instalación para asegurar su funcionalidad. Si alguno de ellos falla, puede ser fatal para la instalación y para las personas que la realizan (esto aplica también para las poleas).

Bajo ninguna circunstancia se permite usar mordazas planas tipo sapo o rana, que, con la tensión utilizada durante las maniobras de instalación, deforman la estructura del cable y afectan la integridad de las fibras ópticas.

#### **f. Preparación para el tendido del cable**

En esta etapa y las subsecuentes es necesario que las personas que se encuentren en cada una de las estructuras y que vigilen el paso del cable por las poleas cuenten con radios de comunicación para reportar oportunamente cualquier problema que se presente en el tendido.

#### **g. Tendido del cable**

Una vez que se ha unido el cable a la guía (cordina o pilotillo), ésta se comienza a recuperar elevando el cable hasta una altura similar a la flecha de tendido del hilo guarda (10 a 15 m abajo de la línea de topógrafo). En esta maniobra inicial, la devanadora debe estar frenada y la máquina de tensión debe correr a una velocidad aproximada de 10 m/min. Una vez que se logra la altura deseada, se verifica que las poleas instaladas en las torres funcionen correctamente (cada trabajador en lo alto de las estructuras debe reportarlo por radio).

Ya que se ha verificado que las poleas trabajan adecuadamente y que la guía está a la altura conveniente, se inicia el tendido del cable, soltando el freno lentamente y accionando la traccionadora, vigilando en el dinamómetro que la tensión no sobrepase

los 11,800 N (1,200 kgf). Al inicio, la velocidad de instalación debe ser de 5 ó 6 m/min y debe aumentarse poco a poco hasta llegar a 40 m/min aproximadamente. Puede llegar a la máxima velocidad que permita la máquina de tracción, siempre y cuando se mantenga la tensión constante, sin jalneos.

En toda la operación debe mantenerse controlada la tensión del cable y la flecha del tendido, a fin de evitar daños al cable causados por la aplicación de esfuerzos superiores a los establecidos, así como para mantener la línea alejada del suelo y de otros obstáculos que puedan dañar el cable.

Es necesario reducir la velocidad del jalado cada vez que la punta del cable pase por una polea y mientras pasan por ella el alacrán, los destorcedores y el pengolín. Asimismo, los linieros en cada estructura deberán estar preparados para, en caso necesario, guiar y alinear al alacrán para que pase libremente por la polea sin atorarse. Esta maniobra tiene que coordinarse por radio.

Para concluir el tendido, cuando la punta del cable pasa la última polea debe mantenerse una baja velocidad hasta que haya atravesado una longitud de cable equivalente a la altura de la estructura más 20 m. En este momento, se coloca en cero el freno hidráulico de la devanadora y se aplica el freno mecánico como precaución. Entre tanto, se mantiene la máquina de tensión trabajando en forma estática.

Los puntos listados a continuación resumen los parámetros críticos para evitar daños al OPGW durante la instalación:

- Diámetro mínimo de las poleas de la devanadora: 910 mm.
- Diámetro mínimo de poleas intermedias: 600 mm.
- Radio mínimo de curvatura permanente sin tensión en el cable: 20 veces el diámetro del cable.
- Máxima tensión de tendido: 1,200 kgf.

Relación mínima entre la distancia de la máquina devanadora a la estructura y la altura de la estructura: 2:1.

#### **h. Remates y flechado del OPGW**

El OPGW necesita herrajes de fijación especiales, incluyendo anclajes, grapas de suspensión y conectores de aterrizamiento. El herraje de remate está diseñado para proveer el refuerzo necesario en los puntos de retención y evitar que el tubo de aluminio se deforme, lo cual podría dañar las fibras ópticas.

Una vez que se ha pasado el cable por todas las estructuras designadas y las máquinas están estables y sin movimiento, se colocan remates y se flecha el cable siguiendo la secuencia que se describe a continuación:

- Se debe tener disponible el estudio de flechas y tensiones. Posteriormente se

determina si existen deflexiones mayores a  $30^\circ$ , que ameritan instalar remates de tensión en la zona intermedia del tramo. También debe ubicarse el claro máximo entre las estructuras intermedias.

- Se coloca un remate provisional en la primera torre, junto a la devanadora (puede ser también el definitivo).
- Se flecha el cable, cuidando en todo momento que la tensión en él no rebase los 12,000 N (1,220 kgf). Esta maniobra debe coordinarse con la ayuda de los radios de topógrafo, los cuales deben ubicarse en el claro de mayor amplitud del tendido.
- Una vez alcanzada la flecha requerida, se coloca el remate definitivo en la última estructura, junto a la máquina de tensión, así como en la primera torre junto a la devanadora si se usó uno provisional.
- Se libera el remate provisional y se sueltan las puntas del cable en las dos máquinas; en ambas puntas se deja una longitud equivalente a la altura de la estructura más 20 m adicionales para las maniobras de empalme.
- Debe tenerse especial cuidado al pasar la puntas del OPGW al interior de la estructura, pues si sufren algún maltrato, se echará a perder todo el trabajo de tendido, incluso el cable. Es necesario evitar que el cable sufra esfuerzos por doblez, por formación de cocas, por pasar sobre poleas de un diámetro menor a 600 mm y por manejarlo con curvas cerradas respecto a la trayectoria desde el remate hasta la base de la estructura (radio de curvatura menor a 500 mm). Asimismo, debe impedirse que el cable sufra machucones y golpes (como ocurre cuando se suelta la punta arriba). Las grapas, al igual que todos los herrajes y accesorios para fijar el cable a la estructura, deben corresponder al diámetro del cable.

#### **2.1.4 Instalación de herrajes para suspensión**

Los herrajes de suspensión pueden incluir una o dos juegos de alambres para protección del cable. Estos últimos se recomiendan en donde las condiciones se consideran severas ya sea por claros muy largos, deflexiones cerca del límite de  $15^\circ$ , desniveles pronunciados o fuertes vientos. En la mayoría de los casos es suficiente un solo juego de varillas de protección. Es recomendable seleccionar los herrajes de suspensión PLP más adecuados para cada cable OPGW.

##### **a. Anclaje del dinamómetro y del dispositivo de tracción (si es necesario)**

Una vez que se han colocado los remates extremos en un tramo, el cable ya presenta la flecha requerida para la instalación, por lo que resulta más sencillo colocar los herrajes de suspensión. Sin embargo, si es necesario ejercer una fuerza elevada para posicionar el cable, debe instalarse el dinamómetro correspondiente y el dispositivo de tracción o herramienta provisional como la descrita anteriormente.

### **b. Tracción del cable (si es necesario)**

Si antes se requiere la tracción del cable para reposicionarlo al instalar los herrajes de suspensión, deberá procederse de acuerdo a lo antes indicado.

### **c. Colocación de los soportes de suspensión**

Cuando el cable está aún en poleas y con la flecha especificada por el cliente, en el punto donde se fijará el OPGW a cada estructura se colocan las varillas de refuerzo del herraje de suspensión que son parte del remate preformado recomendado. Para esto no es necesario levantar el cable de la polea; cada varilla se aplica haciendo una espiral alrededor del cable y, al llegar al punto en que la polea lo toca, hay que girarlo a mano un poco o desplazar la polea ligeramente a lo largo del cable. Con cualquiera de los dos movimientos, se elimina la interferencia de la polea y es posible poner la corona completa de varillas de protección.

Una vez que el OPGW tiene la corona de refuerzo, se fija el cable a la estructura de la torre y se quita la polea, lo cual puede hacerse con dos técnicas: mediante balancín o amarre.

#### **Técnica del balancín**

Debe apoyarse el balancín en su parte media sobre la cruceta de la cúpula de la estructura. Posteriormente se levanta el cable de la polea y se coloca en los dos soportes del balancín. Aunque es una técnica estándar, para el OPGW deben cuidarse dos puntos:

- Los soportes del balancín deben ser redondos y cubiertos con hule o neopreno (no se permite que los soportes del balancín tengan un perfil plano protegido sólo con cinta de aislar).
- Si el herraje de suspensión contiene varillas de refuerzo, debe apoyarse el cable en los soportes del balancín, de manera que quede apoyado sobre las mismas varillas. En los casos en que la clema no incluye varillas de protección, el cable se apoya directamente sobre el balancín, por lo que debe efectuarse esta maniobra con mucho cuidado, respetando lo recomendado en el inciso anterior. Debe cuidarse que las varillas externas que forman la jaula de la clema queden libres para facilitar su montaje.

#### **Técnica de amarres con sogas o cincho (sin balancín)**

Después de aplicar las varillas de refuerzo sobre el cable, se preparan los cinchos para levantarlo. Se hace un amarre que sujete al OPGW en dos puntos, uno en cada lado de la polea y dentro de la zona de las varillas de refuerzo si se suministraron como parte de la clema; luego se levanta el cable para liberar la polea y se asegura la soga.

Posteriormente se colocan cuatro o cinco varillas externas equidistantes en el perímetro del cable; así se forma una jaula con espacios amplios entre las varillas. A continuación se hace un segundo amarre por fuera de la jaula, se levanta ligeramente el

cable con la segunda soga y se asegura ésta. Esto libera la tensión del primer amarre, el cual debe quitarse.

Enseguida se coloca el resto de las varillas externas y se termina el armado de la clema, con base en el instructivo de PLP. Debe cuidarse que todas las varillas se coloquen por dentro del nuevo amarre. Cuando el proceso se termina y la clema cuelga del eslabón, puede quitarse el amarre fácilmente.

## **2.2 Instalación del cable aéreo Auto soportado (ADSS)**

Esta sección trata los siguientes ítems: generalidades, técnicas aéreas para la instalación de cables de Fibra Óptica, consideraciones para el despliegue de fibra óptica, métodos de tendido, criterios de instalación de cable ADSS, análisis de tendido para diferentes escenarios.

### **2.2.1 Generalidades**

ADSS (All-Dielectric Self-Supporting Aerial Cable) es un cable totalmente dieléctrico autoportante. Puede contener hasta 576 fibras, para grandes longitudes (> 1800 m) y en aplicaciones de alto voltaje (500 kV). Ver Figura 2.5.



**Figura 2.5** Cable ADSS

Los cables de fibra óptica blindados y dieléctricos se pueden usar en instalaciones aéreas, sin embargo los cables dieléctricos no contienen ningún componente metálico, por tanto tiende a minimizar los relámpagos y evitar el cruce del campo eléctrico desde las líneas de alimentación. Los cables blindados ofrecen protección mecánica adicional contra los ataques de los roedores, pero deben conectarse a tierra.

El ADSS se destaca por su simplicidad al momento de la instalación ya que el hecho de no necesitar una guaya de suspensión y/o amarre para la instalación, permite su tendido en zonas del poste o torre más accesibles, tolerando su uso aun en circunstancias de alto riesgo (líneas vivas o calientes); esto evita la interrupción del servicio eléctrico, condición que no ofrece la primera técnica. La desventaja de esta última técnica radica en que al quedar el cable de fibra en la parte más baja del poste,



este queda susceptible a condiciones que podrían implicar su corte, deterioro o robo.

### 2.2.2 Consideraciones para el despliegue de fibra óptica

Para el despliegue de la solución de fibra óptica se debe tener en cuenta: a) La selección de tipo de cable; b) los materiales y equipos para instalación; c) La manipulación de carretes o bobinas; y d) los empalmes:

#### a. Selección de tipo de cable

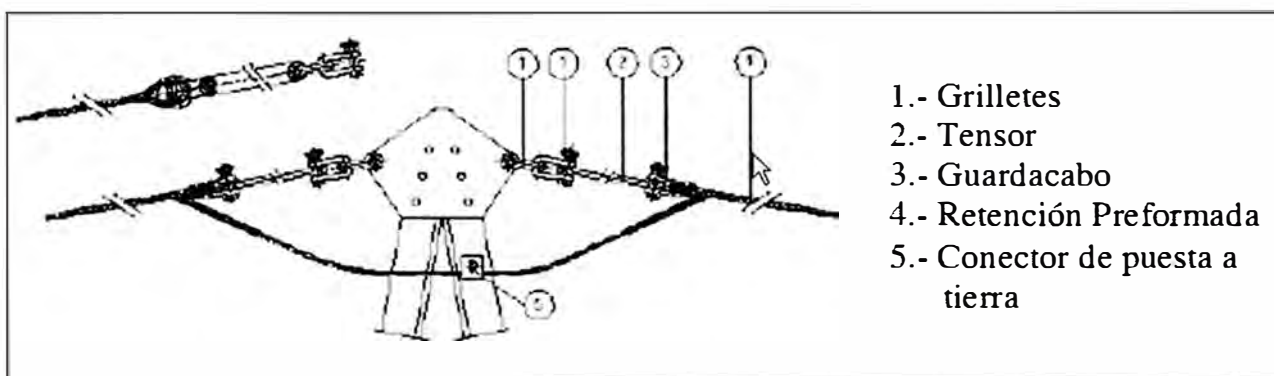
Es necesario considerar los siguientes factores para determinar el tipo de cable y sus características, la tensión máxima que debe soportar y el proyecto de instalación:

- Corriente máxima de cortocircuito a través del cable.
- Tiempo de desconexión de un cortocircuito a tierra.
- Flecha de los conductores de fase.
- Vanos.
- Posiciones relativas de los postes.
- Velocidad máxima del viento.
- Carga máxima.
- Otros aspectos como el peligro de descargas atmosféricas, incendios, impactos de perdigones, niebla salina, agresividad química de la atmósfera, entre otros.

#### b. Materiales y equipos para instalación

Es necesario utilizar los siguientes materiales y equipos de instalación:

- **Conjuntos de anclaje:** Estos sirven para amarrar el cable a los postes cuando sea necesario (Figura 2.6) y serán tales que soporten las tensiones de instalación aún en las peores condiciones de trabajo previstas (viento, hielo) sin dañar los cables o afectar la vida útil de los mismos.



**Figura 2.6** Conjuntos de Anclaje

- **Conjuntos de suspensión:** Se sitúan en los postes que no llevan anclaje de cables para mantenerlos (Figura 2.7). Las características de estos elementos deben ser las mismas que las de los conjuntos de amarre.

- **Suspensores de vibración:** Sirven para amortiguar las vibraciones producidas por el viento. En la Figura 2.8 se muestran los amortiguadores para cable de fibra Autosoportado y para OPGW (Optical ground wire) respectivamente.

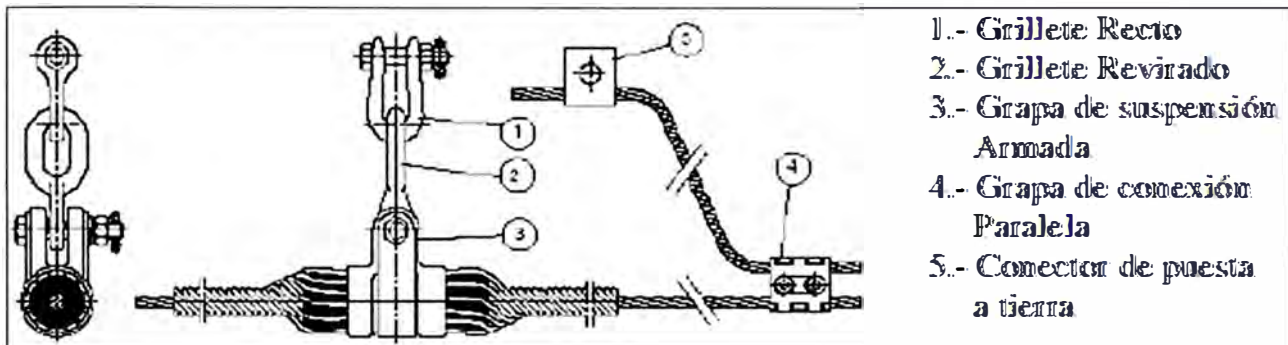


Figura 2.7 Conjuntos de Suspensión

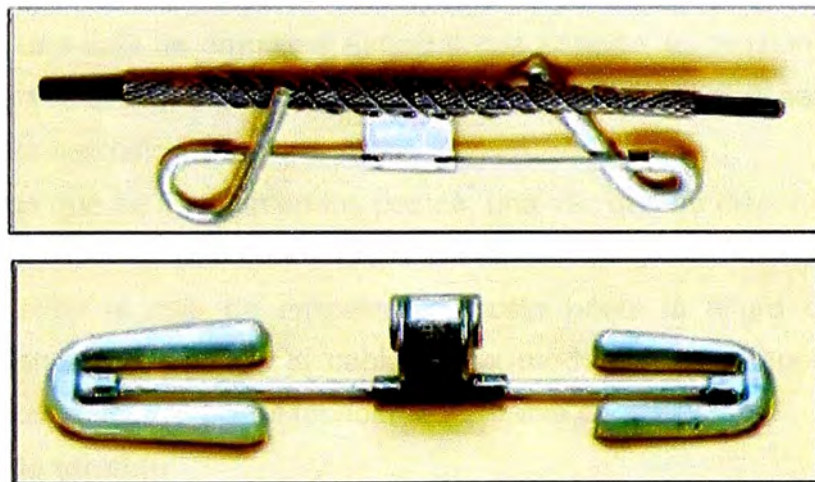


Figura 2.8 Amortiguadores

- **Elementos de sujeción en los postes:** Se utilizan para fijar los cables y cajas de empalmes a los postes.
- **Devanador de bobina con freno en el eje de giro:** Sirve para mantener una cierta tensión en el cable a instalar.
- **Manga de tiro con nudo giratorio:** Se utiliza para fijar el cable a la cuerda de tiro.
- **Poleas:** Aquellas que están situadas en los postes sirven para guiar la cuerda de tiro y el cable durante el procedimiento de instalación. Para evitar que el cable resulte dañado durante la instalación, es necesario que la polea tenga un diámetro mínimo, éste depende del tipo de cable, la tensión que se le aplique y el grado de deflexión (normalmente es el diámetro del cable multiplicado por 25 o lo recomendado por el fabricante del cable.)
- **Cabrestante:** se utiliza para realizar la tracción de la cuerda de tiro.
- **Cajas de empalme:** Son las utilizadas para almacenar los empalmes de las fibras ópticas.

### c. Manipulación de carretes o bobinas

Al manipular los carretes o bobinas del cable de fibra óptica es necesario tomar en

consideración las siguientes precauciones:

- Mantenerlos siempre en posición vertical con los extremos fijados.
- Luego del transporte, inspeccionar cada uno de los carretes para verificar que no han sufrido ningún daño.
- Evitar los golpes y las caídas de las bobinas.
- Girarlos siempre en la dirección indicada en la bobina.
- Verificar que los extremos del cable dispongan del sellado necesario para evitar la entrada de humedad.

#### **d. Empalmes**

La ubicación de las cajas de empalmes debe hacerse en los postes o a mitad de vano. La primera de las opciones es la más utilizada en la actualidad, para la segunda hay que utilizar una caja de empalme especial que soporte las tensiones de tendido del cable, ésta a su vez entorpece el tendido del cable y hace que el acceso a para efectos de mantenimiento sea dificultoso.

Para las cajas que se instalan en los postes, una vez que se dispone de los extremos de los cables a empalmar, se deben realizar los empalmes generalmente en el suelo para posteriormente subir la caja de empalme al poste hasta la altura que se considere oportuna, enrollando y sujetando el cable de tal modo que se respeten los radios de curvatura mínimos indicados por el fabricante del cable de fibra.

#### **2.2.3 Métodos de tendido**

Los dos métodos preferidos para la instalación son el método de enrollado retractable/fijo y el método de enrollado móvil. Las circunstancias en el sitio de construcción y la disponibilidad del equipo/mano de obra dictarán el método de tendido de cables a usar.

Sin importar el método de instalación que se use, el estrés mecánico es de gran importancia durante la instalación, ya que el cable se puede dañar si se excede la tensión de tiro máxima permisible o el radio mínimo de curvatura que el fabricante especifique. Esto con el fin de eliminar por completo la posibilidad que ocurran deformaciones durante la instalación del cable y reste vida útil al cable.

Es necesario asegurarse que todos los cables de soporte de poste en las esquinas (riendas) y los extremos terminales se instalen y tensionen antes del tendido del cable. Asegurarse de guardar las precauciones de seguridad (desconexión eléctrica etc.).

Instalar el cable mensajero o cable fiador correctamente conexasiónado a tierra (solo para cables F.O. aéreos no autosoportados).

Continuar el tendido identificando en cada poste con etiquetas de aviso de cable óptico y cuando sea preciso, las cajas de empalme se pueden montar en postes o en el

cable mensajero.

#### a. Método de enrollado retractable/fijo

Es el método usual de tendido de cables. El cable se coloca desde el carrete yendo hacia arriba por el alambre, tirado por un bloque que solamente viaja hacia adelante y es mantenido en alto por los soportes de cables (Figura 2.9). El cable se corta de inmediato y se forman los bucles de expansión, la atadura de cables se realiza después de tender el cable.

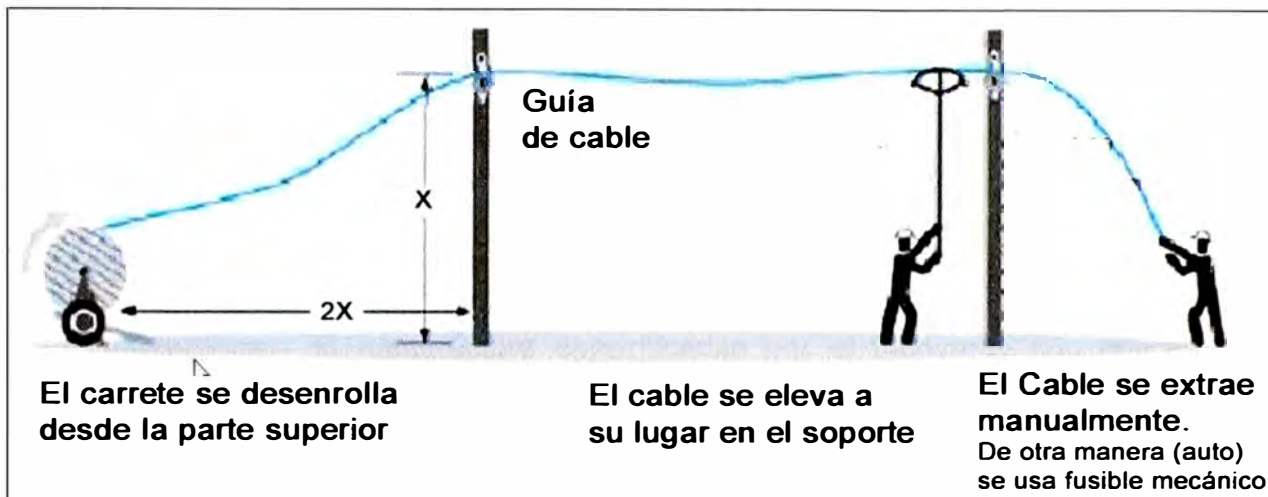


Figura 2.9 Método de tendido con carrete fijo

#### b. Método de instalación con desplazamiento de carrete

Puede requerir cierta mano de obra adicional y ahorrar tiempo con la colocación y atadura del cable. En esto, el cable se acopla al alambre y se desenrolla de un carrete alejándose de él. El cable se ata a medida que se tira, los bucles de corte y expansión se hacen durante la atadura de cables (Figura 2.10).



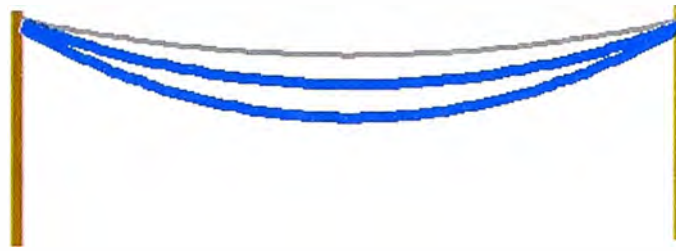
Figura 2.10 Método de tendido con desplazamiento de carrete

### 2.2.4 Criterios de Instalación de cable ADSS

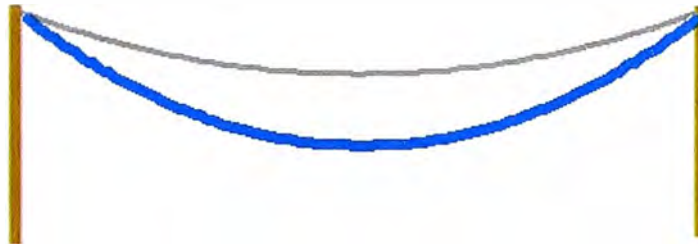
Los cables ADSS están diseñados para elongarse bajo cargas de viento o hielo. Esta elongación se controla por medio de la cantidad de hebras de fibra aramida integradas en el cable.

- Más Fibra aramida, más fuerza, menos catenaria, tensiones más Altas (Figura 2.11)

- Meno Fibra aramida, menor fuerza, mas Catenaria, tensiones más bajas (Figura 2.12)

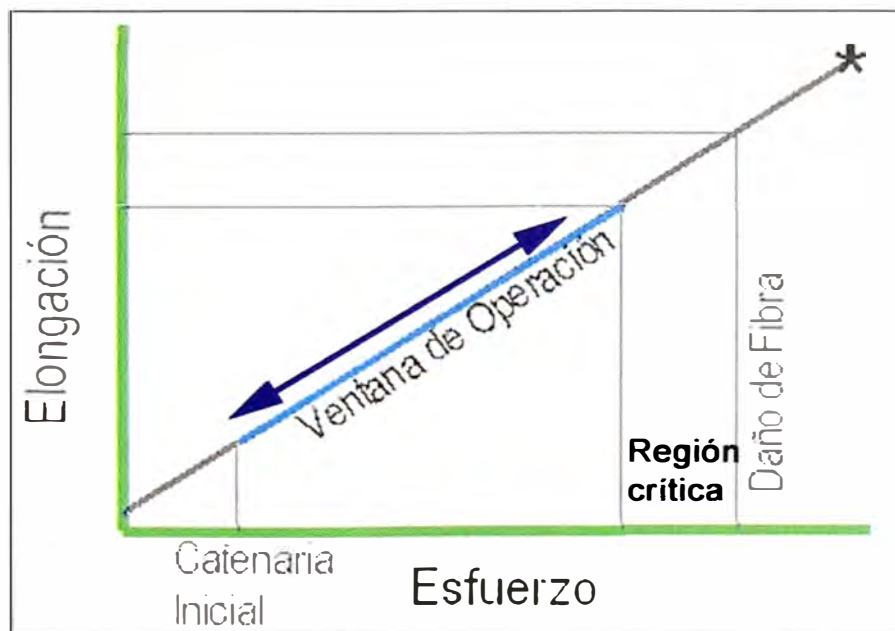


**Figura 2.11** Más fibra aramida



**Figura 2.12** menos fibra aramida

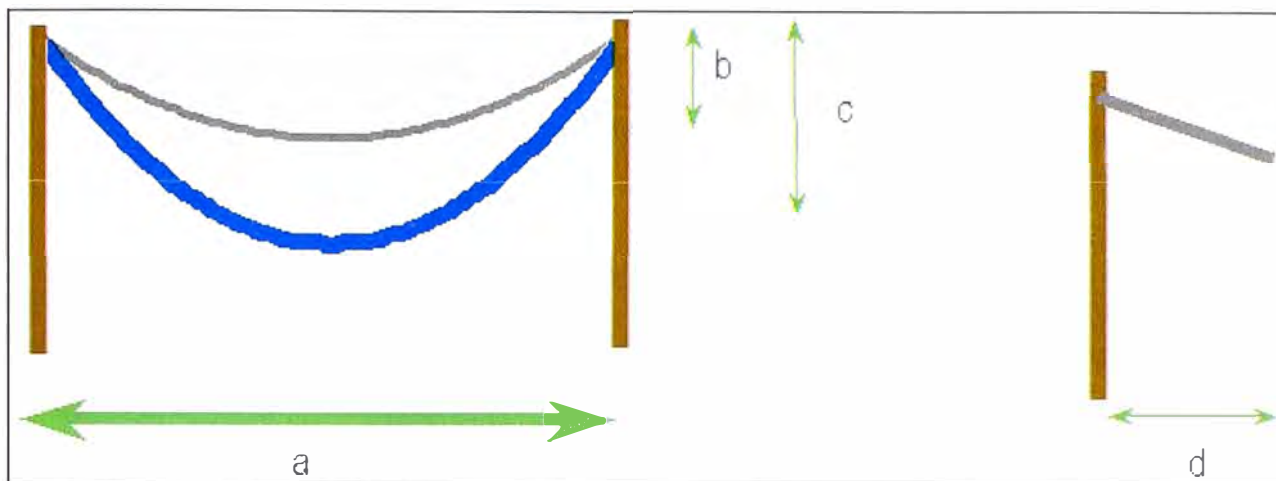
Las tolerancias de manufactura especificadas por el fabricante son críticas para asegurar el adecuado desempeño bajo altos esfuerzos de tensión. La Figura 2.13 muestra una gráfica de elongación vs. Esfuerzo, indicándose la catenaria inicial y la zona crítica de elongación.



**Figura 2.14** Elongación vs. Fuerza

Dentro de las principales variables que se deben tener en cuenta se resaltan las siguientes (Figura 2.15):

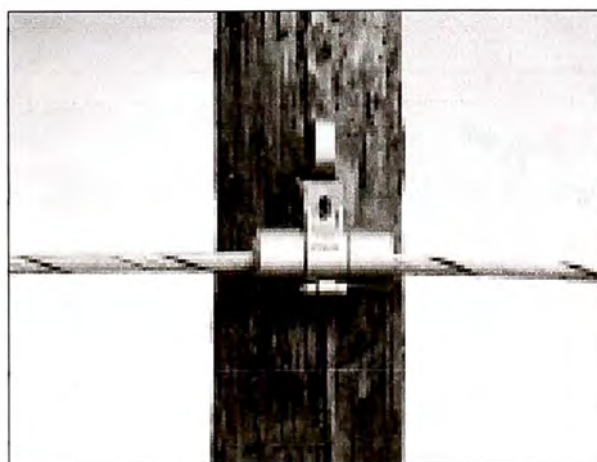
- Longitud Máxima de Vano
- Catenaria Inicial de Instalación
- Catenaria bajos condiciones climáticas prevalectientes "Viento"
- Voltaje de Línea del Sistema



**Figura 2.15** Principales variables a tener en cuenta

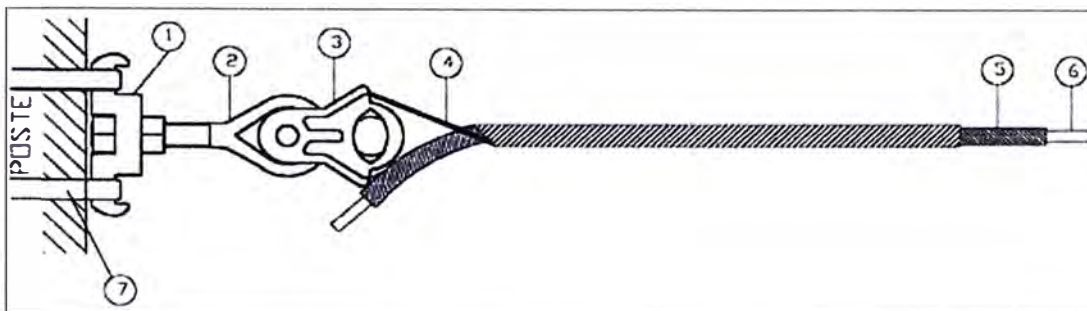
Dadas estas variables los precios de los cables varían dependiendo de las características indicadas por el fabricante al igual que el precio de los herrajes, por lo que es necesario tener en cuenta el span y número de hilos, no hay una tabla de referencia para escoger el cable con el escenario, lo que hay es tablas para los herrajes y amortiguadores.

Los Herrajes de retención y de suspensión (Figuras 2.16, 2.17 y 2.18) [1] se determinan dependiendo del diámetro del cable ADSS y el span que van a soportar, hay para vano corto, mediano y largo. Varían dependiendo el agarre que deben tener, a menos vano menos agarre, para vanos más grandes se necesita más agarre por lo que las varillas de retención son más largas. Los herrajes de Suspensión se instalan uno por poste de paso donde no hay cambio de ruta del cable.



**Figura 2.16** Herraje de suspensión (Fuente: FIBERLIGN®, Hardware for ADSS)

Los herrajes de retención se utilizan dos por poste en rutas de cable donde hay cambios de dirección y/o existen vanos considerablemente largos (mayor a 100 metros)



**Figura 2.17** Herrajes de retención (Fuente: lb.)

La figura 2.17 se complementa con la Tabla 2.1

**Tabla 2.1** Partes y materiales del herraje de retención

Numeración	Denominación	Material
1	Grapa de retención	Aleación de aluminio
2	Perno de ojo	Acero ASISI/SAE 1020
3	Guardacabo	Aleación de aluminio
4	Varilla de armar	Varilla alumoweld preformada
5	Varilla de refuerzo	Varilla alumoweld preformada
6	Cable OPCW	-----
7	Cinta	Acero inoxidable

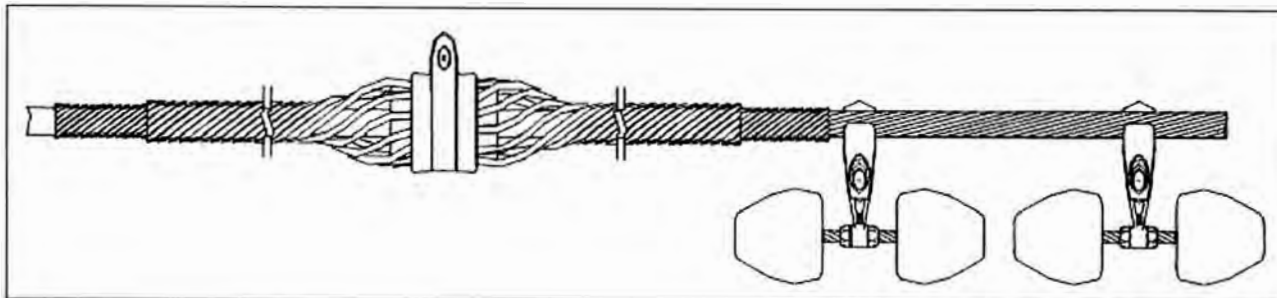
Para vanos inferiores de 100 metros no son necesarias las varillas de retención, solo el herraje de retención, abrazadera del poste o elemento de sujeción a este.



**Figura 2.18** Abrazaderas (Fuente: lb.)

Los amortiguadores se utilizan en vanos largos mayores a 120 metros aprox. y/o cuando la tensión del cable excede el 15% de la tensión última de ruptura calculada y existe un viento laminar prevaeciente entre 3 y 30 km/hora deberán ser apropiados para amortiguar efectivamente la vibración eólica en un rango de frecuencias que puedan

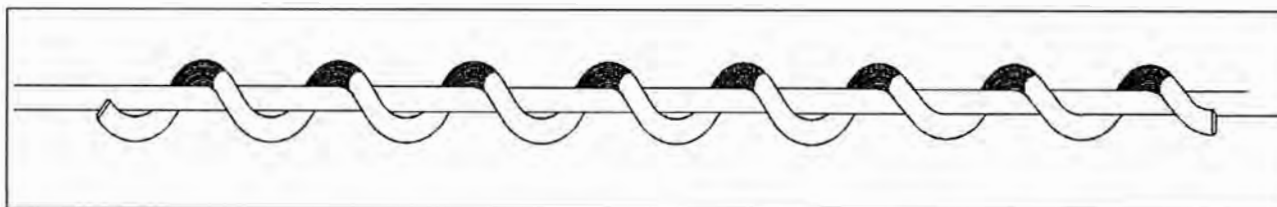
producir daños al cable ADSS y herrajes. Deberán ser suministrados con todos sus elementos para su montaje (Figura 2.19).



**Figura 2.19** Amortiguador (Fuente: Ib.)

Estudio de Amortiguamiento: Se debe realizar el estudio completo de amortiguamiento para el cable ADSS.

De acuerdo al voltaje de la línea (donde aplique), se debe seleccionar el tipo de amortiguador Contrapeso o Espiral (Figura 2.20).



**Figura 2.20** Amortiguador espiral (Fuente: Ib.)

### 2.2.5 Análisis de tendido para diferentes escenarios

Para el tendido del cable de fibra óptica es necesario contar con cierta información técnica básica. En esta sección se trata los siguientes temas: Obtención de Información, accesibilidad, montaje de los empalmes y reservas de cable.

#### a. Obtención de Información

Para la pre-Instalación debe contarse con una información básica tal como son los diagramas de la ruta, planos y perfiles de la línea, tablas de tensado y flechado.

Una vez hecha la inspección en el sitio debe procederse con la asignación de los herrajes y posible replanteo de acuerdo al relevamiento realizado, se deberá tener en cuenta las recomendaciones del fabricante para instalación y manejo de los cables.

#### b. Accesibilidad

Para ello se debe tener en cuenta: el tipo de infraestructura donde se instalará el cable, condiciones ambientales, y el impacto ambiental.

##### b.1 Tipo de infraestructura donde se instalará el cable

Depende de la infraestructura existente donde se colocara el cable; Se debe seleccionarse los herrajes y protecciones necesarias.

##### b.2 Condiciones Ambientales

Aunque el cable ADSS es totalmente dieléctrico, puede presentarse alguna



conductividad resultante de la humedad y el aire circundante en el cable. Como precaución en ambientes de alto voltaje, se recomienda aterrizar tanto el cable y los herrajes antes de ser tocados por el operario, utilizando para ello un cable de cobre.

### **b.3 Impacto Ambiental**

Los árboles próximos a cables de fibra óptica. aérea deben ser podados para evitar que el movimiento de las ramas o de los propios cables pueda ocasionar daños.

Así mismo se deben podar para prevenir que sus ramas, al desprenderse, puedan caer sobre los cables, esta poda debe llevarse a cabo atendiendo las recomendaciones de protección al medio ambiente con objeto de combinar la necesidad de coexistencia de cableados aéreos y árboles.

La siembra de árboles bajo líneas existentes debe realizarse con especies cuya altura de crecimiento se pueda mantener sin afectación a su aspecto y sin riesgo para el propio árbol o para la línea existente.

### **c. Montaje de los empalmes y reservas de cable**

En los puntos donde se requieran empalmes, se debe dejar una reserva extra para dicho proceso. Para empalmes de planta externa es recomendable por seguridad del operario hacer los empalmes al nivel de piso y no en altura.

Se debe considerar el tipo de empalme a emplear, por fusión o mecánico, y las respectivas condiciones ambientales requeridas en cada método. Se deben remover aproximadamente 4.5 metros de cable de la punta para evitar cualquier posible stress.

#### **c.1. Ubicación de las reservas**

En zonas urbanas normalmente constituyen un 10 a 20 % de la distancia lineal del total de la ruta. La ubicación de reservas se hace en cada cambio de dirección de la ruta del cable y en sitios donde probablemente se debe derivar el cable. Ejemplo: Conexión a un nuevo cliente o derivación de la ruta.

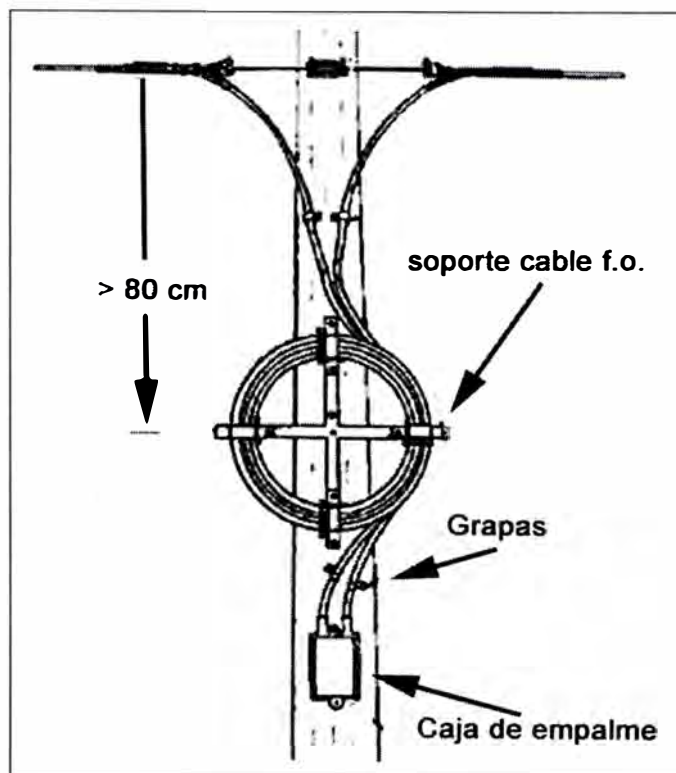
En trayectos bastantes largos constituyen un 5 a 10% de la distancia lineal del total de la ruta. La ubicación de las reservas se hace en cada punto donde posiblemente luego sea necesario hacer alguna derivación o es necesario realizar un empalme de continuidad. Ejemplo: Se terminó el carrete y es necesario continuar instalando más cable.

#### **c.2. Distancia al suelo**

Debe dejarse una reserva de cable como mínimo a 80 cm de la línea de tendido del cable fibra óptica y luego si se debe proceder a instalar y anclar la caja de empalme (Figura 2.21).

En trayectos largos solo se debe instalar cajas de empalme cada 5 Km (distancia promedio de un carrete de fibra óptica) y al empalmar se deben respetar los códigos de

colores o consecutivo de hilos independiente del fabricante del cable.



**Figura 2.21** Distancia al suelo (Fuente: N. Técnica N-102-1052-Telefónica)

#### **d. Criterios para instalación de nueva postería**

Son los siguientes:

##### **d.1. Según la topografía**

Pueden existir lugares donde el grado de inclinación del terreno hace necesario la instalación de postes intermedios con el fin de conservar el tensado y flecha del cable o vías que presentan curvas significativas, tales que se hace necesario instalar postes intermedios para conservar el lineamiento de la vía.

##### **d.2. Cruces sobre vías**

Puede existir la necesidad de colocar un poste intermedio en un trayecto de cable debido a la necesidad de realizar una derivación de la red de fibra óptica. En caso de realizar este tipo de cruces sobre vías principales o vías férreas se debe analizar la posibilidad de colocar postes más altos sea el caso para evitar daños a la red de fibra óptica.

### CAPÍTULO III METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

En el presente capítulo se describe la ingeniería del proyecto para la implementación de un backbone de fibra óptica en sistema compartido con línea de energía para un campamento minero en etapa pre-operativa.

#### 3.1 Análisis para la solución

El proyecto se aplica en una zona minera que es propietaria de un backbone inicial para comunicaciones y otros servicios entre la planta concentradora y la zona de procesamiento (descarga de camiones, chancadora, etc.). Ver Figura 3.1



Figura 3.1 Zona de implementación (Fuente: Google Earth)

El tramo de fibra óptica entre la planta concentradora y la zona de descarga (en rojo) está tendido de manera aérea haciendo uso de la infraestructura eléctrica existente de 60KVA.

El tramo que va desde la zona de descarga hacia el puerto (en amarillo) está tendido haciendo uso de la estructura propia de la faja transportadora. El último tramo ( en naranja) es para acceder al muelle.

Para satisfacer los requerimientos del cliente (Internet de 4 Mb redundante y dos enlaces primarios de 30 canales cada uno) se decide reutilizar parte de la infraestructura eléctrica existente del cliente para comunicarse con el nodo más cercano del proveedor.

El nuevo tramo de fibra óptica une la planta concentradora con el nodo de telefónica. Se reutiliza la infraestructura existente entre la Planta concentradora y el Ovalo (de la carretera).

Para completar el recorrido de la fibra no había ductos, cámaras ni postería. Se determinó así, por una cuestión de costos y tiempo, que no se haría un tendido subterráneo sino más bien un tendido aéreo con la colocación de nueva postería la cual recorre la línea (en azul) mostrada en la Figura 3.2. Esta va desde el óvalo hasta el nodo conocido como EBC Parachique.



Figura 3.2 Zona de implementación (Fuente: Google Earth)

El recorrido desde el Ovalo hasta el nodo es siguiendo el trayecto de la carretera existente. Esto facilita los trabajos de tendido. La nueva postería estará distancia una de otra un promedio de 65 metros.

La distancia aproximada por carretera entre el Óvalo hasta el Nodo es de 22 Km (nueva infraestructura), y la distancia del Óvalo hasta la Planta concentradora es de 18 Km (infraestructura existente). La distancia total de infraestructura es de 40 Km. Sin embargo para el tendido de fibra se usa un total de 68 Km.

Dado que se reutiliza la infraestructura eléctrica de 60KVA se decide implementar con cable ADSS todo el tendido de fibra entre la Planta concentradora y el Nodo de Telefónica. Se utilizan dos equipos de comunicaciones (uno en cada extremo).

### **3.2 La ingeniería del proyecto**

En esta sección se describirá la metodología aplicada para brindar conectividad entre la Planta Concentradora y el Nodo de Telefónica.

Las tareas de campo principales a desarrollar son:

- Tendido de postes.
- Instalación de anclas y riostras.
- Puesta a tierra de los accesorios de sujeción.
- Tendido de la Fibra Óptica.
- Pruebas de comunicaciones.

#### **3.2.1 Tendido de postes**

El tipo de poste utilizado para el proyecto fue de concreto, la longitud de estos fue de 9 m para la mayoría del trayecto, en la zona del óvalo se usaron postes de 11m.

Para el inicio de la obra se verificó la información técnica indicada en los planos del proyecto y la secuencia en que debía ejecutarse. Para ello también se contó con el respectivo permiso municipal.

Se hizo una inspección al lugar de trabajo para planificar el mismo, con el Supervisor y/o Inspector de Obra, verificando la presencia de obstáculos y/o instalaciones de otros servicios. [2]

Básicamente el tendido de postes es una obra civil, sin embargo la localización exacta de ellos ha dependido del tipo de cable a usar, en este caso ADSS.

Durante la ejecución de esta actividad se debe verificar:

- El cumplimiento de la Norma de Seguridad.
- El uso apropiado de equipos y herramientas.
- La correcta ubicación del poste.
- La longitud de empotramiento.
- Alineamiento y verticalidad de los postes.

- El relleno apropiado y la buena compactación.
- La reposición de la superficie.
- La numeración del poste.
- La pintura de seguridad (en su caso).
- La evacuación de desmonte.

El terreno era blando y arenoso, por lo que para los postes de 9 m y 11 m la profundidad de excavación fue de 1,80 m y 2,20 m respectivamente (aproximadamente 1/5 de la longitud del poste).

El diagrama de flujo de la Figura 3.3 sintetiza los procesos llevados a cabo en esta actividad. La Figura 3.4 muestra un esquema de un poste de concreto.

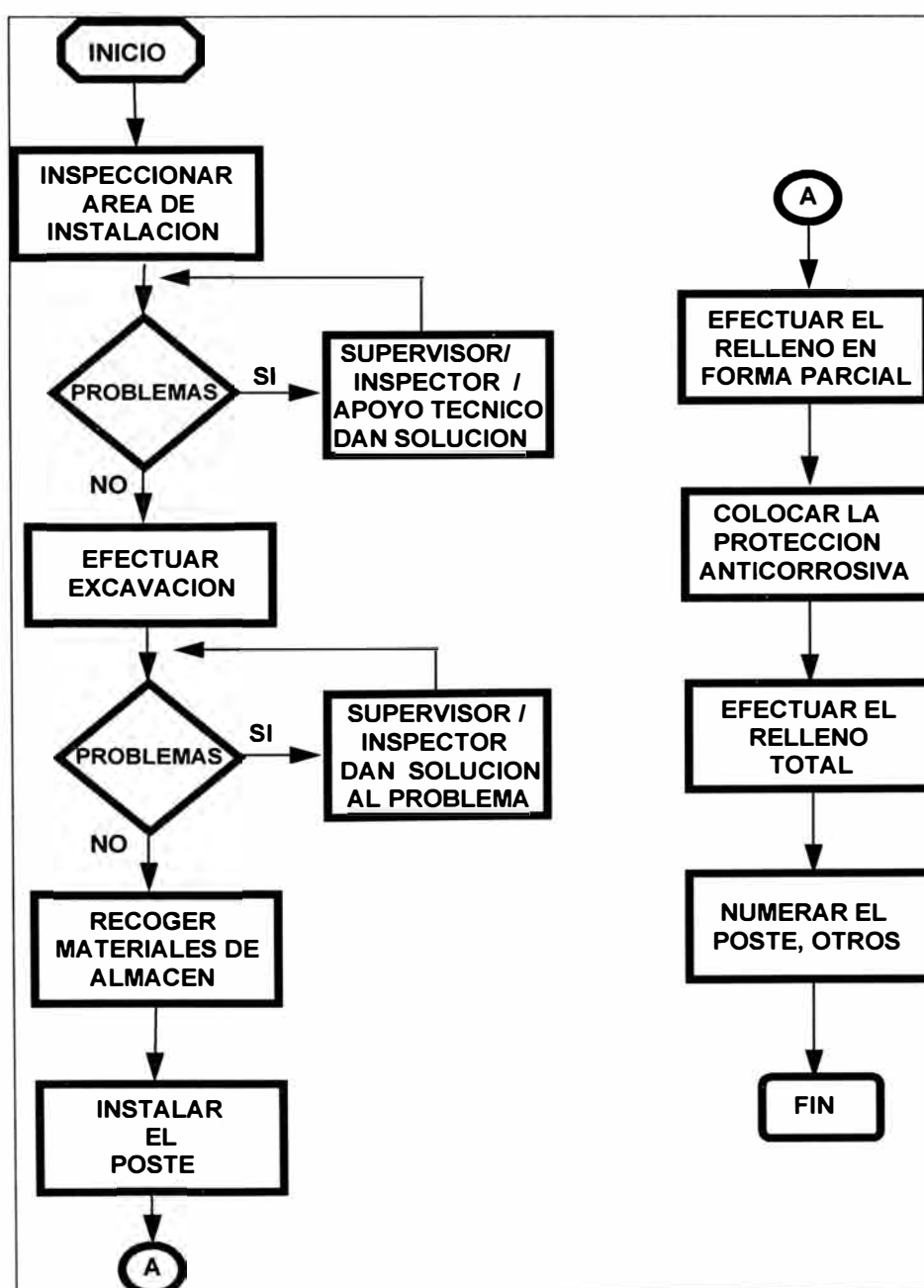
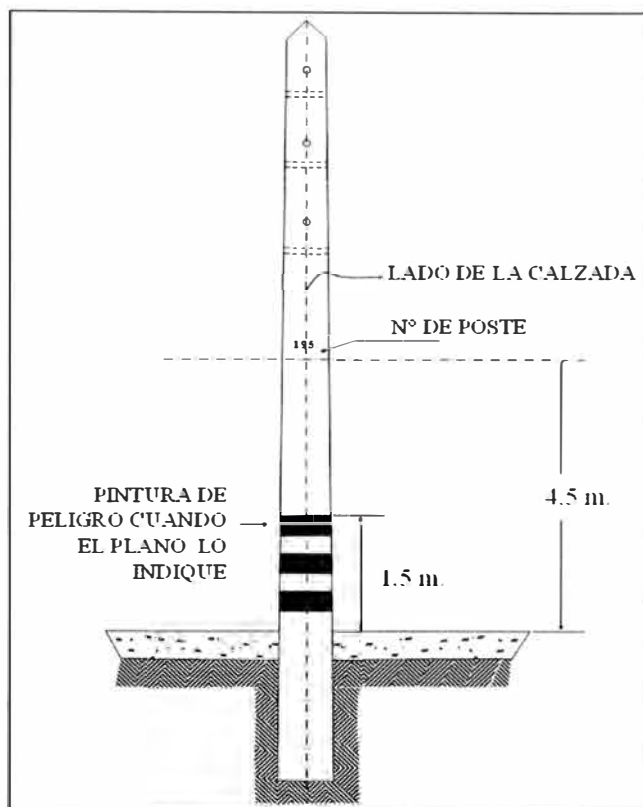
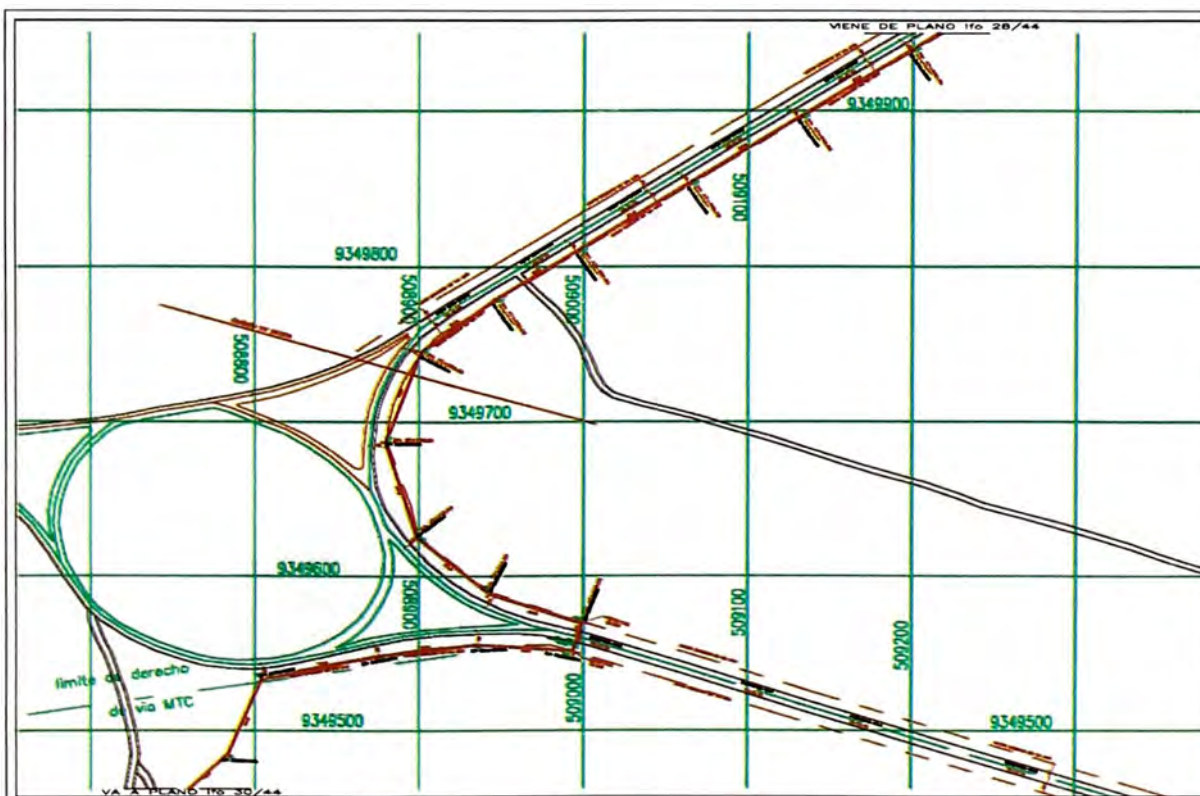


Figura 3.3 Zona de implementación (Fuente: N-102-2002-Ed 2ª. Telefónica)



**Figura 3.4** Ejemplo de poste de concreto (Fuente: Ib.)

La Figura 3.5 muestra un diagrama en Autocad utilizado por los ingenieros de obra para instalar la postería. La Figura 3.6 muestra en detalle el área sombreada; en ella se puede apreciar las coordenadas UTM (métricas) XY para cada poste.



**Figura 3.5** Diagrama en Autocad (Fuente: Planos proveedor de servicios)

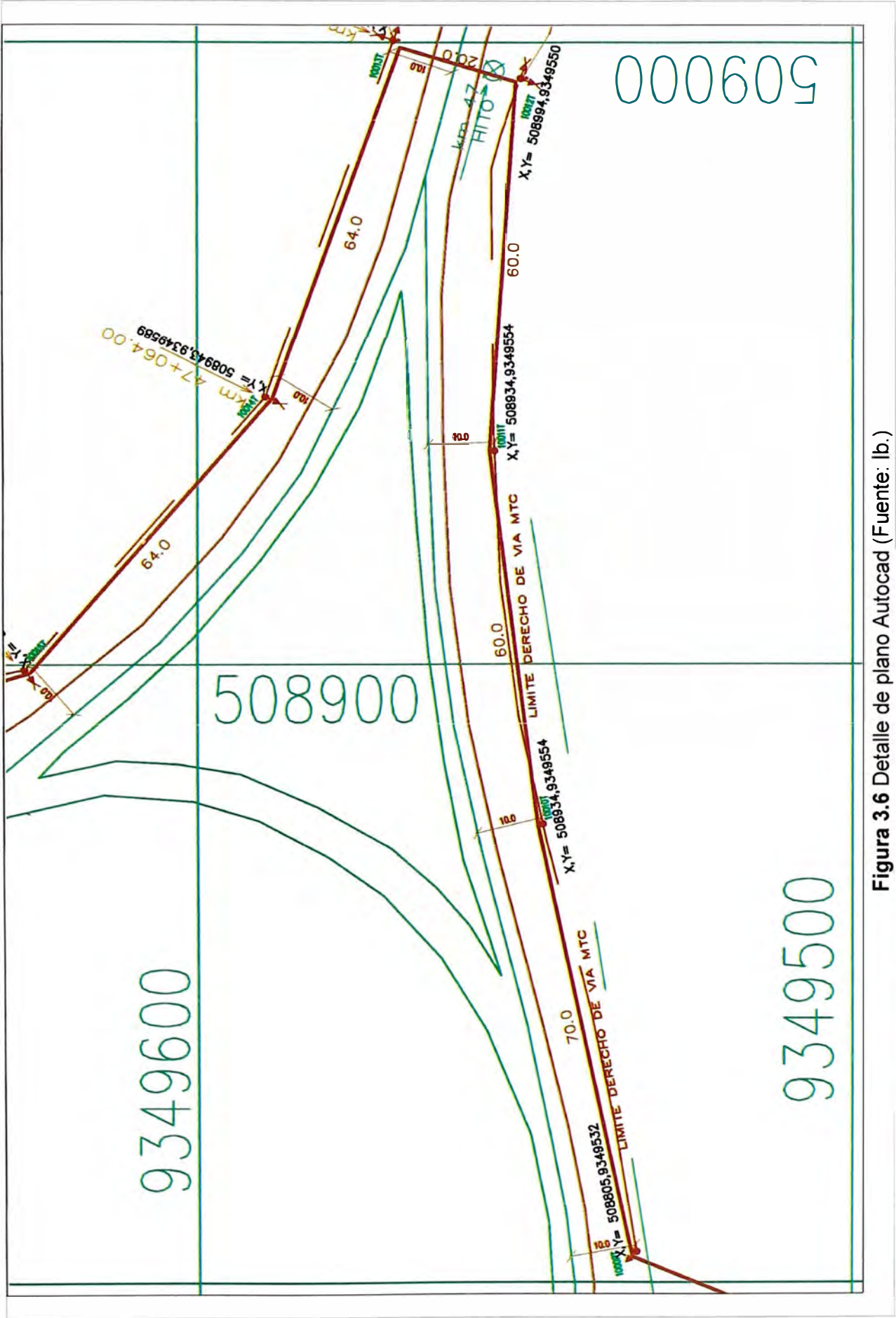


Figura 3.6 Detalle de plano Autocad (Fuente: lb.)



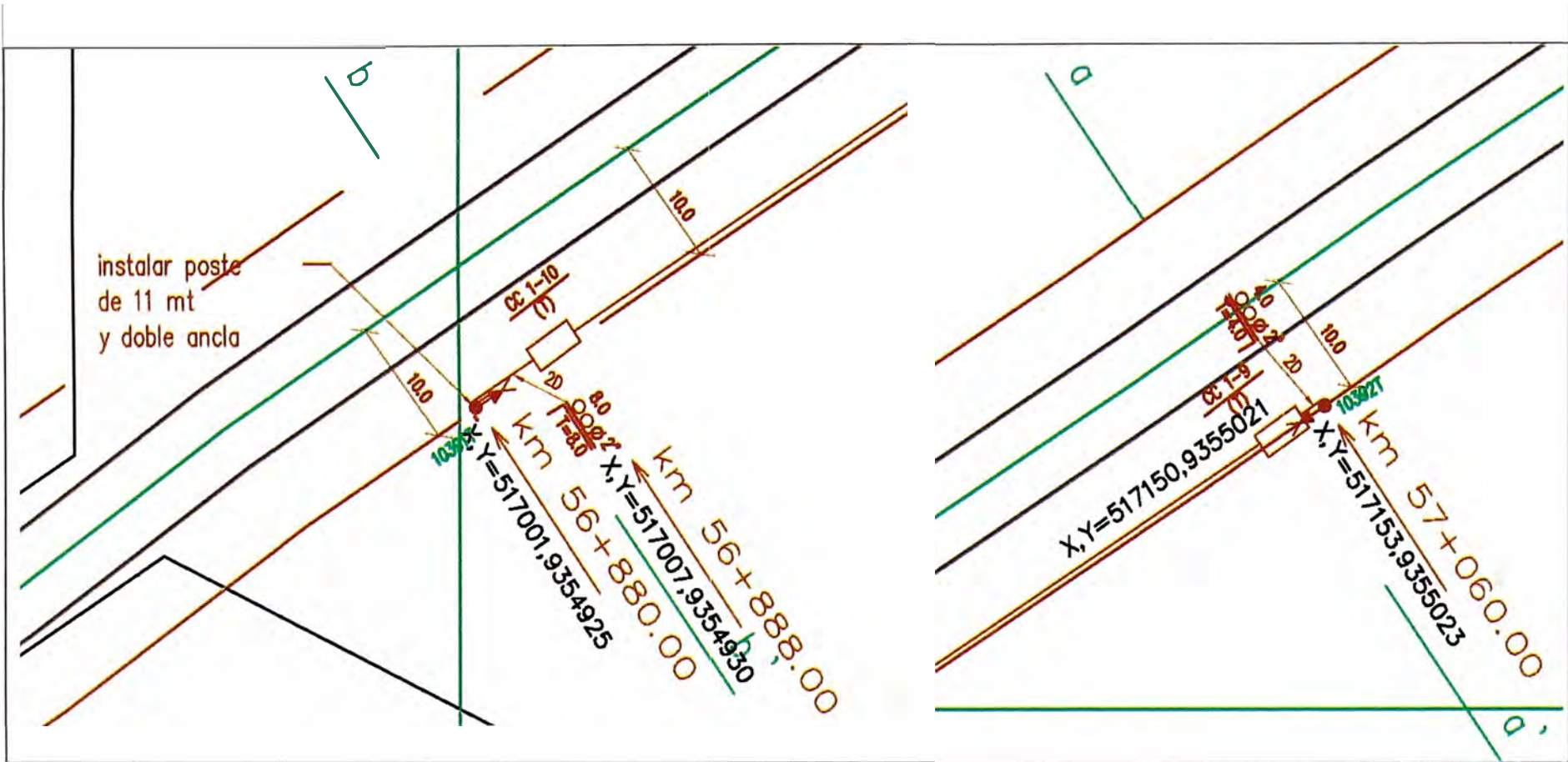
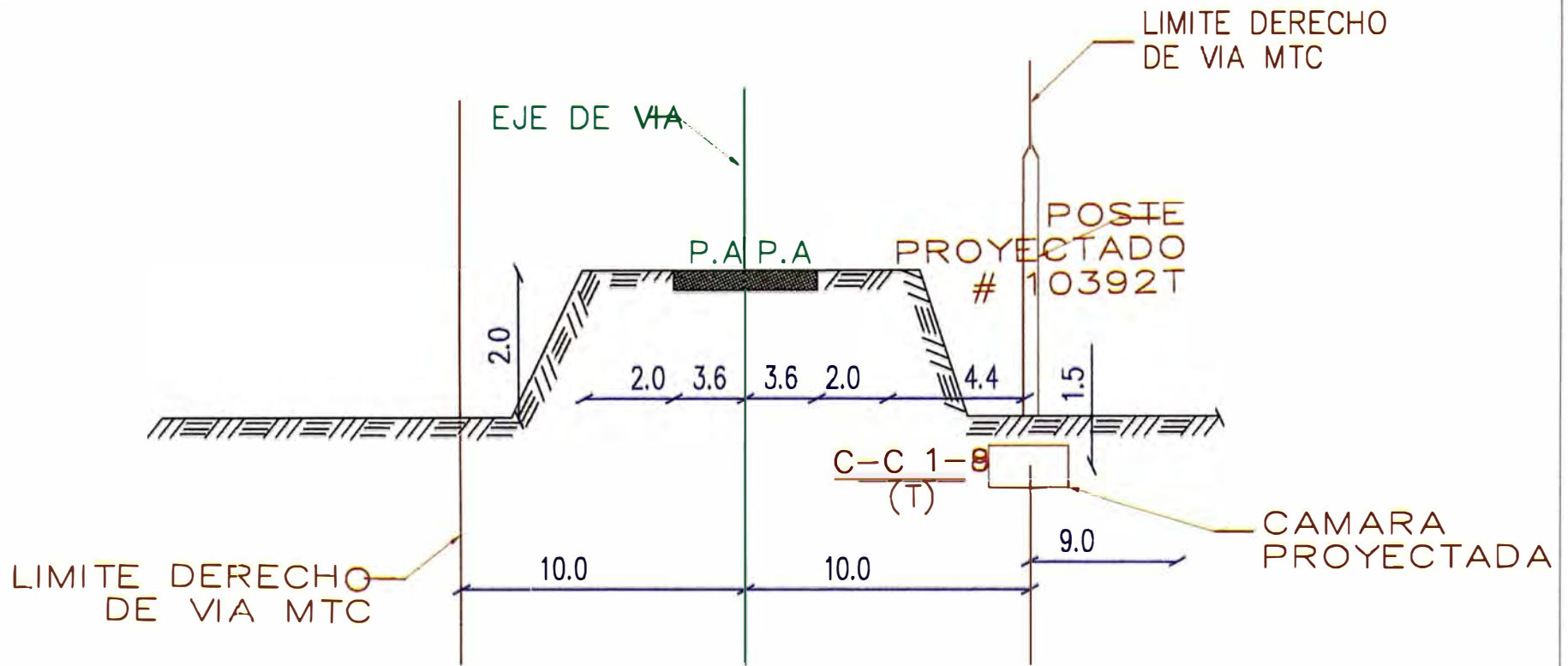
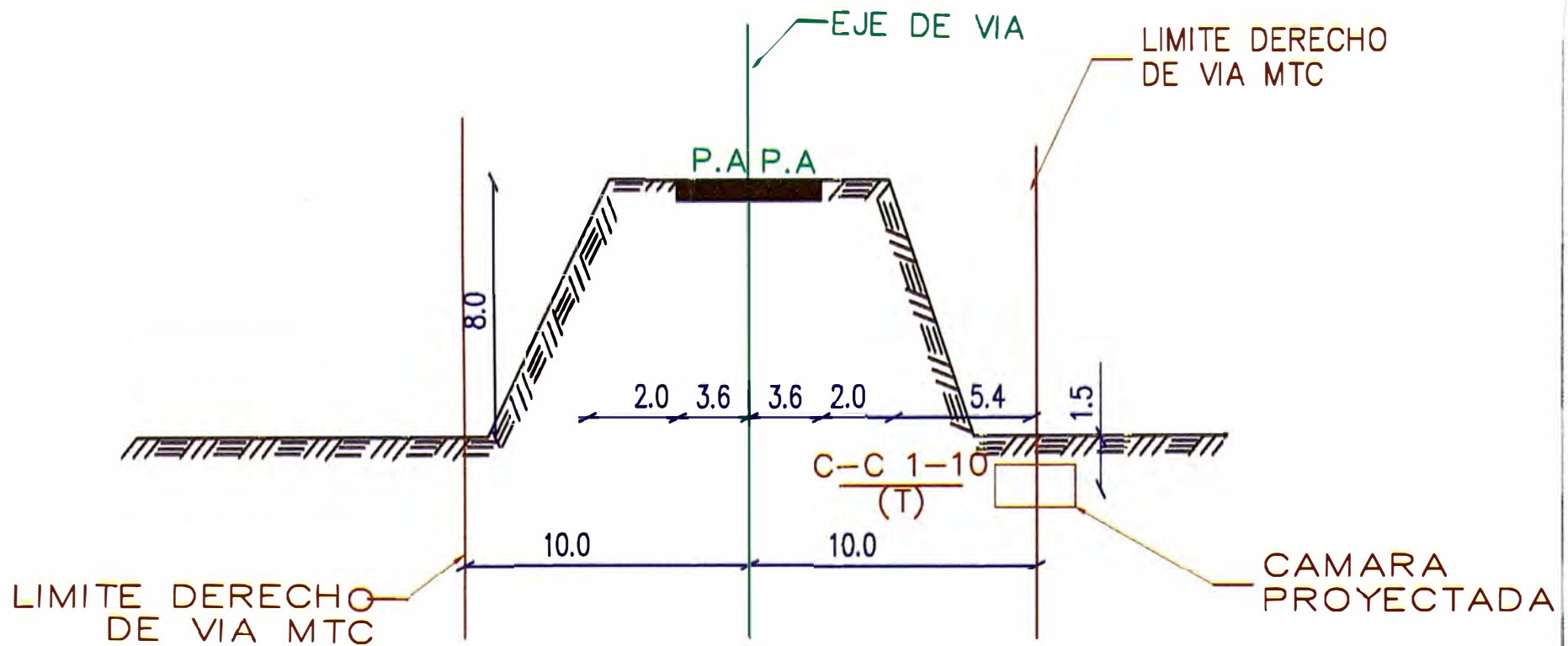


Figura 3.7 Corte AA' y BB' (Fuente: Ib.)



KM 57+060.00  
 Antigua panamericana Chiciayo Bayovar

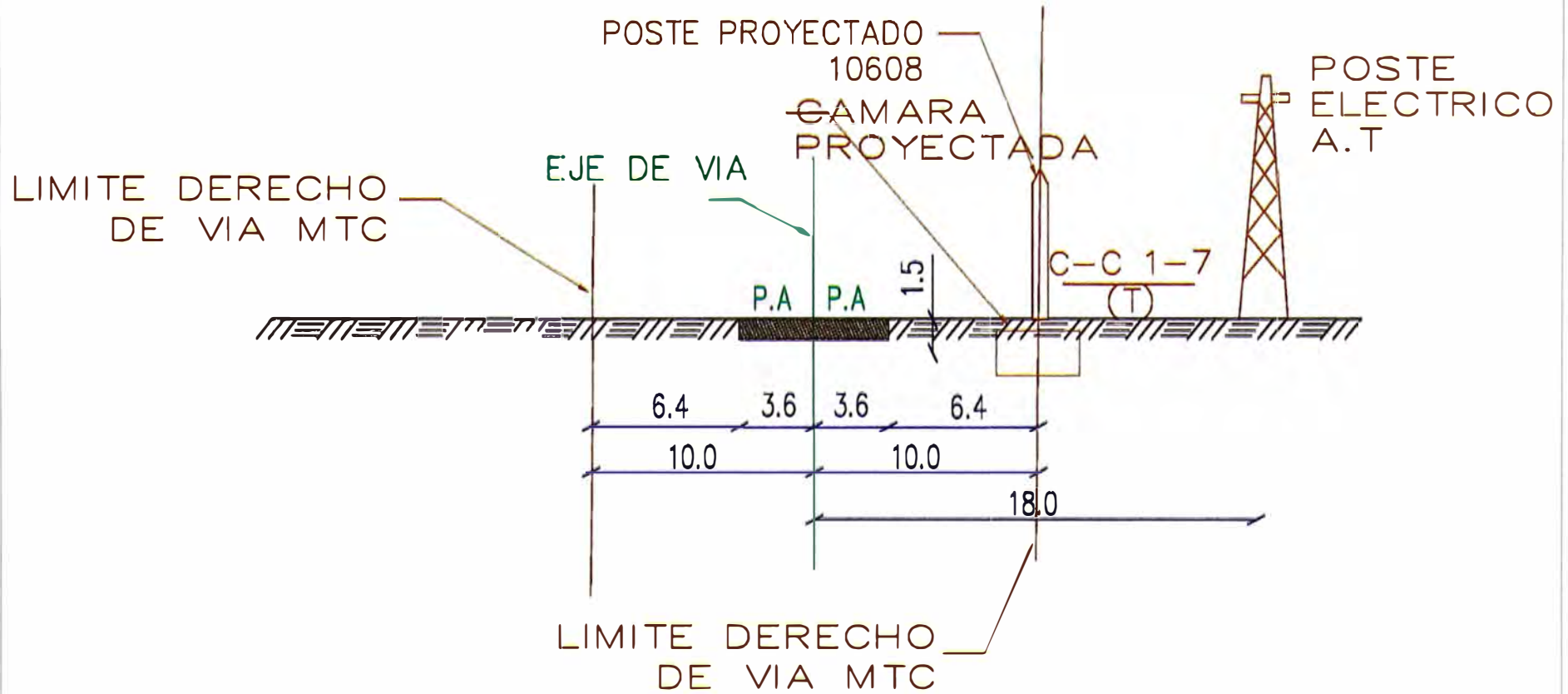
Figura 3.8 Corte AA' (Fuente: Ib.)



KM 56+888.00  
 Antigua Panamericana Chiclayo-Bayovar

Figura 3.9 Corte BB' (Fuente: Ib.)

# CORTE C-C'



KM 73+613.00  
Antigua panamericana Chiclayo Bayovar

Figura 3.10 Corte CC' (Fuente: Ib.)

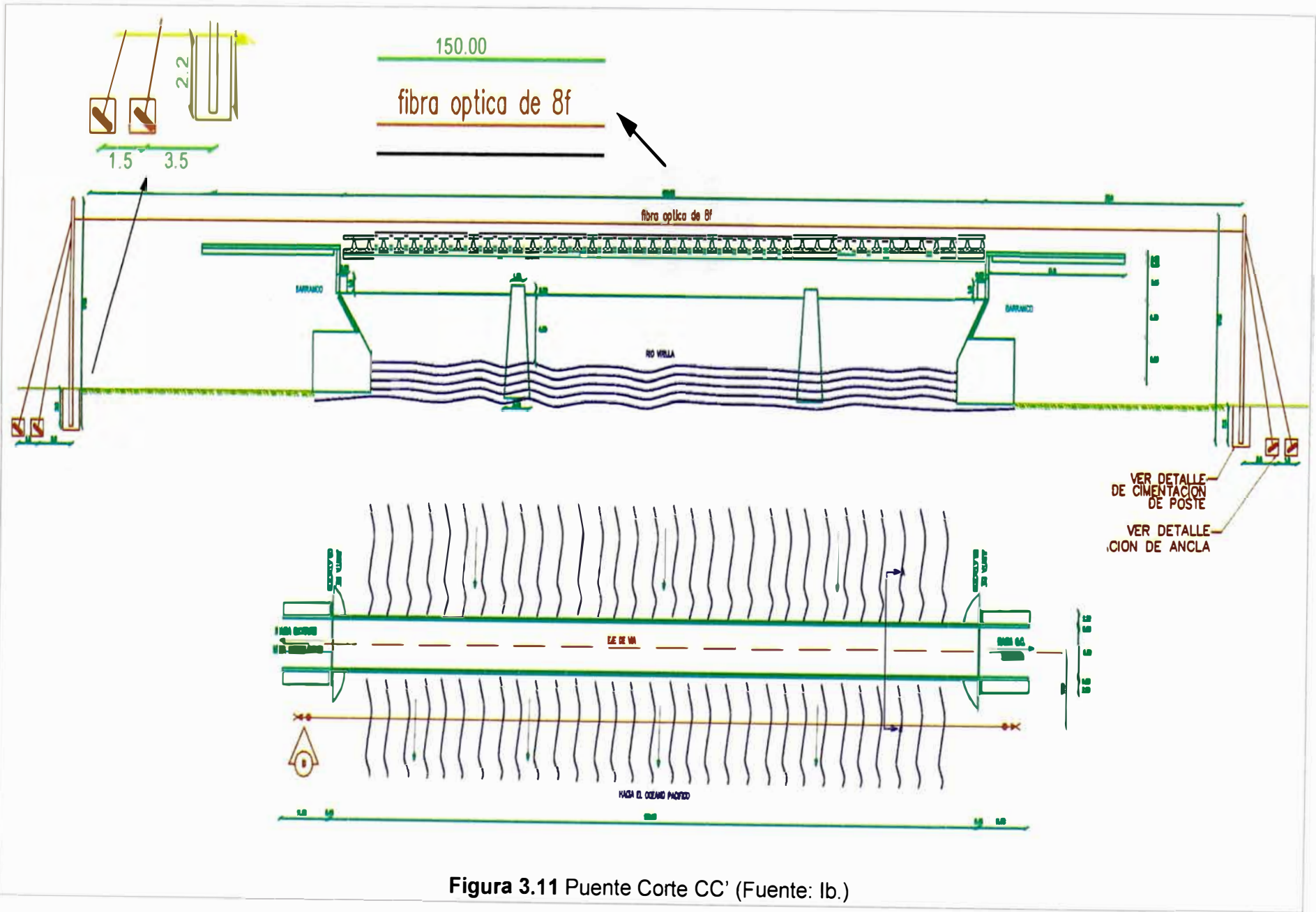


Figura 3.11 Puente Corte CC' (Fuente: Ib.)

En la Figura 3.6 se puede apreciar la distancia entre los postes, sus coordenadas UTM XY , los ejes X= 508900 e Y= 9349600. Cada cuadrante tiene 100 de lado. Un dato adicional es que se muestra el límite del “derecho de vía” fijado por el MTC, el cual no fue excedido.

Para explicar mejor la localización de los postes de concreto se puede recurrir a la Figura 3.7 en donde se pueden ver los cortes aa' y bb' mostrados en la Figura 3.8 y Figura 3.9, respectivamente. Estos ejemplos son para la carretera elevada desde 2 m (AA') hasta los 8 m de desnivel (BB'). Se puede apreciar el eje de la vía y los 10 m hacia la derecha e izquierda que delimita el área de derecho a vía del MTC. También la localización de la cámara proyectada.

La Figura 3.10 es un corte para una carretera a nivel del suelo, también se aprecia el eje de la vía y los 10 m respectivos (a la derecha y a la izquierda) que marcan el área de derecho a vía del MTC, la cámara proyectada y la localización del poste.

La Figura 3.11 corresponde a la zona del cruce del río. El plano original cuenta con mucho detalle, por lo que se a remarcado algunas zonas de interés. La distancia total entre postes es de 215 m y se utilizaron postes 15 m.

### 3.2.2 Instalación de anclas y riostras

La riostra es una pieza que puesta oblicuamente asegura al poste. Este se afirma a un ancla y así se logra equilibrar los esfuerzos derivados de la red aérea [3].

Las anclas usadas fueron (Figura 3.12):

- Ancla normal.- Se instaló en los postes iniciales y finales de línea, en los postes intermedios con cambio de capacidad de cables.
- Ancla vertical.- Se instalaron en líneas curvas.

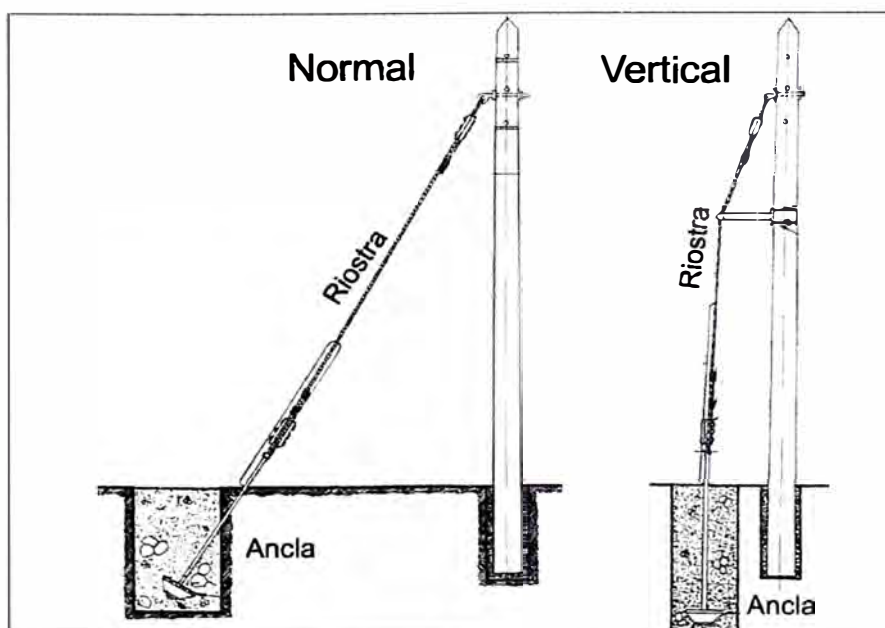


Figura 3.12 Tipo de anclaje usado (Fuente: N-102-2003-Ed 1ª Telefónica)

### 3.2.3 Puesta a tierra de los accesorios de sujeción

En el caso de los postes ya existentes, estos son de madera y de propiedad del cliente y son utilizados para la línea de transmisión de alta tensión (60KVA). Debido a la presencia de accesorios de sujeción, estos postes debían contar con punto de aterramiento.

Para iniciar las actividades de aterramiento fue necesario conocer la información técnica indicada en los planos del proyecto y lo expuesto en la presente Norma [4]. Previamente se hizo una inspección al lugar de trabajo para planificar el mismo. Las diferentes actividades se ejecutaron en forma continua y en la secuencia indicada en la programación de la obra.

A fin de facilitar la instalación del sistema de protección eléctrica se instaló una platina de tierra principal (birreta) por cada poste, la cual está conectada al electrodo de tierra y que sirve de de nexa con cada el elemento de sujeción.

En los postes (con sistema de aterramiento), se dejó señalizado con pintura roja la simbología de tierra. Esta señal se situó debajo del número que identifica cada poste.

Durante la ejecución del pozo de tierra se efectuaron mediciones, a fin de garantizar que se cumplan, como máximo valores de resistencia de 5 ohmios. La Tabla 3.1 muestra las mediciones aleatorias que se realizaron una vez concluido el aterramiento de la postería de cemento.

**Tabla 3.1** Mediciones aleatorias (Fuente: Proveedor)

Plano	N° Poste	Resistencia ohmios		Prof.	Ubicación
		Varilla	Conectada		
IFOHJ44/44	5	2	3.5	3	Carretera industrial
IFOHJ43/44	13	2	5	3	Carretera industrial
IFOHJ41/44	21	2	3.5	3	Carretera industrial
IFOHJ39/44	29	5	5	3	Carretera industrial
IFOHJ38/44	38	5	5	3	Carretera industrial
IFOHJ36/44	46	2.5	3.5	3	Carretera industrial
IFOHJ34/44	54	5	5	3	Carretera industrial
IFOHJ33/44	62	5	5	3	Carretera industrial
IFOHJ31/44	70	5	5	3	Carretera industrial
IFOHJ30/44	78	2.5	4	3	Carretera industrial

### 3.2.4 Tendido de la Fibra Óptica

Esta sección es la más importante ya que se detallan las consideraciones y precauciones tomadas, los procedimientos realizados, y el control de calidad del tendido de la fibra óptica.

#### a. Consideraciones y precauciones

Este acápite se divide en cuatro ítems: consideraciones generales, factores a considerar, consideraciones normativas, precauciones.

### a.1 Consideraciones generales

La premisa es que el cable de fibra óptica tiene un límite de resistencia mecánica algo menor que el cable convencional de cobre, por ello, bajo ciertas circunstancias, se necesitan precauciones y equipos especiales para asegurar su buena instalación.

El índice de carga del cable de fibra tiene en cuenta la carga a corto plazo (cargas de tracción durante la instalación) y la carga de largo plazo (cargas residuales producidas por la tracción o amarre del cable en los soportes).

Las cargas que exceden el índice de carga del cable pueden producir la rotura de la fibra, las que pueden fallar de inmediato o más tarde durante su vida de servicio. Los signos externos de deterioro no serán necesariamente evidentes en alguno de los dos casos. Por ello, el índice de carga de tracción de un cable de fibra óptica no debe excederse en ninguna aplicación.

### a.2 Factores a considerar

Los principales factores considerados fueron: Resistencia a la tensión, longitud del vano, flecha, carga del viento, variación de temperatura, método de trenzado, método de soporte, esfuerzo de tracción, método de izado, y deterioro exterior.

### a.3 Consideraciones normativas

El cable de F.O. fue instalado en el nivel de agujeros superiores del poste de concreto, a una altura mínima de 6.5 m sobre el nivel del suelo en su punto más bajo. Para el caso de los postes de madera, esta altura mínima fue de 7.5m (Figura 3.13).

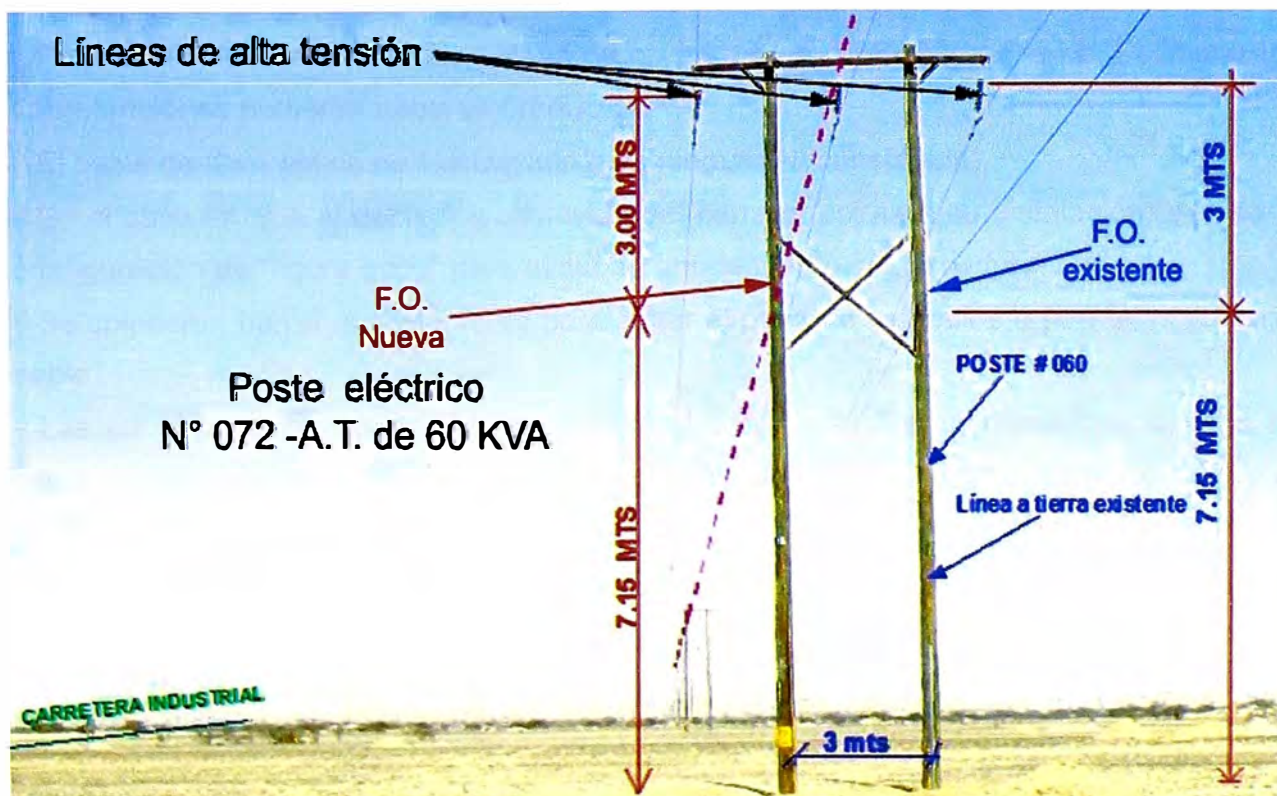


Figura 3.13 Tendido cable F.O. postes de madera (Fuente: Propia)



#### **a.4 Precauciones generales para la manipulación del cable**

Se tomaron las siguientes precauciones:

- La tensión de tracción durante el desenrollado del cable no superó la tensión permisible. Esto estuvo sujeto a los valores señalados por el fabricante.
- El tendido del cable se realizó mediante tracción manual y mecánica. La tensión fue monitoreada en todo momento mediante un dinamómetro.
- Cada carrete giró según el sentido de giro señalado por el fabricante.
- Cuando se desenrolló la bobina, el cable no tocó el suelo o elementos próximos al tendido que pudieran dañarlo.
- Se consideró la tensión de tracción permisible y el radio de curvatura mínimo permisible
  - a) Tensión de Tracción: 1000 Kg y
  - b) Radio de Curvatura mínimo:  $24 \times 13.7 \text{ mm} = 328.8$

A modo de orientación se consideró que el cable soporta normalmente una tensión máxima equivalente al peso de 1 Km de su longitud y radios de curvatura mínimo de 30 cm. a 40 cm. (cable sin desnudar).

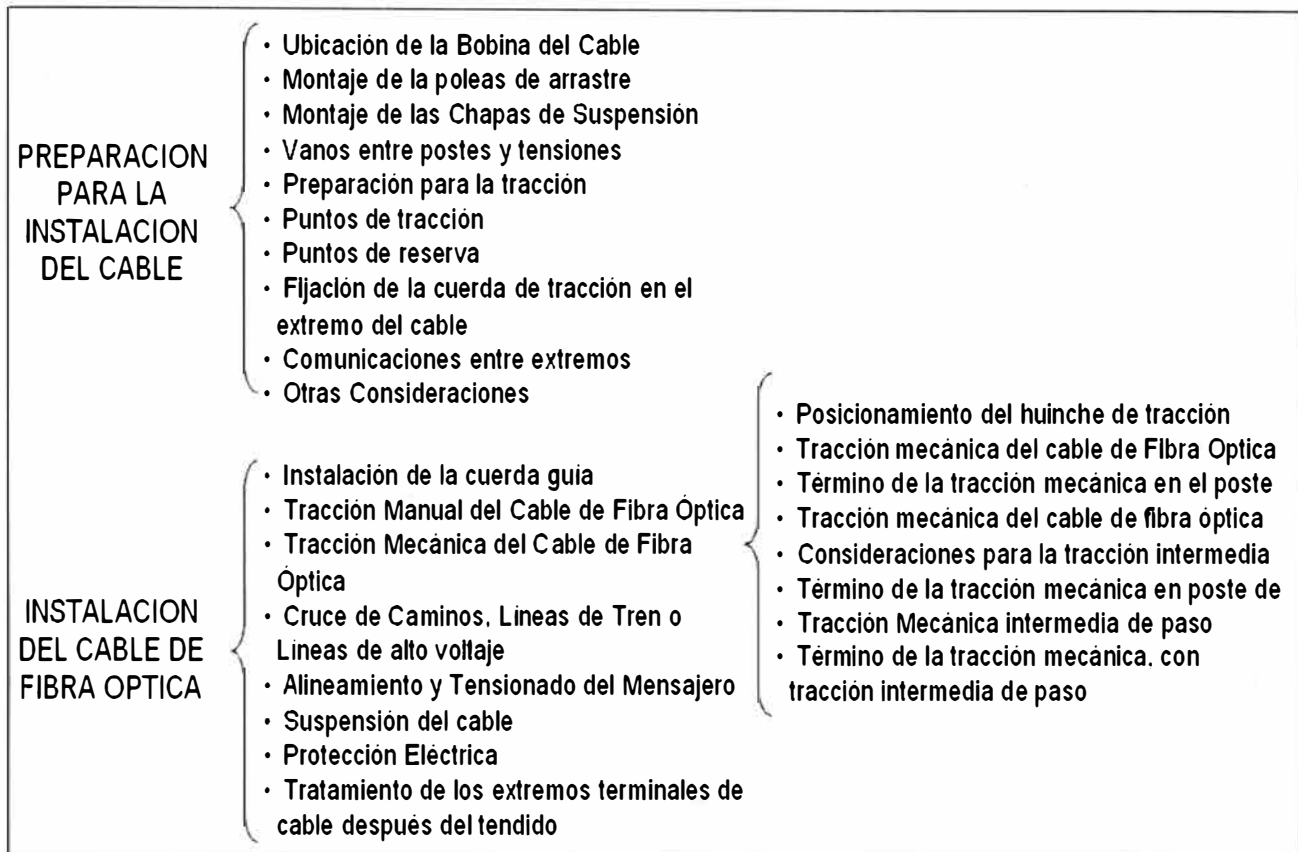
- Se mantuvo la punta del cable solidaria al carrete hasta el momento en que se inició el tendido. En el caso que la punta del cable se liberó, éste se volvió a asegurar antes de mover el carrete.
- Se estableció un medio de comunicación entre los puntos de tiro, alimentación y posiciones de monitoreo.
- Para evitar daño al cable, las poleas de arrastre fueron monitoreadas para eliminar las sobretensiones pudieran haberse producido.
- El cable de fibra óptica no fue cortado bajo ninguna circunstancia.
- En el caso en que el cable fue removido del carrete (previa a su instalación) se usó la configuración de "figura ocho" para evitar su anudamiento y/o torcedura.
- Se colocaron barreras protectoras para evitar el paso de vehículos o personas sobre el cable.
- Las cubiertas protectoras de las puntas del cable sólo fueron removidas cuando se inició la etapa de empalme, ya que en ausencia de ellas, la humedad que penetrara al cable podría dañar la Fibra Óptica.

#### **b. Los procedimientos realizados**

La Figura 3.14 sintetiza los procedimientos realizados [5]. Estos son agrupados en 1) preparación del cable de fibra óptica, e 2) instalación del cable de fibra óptica. El manual de referencia indicado en la bibliografía es bastante detallado por ello sólo se muestra el cuadro sinóptico.

La parte que requiere mayor atención y procedimientos relacionados, es el de tracción

mecánica del cable de fibra.



**Figura 3.14** Síntesis de procedimientos (Fuente: Propia)

### c. Control de calidad

Para verificar la calidad del tendido se verificó lo siguiente:

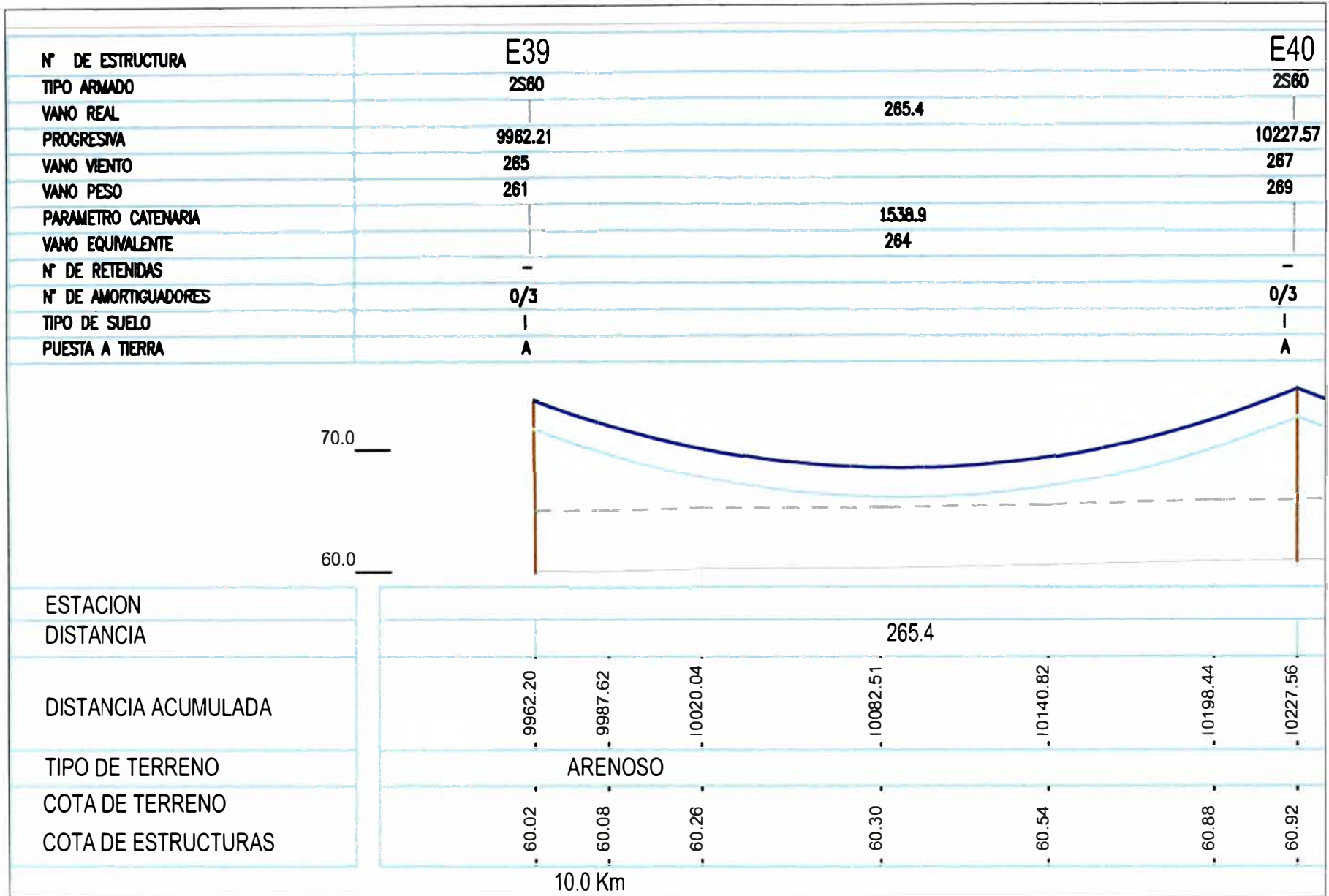
- El uso adecuado de equipos y herramientas, así como su cantidad y calidad.
- La correcta fijación, distancia y orientación del carrete de cable de fibra óptica.
- Que el desenrollado del carrete se efectúe por la parte superior del mismo.
- Que la cubierta del cable no sufra daño en el proceso de instalación.
- Que el cable nunca sea sometido a sobre esfuerzos durante todo el proceso de su manipulación y tendido.
- Los cruces de camino a una altura mínima de 7 m.
- El cumplimiento de la altura mínima del cable respecto al suelo.
- Que los extremos del cable se encuentren debidamente sellados contra el agua, humedad u otros agentes.
- Que en los puntos de empalme exista la suficiente reserva de cable y las facilidades requeridas.
- La instalación de protecciones de madera en cruces con líneas eléctricas y/o ramas de árboles.
- Que el cable no presente ninguna curvatura inferior a 24 D, durante la tracción.
- Que el cable no presente ninguna curvatura inferior a 12 D, una vez instalado.

**Tabla 3.2 Tensiones y flechas en las hipótesis de tracción máxima admisible y de flecha máxima (Fuente: Draka- cable CDS-3228)**

Vano regulación (m)	CALCULO DE LA TRACCION MAXIMA ADMISIBLE				CALCULO DE LA FLECHA MAXIMA												FLECHA MAXIMA			Vano regulación (m)
					Hipótesis A				Hipótesis B				Hipótesis C				(m)	(%)	Parámetro parábola	
	Ts (kg)	T (kg)	Fi (m)	Fv (m)	Ts (kg)	T (kg)	Fi (m)	Fv (m)	Ts (kg)	T (kg)	Fi (m)	Fv (m)	Ts (kg)	T (kg)	Fi (m)	Fv (m)				
10	310	310	0,02	0,01	354	354		0,00	341	341	0,01	0,00	309	309		0,01	0,01	0,05	2.291	10
20	312	312	0,06	0,02	354	354		0,02	343	343	0,06	0,02	309	309		0,02	0,02	0,11	2.291	20
30	316	316	0,14	0,05	354	354		0,04	346	346	0,13	0,04	309	309		0,05	0,05	0,16	2.292	30
40	320	320	0,24	0,08	354	354		0,08	350	350	0,22	0,08	309	309		0,09	0,09	0,22	2.292	40
50	326	326	0,38	0,13	354	354		0,12	354	354	0,35	0,12	310	310		0,14	0,14	0,27	2.293	50
60	332	332	0,53	0,18	354	354		0,17	360	360	0,49	0,17	310	310		0,20	0,20	0,33	2.294	60
70	339	339	0,71	0,24	353	353		0,23	366	365	0,66	0,23	310	310		0,27	0,27	0,38	2.296	70
80	347	346	0,91	0,31	353	353		0,31	372	372	0,84	0,29	310	310		0,35	0,35	0,44	2.297	80
90	354	354	1,12	0,39	353	353		0,39	379	379	1,05	0,36	310	310		0,44	0,44	0,49	2.299	90
100	362	362	1,36	0,47	353	353		0,48	386	385	1,27	0,44	311	311		0,54	0,54	0,54	2.301	100
110	370	369	1,61	0,55	353	353		0,58	393	393	1,51	0,52	311	311		0,66	0,66	0,60	2.303	110
120	378	377	1,87	0,64	353	353		0,69	401	400	1,77	0,61	311	311		0,78	0,78	0,65	2.305	120
130	386	385	2,15	0,74	353	352		0,81	408	407	2,04	0,70	312	311		0,92	0,92	0,70	2.307	130
140	394	393	2,44	0,84	352	352		0,94	415	415	2,32	0,80	312	312		1,06	1,06	0,76	2.309	140
150	402	401	2,75	0,95	352	352		1,08	423	422	2,62	0,90	312	312		1,22	1,22	0,81	2.311	150
160	410	409	3,07	1,06	352	352		1,23	430	429	2,93	1,01	313	312		1,38	1,38	0,86	2.314	160
170	418	417	3,40	1,17	352	352		1,39	438	437	3,25	1,12	313	313		1,56	1,56	0,92	2.316	170
180	426	425	3,74	1,29	351	351		1,56	445	444	3,58	1,23	313	313		1,75	1,75	0,97	2.319	180
190	434	432	4,10	1,41	351	351		1,74	453	451	3,93	1,35	314	313		1,94	1,94	1,02	2.322	190
200	442	440	4,46	1,54	351	351		1,92	460	458	4,28	1,47	314	314		2,15	2,15	1,08	2.324	200
210	449	447	4,84	1,67	351	350		2,12	467	465	4,65	1,60	314	314		2,37	2,37	1,13	2.327	210
220	457	455	5,22	1,80	351	350		2,33	474	472	5,03	1,73	315	315		2,60	2,60	1,18	2.329	220
230	464	462	5,62	1,94	350	350		2,55	481	479	5,42	1,87	315	315		2,84	2,84	1,23	2.332	230
240	471	469	6,03	2,08	350	350		2,78	488	486	5,82	2,00	316	315		3,08	3,08	1,28	2.335	240
250	478	476	6,45	2,22	350	349		3,02	495	492	6,23	2,14	316	316		3,34	3,34	1,34	2.337	250
260	485	483	6,87	2,37	350	349		3,27	502	499	6,65	2,29	316	316		3,61	3,61	1,39	2.340	260
270	492	489	7,31	2,52	349	349		3,53	508	506	7,08	2,44	317	316		3,89	3,89	1,44	2.343	270
280	499	496	7,76	2,67	349	348		3,80	515	512	7,52	2,59	317	317		4,18	4,18	1,49	2.345	280
290	506	503	8,21	2,83	349	348		4,08	521	518	7,96	2,74	318	317		4,48	4,48	1,54	2.348	290
300	512	509	8,68	2,99	348	348		4,37	528	524	8,42	2,90	318	317		4,79	4,79	1,60	2.350	300
310	519	515	9,15	3,15	348	348		4,67	534	530	8,89	3,06	318	318		5,11	5,11	1,65	2.353	310
320	525	522	9,64	3,32	348	347		4,98	540	536	9,37	3,22	319	318		5,43	5,43	1,70	2.355	320

**Tabla 3.3** Tendido a diferentes temperaturas sin sobrecargas (Fuente: Draka- cable CDS-3228)

Vano regulación (m)	TEMPERATURA DE TENDIDO ( °C )																		T.C.D. a 20 °C	Vano regulación (m)
	0		5		10		15		20		25		30		35		40			
	Ts (kg)	Fv (m)	Ts (kg)	Fv (m)	Ts (kg)	Fv (m)	Ts (kg)	Fv (m)	Ts (kg)	Fv (m)	Ts (kg)	Fv (m)	Ts (kg)	Fv (m)	Ts (kg)	Fv (m)	Ts (kg)	Fv (m)		
10	354	0,00	349	0,00	345	0,00	340	0,00	336	0,01	332	0,01	327	0,01	323	0,01	318	0,01	16,00	10
20	354	0,02	349	0,02	345	0,02	340	0,02	336	0,02	332	0,02	327	0,02	323	0,02	318	0,02	16,00	20
30	354	0,04	349	0,04	345	0,04	340	0,04	336	0,05	332	0,05	327	0,05	323	0,05	318	0,05	16,00	30
40	354	0,08	349	0,08	345	0,08	340	0,08	336	0,08	332	0,08	327	0,08	323	0,08	318	0,08	16,00	40
50	354	0,12	349	0,12	345	0,12	340	0,12	336	0,13	332	0,13	327	0,13	323	0,13	318	0,13	16,00	50
60	354	0,17	349	0,17	345	0,18	340	0,18	336	0,18	332	0,18	327	0,19	323	0,19	319	0,19	16,00	60
70	353	0,23	349	0,24	345	0,24	340	0,24	336	0,25	332	0,25	327	0,25	323	0,26	319	0,26	16,00	70
80	353	0,31	349	0,31	345	0,31	340	0,32	336	0,32	332	0,33	327	0,33	323	0,33	319	0,34	16,00	80
90	353	0,39	349	0,39	345	0,40	340	0,40	336	0,41	332	0,41	327	0,42	323	0,42	319	0,43	16,00	90
100	353	0,48	349	0,48	345	0,49	340	0,50	336	0,50	332	0,51	328	0,52	323	0,52	319	0,53	16,00	100
110	353	0,58	349	0,59	344	0,59	340	0,60	336	0,61	332	0,62	328	0,62	323	0,63	319	0,64	16,00	110
120	353	0,69	349	0,70	344	0,71	340	0,71	336	0,72	332	0,73	328	0,74	324	0,75	319	0,76	16,00	120
130	353	0,81	348	0,82	344	0,83	340	0,84	336	0,85	332	0,86	328	0,87	324	0,88	320	0,89	16,00	130
140	352	0,94	348	0,95	344	0,96	340	0,97	336	0,98	332	1,00	328	1,01	324	1,02	320	1,03	16,00	140
150	352	1,08	348	1,09	344	1,10	340	1,12	336	1,13	332	1,14	328	1,16	324	1,17	320	1,19	16,00	150
160	352	1,23	348	1,24	344	1,26	340	1,27	336	1,29	332	1,30	328	1,32	324	1,33	320	1,35	16,00	160
170	352	1,39	348	1,40	344	1,42	340	1,44	336	1,45	332	1,47	328	1,49	324	1,50	321	1,52	16,00	170
180	351	1,56	348	1,57	344	1,59	340	1,61	336	1,63	332	1,65	328	1,67	325	1,69	321	1,71	16,00	180
190	351	1,74	347	1,75	344	1,77	340	1,79	336	1,81	332	1,84	328	1,86	325	1,88	321	1,90	16,00	190
200	351	1,92	347	1,95	343	1,97	340	1,99	336	2,01	332	2,03	329	2,06	325	2,08	321	2,10	16,00	200
210	351	2,12	347	2,15	343	2,17	340	2,19	336	2,22	332	2,24	329	2,27	325	2,29	322	2,32	16,00	210
220	351	2,33	347	2,36	343	2,38	340	2,41	336	2,43	332	2,46	329	2,49	325	2,51	322	2,54	16,00	220
230	350	2,55	347	2,58	343	2,60	340	2,63	336	2,66	332	2,69	329	2,72	326	2,75	322	2,78	16,00	230
240	350	2,78	346	2,81	343	2,84	339	2,87	336	2,90	333	2,93	329	2,96	326	2,99	322	3,02	16,00	240
250	350	3,02	346	3,05	343	3,08	339	3,11	336	3,14	333	3,18	329	3,21	326	3,24	323	3,27	16,00	250
260	350	3,27	346	3,30	343	3,33	339	3,37	336	3,40	333	3,43	329	3,47	326	3,50	323	3,54	16,00	260
270	349	3,53	346	3,56	343	3,60	339	3,63	336	3,67	333	3,70	330	3,74	326	3,78	323	3,81	16,00	270
280	349	3,80	346	3,83	342	3,87	339	3,91	336	3,94	333	3,98	330	4,02	327	4,06	323	4,10	16,00	280
290	349	4,08	346	4,12	342	4,15	339	4,19	336	4,23	333	4,27	330	4,31	327	4,35	324	4,39	16,00	290
300	348	4,37	345	4,41	342	4,45	339	4,49	336	4,53	333	4,57	330	4,61	327	4,66	324	4,70	16,00	300
310	348	4,67	345	4,71	342	4,75	339	4,79	336	4,84	333	4,88	330	4,93	327	4,97	324	5,01	16,00	310
320	348	4,98	345	5,02	342	5,07	339	5,11	336	5,16	333	5,20	330	5,25	327	5,29	324	5,34	16,00	320



**Figura 3.15** Tendido en postes de 60 KVA (celeste F.O, Azul LT 60KVA) –Fuente: Proveedor

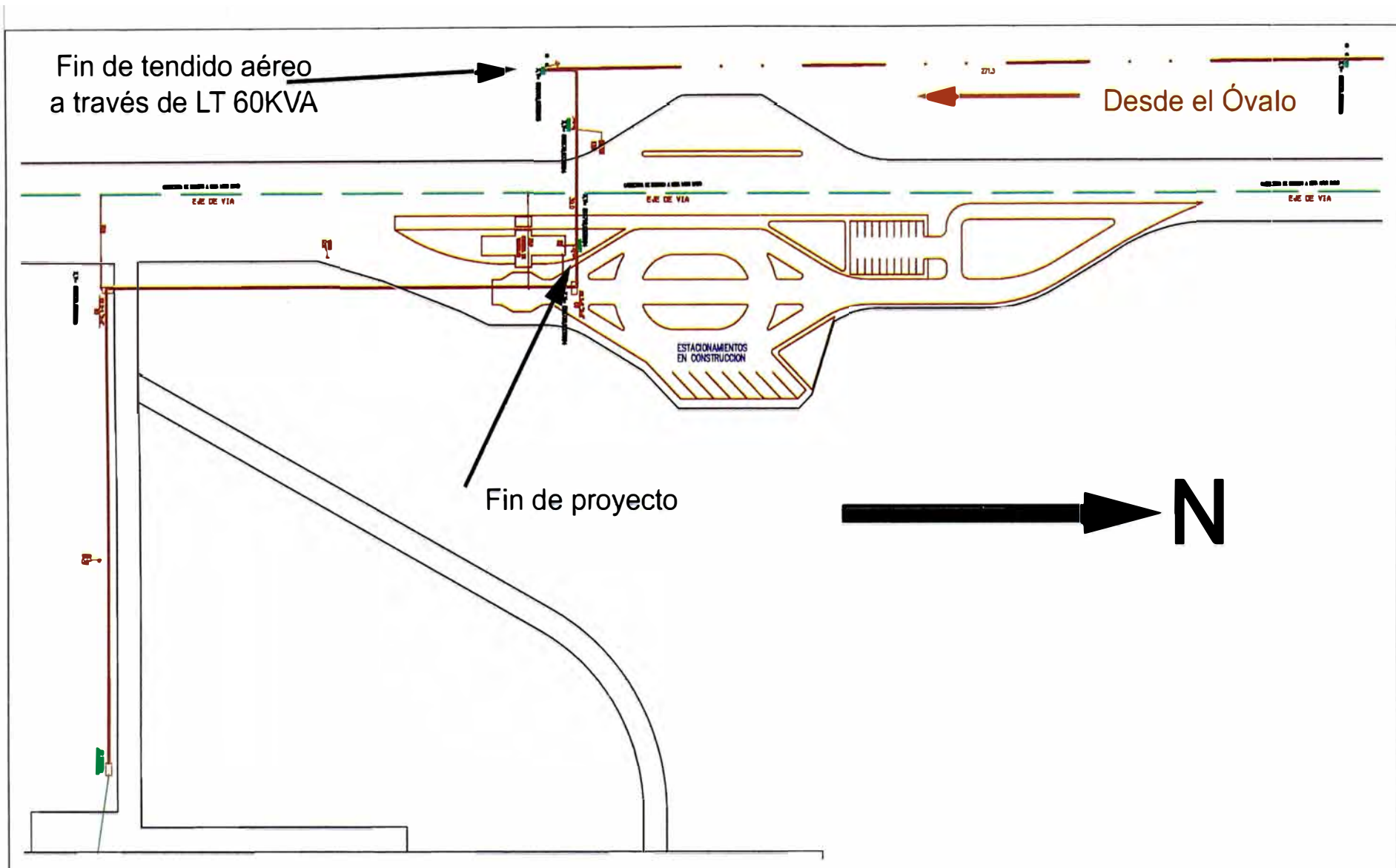


Figura 3.16 Llegada del tendido a la Planta Concentradora - Fuente: Ibid.

## NOTAS GENERALES

1-EL CONTRATISTA CUMPLIÓ CON LAS LEYES, ORDENANZAS, REGULACIONES DE LAS AUTORIDADES MUNICIPALES, EMPRESAS DE SERVICIOS, ASÍ COMO DEL R.N.E. PARA TODAS LAS FASES DEL TRABAJO. LA CALIDAD DEL TRABAJO ASÍ COMO LOS MATERIALES QUE SE INSTALÓ, CUMPLEN CON LOS REGLAMENTOS PERTINENTES.

2-EL CONTRATISTA CONSIDERO EN LOS DOCUMENTOS A ENTREGAR TODOS LOS ALCANCES DEL TRABAJO, SIN TENER EN CUENTA LAS PEQUEÑAS OMISIONES EN EL PROYECTO PARA NO COMPLETAR EL TRABAJO.

3-EL CONTRATISTA NOTIFICÓ POR ESCRITO A LA SUPERVISIÓN DE OBRA ERRORES U OMISIONES DURANTE LA EJECUCIÓN DEL TRABAJO, LOS CUALES OCASIONARON TRABAJOS ADICIONALES PRESUPUESTADOS POR ESCRITO.

4-EL TRABAJO INCLUYO TODAS LAS PARTIDAS, EQUIPOS Y TODOS LOS MATERIALES NECESARIOS PARA LA CULMINACIÓN DE LA OBRA AQUÍ DESCRITA.

5-EL CONTRATISTA VISITÓ EL ÁREA DE TRABAJO ANTES DE OFERTAR, DE MANERA QUE SE FAMILIARIZÓ CON LAS CONDICIONES DEL ÁREA Y VERIFICARÁ QUE EL PROYECTO SE PUEDE EJECUTAR DE ACUERDO A LO SOLICITADO.

6-EL CONTRATISTA OBTUVO LA AUTORIZACIÓN PARA INICIAR LA CONSTRUCCIÓN DE CUALQUIER ÍTEM NO DEFINIDO EN EL PROYECTO

7-EL CONTRATISTA INSTALÓ EL EQUIPAMIENTO Y LOS MATERIALES DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES DEL PROVEEDOR Y DE ACUERDO A LOS REGLAMENTOS PERTINENTES.

8-EL CONTRATISTA ENTREGÓ UN JUEGO COMPLETO DE DOCUMENTOS CON LAS ÚLTIMAS REVISIONES Y LAS ACLARACIONES POSIBLES PARA EL USO DEL PERSONAL A INVOLUCRARSE EN EL PROYECTO AQUÍ DESCRITO.

9-EL CONTRATISTA SUPERVISÓ DIRECTAMENTE EL PROYECTO, Y ASÍ MISMO ES RESPONSABLE DE LOS PROCEDIMIENTOS, MÉTODOS, TÉCNICAS Y SECUENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN ASÍ COMO DE LA COORDINACIÓN DE TODOS LOS TRABAJOS DEL CONTRATO.

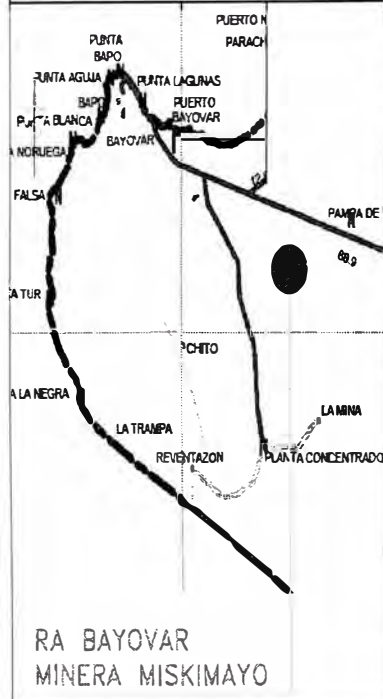
10-EL CONTRATISTA MANTUVO LA OBRA LIMPIA Y LIBRE DURANTE LA EJECUCIÓN ASIMISMO DISPONDRÁ DE LOS DESECHOS, DESMONTE Y EQUIPOS NO ESPECIFICADOS SEAN REMOVIDOS. LA OBRA SE ENTREGÓ LIMPIA Y LIBRE DE RESTOS DE PINTURA Y DE DESMONTE.

11-EL CONTRATISTA CUMPLIRÁ CON LAS NORMAS DE SEGURIDAD APLICABLES AL PROYECTO.

12-EL CONTRATISTA VERIFICÓ LAS DIMENSIONES, NIVELING, LÍMITES DE PROPIEDAD Y ES RESPONSABLE DE HABER VERIFICADO EL NORTE REAL

13-NO SE REQUIERE ACCESO PARA MINUSVÁLIDOS.

## LOCALIZACIÓN



## REFERENCIAS

## MEDIDAS EN EL PLANO

EL CONTRATISTA DEBERÁ VERIFICAR LOS PLANOS Y LAS DIMENSIONES EN EL TERRENO, SI EXISTIERAN DISCREPANCIAS DEBERÁN NOTIFICAR POR ESCRITO INMEDIATAMENTE AL ARQUITECTO ANTES DE INICIAR LOS TRABAJOS EN CASO CONTRARIO SERÁ RESPONSABLE DE LOS MISMOS.

## RELACIÓN DE LAMINAS

G-01	HOJA RESUMEN
U	LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN
A-01	PLANTA DISTRIBUCIÓN PROPUESTA
A-02	ELEVACIÓN FRONTAL PROPUESTA
A-03	ELEVACIÓN LATERAL IZQUIERDA PROPUESTA
A-04	CORTE A-A PROPUESTA
A-05	CORTE B-B PROPUESTA
E-01	PLANTA DE CIMENTACIÓN - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
E-02	COLUMNAS-VIGAS DETALLES-VARIOS DETALLE DE CONCERTINA
E-03	CORTES DE CIMENTACIÓN
E-04	CORTES DE CIMENTACIÓN
E-05	ENCOFRADO SALA DE EQUIPOS DETALLES-VARIOS
E-06	PLANTA LOSA ARMADA SALA DE EQUIPOS - DETALLE 1
E-07	DETALLES VARIOS ESCALERA DE INGRESO
E-08	PLANTA DE CIMENTACIÓN TORRE AUTOSOPORTADA 41M 120KPH
E-09	ESCALERILLA HORIZONTAL DETALLE TIPICO VERTE AGUA. SOPORTE
E-10	DETALLES PUERTA METÁLICA CONTRAPLACADA
E-11	DETALLES PUERTA METÁLICA CONTRAPLACADA
IE-01	PLANTA SISTEMA ELÉCTRICO PROPUESTA
IE-02	PLANTA SISTEMA ATERRAMIENTO PROPUESTA
IE-03	POZO A TIERRA PROPUESTA LEYENDA
IE-04	DETALLES DE BARRAS
IE-05	DIAGRAMA DE ATERRAMIENTO DETALLES-VARIOS
IE-06	TABLERO INTEGRADO 220 VAC-3F
IE-07	TORRE 41M AUTOSOPORTADA DETALLES-VARIOS
TOTAL	25 LAMINAS

## RESUMEN DEL PROYECTO

TIPO DE OBRA	: RA BAYOVAR MINERA MISKIMAYO
DIRECCION	: CARRETERA PARACHIQUE-SECHURA
AREA TOTAL DE ESTACION	: 300.00 m2
TIPO DE OBRA	: ESTACION EN SUELO
CONTRATISTA	: TORRES AJ PERU S.A.C.
PROPIETARIO	: MINERA MISKIMAYO
ARQUITECTO	: ARQ. RICHARD CONDORI PAREDES C.A.P.: 6717
ING. ELECTRICISTA	: ING. HOMERO GUTIERREZ ZAMORA C.I.P.: 112855
ING. ESTRUCTURAL	: ING. ROMEL MAN SARMIENTO DEL CARMEN C.I.P.: 77276
ALTURA DE TORRE	: TORRE 41.00M
LATITUD	: 05°55'42.51"
LONGITUD	: 80°52'21.99"
ALTITUD	: 75 msnm

Figura 3.17 Resumen de proyecto (Fuente: Ibid)

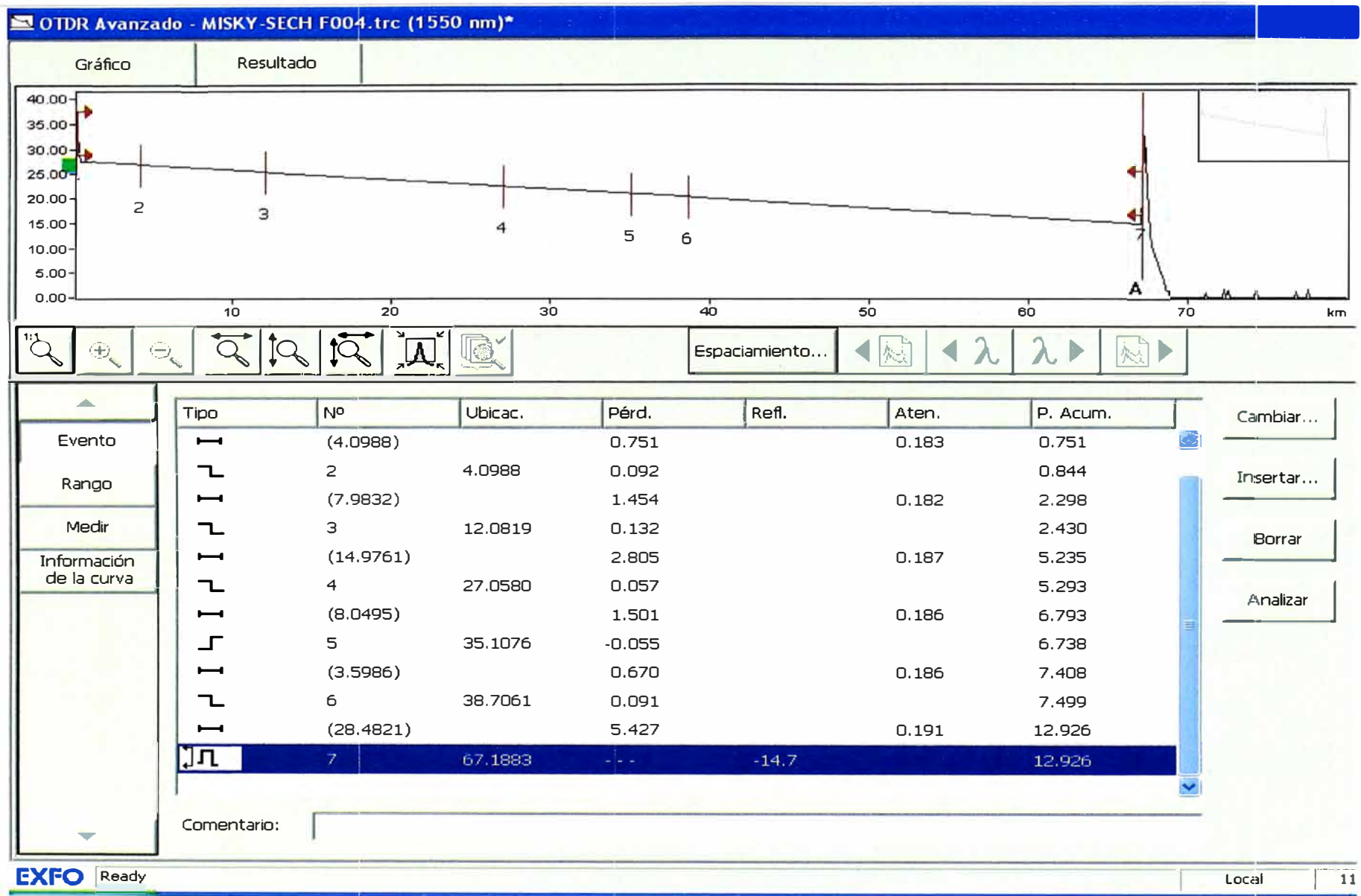


Figura 3.18 Ejemplo de pruebas obtenidas del OTR, Miskimayo – Sechura (Hilo 004) -(Fuente: Ibid)



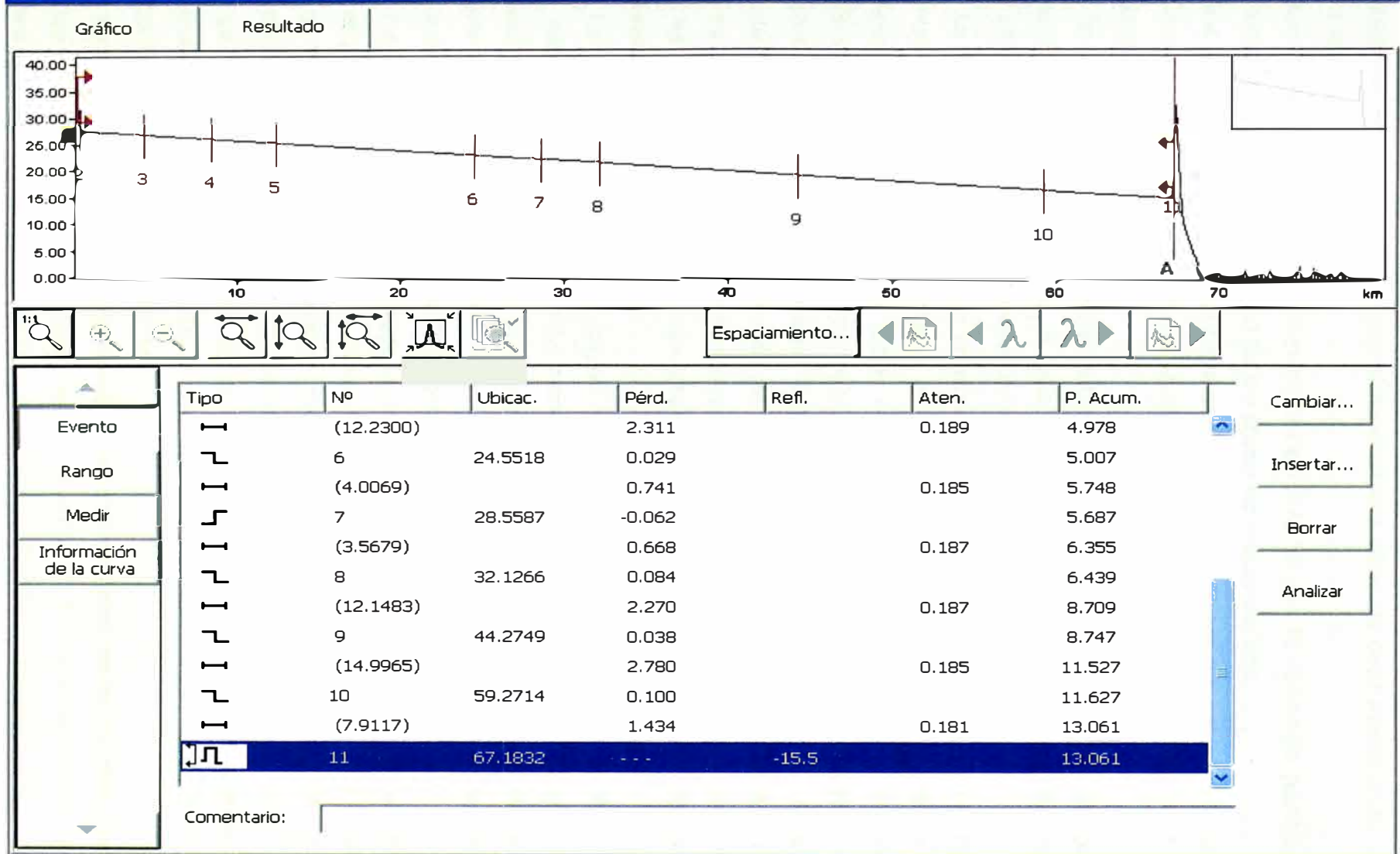


Figura 3.19 Ejemplo de pruebas obtenidas del OTR, Sechura – Miskimayo (Hilo 004) - (Fuente: Ibid)

- Que los puntos de reserva contengan la cantidad de cable suficiente y que se encuentren en una posición aproximada igual a la mitad de cada tramo único de cable de fibra óptica.
- Que los anillos que forman la reserva de cable tengan la curvatura permitida y estén amarrados con la cantidad y tipo de collarines correspondientes.
- Que en cada punto donde se haya separado el mensajero del cable de fibra óptica, no se hubiera rasgado el nervio de la cubierta entre cable y mensajero más allá de lo requerido.

Se consideró que la actividad estaba terminada, después que los encargados de la construcción habían corregido, a satisfacción de la empresa, las observaciones hechas por intermedio de la Inspección de Obras.

La Tabla 3.2 es la tabla de tensiones y flechas en las hipótesis de tracción máxima admisible y de flecha máxima, y la Tabla 3.3 es la tabla de tendido a diferentes temperaturas sin sobrecargas. Estas son proporcionadas por el fabricante Draka (cable CDS-3228) y fueron usadas tanto, para el dimensionamiento de la fibra óptica, como para el proceso de tendido de la misma. Estos valores son corroborados con el Anexo A. Se puede notar que la flecha inclinada en la hipótesis A como en la hipótesis C de la Tabla 3.2 es cero, debido a que en estos casos no se ha considerado velocidad de viento, a su vez se puede indicar que se está cumpliendo que la flecha máxima sea menor que el 3% del vano,

La Figura 3.15 muestra el detalle del diagrama esquemático del tendido de F.O. en los postes de 60KVA. Esta información fue proporcionada por el cliente y sirvió de referencia para el tendido de la segunda fibra óptica (reutilizando la infraestructura de postería). La nueva F.O. fue colocada en forma paralela a la ya existente, haciendo uso de la serie de postes no utilizados Figura 3.13).

La Figura 3.16 muestra la llegada del tendido a la Planta Concentradora haciendo uso la infraestructura de 60KVA propiedad del cliente, de ahí se llega a la zona marcada cómo Fin de Proyecto a través de postes y ductos propiedad del cliente. Desde este punto parte el tendido de F.O. interna del cliente.

La Figura 3.17 es un detalle de los trabajos realizados. En este se puede apreciar: el resumen del proyecto; la relación de láminas; a localización, y notas generales.

### **3.2.5 Pruebas de comunicaciones**

La Figura 3.18 y la Figura 3.19 muestran dos ejemplos de las 16 pruebas realizadas en los hilos de fibra óptica. El cable de F.O. cuenta con 8 hilos y las pruebas de medición óptica fueron realizadas en ambos extremos utilizando el equipo OTR (Optical Time Domain Reflectometer). Las figuras corresponden al hilo 004, desde la planta

concentradora (Miskimayo) hacia Sechura (Nodo) y viceversa.

Las siguientes tablas (Tabla 3.4 a Tabla 3.17) fueron usadas para certificar que la configuración de la prueba, los parámetros sometidos a prueba y los resultados de los mismos se obtuvieron de manera correcta. (Fuente: Proveedor)

**Tabla 3.4** Potencia media emitida en la interfaz de salida STM1/ STM4/ STM16/ STM64

Sub-rack	Slot	Tipo de Tarjeta	Potencia Emitida (dBm) T2000 / P.M.
RK-4040-OSN1500-01	3	SL16A	1.1/2.40(1310)/1.35 (1550)
RK-4040-OSN1500-01	4	CXL1	-10.4/-10.50
RK-4040-OSN1500-01	5	CXL1	-10.3/-10.55

**Tabla 3.5** Sobrecarga en la interfaz de entrada STM1 / STM4 / STM16 /STM64

Sub-rack	Slot	Tipo de Tarjeta	Potencia de Sobrecarga (dBm) T2000 / P.M.	Observaciones Valor Teórico (dBm)
RK-4040-OSN1500-01	3	SL16A	-5.3/-3.35	-9.0
RK-4040-OSN1500-01	4	CXL1	-7.3/-2.45	Max Potencia Sunset
RK-4040-OSN1500-01	5	CXL1	-7.3/-2.45	Max Potencia Sunset

**Tabla 3.6** Sobrecarga en la interfaz de salida con ALS STM1/STM4/STM16/ STM64

Sub-rack	Slot	Tipo de Tarjeta	Puerto Óptico (OUT) (dBm) T2000 / P.M.	Potencia de Sobrecarga (dBm) T2000 / P.M.
RK-4040-OSN1500-01	3	SL16A	1.1/2.65(1310)/1.55 (1550)	-5.3/-3.35
RK-4040-OSN1500-01	4	CXL1	-10.5/-10.50	-7.3/-2.45
RK-4040-OSN1500-01	5	CXL1	-10.4/-10.45	-7.3/-2.45

**Tabla 3.7** Sensitividad de la interfaz de entrada STM1/ STM4 / STM-16/ STM-64

Sub-rack	Slot	Tipo de Tarjeta	Potencia de Sensitividad (dBm) T2000 / P.M.	Observaciones Valor Teórico (dBm)
RK-4040-OSN1500-01	3	SL16A	-33.0/-33.10	-28.0
RK-4040-OSN1500-01	4	CXL1	-43.7/-46.45	-28.0
RK-4040-OSN1500-01	5	CXL1	-43.4/-45.25	-28.0
La sensibilidad de la Tarjeta SL16A es de -9 a -28dBm				

**Tabla 3.7** Desviación máxima de frecuencia en la interfaz de entrada STM1/STM4/STM16 /STM64

Sub-rack	Slot	Tipo de Tarjeta	Cumple (SI/NO)	Observaciones
RK-4040-OSN1500-01	3	SL16A	SI	+ 20 ppm
RK-4040-OSN1500-01	4	CXL1	SI	+ 20 ppm
RK-4040-OSN1500-01	5	CXL1	SI	+ 20 ppm

**Tabla 3.8** Jitter de salida en la interfaz STM-1/STM-4/STM-16

Sub-rack	Slot	Tipo de Tarjeta	Valor en B1 (Upp)	Valor en B2 (Upp)	Cumple (SI/NO)
RK-4040-OSN1500-01	3	SL16A	0.131	0.112	SI
RK-4040-OSN1500-01	4	CXL1	0.154	0.143	SI
RK-4040-OSN1500-01	5	CXL1	0.154	0.143	SI

**Tabla 3.9** Tolerancia del jitter en la interfaz de entrada STM1/ STM4/ STM16

Sub-rack	Slot	Tipo de Tarjeta	Cumple (SI/NO)
RK-4040-OSN1500-01	3	SL16A	SI
RK-4040-OSN1500-01	4	CXL1	SI
RK-4040-OSN1500-01	5	CXL1	SI

**Tabla 3.10** Balance de Potencias

Sub-rack	Slot	Tipo de Tarjeta	Puerto Óptico	Potencia Óptica (dBm)
RK-4040-OSN1500-01	3	SL16A	IN	-15.6

**Tabla 3.11** Desviación máxima de frecuencia en la interfaz de entrada E1/E3/STM-1

Sub-rack	Procesadora	Interfaz	Puerto Eléctrico	Cumple	Nota
RK-4040-OSN1500-01	PQ1	D75S	1-32	SI	+ 50 ppm

**Tabla 3.12** Tolerancia del jitter en la interfaz de entrada E1/E3/STM-1e

Sub-rack	Procesadora	Interfase	Puerto Eléctrico	Cumple
RK-4040-OSN1500-01	PQ1	D75S	1-32	SI

**Tabla 3.13** Jitter de mapeo en la interfaz de salida E1/E3

Sub-rack	Slot	Procesadora	Interfase	f1-f4 (Upp)	f3-f4 (Upp)	Cumple
RK-4040-OSN1500-01	2	PQ1	D75S	0.040	0.037	SI

**Tabla 3.14** Prueba de la Tarjeta GSCC

Sub-rack	Acción	Resultados
RK-4040-OSN1500-01	Capacidad máxima posible	OK
RK-4040-OSN1500-01	Tributario a tributario	OK
RK-4040-OSN1500-01	Tributario a agragado	OK
RK-4040-OSN1500-01	Agregado a tributario	OK
RK-4040-OSN1500-01	Agregado a agregado	OK
RK-4040-OSN1500-01	Braodcasting	OK
RK-4040-OSN1500-01	Conmutación	OK

**Tabla 3.14** Conmutación de ref. de la Fuente de Reloj en la Interfaz de Sincronismo

Sub-rack	Cumple (SI/NO)
RK-4040-OSN1500-01	SI

**Tabla 3.15** Conectividad y función de acceso a las alarmas

Estación	Acción	Resultado	Observaciones
RK-4040-OSN1500-01	retiro de SL16a	OK	alarma T2000
RK-4040-OSN1500-01	apagado de fuentes	OK	se reestablece servicio a los 3'05"
RK-4040-OSN1500-01	retiro de fibras	OK	alarma sonora y de color
RK-4040-OSN1500-01	activación de ALS	OK	
RK-4040-OSN1500-01	detección de los	OK	alarmas sonoras y de color
RK-4040-OSN1500-01	detección de AIS	OK	
RK-4040-OSN1500-01	detección de LOF	OK	
RK-4040-OSN1500-01	detección RDI	OK	
RK-4040-OSN1500-01	detección de LOP	OK	
RK-4040-OSN1500-01	señal al límite de sensibilidad	OK	con medidor Sunset SDH
RK-4040-OSN1500-01	detección de B1,B2,B3	OK	se genera con atenuador var.

**Tabla 3.16** Prueba del canal de servicio

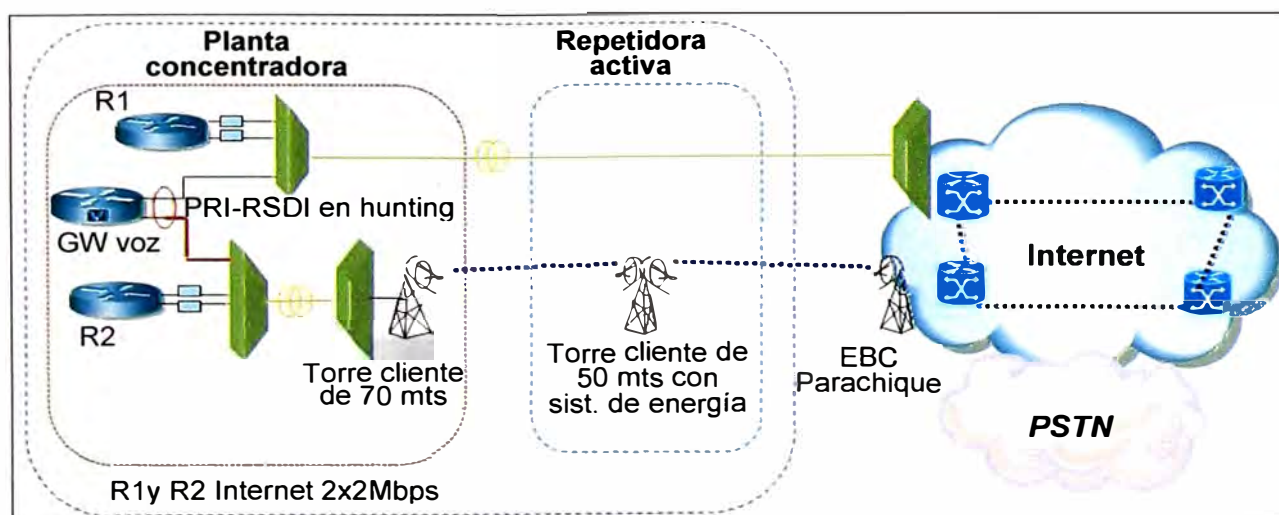
Acción	Cumple (SI/NO)
RK-4040-OSN1500-01	SI

**Tabla 3.17** Prueba de 24 horas de errores de bit

Estación Fuente	Estación Destino	Velocidad	Cumple (SI/NO)
Analizador SDH SUNSET	202E-1	2MB	SI
Analizador SDH SUNSET	202E-1	STM1, STM-16	SI

### 3.3 Equipamiento

En esta sección se detalla la solución de equipamiento requerido para la operación del sistema de comunicaciones incluyendo la redundancia del mismo (Figura 3.20).

**Figura 3.20** Topología de red

### **3.3.1 Equipamiento para enlace principal (Fibra óptica)**

Para el campamento minero se habilitan (02) dos enlaces Internet con acceso TDM a 2 Mbps a fin de brindar 4 Mbps en total.

El servicio de Internet se brinda utilizando (01) un equipo Cisco ISR 2801 en el cual se habilitan (02) dos puertos seriales las cuales se conectan a (02) dos puertos E1 de (01) un equipo multiplexor Optix Metro 1000, utilizando como equipos intermedios (02) dos equipos conversores V.35 / G.703, dejando (02) dos puertos Fast Ethernet libres en el equipo Cisco ISR 2801 para la conexión de este equipo con la red LAN del cliente.

El equipo multiplexor Metro 1000 es instalado por el proveedor de servicios y a este equipo se conecta fibra óptica, la cual sirve como medio de acceso a la Red MPLS de dicho proveedor.

Asimismo se habilita (01) un acceso RDSI Primario de 30 canales de voz por fibra óptica, el cual se brinda a través de (01) una puerta E1 habilitada en el equipo Metro 1000. Este acceso permite acceder a la Red Pública de Telefonía (PSTN).

### **3.3.2 Equipamiento para enlace de respaldo (Radio)**

En esta sección se desarrolla lo siguientes ítems: respaldo Internet y respaldo voz.

#### **a. Respaldo Internet**

Se habilitan (02) enlaces de 2 Mbps a través de transmisión microondas, los cuales trabajarán como contingencia de los enlaces entregados por fibra óptica.

También se considera en la presente solución, la instalación de (01) un cable de fibra óptica de (08) ocho hilos y de 700 metros de longitud entre la caseta de radio ubicada en la zona de Planta Concentradora y el centro de cómputo del cliente. Para esta instalación se utilizará la canalización brindada por el cliente.

La fibra óptica se conecta a equipos multiplexores Optix Metro 1000 instalados tanto en la caseta del radio de la zona de Planta Concentradora como en el centro de cómputo del cliente.

Para la habilitación del enlace, se utiliza (01) un equipo Cisco ISR 2801 en el cual se habilitan (02) dos puertos seriales las cuales se conectan a (02) puertos E1 uno del equipo multiplexor Optix Metro 1000 instalados en el centro de cómputo, utilizando como equipos intermedios (02) dos equipos conversores V.35 / G.703, dejando (02) dos puertos Fast Ethernet libres en el equipo Cisco ISR 2801 para la conexión de este equipo con la red LAN del cliente.

De la misma manera, en la caseta de radio instalada por el cliente en la zona de Planta Concentradora, se conecta el equipo IDU del radio al multiplexor Optix Metro 1000 instalada en la caseta de radio a través de (02) dos puertos E1.

Es importante mencionar que la solución de contingencia propuesta solo servirá para

la navegación en Internet de los usuarios del campamento.

Los enlaces de contingencia entran en funcionamiento automáticamente, en vista que se utilizará el protocolo HSRP (Hot Stand by Router Protocol).

Al implementar HSRP, los routers redundantes pueden tener 2 estados: primario (Router 1) y standby (Router 2). Si el router primario no envía paquetes hello al router standby por un determinado período de tiempo, el router standby asume que el primario está fuera de servicio por algún motivo y pasa a estar activo. De este modo, el router que estaba standby asume la responsabilidad de la IP virtual y comienza a responder a la dirección MAC virtual a la que está puntada la IP virtual.

Para hacer esto posible, el router primario y el standby intercambian paquetes HSRP hello que le permiten a cada uno conocer el estado del otro. Para determinar el router activo, se configura una prioridad o se determina el dispositivo activo. La prioridad por defecto es 100 y el router de mayor prioridad es el que se preferirá como activo.

#### **b. Respaldo voz**

Se cuenta con un acceso adicional RDSI Primario con 30 canales de voz, el cual trabaja en hunting con el acceso RDSI primario, completando un total de 60 canales voz disponibles entre llamadas entrantes y salientes, los cuales le permiten acceder a la red pública de telefonía (PSTN) considerando los estándares de calidad necesarios para garantizar comunicaciones de voz efectivas.

El acceso RDSI primario 2 trabaja utilizando un (01) equipo de radio como medio de acceso a la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), mientras que el acceso RDSI primario 1 se brinda utilizando fibra óptica como medio de acceso, como se puede observar en la Figura 3.20.

Es importante mencionar que en caso se pierda la comunicación a través de la fibra, el acceso RDSI primario que trabaja utilizando el radioenlace seguirá funcionando pero solo con 30 canales de voz disponibles entre llamadas entrantes y salientes. Este comportamiento del servicio se repetirá en caso se pierda comunicación por el enlace de radio, quedando únicamente disponibles los 30 canales de voz del acceso RDSI primario que utiliza fibra óptica como medio de acceso. A continuación se muestran las características técnicas de los enlaces (Tabla 3.18 y Tabla 3.19)

**Tabla 3.19** Características de enlace de voz

	<b>Primario de Voz 1</b>	<b>Primario de Voz 2</b>
Tecnología	RDSI	RDSI
Acceso	Simétrico(TDM)	Simétrico (TDM )
Velocidad	2 MBPS	2 MBPS
Overbooking	1:1	1:1
DCE	Multiplexor Metro 1000	Multiplexor Metro 1000
Canales De Voz	30	30

**Tabla 3.19** Características de enlace de datos

	<b>Enlace Principal de Internet 1</b>	<b>Enlace Principal de Internet 2</b>	<b>Enlace Backup de Internet 1</b>	<b>Enlace Backup de Internet 2</b>
Servicio	Internet	Internet	Internet	Internet
Acceso	Simétrico(TDM)	Simétrico (TDM)	Simétrico (TDM )	Simétrico (TDM )
Velocidad	2 MBPS	2 MBPS	2 MBPS	2 MBPS
Overbooking	1:1	1:1	1:1	1:1
DCE	Multiplexor Metro 1000	Multiplexor Metro 1000	Multiplexor Metro 1000+ Radio Microlink	Multiplexor Metro 1000+ Radio Microlink
DTE	Router Cisco 2801	Router Cisco 2801	Router Cisco 2801	Router Cisco 2801

### 3.4 Materiales de cableado y canalización de fibra óptica

La fibra óptica en el tendido canalizado va por ductos de 2 pulgadas de material de PVC tipo SAP pesado.

Las cámaras son de concreto y con tapa de fierro en el lado de la ciudad y el lado rural, son cámaras de concreto tipo ciegas, de acuerdo a las Normas establecidas.

Los postes son de concreto armado para los de altura de 9 m, y con malla de fierro para los de altura de 11 m.

Los postes eléctricos que se está utilizando son de madera de propiedad de Miskimayo. La fibra óptica es del tipo ADSS de 8 hilos.

Los empalmes se realizaron por fusión, la misma que permite pérdidas en dB menores y óptimas. El tendido empieza en el ODF (Optical Distribution Frame) de la Central de Sechura y termina en el ODF de la sala de cómputo de las Oficinas de Miskimayo.

La Tabla 3.20 resume las obras y material utilizado, la Tabla 3.21 los datos del cable, la Tabla 3.22 los datos de instalación, la Tabla 3.23 los pesos resultantes.

**Tabla 3.20** Materiales y obras (Fuente: Ib)

<b>Obras</b>	<b>Tipo</b>	<b>Cant. Parcial</b>	<b>Cant Total</b>	<b>Mts. Ó Und.</b>
Construcción De Canalización			<b>1948</b>	mts.
Construcción De Cámaras De Registro	X-A	8	<b>12</b>	und.
	C-C	4		
Instalación De Poste	9 mts	541	<b>550</b>	und.
	11 mts	9		
Instalación De Ancla	Normal	190	<b>240</b>	und.
	Vertical	50		
Fibra Óptica			<b>65315</b>	Mts.
Empalmes	fusión	n/a	<b>12</b>	Und.



**Tabla 3.21** Materiales (Fuente: Ib)

Código de cable	CDS-3228
Edición	1
Diámetro del cable	13.7 mm
Peso del cable	135 Kg/Km
Sección resistente	14.2 mm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad	8, 720 kg/ mm <sup>2</sup>
Coef. Expans. Térmica	7.2 10 <sup>-6</sup> /°C
Carga de rotura	2,100 kg
Tensión máx. admisible	1, 000 Kg
Coeficiente de seguridad	2.10

**Tabla 3.22** Datos de instalación (Fuente: Ib)

Longitud del vano mínimo	10 m
Longitud del vano máximo	10 m
Incremento longitud del vano	10 m
Tensión de cada día (TCD)	16%
Temperatura de TCD	20 °C

**Tabla 3.23** Pesos resultantes (Fuente: Ib)

Pesos Resultantes	Unidad	Tracción Max. Admisible	Flecha Máxima		
			Hipótesis A	Hipótesis B 15°	Hipótesis C 50°
propio del cable:	kg/m	0,135	0,13	0,135	0,13
resultante sin viento:	kg/m	0,135	5 0,13	0,135	5 0,13
en hipótesis:	kg/m	0,392	5 0,13	0,392	5 0,13

## CAPÍTULO IV CRONOGRAMA Y COSTOS

En el presente capítulo se tocan los temas involucrados al presupuesto y al cronograma del proyecto de ingeniería.

Los costos están expresados en tres rubros: Diseño, planificación y tendido; Servicios de gestión, 3 Materiales para tendido fibra óptica.

El cronograma es mostrado mediante un diagrama de Gantt.

### 4.1 Costos

Los costos son mostrados en las siguientes tablas: Tabla 4.1 Diseño, planificación y tendido, Tabla 4.2 Servicios de gestión, Tabla 4.3 Materiales para tendido fibra óptica., siendo la suma total S/. 1' 749, 754.24

**Tabla 4.1** Diseño, planificación y tendido (Fuente: Proveedor)

Descripción	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio Total (S/.)
<b>DISEÑO, PLANIFICACIÓN Y TENDIDO</b>			<b>690,042.86</b>
Tendido de fibra óptica monomodo para vanos largos 8F	67200	2.37	159,183.36
Instalación de riostras en los cambios de tramos	1	102,147.23	102,147.23
Obras Civiles (Canalización y zanja) en ambos extremos del enlace	1	85,000.00	85,000.00
Gestión de Licencia	1	7,000.00	7,000.00
Construcción de cerco perimetral con malla metálica	1	14,100.00	14,100.00
Ingeniería de detalle	1	122,044.89	122,044.89
Supervisión del Proyecto	1	146,453.88	146,453.88
Operación asistida x 1 mes	1	7,233.50	7,233.50
Instalación y pruebas de equipos de TX	1	14,000.00	14,000.00
Suministro de equipos	1	25,380.00	25,380.00
Interconexión a la red - Radioenlaces	1	7,500.00	7,500.00

**Tabla 4.2** Servicios de gestión (Fuente: Ibídem)

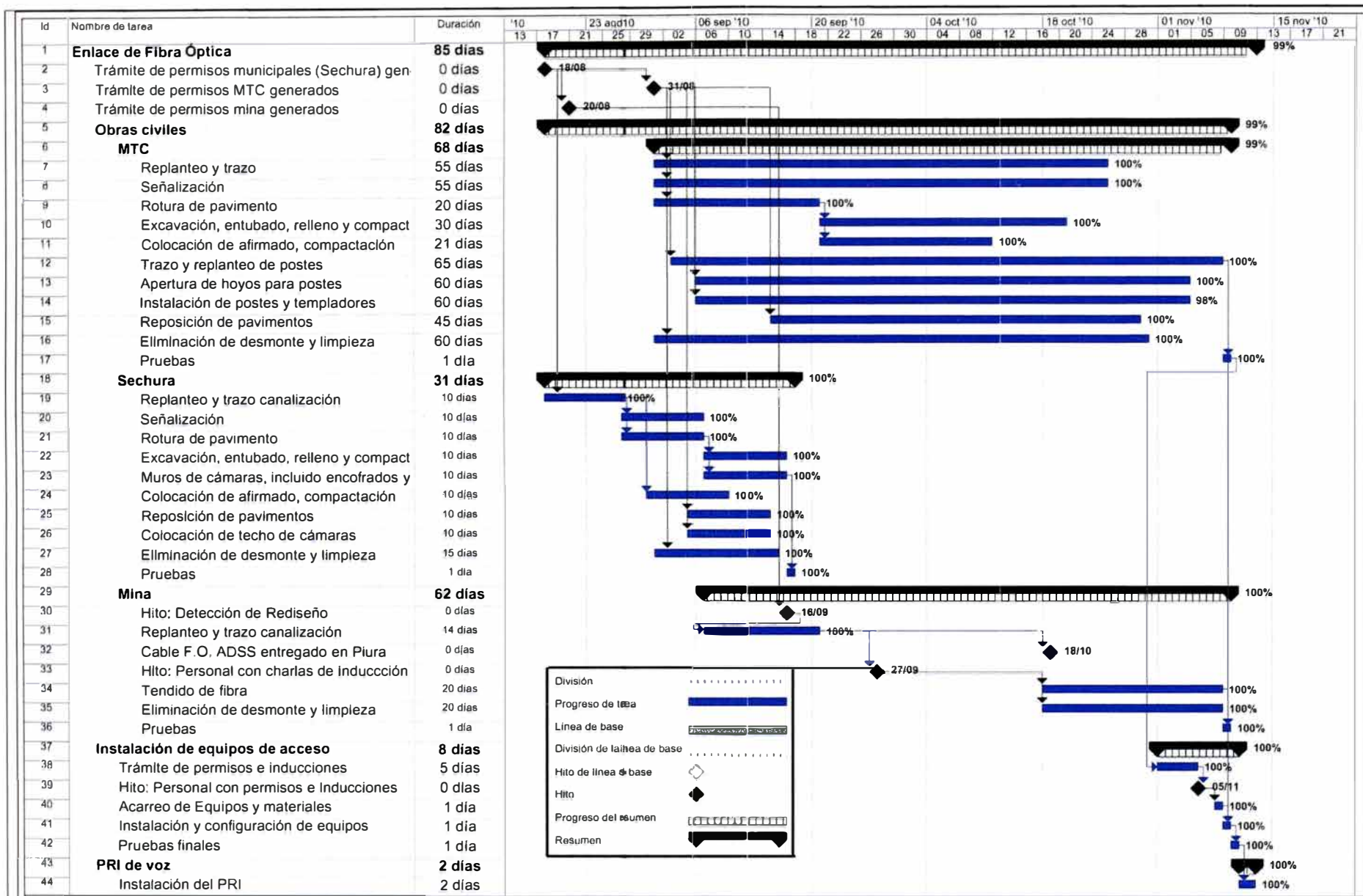
Descripción	Cantidad	Precio Unit. (S/.)	Precio Total (S/.)
<b>SERVICIOS DE GESTIÓN</b>			<b>149,500.00</b>
Gestión de proyecto	1	60,000.00	60,000.00
Personal de asistencia de proyectos	2	9,000.00	18,000.00
Transporte de personal	1	4,000.00	4,000.00
Supervisión de seguridad, salud y medio ambiente	1	60,000.00	60,000.00
Vigilancia en el campamento	1	7,500.00	7,500.00

**Tabla 4.3** Materiales para tendido fibra óptica (Fuente: Ibídem)

Descripción	Qty	Precio Unit (S/.)	Precio Total (S/.)
<b>MATERIALES PARA TENDIDO FIBRA ÓPTICA</b>			<b>910,211.38</b>
Fibra óptica monomodo para vanos largos 8F	67200	5.22	350,582.40
<b>Gabinete de pared 15RU, 746*600*673 mm</b>	2	2812.03	5624.07
Bandeja para aparatos 2UA, con sistema extraíble	4	468.09	1872.36
Ordenador horizontal para conducción de cables de 2UR	2	225.67	451.34
Juego de ampliación de ventiladores	4	166.74	666.94
Regleta de Alimentación de 8 tomacorrientes	4	274.19	1096.74
Panel ciego 19" de acero (1UA)	2	117.37	234.73
Panel ciego 19" de acero (2UA)	2	125.29	250.57
<b>DIO - 12 FIBRAS</b>	<b>2</b>	<b>2481.13</b>	<b>4,962.27</b>
KIT 3X PLACAS LGX 08 POSICIONES LC/SC	2	0.00	0.00
KIT BANDEJA DE EMPALME 24F	2	0.00	0.00
KIT DE ANCLAJE Y ACOMODACIÓN	2	0.00	0.00
EXTENSIÓN OPTICA CONECTORIZADA 06F SM SC-SPC - D0.9	12	0.00	0.00
CORDON DUPLEX SM SC-SPC/SC-SPC 1.5M - AMARILLO	12	0.00	0.00
Materiales para soporte e instalación de fibras en líneas eléctricas aéreas	1	480,853.57	480,853.57
Empalmes, conexiones, cajas de paso, pruebas y certificación	1	63,616.38	63,616.38

### 4.3 Cronograma

La Figura 4.1 muestra el cronograma de trabajos mediante un diagrama de Gantt. Se puede observar los trámites respectivos para inicio de obras, las obras civiles, la instalación de equipos de acceso y el PRi de voz



**Figura A.1** Diagrama de estaciones repetidoras, coordenadas y distribución de frecuencias (Fuente: Propia)

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones**

1. El diseño e implementación del backbone de fibra óptica ADSS reutilizando la infraestructura de línea de energía eléctrica existente, así como de nueva postería, fue realizada dentro de los parámetros establecidos cubriendo ampliamente los requerimientos exigidos por el cliente.
2. Para el trazado del tendido de Fibra óptica se tomó en consideración la ruta del oleoducto Norperuano así cómo la utilización del derecho a vía establecido por el MTC, para evitar problemas de reubicación de postería o pago por derecho de servidumbre
3. Para el diseño del tendido de fibra óptica se utilizaron las tablas provistas por el fabricante.
4. Las pruebas de comunicaciones fueron exhaustivas obteniéndose los resultados esperados.
5. La infraestructura queda en propiedad de la empresa minera, a excepción de los equipos de comunicaciones que se incluyen con el servicio a proporcionar.
6. El cliente deja abierta la posibilidad de compartir parte de su infraestructura (postería y fibra óptica) con el proveedor de servicios.

### **Recomendaciones**

1. Para efectos prácticos, es recomendable hacer uso de las tablas de características de los diversos elementos que son parte de la infraestructura.
2. Se recomienda que los materiales, herramienta y equipamiento de comunicaciones, sean de buena calidad y de fabricante reconocido en el mercado, de preferencia con certificación de laboratorio reconocido a nivel internacional.
3. En caso contrario, se debe verificar las características ofrecidas de lo antes mencionado a través de pruebas y mediciones según sea el caso.

**ANEXO A**  
**CÁLCULOS DE LAS TENSIONES PARA LA INSTALACIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA**

Se asume una longitud de empotramiento del poste equivalente a 1/5 de la altura del poste.

La altura mínima de instalación en la flecha máxima para carreteras es de 5.3 m de acuerdo a recomendaciones del Código Nacional de Electricidad.

De acuerdo a lo anterior el vano de 91 m para un poste de 11 m no es recomendable y se deberá instalar un vano máximo de 83 m para una flecha de 2,49 m. Así mismo se deberá usar ferretería especial tanto para los postes inicial/final e intermedios.

El factor de seguridad es de 2.5, de acuerdo a recomendaciones de los fabricantes y CNE.

La fuerza de tensión máxima se calcula de la siguiente manera:

$$T_0 = P_0 L^2 / 8 f \text{ (kgf)} \quad (\text{A.1})$$

Donde:

$P_0$  = Acción del viento y peso del cable (kg/m)

$L$  = Luz del vano (m)

$F$  = Flecha máxima (m)

El  $P_0$  (Acción del viento y peso del cable) se calcula con la siguiente fórmula

$$P_0^2 = P_v^2 + P_p^2 \text{ (kg/m)} \quad (\text{A.2})$$

Donde:

$P_p$  = Peso del cable incluido mensajero de ser el caso (kg/m)

$P_v$  = Acción del viento =  $0,007 V^2 \times K \times S$  (kg/m)

$V$  = Velocidad del viento (km/h)

$K$  = Factor de forma = 0,7

$S$  = Sección normal a la dirección del viento, de un metro de cable (m<sup>2</sup>).

**ANEXO B**  
**DIFERENCIAS ENTRE LOS CABLES AUTO-SUSTENTADOS Y OPGW**



Entre los factores que influyen en la opción del tipo de cable a ser utilizado esta el número y tipo de fibras, el espaciamiento entre los elementos ópticos para derivación (redes de acceso) y las facilidades de transición entre la planta aérea y la subterránea.

Las características comunes de los ADSS y OPGW, en el uso de sistemas eléctricos, son:

- Los medios de transmisión (fibras ópticas) no son afectados por interferencias electromagnéticas.
- Los proyectos aéreos auto-sustentados aprovechan los correctos pasos existentes (torres y postes de red de energía).
- Técnicas simples de instalación aérea que permite la rápida implementación de red.
- Construcción robusta comprobada.

Lo mismo también puede ser suministrado con veintena de atadura 288 fibras, proporcionando una alta capacidad, suficiente para atender aplicaciones en redes punto a punto o para redes de acceso.

El cable OPGW generalmente es limitado a 120 fibras por cable, siendo que las mismas están colocadas bajo cámaras metálicas creando dificultades para el acceso de fibras con su núcleo.

Otro punto importante es la transición del cable de redes aéreas para las redes subterráneas a fin de alcanzar las estaciones, debido a necesidades de realizarse una enmendadura de transición entre el cable OPGW y otro cable dieléctrico para realizar la caída y encaminamiento a través de red de ductos.

Si a la red no exige y ni tiene un cable pararrayo, el costo de materia (cables ópticos, elementos de fijación, lista de mejora, etc.) y el costo de instalación (descarga, susto, realización de mejoras y pruebas) de dos opciones más cálculos y comparaciones.

Los costos del cable auto-sustentado típicamente son de 20% a 30% más bajos en comparación con el cable OPGW, y el costo de instalación del cable auto-sustentado es de 25% a 50% menos.

Entre otras consideraciones que se deben tener, esta la necesidad de reforzar la estructura de torres de transmisión, otro factor importante es la necesidad de interrupción del servicio, que puede ser evitada con la utilización de cables auto-sustentados.

El cable OPGW es instalado sobre el alambre de plataforma, según los métodos tradicionales de instalación, y con esto generalmente es necesario interrumpir el suministro de energía eléctrica durante su instalación por razones de seguridad del personal y para evitar averías que podrían ocurrir caso el cable metálico entra en contacto con un conductor fase energizado

**Tabla B.1** Comparativo ADSS OGW

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>ADSS</b>	<b>OPGW</b>
Confiabilidad	Alta	Alta
independencia de pararrayo	Total	Ninguno
Sobrecarga Estructural	Pequeña	Razonable
Instalación en sistema nuevo	Simple	Simple
Instalación en sistema Existente	Simple	Complejo
Trabajo con tensión enganchada	Simple	Complejo
Facilidad de Mantenimiento	Fácil	Difícil
Costo del producto	Bajo	Alto
Costo de instalación	Bajo	Alto
Costo total del sistema	Bajo	Alto
Transferencia de esfuerzos para fibras con el tiempo	Bajo	Media
Acceso a fibras ópticas	Fácil	Difícil

**ANEXO C**  
**ANÁLISIS DEL TIPO DE FIBRA ÓPTICA A UTILIZAR**

Para escoger el Tipo de Fibra óptica monomodo, se consideró las recomendaciones de normas ITU G.652:

- ITU-T G.652.A, contiene los atributos y valores recomendados necesarios para soportar aplicaciones tales como las recomendadas en [ITU-T G.957] y [ITU-T G.691] hasta STM-16, así como 10 Gbit/s hasta 40 km (Ethernet) y STM-256 por la [ITU-T G.693].
- ITU-T G.652.B, contiene los atributos y valores recomendados necesarios para soportar aplicaciones de mayor bit rate, hasta STM-64, tal como en la [ITU-T G.691] y [ITU-T G.692], STM-256 para algunas aplicaciones en [ITU-T G.693] y [ITU-T G.959.1]. Dependiendo la aplicación, puede ser necesario considerar la dispersión cromática.
- ITU-T G.652.C, es similar a la ITU-T G.652.A, pero permite transmitir en rangos de longitudes de onda extendidas desde 1360 nm a 1530 nm.
- ITU-T G.652.D, es similar a la ITU-T G.652.B, pero permite transmitir en longitudes de onda extendidas desde 1360 nm a 1530 nm.

Con la Tabla C.1 y C.2 se muestran los Atributos de la Fibra y los Atributos del cable, respectivamente. En la Tabla C.3 se indica las características de la FO monomodo

**Tabla C.1** Atributos de Fibra

Atributo	Detalle	Valor
Campos del diámetro	Longitud de onda	1310 nm
	Rango de Valores Nominales	8.6-9.5 $\mu\text{m}$
	Tolerancia	$\pm 0.6 \mu\text{m}$
Revestimiento del diámetro	Nominal	125.0 $\mu\text{m}$
	Tolerancia	$\pm 1 \mu\text{m}$
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0.6 $\mu\text{m}$
Revestimiento no circularidad	Máximo	0.01
Longitud de onda de corte	Máximo	1260 nm
Pérdida Macrocurvatura	Radio	30 mm
	Número de vueltas	100
	Máximo a 1625 nm	0.1 dB
Prueba de estrés	Mínimo	0.69 GPa
Coeficiente de dispersión Cromática	$\lambda_{0\text{min}}$	1300 nm
	$\lambda_{0\text{max}}$	1324 nm
	$S_{0\text{max}}$	0.092 ps/nm <sup>2</sup> x Km

**Tabla C.2** Atributos del Cable

Atributo	Detalle	Valor
Coeficiente de atenuación	Máximo desde 1310 nm a 1625 nm	0.4 dB/km
	Máximo a 1383 nm $\pm 3$ nm	0.4 dB/km
	Máximo a 1550 nm	0.3 dB/km
PMD coeficiente	M	20 cables
	Q	0.01%
	Máximo PMD <sub>Q</sub>	0.5 ps/ $\sqrt{\text{km}}$

Se optó por escoger la fibra óptica del tipo Fibra de Dispersión Normal (G652) realizando los cálculos matemáticos:

$$\sigma_c = D_c \sigma_i L \quad (\text{C.1})$$

$\sigma_c$  = Dispersión cromática

$\sigma_i$  = Anchura espectral de la fuente de luz, rms (nm)

$L$  = Longitud

$D_c$  = Coeficiente de dispersión cromática de la fibra óptica (ps/nm x Km)

Relación de ancho de banda y dispersión temporal.

$$\sigma \leq \frac{1}{4B} \quad (\text{C.2})$$

$B$  = Ancho de banda

$\sigma$  = Dispersión temporal

En el análisis los valores considerados son:

$B$  = 2.5 Gbps (STM-16)

$L$  = 65.315 Km

$\sigma_i$  = 1 nm

De las formulas anteriores se calcula que el máximo coeficiente de dispersión cromática permitido para el análisis sería **1.53 ps/nm x Km**. Revisando la tabla C.3 y debido a que los equipos a utilizar funcionarán en la segunda ventana se corrobora que la fibra de dispersión normal (G652) cumple con los requerimientos del caso de estudio.

A su vez revisando las recomendaciones de la norma ITU.T G.652 considerando velocidades de transmisión, distancias del tendido y el mayor de rango de longitud de onda permitido utilizar para el sistema se eligió que el tipo de fibra óptica G.652.C.

**Tabla C.3** Características de un cable de fibra óptica monomodo para longitudes de onda mayores

Características	Fibra De Dispersión Normal (G652)		Fibra De Dispersión Desplazada (G653)		Fibra De Atenuac. Optimizad A (G654)	Fibra De Dispersión Desplazada No Nula (G655)
	$\lambda=1.31\mu$ M	$\lambda=1.55\mu$ M	$\lambda =1.31\mu\text{m}$	$\lambda =1.55\mu\text{m}$	$\lambda =1.55\mu\text{m}$	$\lambda =1.55\mu\text{m}$
Coeficiente de Atenuación (dB/Km)	< 0.5 Mín.: 0.3→0.4	< 0.4 Mín.: 0.17→0.2 5	< 0.55	< 0.35 Mín.: 0.19→0.25	< 0.22 Mín.: 0.15→0.19	< 0.35 Mín.: 0.19→0.25
Máximo Coeficiente de Dispersión Cromática [Ps/nm.Km]	3.5(1288 →1339nm ) 5.3(1270 →1360nm )	20	En estudio	<3.5 (1525→157 5nm)	<20	<6

**ANEXO D**  
**ANÁLISIS DE RENDIMIENTO DEL SISTEMA**

La atenuación A de un enlace es dada por:  $A = \alpha L + \alpha_s x + \alpha_c y$

Donde:

- $\alpha$  Coeficiente de atenuación típico de cables de fibra en un enlace.
- $\alpha_s$  Significa pérdida en el empalme.
- x Número de empalmes en un enlace.
- $\alpha_c$  Significa pérdida en los conectores de línea.
- y Número de conectores de línea en un enlace (si existe)
- L Longitud del enlace.

De acuerdo a tabla:

**Tabla D.1** Cálculo de la atenuación del sistema de fibra óptica.

	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Coefficiente atenuación</b>	<b>Valor Parcial atenuación</b>
Longitud del enlace	65,315	Km	0.35 dB/Km	22.86 dB
Empalmes	12	unid	0.2 dB	2.4 dB
Conectores	4	unid	0.2 dB	0.8 dB
<b>MAXIMO VALOR DE ATENUACION</b>				<b>26.06 dB</b>

$$\alpha = 0.35 \text{ dB/km}$$

$$\alpha_s = \text{No mayor a } 0.2 \text{ dB}$$

$$\alpha_c = \text{Menor o igual a } 0.2 \text{ dB}$$

Finalmente se puede calcular las potencias de Rx en ambos extremos y los valores deberán encontrarse en el rango de potencias indicadas en las especificaciones técnicas de la interface del equipamiento:  $P_{Tx} - A_{total} = P_{Rx}$

**Tabla D.2** Calculo del rendimiento del sistema FO a través de una interfaz STM16

	<b>T2000 (dB)</b>	<b>P.M. (dB)</b>
Potencia Transmisión	1.1	2.4
Sensitividad	-33	-33.1
Sobrecarga	-5.3	-3.35
<b>Potencia Recepción</b>	<b>-24.96</b>	<b>-23.66</b>

En la tabla anterior se observa que los valores de potencia de recepción se encuentran dentro de los rangos de sensibilidad y sobrecarga del equipo de recepción. Por lo expuesto se concluye que el sistema de fibra óptica es óptimo.



**ANEXO E**  
**GLOSARIO DE TÉRMINOS**

AP	Punto de acceso.
APCO25	Association of Public Safety Communication Officials, Project 25
BAM	Bandwidth and Authentication Manager
BH	Unidad Backhaul
CAI	Common Air Interface
CMM	EI Cluster Management Module
DMR	Digital Mobile Radio. DMR es un estándar abierto de radio digital para usuarios PMR (Professional o Private Mobile Radio).
EN	European Standard, telecommunications series (EN) - Used when the document is intended to meet needs specific to Europe and requires transposition into national standards, or when the drafting of the document is required under an EC/EFTA mandate.
ETSI	Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones.
FDMA	Frecuency Division Multiplex Access
IP	Protocolo de Internet
ISSI	Inter RF Subsystem Interface.
LMR	Norteamérica Land Mobile Radio
MRE	Ministerio de Relaciones Exteriores
MPT-1327	Radio troncalizado
PMR	Professional o Private Mobile Radio
PSTN	Red pública de telefonía conmutada
PTT	Push-to-talk. Presionar para hablar, soltar para escuchar
SICORA	Sistema de Comunicación Radial Digital de Área Extendida para el Ministerio de Relaciones Exteriores.
SM	Módulo suscriptor
TDMA	Time Division Multiplex Access
TETRA	Terrestrial Trunked Radio
TS	ETSI Technical Specification
VHF	Very High Frequency, es la banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 30 MHz a 300 MHz.

## BIBLIOGRAFÍA

1. FIBERLIGN®, Hardware for ADSS  
<http://www.preformed.on.ca/PDF/FIBERLIGNHardwareforADSS.pdf>
2. Norma Técnica "Instalación Y Retiro de Postes". N-102-2002-Ed 2ª. Telefónica.
3. Norma Técnica "Instalación Y Retiro de Anclas y Riostras". N-102-2003-Ed 1ª. Ed Telefónica
4. Norma Técnica "Instalación de Protección Eléctrica en la red de Planta Externa" N-102-1005 3ra. ed., Telefónica
5. Norma Técnica "Instalación de Cable aéreo autoportado de F.O." N-102-1052 3ra. ed., Telefónica.
6. Norma técnica "Diseño de redes de cables multipares en postes eléctricos", N-101-5001, Telefónica.
7. ITU G.652, Serie G: "Transmission systems and media, digital systems and networks. Transmission media y optical systems characteristics – Optical fibre cables. Characteristics of a single-mode optical fibre and cable".
8. ITU L.26: Serie L: Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior. Cables de fibra óptica para aplicaciones aéreas.
9. Handbook – Optical fibres, cables and Systems, ITU-T Manual, 2009
10. Horak, Ray., "Telecommunications and data communications handbook", 2007, ISBN 9780470041413