

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

**MANUAL PRÁCTICO PARA EL CABLEADO DE LA RED AÉREA  
DE FIBRA ÓPTICA DE TELCONET EN LA CIUDAD DE QUITO.**

**PROYECTO PREVIO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO  
EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**PABLO ERNESTO CORTEZ BUSTAMANTE**

**[pacorbus007@gmail.com](mailto:pacorbus007@gmail.com)**

**DIRECTOR: Ing. Pablo Wigberto López Merino**

**[pwlopezm@hotmail.com](mailto:pwlopezm@hotmail.com)**

**Quito, Octubre del 2016**

## DECLARACIÓN

Yo, PABLO ERNESTO CORTEZ BUSTAMANTE declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

Pablo Ernesto Cortez Bustamante

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Pablo Ernesto Cortez Bustamante bajo mi supervisión.

---

Ing. Pablo López  
DIRECTOR DEL PROYECTO

## AGRADECIMIENTOS

Realmente hay muchas personas a quienes debo agradecer; primero a mi Padre Celestial quien me ha dado las fuerzas, salud, inspiración y capacidad para realizar, no solo este proyecto, sino también toda mi preparación académica para llegar a esta instancia.

Una gratitud inmensa a la empresa Telconet S.A. cuyas jefaturas me brindaron la oportunidad de generar este documento y además me abrieron las puertas hacia el campo laboral.

Un agradecimiento especial a mi esposa Adriana, por su sacrificada colaboración durante todo este tiempo, te amo.

A mis padres Germán y María, a mis hermanos Karen y Fernando por estar siempre a mi lado, gracias porque siempre he podido contar con ustedes.

A mis Pastores Ruth y Raúl, por sus constantes oraciones y por estar siempre pendientes de mi crecimiento integral como persona.

Al Ing. Pablo López por su apertura y dirección en la realización de este trabajo.

Al resto de mi familia, hermanos en la fe, amigos, compañeros de estudios y profesores quienes de una y otra manera me ayudaron y apoyaron en este arduo camino de mi formación profesional.

A todos ellos mil gracias por todo, que el Dios Todopoderoso les recompense abundantemente todo su apoyo y colaboración, gracias.

## DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado con todo el amor y cariño a mis padres Germán y María de quienes he recibido su apoyo incondicional durante toda mi vida estudiantil, es a ustedes a quienes quisiera honrar a través de la culminación de esta etapa educativa de mi vida. Solo Dios puede pagarles el gran sacrificio y amor con el que nos han educado.

También quiero dedicar este trabajo a mí amada esposa Adriana y a mis pequeños hijos Pablo Adrián y Sara Isabel, quienes son mi motivación para seguir creciendo y ser mejor cada día.

Gracias a Dios por sus vidas y por lo que representan para la mía, los amo.

## CONTENIDO

DECLARACIÓN.....	i
CERTIFICACIÓN .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
LISTADO DE TABLAS .....	vii
LISTADO DE GRÁFICOS .....	viii
RESUMEN.....	xi
PRESENTACIÓN .....	xii
CAPÍTULO I.....	2
MARCO TEÓRICO.....	2
1.1    FIBRA ÓPTICA.....	2
1.1.1    DEFINICIÓN .....	2
1.1.2    ESTRUCTURA.....	2
1.1.3    PROCESO DE FABRICACIÓN.....	3
1.1.4    CABLES DE FIBRA ÓPTICA .....	5
1.2    CARACTERÍSTICAS DE TRANSMISIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA.....	13
1.2.1    PROPAGACIÓN LUMINOSA .....	14
1.2.2    PÉRDIDAS DE SEÑAL O ATENUACIÓN .....	15
1.2.3    ANCHO DE BANDA.....	20
1.2.4    APERTURA NUMÉRICA (AN) .....	21
1.3    CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS ÓPTICAS.....	22
1.3.1    POR EL MODO DE PROPAGACIÓN .....	22
1.3.2    POR LOS MATERIALES QUE CONFORMAN EL NÚCLEO Y EL REVESTIMIENTO.....	24
1.3.3    POR LAS DIMENSIONES DEL NÚCLEO Y REVESTIMIENTO .....	25
1.4    REDES DE FIBRA ÓPTICA.....	27
1.4.1    CLASIFICACIÓN DE LAS REDES .....	27
1.5    RED GEAPON DE TELCONET.....	31
1.5.1    GENERALIDADES .....	31
1.5.2    REALIDAD ACTUAL .....	31
1.5.3    PREMISAS DE DISEÑO DE LAS RUTAS NUEVAS DE TELCONET EN QUITO.....	33
CAPÍTULO II.....	35
MANUAL PRÁCTICO PARA EL CABLEADO DE LA RED DE FIBRA OPTICA DE TELCONET EN LA CIUDAD DE QUITO .....	35
2.1    SIMBOLOGÍA.....	35

2.1.1	SIMBOLOGÍA PARA LA INTERPRETACIÓN DE PLANOS .....	35
2.1.2	CÓDIGO DE COLORES.....	36
2.2	USO DEL MANUAL.....	40
2.3	NORMAS DEL MANUAL.....	41
2.3.1	ELEMENTOS DE LA RED DE TELCONET.....	41
2.3.2	DISEÑO Y REPLANTEO DE RUTAS .....	53
2.3.3	INSTALACIÓN DE POSTES ADICIONALES .....	55
2.3.4	DESCARGA Y MOVIMIENTO DEL CABLE DE FIBRA ÓPTICA ...	56
2.3.5	INSTALACIÓN DE HERRAJES .....	57
2.3.6	INSTALACIÓN DEL CABLE .....	59
2.3.7	INSTALACIÓN DE CAJAS DE DISTRIBUCIÓN .....	64
2.3.8	COLOCACIÓN DE ETIQUETAS.....	64
2.3.9	FISCALIZACIÓN DEL TENDIDO DEL CABLE.....	65
2.3.10	ARMADO DE MANGAS (3M) .....	65
2.3.11	ARMADO DE ODFs.....	72
2.3.12	ARMADO DE CAJAS DE DISTRIBUCIÓN (BMX).....	78
2.3.13	CERTIFICACIÓN DE RUTAS .....	82
CAPITULO III .....		84
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		84
3.1	CONCLUSIONES.....	84
3.2	RECOMENDACIONES.....	84
3.3	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
LIBROS Y DOCUMENTOS .....		86
INTERNET.....		86
3.4	ANEXOS.....	88
ANEXO N° 1 .....		89
ANEXO N° 2 .....		91
ANEXO N° 3 .....		94
ANEXO N° 4 .....		96
ANEXO N° 5 .....		98
ANEXO N° 6 .....		101
ANEXO N° 7 .....		106
ANEXO N° 8 .....		110

## LISTADO DE TABLAS

TABLA 1.1 COMPARACIÓN DE MODOS DE PROPAGACIÓN .....	24
TABLA 1.2 TIPOS DE FIBRA SEGÚN EL MATERIAL DEL NÚCLEO Y REVESTIMIENTO .....	24
TABLA 1.3 DIÁMETROS COMUNES DE UNA FIBRA ÓPTICA Y DE SU PROTECCIÓN [MM] .....	25
TABLA 1.4 COMPARACIÓN TIPOS DE FIBRAS SEGÚN SU CLASE .....	26
TABLA 2.1 SIMBOLOGÍA PARA PLANOS .....	35
TABLA 2.2 FIBRA DE 12 HILOS-UN BUFFER.....	36
TABLA 2.3 FIBRA 12 HILOS-2 BUFFERS (TUBOS) .....	36
TABLA 2.4 FIBRA 12 HILOS- 3 TUBOS.....	37
TABLA 2.5 FIBRA 24 HILOS .....	37
TABLA 2.6 CÓDIGO DE COLORES FIBRA 48 HILOS .....	38
TABLA 2.7 CÓDIGO DE COLORES FIBRA 96 HILOS .....	38
TABLA 2.8 CÓDIGO DE COLORES FIBRA 144 HILOS .....	39
TABLA 2.9 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN TELCONET .....	52
TABLA 2.10 SIMBOLOGÍA Y CÓDIGO DE COLORES PARA REPLANTEO DE RUTAS .....	55
TABLA 2.11 ALTURAS DE LIBRAMIENTO.....	58
TABLA 2.12 CASETES ORGANIZADORES Y TUBOS SEGÚN EL NÚMERO DE FIBRAS EN EL CABLE .....	68

## LISTADO DE GRÁFICOS

FIGURA 1.1 ESTRUCTURA DE LA FIBRA ÓPTICA .....	2
FIGURA 1.2 ESQUEMA DEL MÉTODO DE LA VARILLA EN TUBO .....	3
FIGURA 1.3 ESQUEMA MÉTODO DE DEPOSICIÓN DE VAPOR .....	4
FIGURA 1.4 ESQUEMA ESTIRADO DE LA FIBRA Y EL DEVANANDO EN CARRETE .....	4
FIGURA 1.5 CABLE DE TUBO HOLGADO .....	7
FIGURA 1.6 TUBO HOLGADO DE CABLE DE FIBRA ÓPTICA .....	7
FIGURA 1.7 CABLE DE ESTRUCTURA AJUSTADA .....	8
FIGURA 1.8 CABLE DE FIBRA ÓPTICA CON ARMADURA .....	8
FIGURA 1.9 CABLE ADSS DE CHAQUETA DOBLE .....	9
FIGURA 1.10 CABLE EXTERIOR DIELÉCTRICO .....	9
FIGURA 1.11 CABLE FIGURA 8 .....	10
FIGURA 1.12 CABLE SUBMARINO .....	11
FIGURA 1.13 CABLES OPGW .....	11
FIGURA 1.14 CABLES HÍBRIDOS .....	12
FIGURA 1.15 CABLE EN ABANICO .....	12
FIGURA 1.16 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO .....	13
FIGURA 1.17 VENTANAS DE TRASMISIÓN ÓPTICA .....	14
FIGURA 1.18 REFLEXIÓN INTERNA TOTAL .....	15
FIGURA 1.19 PÉRDIDAS POR CURVATURA .....	16
FIGURA 1.20 PÉRDIDAS POR ACOPLAMIENTO .....	17
FIGURA 1.21 PÉRDIDAS TOTALES POR ABSORCIÓN .....	19
FIGURA 1.22 ENSANCHAMIENTO DEL PULSO .....	19
FIGURA 1.23 APERTURA NUMÉRICA .....	21
FIGURA 1.25 TIPOS DE FIBRAS POR EL MODO DE PROPAGACIÓN .....	23
FIGURA 1.36 TIPOS DE REDES FTTH .....	28
FIGURA 1.37 ESQUEMA RED FTTN Y FTTP .....	30
FIGURA 3.1 ESTRUCTURA CABLE CON MENSAJERO .....	41
FIGURA 3.2 ESTRUCTURA CABLE ADSS .....	42
FIGURA 3.3 PATCH CORD DE FIBRA ÓPTICA .....	43
FIGURA 3.4 HERRAJE TIPO A .....	44
FIGURA 3.5 HERRAJE TIPO B .....	45

FIGURA 3.6 HERRAJE TIPO C .....	46
FIGURA 3.7 BRAZO DE EXTENSIÓN TIPO A .....	46
FIGURA 3.8 CAJA DE DISTRIBUCIÓN .....	47
FIGURA 3.9 MANGA 3M PARA FIBRA ÓPTICA .....	47
FIGURA 3.10 ODF.....	48
FIGURA 3.11 GRILLETES Y CABLE ACERADO .....	48
FIGURA 3.12 CINTA Y CANDADOS ERIBAND .....	48
FIGURA 3.13 AMARRAS PLÁSTICAS.....	49
FIGURA 3.14 INSTALACIÓN DE POSTES.....	56
FIGURA 3.15 DESCARGA Y MOVIMIENTO DE CARRETES .....	56
FIGURA 3.16 REMOLQUE PARA TRANSPORTE DE CARRETES .....	57
FIGURA 3.17 MÉTODO DE INSTALACIÓN CON DESPLAZAMIENTO DE CARRETE .....	59
FIGURA 3.18 MÉTODO ENROLLADO RETRACTABLE/FIJO .....	60
FIGURA 3.19 POLEAS ESQUINERAS 45° Y 90° .....	61
FIGURA 3.20 CRUCE AMERICANO SUJETADO A 2 POSTES .....	61
FIGURA 3.21 CRUCE AMERICANO SUJETADO A UN POSTE.....	62
FIGURA 3.22 INSTALACIÓN DE CABLE EN HERRAJE TIPO A.....	62
FIGURA 3.23 INSTALACIÓN DE CABLE EN HERRAJE TIPO B.....	63
FIGURA 3.24 FORMA CATENARIA DEL VANO ENTRE POSTES.....	63
FIGURA 3.25 RESERVAS PARA CAJAS DE DISTRIBUCIÓN.....	64
FIGURA 3.26 PASO 1 ARMADO DE MANGAS: EMPAQUETADO.....	66
FIGURA 3.27 PASO 2 ARMADO DE MANGAS: DESCHAQUETADO .....	66
FIGURA 3.28 PASO 3 ARMADO DE MANGAS .....	66
FIGURA 3.29 PASO 4 ARMADO DE MANGAS: RETIRO DE CHAQUETA .....	67
FIGURA 3.30 PASO 4 ARMADO DE MANGAS: RETIRO DE RECUBRIMIENTO	67
FIGURA 3.31 PASO 5 ARMADO DE MANGAS .....	67
FIGURA 3.32 PASO 6 ARMADO DE MANGAS .....	67
FIGURA 3.33 PASO 7 ARMADO DE MANGAS: FIJACIÓN DE FIBRAS EN LA MANGA .....	68
FIGURA 3.34 PASO 8A ARMADO DE MANGAS .....	69
FIGURA 3.35 PASO 8B ARMADO DE MANGAS .....	69
FIGURA 3.36 PASO 9 ARMADO DE MANGAS .....	69
FIGURA 3.37 PASO 10 ARMADO DE MANGAS .....	70

FIGURA 3.38 PASO 11 ARMADO DE MANGAS .....	70
FIGURA 3.39 PASO 12 ARMADO DE MANGAS .....	70
FIGURA 3.40 PASO 13 ARMADO DE MANGAS .....	71
FIGURA 3.41 PASO 14 ARMADO DE MANGAS .....	71
FIGURA 3.42 PASO 15 ARMADO DE MANGAS .....	72
FIGURA 3.43 PASO 1 ARMADO DE ODF .....	72
FIGURA 3.44 PASO 2 ARMADO DE ODF .....	73
FIGURA 3.45 PASO 3 ARMADO DE ODF .....	73
FIGURA 3.46 PASO 4 ARMADO DE ODF .....	73
FIGURA 3.47 PASO 5 ARMADO DE ODF .....	74
FIGURA 3.48 PASO 6 ARMADO DE ODF .....	74
FIGURA 3.49 PASO 7 ARMADO DE ODF .....	74
FIGURA 3.50 PASO 8 ARMADO DE ODF .....	75
FIGURA 3.51 PASO 9 ARMADO DE ODF .....	75
FIGURA 3.52 PASO 10 ARMADO DE ODF .....	76
FIGURA 3.53 PASO 12 ARMADO DE ODF .....	76
FIGURA 3.54 PASO 13 ARMADO DE ODF .....	77
FIGURA 3.55 PASO 14 ARMADO DE ODF .....	77
FIGURA 3.56 PASO 15 ARMADO DE ODF .....	77
FIGURA 3.57 PASO 1 CAJAS DE DISTRIBUCIÓN .....	79
FIGURA 3.58 PASO 4 CAJAS DE DISTRIBUCIÓN .....	79
FIGURA 3.59 PASOS 5, 6, 7 CAJAS DE DISTRIBUCIÓN .....	80
FIGURA 3.60 PASO 8 CAJAS DE DISTRIBUCIÓN .....	80
FIGURA 3.61 PASOS 9-11 CAJAS DE DISTRIBUCIÓN .....	81
FIGURA 3.62 PASO 12 CAJAS DE DISTRIBUCIÓN .....	82

## RESUMEN

Este documento presenta la elaboración de un Manual práctico para el cableado de la red aérea de fibra óptica de Telconet en Quito.

En el **capítulo I** se presenta una introducción a los fundamentos básicos de la fibra óptica empezando por su estructura, proceso de fabricación, tipos y el estudio de sus características que nos permitan un mejor aprovechamiento de lo que actualmente es, uno de los medios de transmisión más importantes en el desarrollo de las Telecomunicaciones. Se dan a conocer algunos aspectos importantes de la red de fibra óptica de Telconet S.A. en el DMQ, y la necesidad del cumplimiento e implementación de diversas normas de trabajo y construcción de la red que le permitan una continua y mejor operación en el medio.

Con la base obtenida en el primer capítulo, en el **capítulo II** se expone de la manera más sencilla posible los procedimientos de construcción de la red, se indican las características más importantes de los equipos y materiales que se utilizan en la implementación de la red, y la manera adecuada de utilización de los mismos.

Y finalmente en el **capítulo III** se indican las conclusiones y recomendaciones con la finalidad de establecer un proceso de actualización, capacitación y entrenamiento constante para el personal técnico de la empresa.

## PRESENTACIÓN

En el mundo actual, las telecomunicaciones juegan un papel protagónico en el desarrollo de la ciencia, tecnología, investigación, educación, salud, economía, y de la mayoría de áreas que rodean al ser humano en nuestra sociedad; lo que a su vez demanda cada vez más, mayores flujos de información, calidad, confiabilidad y disponibilidad de las redes, especialmente de Internet.

La fibra óptica es el medio que, en el mundo entero, está haciendo posible esta evolución y crecimiento explosivo de las telecomunicaciones, por lo que es ineludible la incursión de todas las empresas del medio en la utilización de este medio de transmisión.

Telconet S.A. es una de las empresas pioneras en el Ecuador en la utilización de fibra óptica y hoy cuenta con una de las redes más grandes de fibra óptica de nuestro país; no obstante, el acelerado crecimiento e implementación de su red ha creado un vacío en el establecimiento de estándares de construcción de la red, lo que ha desembocado en el surgimiento de algunos inconvenientes técnicos en el momento de la instalación y soporte del servicio a los clientes.

Con el presente manual práctico para el cableado de la red de fibra óptica se pretende en alguna medida reducir la cantidad de errores en la construcción de la red, incrementar el número de técnicos capacitados acerca la construcción de la red y disminuir la cantidad de inconvenientes técnicos que se presentan al momento de realizar la instalación y soporte de clientes.

Esperamos además que este trabajo se constituya en una herramienta útil para la capacitación, perfeccionamiento y adiestramiento de personal técnico de la empresa así como para el mejoramiento de la calidad de la red de fibra óptica de la empresa.

El manual que se propone también podrá ser utilizado como punto de partida para futuras investigaciones y/o nuevos elementos que se necesiten insertar en nuestra red de telecomunicaciones, ya que podrá ser adaptado e implementado para solucionar los problemas específicos que pudieran presentarse en el

futuro con el normal desarrollo de la tecnología ya sea en la ciudad de Quito o en otras ciudades del país donde se requiera.

Por ultimo creemos que la elaboración de este manual contribuirá a formular una nueva política en el área técnica de la empresa orientada a la estandarización de los procesos de instalación y funcionamiento de la red lo que mejoraría su posición frente a otras empresas del mercado de las telecomunicaciones.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 FIBRA ÓPTICA

#### 1.1.1 DEFINICIÓN

La fibra óptica es un hilo cilíndrico transparente muy delgado que constituye el medio de propagación de ondas luminosas, permitiendo el transporte de información.

#### 1.1.2 ESTRUCTURA

La fibra óptica consta de tres partes, como se muestra en la figura 1.1:

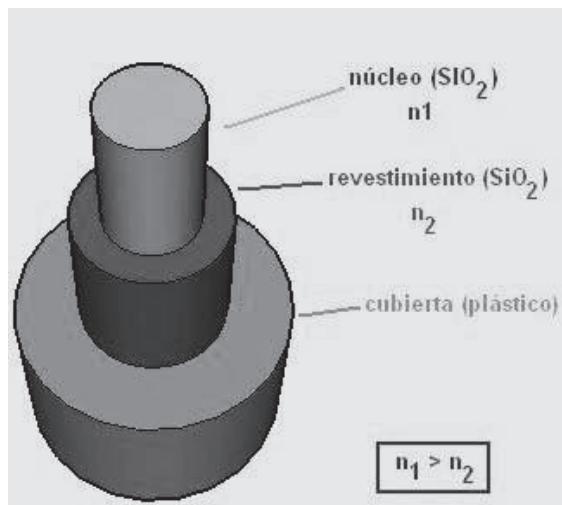


Figura 1.1 Estructura de la fibra óptica<sup>1</sup>

El núcleo (*core*), es la parte interior de la fibra, que está fabricado por un material dieléctrico, normalmente, vidrio de sílice.

El revestimiento (*cladding*), envuelve al núcleo, se fabrica con materiales similares al núcleo pero con un índice de refracción menor.

La camisa o cubierta, generalmente fabricada en plástico, protege mecánicamente a los dos anteriores.

---

<sup>1</sup> Página web:  
[http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema2/imagenes\\_tema2\\_1/image000.jpg](http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema2/imagenes_tema2_1/image000.jpg) (en línea)

### 1.1.3 PROCESO DE FABRICACIÓN

#### 1.1.3.1 Paso 01: Fabricación del Preformado

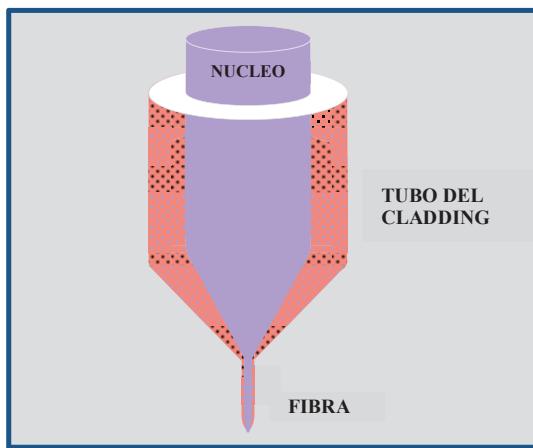
El preformado es una varilla que viene a ser una ampliación a escala de una fibra óptica, con sus mismas características.

Para la fabricación del preformado podemos describir los siguientes métodos conocidos:

##### *Método por fusión de vidrio o Método directo*

Este método se lo puede realizar a través de 2 técnicas: introduciendo directamente una varilla de vidrio en otro tubo de vidrio con menor índice de refracción (técnica de la varilla en tubo); o la técnica de los dos crisoles, que consiste en la unión de los vidrios del núcleo y revestimiento en estado de fusión y luego se estira la fibra de este material directamente al salir del estado de fusión, con esto se evita la introducción de impurezas entre el núcleo y revestimiento que ocurre con la técnica anterior.

Las atenuaciones que se obtienen con este método son relativamente altas.



*Figura 1.2 Esquema del método de la varilla en tubo*

##### *Método de Deposición de Vapor*

La deposición consiste básicamente en provocar la adhesión de gases en el interior de un tubo de vidrio para formar el núcleo, o en el exterior de un cilindro

formando el recubrimiento, luego de lo cual se colapsa el vidrio para obtener el preformado. Con este método se obtiene fibras con baja atenuación, que se utilizan en Telecomunicaciones.



Figura 1.3 Esquema método de Deposición de Vapor<sup>2</sup>

#### 1.1.3.2 Paso 02: Estirado de la fibra y el devanando en carrete

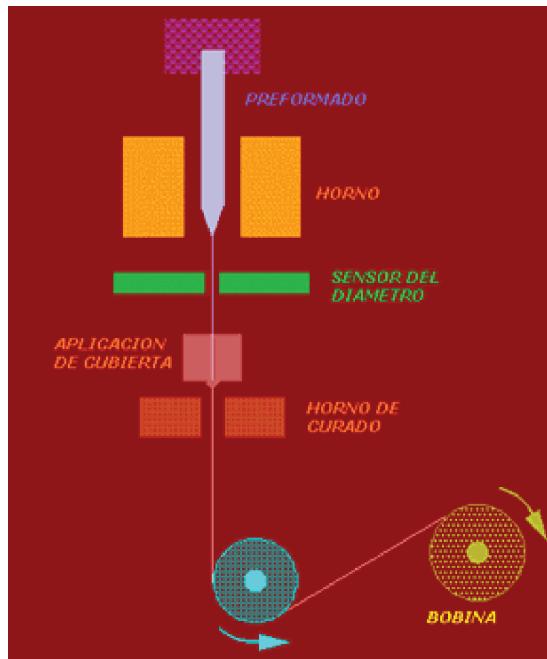


Figura 1.4 Esquema Estirado de la Fibra y el Devanando en carrete<sup>3</sup>

La punta de la preforma se calienta a aproximadamente 2000°C en un horno.

<sup>2</sup> Página web: <http://lafibraopticaperu.com/wp-content/uploads/2012/03/Tema10-Fig06.gif>

<sup>3</sup> Página web: <http://lafibraopticaperu.com/wp-content/uploads/2012/03/Tema10-Fig09.gif>

Cuando el vidrio se ablanda, una cuerda delgada de vidrio ablandada cae ayudada por la gravedad, se enfriá al caer y se forma un hilo uniforme, se le aplica una cubierta plástica y se coloca en bobinas.

#### **1.1.3.3 Paso 03: Pruebas y Mediciones**

Luego del estirado la fibra pasa a la etapa de pruebas, en la cual se certifican todos los parámetros mecánicos, ópticos y geométricos.

### **1.1.4 CABLES DE FIBRA ÓPTICA**

Para que la fibra óptica sea una alternativa a las líneas eléctricas de cobre es de primordial importancia las propiedades mecánicas del cable. La protección de la fibra óptica se consigue mediante el recubrimiento con una serie de capas que suelen denominarse *coating* y *cabling*, que no es simplemente una cobertura sino que puede acompañarse de cables paralelos que den resistencia a la torsión.

#### **1.1.4.1 Funciones del cable de fibra óptica**

Las funciones del cable óptico son: proteger a la fibra contra rotura o fisuras, sea durante la instalación como durante su vida útil; brindar estabilidad en las características de transmisión, resistencia mecánica a la torsión, tensión, compresión, doblado y vibraciones; y por último, facilitar la identificación y conexiónado de las fibras.

#### **1.1.4.2 Diseño de cables de Fibra óptica.**

En el diseño de cables de fibra óptica se debe considerar los siguientes elementos:

##### ***Protección primaria de la fibra***

Sobre el recubrimiento plástico, se coloca una nueva camisa para proteger contra influencias externas tanto mecánicas como ambientales, esta segunda capa debe proteger contra las micro-curvaturas; generalmente se coloca algún tipo de gel entre el recubrimiento plástico y la protección primaria.

### *Componentes estructurales y de rigidez.*

Una vez la fibra ya lleva la protección primaria y para formar el cable se suelen colocar uno o varios componentes que hagan la labor de núcleo duro alrededor del cual las fibras protegidas puedan situarse. Estos componente suelen ser cables de acero, de Kevlar (en lugar de cables pueden ser mallas) o de fibra de vidrio. Estos componentes deben resistir fácilmente tracciones grandes, ser flexibles y de bajo peso por unidad de longitud.

### *Recubrimientos externos y barreras hidrófobas.*

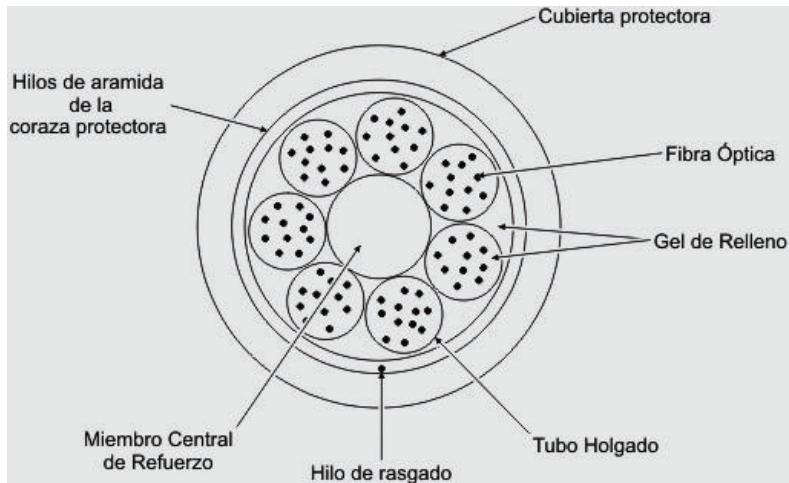
Finalmente el cable se cubre de una gruesa capa de plástico para reducir la abrasión y para proteger contra agresiones mecánicas externas como el aplastamiento; esta cubierta de plástico puede variar en complejidad, desde una simple capa hasta mult capas. De todas formas esta protección no suele proteger adecuadamente a la fibra contra el agua y se suele añadir una capa adicional como barrera hidrófoba; puede ser una capa o un relleno interno con compuestos resistentes a la humedad como pasta de silicona o compuestos basados en petróleo. Estas capas son fácilmente eliminables y además protegen de corrosión a los cables metálicos que pueda haber como componentes para añadir rigidez.

#### **1.1.4.3 Tipos de cables de fibra óptica.**

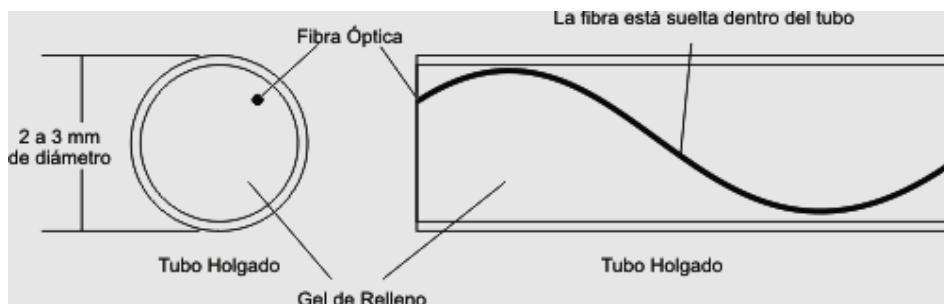
Podemos enumerar varios tipos de cables, los mismos que varían de acuerdo a su estructura, medio ambiente en el que será instalado y por la forma en que se instala, así tenemos:

##### ***Cable de estructura holgada***

Consta de varios tubos rodeando un miembro central de refuerzo, cada tubo lleva varias fibras ópticas que descansan holgadamente en su interior. Los tubos pueden ser huecos o, más comúnmente estar llenos de un gel resistente al agua.



*Figura 1.5 Cable de tubo Holgado<sup>4</sup>*



*Figura 1.6 Tubo holgado de cable de fibra óptica<sup>5</sup>*

Los cables de estructura holgada se usan en la mayoría de las instalaciones exteriores, incluyendo aplicaciones aéreas, en tubos o conductos y en instalaciones directamente enterradas. El cable de estructura holgada no es muy adecuado para instalaciones en recorridos muy verticales, porque existe la posibilidad de que el gel interno fluya o que las fibras se muevan.

#### ***Cable de estructura ajustada.***

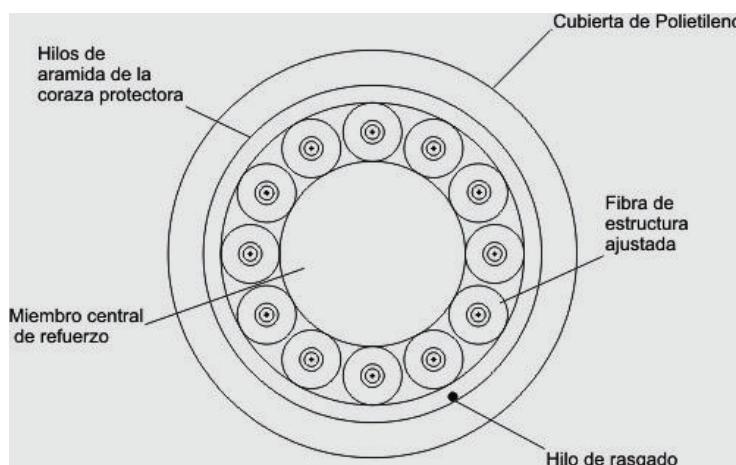
Contiene varias fibras con protección secundaria plástica que rodean un miembro central de tracción, y todo ello cubierto de una protección exterior.

Debido al diseño ajustado del cable, es más sensible a las cargas de estiramiento o tracción y puede ver incrementadas las pérdidas por microcurvaturas.

<sup>4</sup> Página web: <http://www.textoscientificos.com/imagenes/redes/cable-tubo-holgado.gif>

<sup>5</sup> Página web: <http://www.textoscientificos.com/imagenes/redes/tubo-holgado.gif>

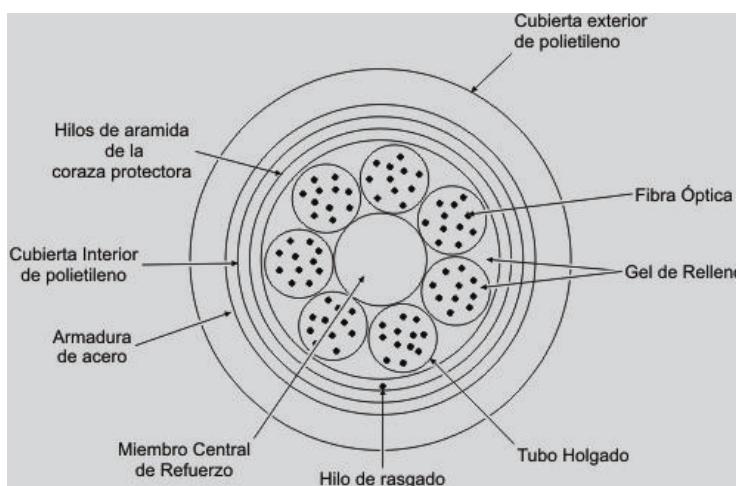
El cable de estructura ajustada es más flexible y tiene un radio de curvatura más pequeño que el cable de estructura holgada. Está diseñado para instalaciones en el interior de los edificios, también se puede instalar en tendidos verticales más elevados que los cables de estructura holgada, debido al soporte individual del que dispone cada fibra.



*Figura 1.7 Cable de estructura ajustada<sup>6</sup>*

### *Cable blindado*

Tienen una coraza protectora o armadura de acero debajo de la cubierta de polietileno; esto proporciona al cable una resistencia excelente al aplastamiento y propiedades de protección frente a roedores; se usa frecuentemente en aplicaciones de enterramiento directo.



*Figura 1.8 Cable de fibra óptica con armadura<sup>7</sup>*

<sup>6</sup> Página web: <http://www.textoscientificos.com/imagenes/redes/fibra-estructura-ajustada.gif>

<sup>7</sup> Página web: <http://www.textoscientificos.com/imagenes/redes/fibraoptica-armadura.gif>

### **Cable Exterior ADSS.**

Se trata de un cable completamente dieléctrico, con una armadura especial que le permite cubrir grandes vanos, sin necesidad de cable mensajero.



*Figura 1.9 Cable ADSS de chaqueta doble<sup>8</sup>*

Este tipo de cables se pueden fabricar con una cantidad máxima de 864 fibras y soportan vanos de hasta 1000 metros; puede ser instalado junto a líneas de transmisión eléctrica. Es ideal para Instalaciones realizadas por ductos metálicos o PVC.

### **Cable exterior Dieléctrico**

Es un cable de fibra óptica que no contiene conductores eléctricos y puede suministrar un aislamiento eléctrico normal para una multitud de aplicaciones.



*Figura 1.10 Cable exterior dieléctrico<sup>9</sup>*

Esta variante de cable cuenta con una protección contra humedad, esta protección se denomina fortex, o en su defecto en algunos otros cables es gel.

---

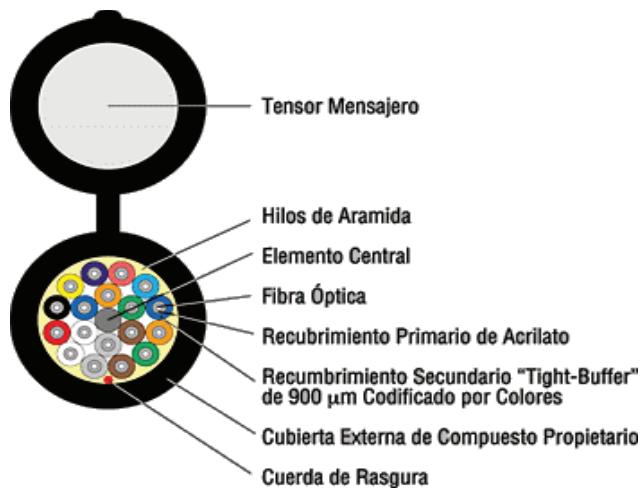
<sup>8</sup> Página web: [http://www.fycotelecomunicaciones.com/image/130\\_adss2\\_large.png](http://www.fycotelecomunicaciones.com/image/130_adss2_large.png)

<sup>9</sup> Página web:  
[http://optronics.info/ncspt/jscripts/tiny\\_mce/plugins/ibrowser//pictures/esquema\\_diel\\_266.jpg](http://optronics.info/ncspt/jscripts/tiny_mce/plugins/ibrowser//pictures/esquema_diel_266.jpg)

A diferencia del cable ADSS, no soporta vanos muy largos, se recomienda 50 m. máximo.

### ***Cable exterior figura 8***

Se trata de un cable integrado por un cable dieléctrico y un mensajero metálico, unidos por un plástico de PVC denominado figura 8, ideal para instalaciones de tendido aéreo.



*Figura 1.11 Cable figura 8<sup>10</sup>*

Este tipo de cables se pueden fabricar con una cantidad máxima de 288 fibras. Los span que puede cubrir el cable son de hasta 170 metros.

### ***Cable submarino***

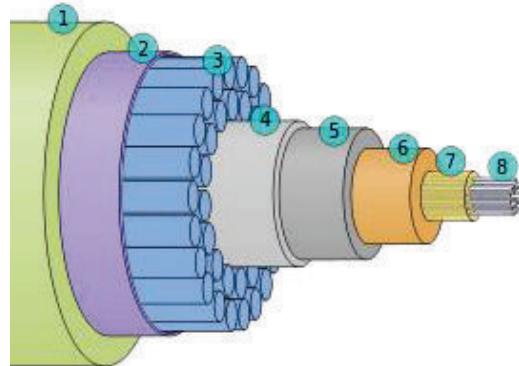
Es un cable de estructura holgada diseñado para permanecer sumergido en el agua. Actualmente muchos continentes están conectados por cables submarinos de fibra óptica transoceánicos. En la figura 1.12 puede observarse su estructura interna, sus componentes son:

1. Polietileno.
2. Cinta de tereftalato de polietileno.

---

<sup>10</sup> Página web: [http://www.yio.com.ar/fibras-opticas/imagenes/cables-fibras-opticas-aereosm\\_series\\_figure\\_eight.gif](http://www.yio.com.ar/fibras-opticas/imagenes/cables-fibras-opticas-aereosm_series_figure_eight.gif)

3. Alambres de acero trenzado.
4. Barrera de aluminio resistente al agua.
5. Policarbonato.
6. Tubo de cobre o aluminio.
7. Vaselina.
8. Fibras ópticas.



*Figura 1.12 Cable submarino<sup>11</sup>*

#### **Cable compuesto tierra-óptico (OPGW)**

Es un cable de conexión a tierra que tiene fibras ópticas insertadas dentro de un tubo en el núcleo central del cable, donde las fibras ópticas están completamente protegidas. Es utilizado por las compañías eléctricas para suministrar comunicaciones a lo largo de las rutas de las líneas de alta tensión.



*Figura 1.13 Cables OPGW<sup>12</sup>*

---

<sup>11</sup> Página web: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/11/Submarine\\_cable\\_cross-section\\_3D\\_plain.svg/300px-Submarine\\_cable\\_cross-section\\_3D\\_plain.svg.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/11/Submarine_cable_cross-section_3D_plain.svg/300px-Submarine_cable_cross-section_3D_plain.svg.png)

### **Cables híbridos**

Es un cable que contiene tanto fibras ópticas como: cable de cobre o coaxial.



*Figura 1.14 Cables híbridos<sup>13</sup>*

### **Cable en abanico**

Es un cable de estructura ajustada con un número pequeño de fibras, diseñado para una conexión directa y fácil (no se requiere un panel de conexiones).



*Figura 1.15 Cable en abanico<sup>14</sup>*

---

<sup>12</sup> PÁGINA WEB: [http://img.directindustry.es/images\\_di/photo-g/cable-de-fibra-optica-aerea-autosoportado-25058-2290397.jpg](http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/cable-de-fibra-optica-aerea-autosoportado-25058-2290397.jpg)

<sup>13</sup> Página web: [http://www.megperu.pe/images/productimages/th\\_Hybrid-cables1.gif](http://www.megperu.pe/images/productimages/th_Hybrid-cables1.gif)

<sup>14</sup> Página web: [http://img.alibaba.com/photo/598637793/12\\_core\\_fan\\_out\\_optical\\_fiber\\_pigtail.jpg](http://img.alibaba.com/photo/598637793/12_core_fan_out_optical_fiber_pigtail.jpg)

## 1.2 CARACTERÍSTICAS DE TRANSMISIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA

Las características de transmisión en una fibra óptica dependen en gran medida de la longitud de onda utilizada para transportar la información.

La longitud de onda es la distancia que ocupa un ciclo de una onda electromagnética.

En la figura 1.16 se ilustra el espectro de longitud de onda electromagnética.

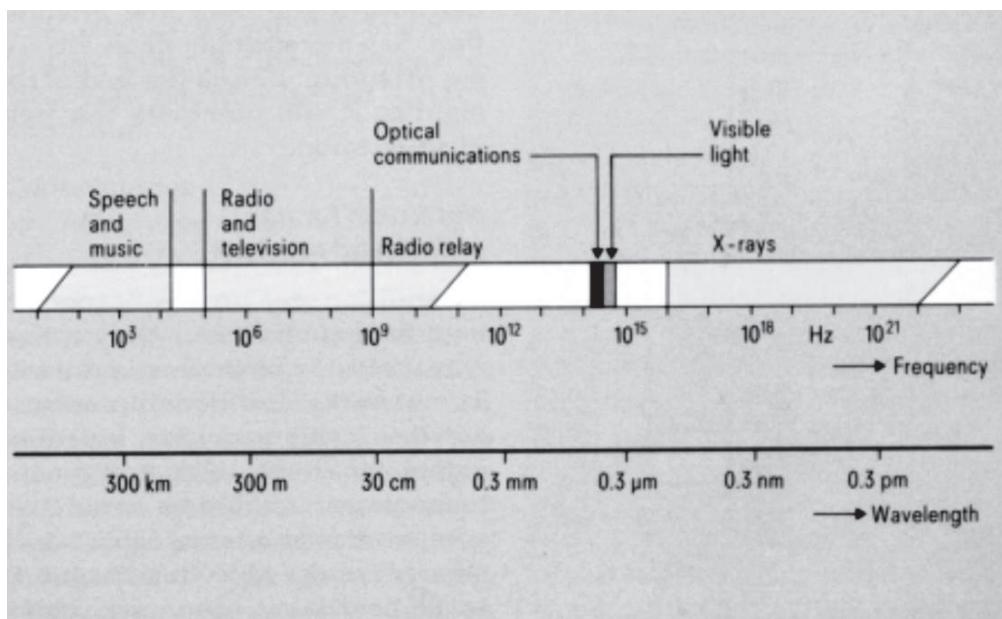


Figura 1.16 Espectro electromagnético<sup>15</sup>

Se ha descubierto que a determinadas frecuencias, las ondas pasarán a través de ciertos materiales más fácilmente; en el caso de las fibras ópticas, si se modula a determinadas frecuencias los efectos de la dispersión y las pérdidas de material debidas a propagación de ondas tienden a cancelarse unas con otras y crear “ventanas”.

En la figura 1.17<sup>16</sup> se ilustran las 3 ventanas actualmente más utilizadas para la transmisión de señales.

<sup>15</sup>Página web: [http://www.ub.edu.ar/investigaciones/tesinas/34\\_cordoba.pdf](http://www.ub.edu.ar/investigaciones/tesinas/34_cordoba.pdf) (pág. 25)

<sup>16</sup>Página web: [http://www.ub.edu.ar/investigaciones/tesinas/34\\_cordoba.pdf](http://www.ub.edu.ar/investigaciones/tesinas/34_cordoba.pdf) (pag.26)

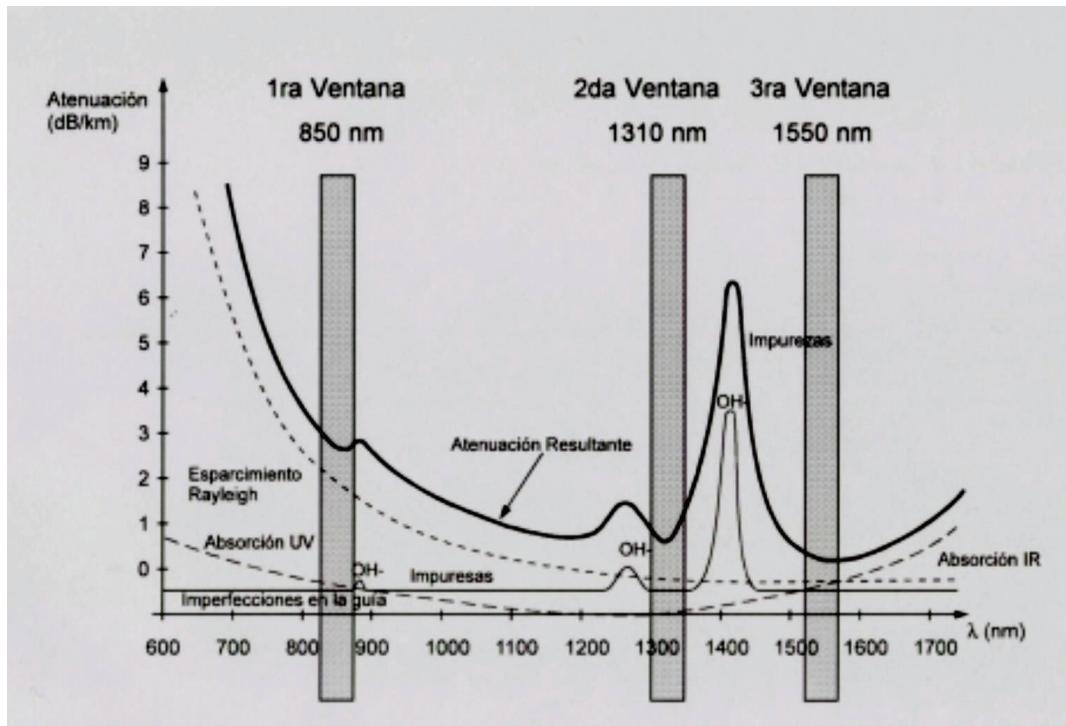


Figura 1.17 Ventanas de transmisión óptica

### 1.2.1 PROPAGACIÓN LUMINOSA

Las ondas luminosas que se propagan por el interior de las fibras ópticas muestran ciertos comportamientos que dependen principalmente de los fenómenos de reflexión y refracción.

#### 1.2.1.1 Fenómenos de reflexión y refracción

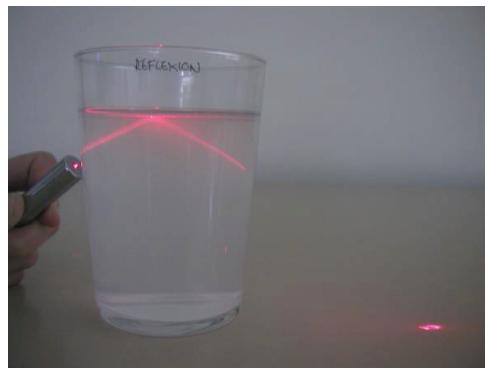
Cuando un haz de luz que se propaga por un medio ingresa a otro distinto, una parte del haz se refleja mientras que la otra sufre una refracción, que consiste en el cambio de dirección del haz.

El efecto de la refracción se puede observar fácilmente introduciendo una varilla en agua; se puede ver que la varilla parece quebrarse bajo la superficie; en realidad lo que sucede es que la luz reflejada por la varilla (su imagen) cambia de dirección al salir del agua, debido a la diferencia de índices de refracción entre el agua y el aire.

El índice de refracción es la relación que existe entre la velocidad de la luz en el vacío y su velocidad en otro medio.

Por otro lado el fenómeno de reflexión puede observarse en un espejo donde, en este caso, la mayor parte de la luz no puede atravesar el material y se refleja al medio anterior. Estos fenómenos dependen tanto de los materiales como de los ángulos de incidencia de la luz.

#### 1.2.1.2 Reflexión Interna Total



*Figura 1.18 Reflexión interna total<sup>17</sup>*

Cuando el ángulo de incidencia es mayor o igual a un ángulo crítico, la luz no puede refractarse y se refleja totalmente en la frontera.

Este fenómeno es el que se aprovecha en la transmisión de luz por medio de las fibras ópticas; para que se dé lugar a este fenómeno el índice de refracción del núcleo, debe ser mucho mayor que el índice del revestimiento.

#### 1.2.2 PÉRDIDAS DE SEÑAL O ATENUACIÓN

La atenuación de la señal, también conocida como pérdida de la fibra o pérdida de señal, es una de las propiedades más importantes de una fibra óptica, porque determina las características de los equipos o el máximo de separación entre repetidoras, lo que tiene un impacto directo en el costo de los enlaces.

La luz que viaja en una fibra óptica pierde potencia con la distancia que recorre, estas pérdidas son en función de la longitud de onda y de impurezas e imperfecciones del material por el cual se propaga. Para el sílice, las longitudes de onda más cortas son las que más se atenúan. Por lo tanto, las pérdidas más

---

<sup>17</sup> Página web:

[http://www10.uniovi.es/semanacyt2008/imagenes/experimentos/reflexion\\_total\\_interna.jpg](http://www10.uniovi.es/semanacyt2008/imagenes/experimentos/reflexion_total_interna.jpg)

bajas se encuentran en longitudes de onda más largas (1550 nm), que se utiliza frecuentemente para transmisiones de larga distancia.

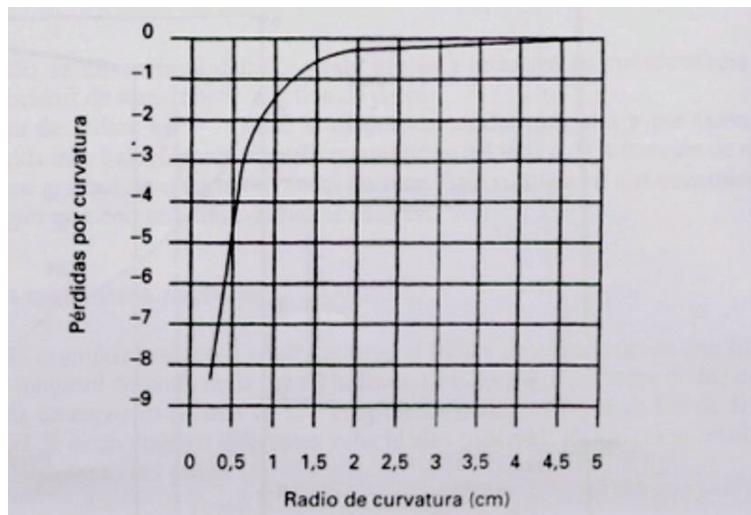
Las pérdidas de potencia de la luz en una fibra se miden en decibeles (dB). Las especificaciones de un cable de fibra óptica se expresan como la atenuación en dB por Km de longitud.

Las pérdidas de señal son causadas por diversos factores y pueden clasificarse en:

- Pérdidas por radiación o curvatura
- Pérdidas por acoplamiento
- Pérdidas por absorción
- Pérdidas por dispersión

#### **1.2.2.1 Pérdidas por radiación o curvatura**

Las pérdidas por curvatura se producen porque los rayos de luz en el exterior de una curva pronunciada no pueden viajar con suficiente rapidez como para mantener el ritmo de los demás rayos, y se pierden.



*Figura 1.19 Pérdidas por curvatura<sup>18</sup>*

Las pérdidas por curvatura también pueden ocurrir en escala más pequeña debido a curvas pronunciadas del núcleo de una fibra con desplazamientos de unos pocos milímetros o menos, causadas por la protección exterior de la fibra, la fabricación, el procedimiento de instalación, etc., las cuales se denominan

---

<sup>18</sup> Página web: [http://www.ub.edu.ar/investigaciones/tesinas/34\\_cordoba.pdf](http://www.ub.edu.ar/investigaciones/tesinas/34_cordoba.pdf) (pág. 11)

pérdidas por microcurvaturas y pueden ser significativas para grandes distancias.

### 1.2.2.2 Pérdidas por acoplamiento.

Para la implementación de un enlace siempre será necesario realizar interconexiones y empalmes en la fibra, las atenuaciones que se producen se describen a continuación:

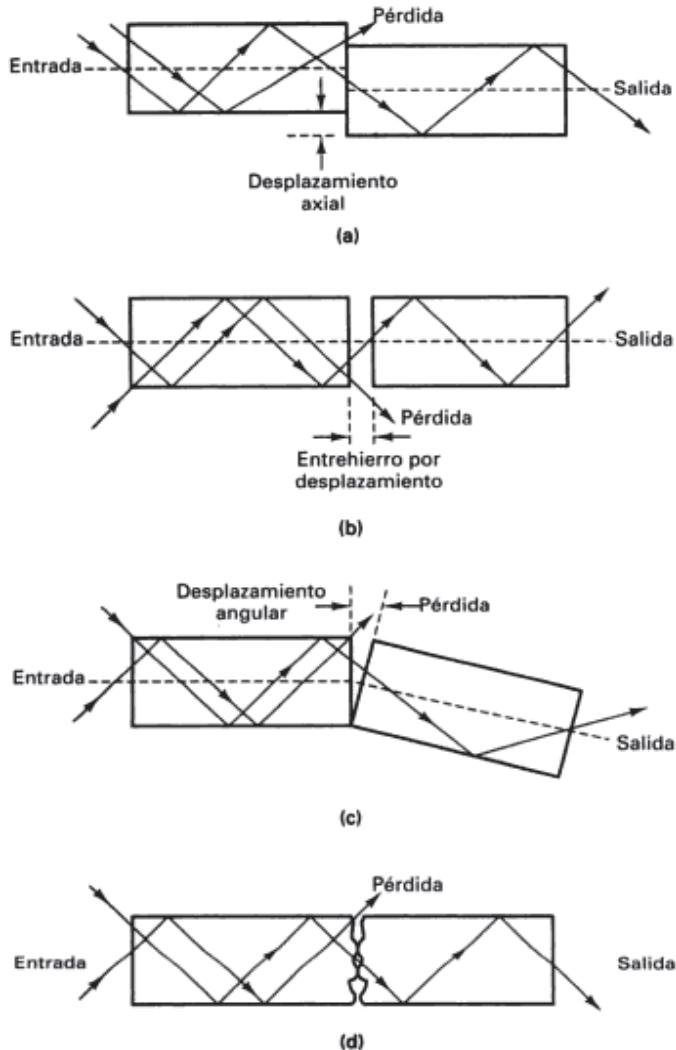


Figura 1.20 Pérdidas por acoplamiento<sup>19</sup>

### *Empalmes*

Los empalmes mecánicos tienen generalmente las mayores pérdidas, a

---

<sup>19</sup>Wayne Tomásí, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Cuarta edición pág. 450

menudo en el rango que va desde 0,2 dB a 1.0 dB, dependiendo del tipo de empalme.

Los empalmes por fusión tienen pérdidas más bajas, generalmente menores de 0,2 dB., con la utilización de un buen equipo se logran pérdidas de 0,05 dB. Las pérdidas pueden atribuirse a un montón de factores incluyendo, un mal corte, burbujas de aire, contaminación, desadaptación del índice de refracción, desadaptación del diámetro del núcleo, pero principalmente son causadas por problemas de alineación.

En la figura 1.20 se representan los problemas de alineación en empalmes.

### *Conexiones*

Pueden presentarse pérdidas por acoplamiento en cualquiera de los tipos siguientes de uniones ópticas: conexiones de fuente luminosa a fibra, conexiones de fibra a fibra y conexiones de fibra a fotodetector. Las pérdidas de los conectores de fibra óptica están frecuentemente en el rango que va desde 0,3dB a 1,5dB, y dependen en gran medida del tipo de conector utilizado. Otros factores que contribuyen a las pérdidas por conexión incluyen la suciedad o los contaminantes en el conector, la instalación impropia del conector, una cara dañada del conector, un corte pobre, desadaptación de los núcleos de las fibras, desadaptación del índice de refracción.

#### **1.2.2.3 Pérdidas por absorción.**

Las pérdidas por absorción en las fibras ópticas son análogas a la disipación de potencia en los cables de cobre; las impurezas en las fibras absorben la luz y la convierten en calor. El vidrio ultra puro utilizado para fabricar fibras es aproximadamente 99,999% puro, aun así las pérdidas por absorción, entre 1dB y 3 dB/Km, son típicas.

En la figura 1.21 se muestra las pérdidas totales por absorción en la fibra óptica.

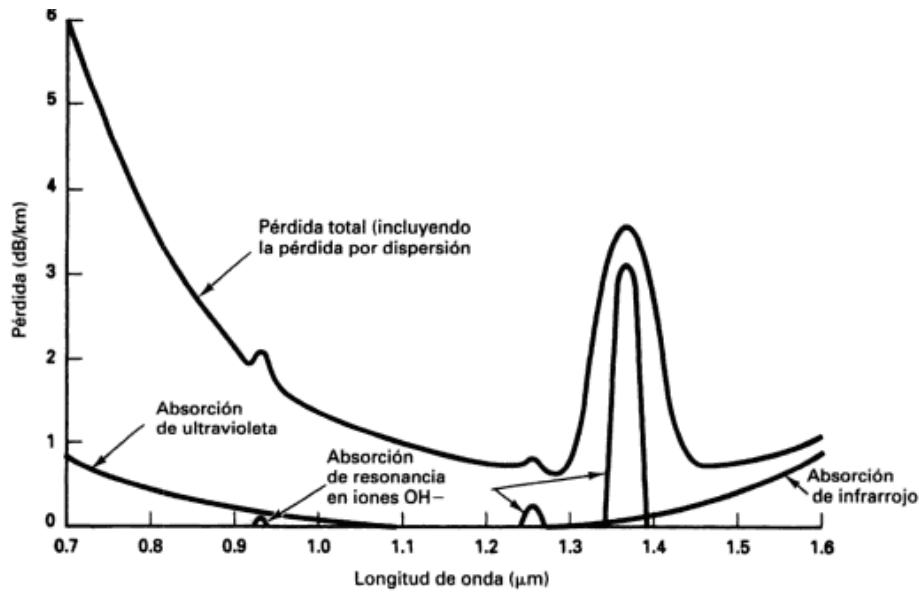


Figura 1.21 Pérdidas totales por absorción<sup>20</sup>

#### 1.2.2.4 Pérdidas por Dispersión

El ancho de banda de una fibra óptica está limitado por la dispersión total de la fibra (ensanchamiento del pulso). La dispersión limita la capacidad de transmisión de información porque los pulsos se distorsionan y se ensanchan, solapándose unos con otros y haciéndose indistinguibles para el equipo receptor (fig. 1.22).

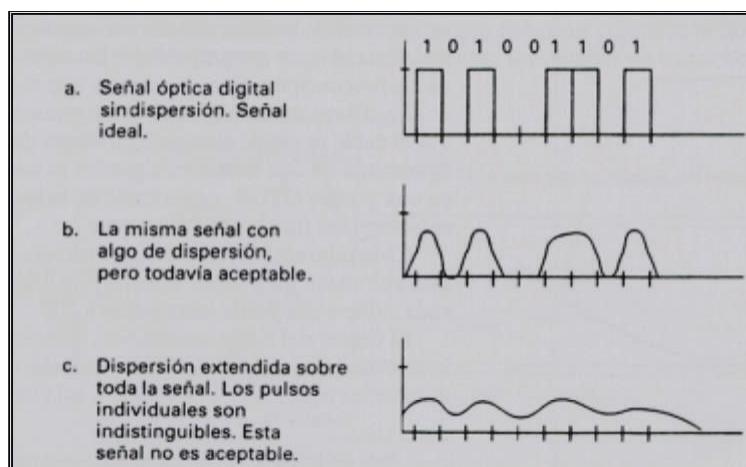


Figura 1.22 Ensanchamiento del pulso<sup>21</sup>

<sup>20</sup>Wayne Tomásí, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Cuarta edición pág. 445

- a) Los pulsos originales de datos ópticos son discretos, unos y ceros que pueden ser fácilmente identificados.
- b) Después de que la señal se ha propagado una cierta distancia a lo largo de la fibra óptica, tiene lugar la dispersión. Los pulsos se ensanchan pero pueden ser todavía decodificados por el equipo receptor.
- c) Tras una propagación aún mayor por la fibra, la señal se distorsiona totalmente y el equipo receptor no puede decodificarla.

Para evitar que esto ocurra, los pulsos se deben transmitir a una frecuencia menor, reduciendo la velocidad de transmisión de datos.

Las pérdidas por dispersión pueden deberse en unos casos a variaciones en la densidad óptica, composición y estructura molecular o imperfecciones generadas en el proceso de fabricación; en otros casos se deben a las fuentes luminosas utilizadas y al modo de propagación de la luz.

### **1.2.3 ANCHO DE BANDA**

El ancho de banda es definido como “la frecuencia a la cual la función de poder de transferencia experimenta una caída de 3 dB”<sup>22</sup>.

Un parámetro importante para transmisiones con fibra óptica es el producto Ancho de banda por longitud de la fibra (Mhz x Km) ya que los sistemas reales la distorsión del pulso está afectada por la longitud debido a imperfecciones en la estructura, empalmes, conexiones, variaciones de diámetro y del índice de refracción, microcurvaturas, etc., que se encuentran a lo largo de la fibra. No obstante, el ancho de banda para transmisiones ópticas puede subdividirse en un sin número de bandas que no tienen interferencias unas con otras haciendo posible trasmisiones de gran cantidad de información, tanto digital como analógica, de manera simultánea.

<sup>21</sup> Página web: [http://www.ub.edu.ar/investigaciones/tesinas/34\\_cordoba.pdf](http://www.ub.edu.ar/investigaciones/tesinas/34_cordoba.pdf) (pág. 15)

<sup>22</sup> Página web: [http://www.ub.edu.ar/investigaciones/tesinas/34\\_cordoba.pdf](http://www.ub.edu.ar/investigaciones/tesinas/34_cordoba.pdf) (pág. 17)

#### 1.2.4 APERTURA NUMÉRICA (AN)

La apertura numérica representa la cantidad de luz aceptada por la fibra óptica. Entre más grande sea la AN mayor será la cantidad de luz recogida por la fibra de la fuente de luz emisora.

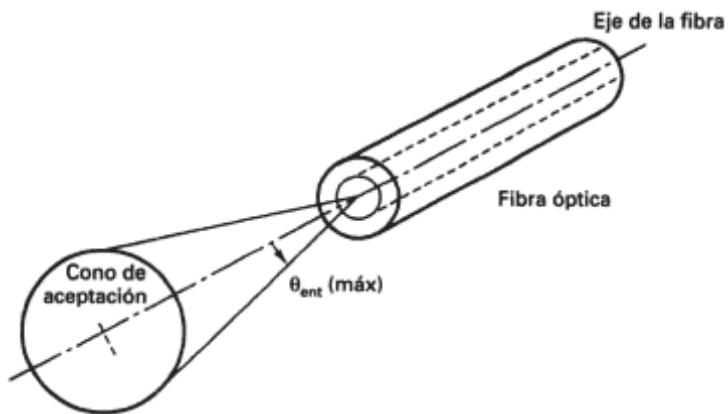


Figura 1.23 Apertura numérica.<sup>23</sup>

---

<sup>23</sup>Wayne Tomásí, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Cuarta edición pág. 441

## 1.3 CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS ÓPTICAS

Las fibras ópticas pueden ser clasificadas según diferentes criterios:

- Modo de propagación
- Materiales que conforman el núcleo y el revestimiento
- Dimensiones del núcleo y el revestimiento

### 1.3.1 POR EL MODO DE PROPAGACIÓN

De acuerdo a la forma en que los rayos de luz se propagan dentro de la fibra óptica existen dos clases principales:

#### 1.3.1.1 Fibras monomodo (single-mode)

El diámetro del núcleo en este tipo de fibras es extremadamente pequeño (en el orden de los  $\mu\text{m}$ ) lo que permite transportar un solo haz de luz en línea recta en el interior del núcleo. Presenta un gran ancho de banda para la transmisión y recepción de datos, sin embargo para todas las conexiones y empalmes de la fibra, se deben utilizar componentes de alta precisión.

#### 1.3.1.2 Fibras multimodo (multi-mode)

La dimensión del núcleo permite transmitir múltiples rayos de luz en su interior. Cada haz recorre un diferente trayecto a lo largo de la fibra, por tal motivo su ancho de banda se reduce.

Dentro de las fibras multimodo se definen dos clases, diferenciadas por la característica del índice de refracción:

#### *Fibras multimodo de índice escalonado.*

En estas fibras, el núcleo está constituido por un material uniforme cuyo índice de refracción es claramente superior al de la cubierta que lo rodea, de ahí su nombre de índice escalonado; este tipo de fibra tiene una AN grande.

Su utilización a menudo se limita a la transmisión de información a cortas distancias, algunas decenas de metros, y con bajo ancho de banda. Su principal ventaja reside en el precio más económico.

### Fibras multimodo de índice gradual

Tienen mayor ancho de banda que la anterior, su principio se basa en que el índice de refracción en el interior del núcleo no es único, y decrece cuando se desplaza del núcleo hacia la cubierta. La luz se propaga por este tipo de fibras a través de la refracción dentro del núcleo produciendo un doblamiento continuo de los rayos de luz emitidos.

Puesto que el índice de refracción es una medida de la disminución de la velocidad de la luz que viaja en el medio, la velocidad de los rayos de la luz propagada se incrementa conforme se alejen del centro del núcleo. De esta manera se puede lograr que los rayos de modos altos lleguen al mismo tiempo que los rayos de modos bajos en el otro extremo de la fibra óptica, resultando una disminución de la dispersión del pulso.

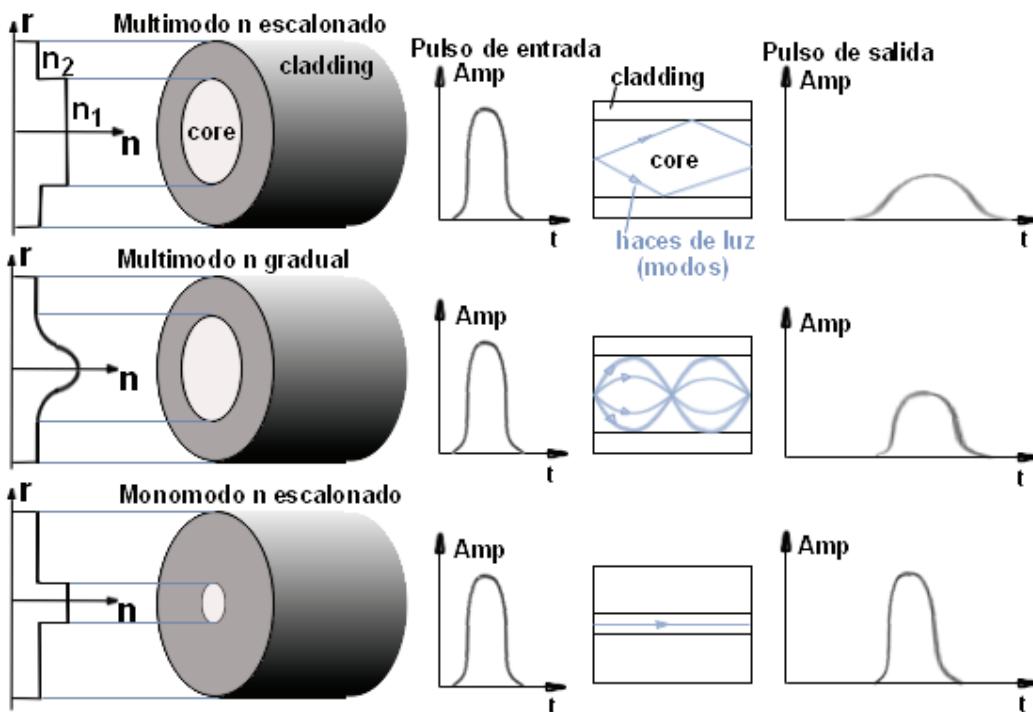


Figura 1.24 Tipos de fibras por el modo de propagación<sup>24</sup>

En la figura 1.25 se ilustran los diferentes tipos de fibras según su modo de propagación y en la tabla 1-D se presenta una comparación de los mismos.

<sup>24</sup>Página web: <http://www.yio.com.ar/fibras-opticas/imagenes/fibra-optica-multimodo-monomodo.gif>

TIPO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
MONOMODO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dispersión de pulso mínima.</li> <li>- Mayor ancho de banda</li> <li>- Mayor velocidad de transmisión de información</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Núcleo muy pequeño, difícil de acoplar la luz. Menor apertura numérica. Fuente de luz y dispositivos de empalme más costosos.</li> </ul>
MULTIMODO ÍNDICE ESCALÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bajos costos y fáciles de fabricar.</li> <li>- Fácil acoplamiento de la fuente de emisión de luz. Apertura numérica relativamente grande.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta dispersión de pulso.</li> <li>- Bajo ancho de banda.</li> <li>- Baja velocidad de transmisión.</li> </ul>
MULTIMODO ÍNDICE GRADUAL	No existen ventajas y desventajas sobresalientes. Este tipo de fibra se considera una fibra intermedia comparada con los otros tipos.	

Tabla 1.1 Comparación de modos de propagación <sup>25</sup>

### 1.3.2 POR LOS MATERIALES QUE CONFORMAN EL NÚCLEO Y EL REVESTIMIENTO

Esencialmente, hay tres variedades de fibras ópticas disponibles actualmente:

NÚCLEO	REVESTIMIENTO	CATEGORÍA*
VIDRIO	VIDRIO	A1: Indice gradual A2: Indice escalón
VIDRIO	PLÁSTICO	A3
PLÁSTICO	PLÁSTICO	A4

Tabla 1.2 Tipos de fibra según el material del núcleo y revestimiento <sup>26</sup>

Las fibras con núcleo de vidrio y revestimiento de vidrio, llamadas SCS (sílice - cubierta de sílice) ofrecen las mejores características de propagación y baja atenuación; por otra parte, mecánicamente son las menos fuertes y las más susceptibles a los incrementos de atenuación cuando se exponen a la radiación. Las fibras monomodo siempre tienen núcleo y revestimiento de vidrio.

Las fibras con núcleo de vidrio y revestimiento plástico, frecuentemente llamadas PCS (sílice – cubierta de plástico) poseen una atenuación baja y resultan menos afectadas por la radiación que las fibras totalmente de vidrio.

<sup>25</sup>Página web: [http://www.ub.edu.ar/investigaciones/tesinas/34\\_cordoba.pdf](http://www.ub.edu.ar/investigaciones/tesinas/34_cordoba.pdf) (pág. 22)

<sup>26</sup>Página web: [http://www.ub.edu.ar/investigaciones/tesinas/34\\_cordoba.pdf](http://www.ub.edu.ar/investigaciones/tesinas/34_cordoba.pdf) (pág. 22)

Estos cables se utilizan mucho en aplicaciones para fines militares.

Las fibras de plástico tienen varias ventajas sobre las fibras de vidrio; en primer lugar son más flexibles y como consecuencia más fuertes que el vidrio, son menos costosas y pesan aproximadamente 60% menos que el vidrio. La desventaja principal de este tipo de fibras es la alta atenuación.

### 1.3.3 POR LAS DIMENSIONES DEL NÚCLEO Y REVESTIMIENTO

Teniendo en cuenta los diámetros del núcleo y del revestimiento las fibras ópticas que se usan en telecomunicaciones se fabrican en cinco grupos principales:

CLASE	NÚCLEO	REVESTIMIENTO	RECUBRIMIENTO	TUBO O PROTECCIÓN
I	8 a 10	125	250 o 500	900 o 2000
II	50	125	250 o 500	900 o 2000
III	62,5	125	250 o 500	900 o 2000
IV	85	125	250 o 500	900 o 2000
V	100	140	250 o 500	900 o 2000

Tabla 1.3 Diámetros comunes de una fibra óptica y de su protección [ $\mu\text{m}$ ]<sup>27</sup>

El tamaño de una fibra se especifica en el formato “núcleo/revestimiento”. Por lo tanto, una fibra 62,5/125 significa que la fibra tiene un núcleo de 62,5  $\mu\text{m}$  de diámetro y un revestimiento de 125  $\mu\text{m}$  de diámetro.

Una fibra Clase I, que tiene un núcleo de 8 a 10/125  $\mu\text{m}$  se conoce como una fibra monomodo.

Las clases II a la V son consideradas fibras multimodo; la fibra de diámetros 62,5/125  $\mu\text{m}$  es, en el presente, la más popular para transmisión multimodo, se está convirtiendo en estándar para muchas aplicaciones y es menos susceptible a las pérdidas por microcurvaturas.

En la siguiente tabla se muestra una comparación de las características más importantes de las fibras según su clase:

---

<sup>27</sup><sup>27</sup>Página web: [http://www.ub.edu.ar/investigaciones/tesinas/34\\_cordoba.pdf](http://www.ub.edu.ar/investigaciones/tesinas/34_cordoba.pdf) (pág. 24)

CLASE	NÚCLEO	AN	PÉRDIDAS	ANCHO DE BANDA	LONGITUD DE BANDA
I	8 a 10	La más pequeña	Las más bajas	El mayor	1.350-1.550
II	50	Más alta	Más bajas	Más grande	850-1.310
III	62,5	Media	Bajas	Medio	850-1.310
IV	85	Grande	Altas	Más pequeño	850-1.310
V	100	La más grande	Más altas	El más pequeño	850-1.310

Tabla 1.4 Comparación tipos de fibras según su clase<sup>28</sup>

---

<sup>28</sup>Página web: [http://www.ub.edu.ar/investigaciones/tesinas/34\\_cordoba.pdf](http://www.ub.edu.ar/investigaciones/tesinas/34_cordoba.pdf) (pág. 25)

## 1.4 REDES DE FIBRA ÓPTICA

Debido a sus grandes ventajas respecto de las redes convencionales las redes con fibra óptica se están incrementando cada día más y su utilización para las redes de planta externa es inevitable.

### 1.4.1 CLASIFICACIÓN DE LAS REDES

Las redes de accesos por fibra óptica se clasifican de acuerdo a dos criterios:

- Por la cercanía del tramo de fibra al domicilio del cliente/usuario.
- Por el uso de elementos pasivos y/o activos.

#### 1.4.1.1 Por la cercanía de la fibra la domicilio del cliente (FTTx)<sup>29</sup>

La tecnología de telecomunicaciones FTTx (del inglés *Fiber to the x*) es un término genérico para designar cualquier acceso de banda ancha sobre fibra óptica que sustituya total o parcialmente el cobre del bucle de acceso; de esta manera tenemos:

##### ***FTTN - (Fiber-to-the-node).***

En FTTN o fibra hasta el nodo, la fibra termina en una central del operador de telecomunicaciones que presta el servicio, típicamente en las inmediaciones del barrio.

##### ***FTTC - (Fiber-to-the-cabinet o fiber-to-the-curb).***

Similar a FTTN, pero la cabina o armario de telecomunicaciones está más cerca del usuario, normalmente a menos de 300 metros.

##### ***FTTB - (Fiber-to-the-building o Fiber-to-the-basement).***

En FTTB o fibra hasta la acometida del edificio, la fibra normalmente termina en un punto de distribución en el interior o inmediaciones del edificio de los abonados.

---

<sup>29</sup>Página web: <http://es.wikipedia.org/wiki/FTTx>

### ***FTTH - (Fiber-to-the-home).***

En FTTH o fibra hasta el hogar, la fibra llega hasta el interior de la misma casa u oficina del abonado.

### ***FTTP - (Fiber-to-the-premises).***

Este término se puede emplear de dos formas: como término genérico para designar las arquitecturas FTTH y FTTB, o cuando la red de fibra incluye tanto viviendas como pequeños negocios.

El siguiente esquema que ilustra como varían las arquitecturas FTTx dependiendo de la distancia entre la fibra óptica y el usuario final.

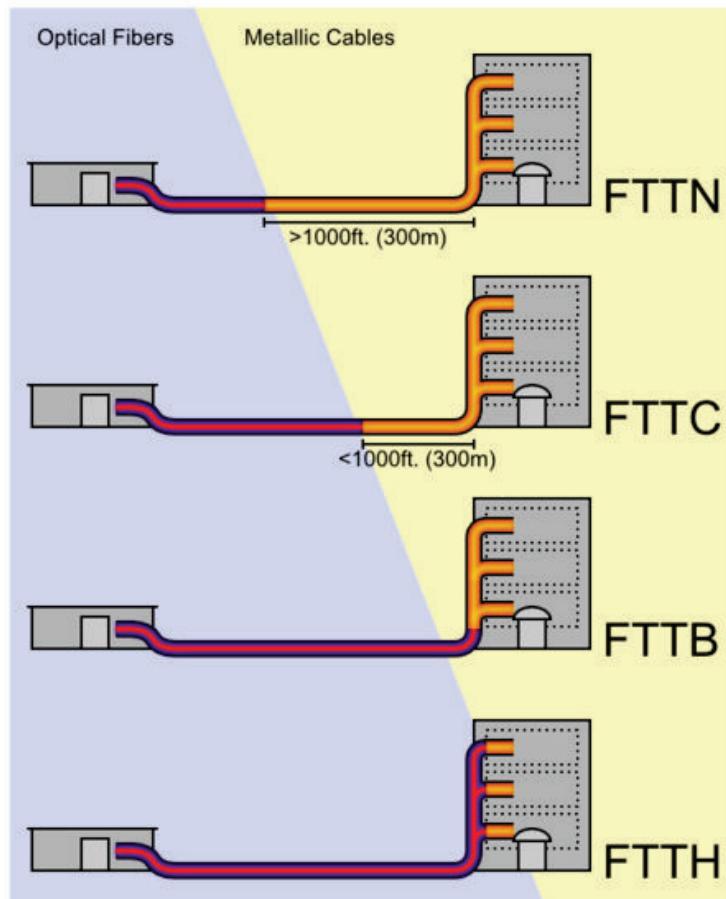


Figura 1.25 Tipos de redes FTTx<sup>30</sup>

<sup>30</sup>Página web: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/32/FTTX.png/450px-FTTX.png>

#### 1.4.1.2 Por el uso de elementos activos y pasivos.

Por el tipo de elementos de la red se clasifican en redes ópticas activas (ASON) y redes pasivas (PON).

##### *Redes Ópticas Pasivas<sup>31</sup>*

Una red óptica pasiva (del inglés Passive Optical Network, conocida como PON) permite eliminar todos los componentes activos existentes entre el servidor y el cliente introduciendo en su lugar divisores ópticos pasivos (conocidos como splitters) para guiar el tráfico por la red,. La utilización de estos sistemas pasivos reduce considerablemente los costos y son utilizados en las redes FTTH.

Una red óptica pasiva está formada básicamente por:

- Un módulo OLT (*Optical Line Terminal* - Unidad Óptica Terminal de Línea) que se encuentra en el nodo central.
- Un divisor óptico (*splitter*).
- Varias ONUs (*Optical Network Unit* - Unidad Óptica de Usuario) que están ubicadas en el domicilio del usuario.

En canal descendente, una red PON es una red punto-multipunto donde la OLT envía una serie de contenidos que recibe el divisor y que se encarga de repartir a todas las unidades ONU, cuyo objetivo es el de filtrar y sólo enviar al usuario aquellos contenidos que vayan dirigidos a él.

En canal ascendente una PON es una red punto a punto donde las diferentes ONUs transmiten contenidos a la OLT.

##### *Redes Ópticas Activas ASON (Automatically Switched Optical Network)<sup>32</sup>*

Dentro de este tipo se ubican las redes FTTN; configuradas como una red de acceso mixta de fibra más par de cobre, topología en estrella, la cual emplea

<sup>31</sup>Página web: [http://es.wikipedia.org/wiki/Red\\_optica\\_pasiva](http://es.wikipedia.org/wiki/Red_optica_pasiva)

<sup>32</sup>Soto Cristian, Manual de procedimientos para la presentación de proyectos de redes de FO. (CNT) pág. 15-16

comunicadores Ethernet con interfaces GE (Gigabit Ethernet), para enlazarse mediante conexiones punto-punto con equipo instalados en las proximidades del domicilio del cliente.

El siguiente grafico representa la interconexión de una red óptica, mediante nodos de acceso, punto-punto y mediante multiplexación de tráfico.

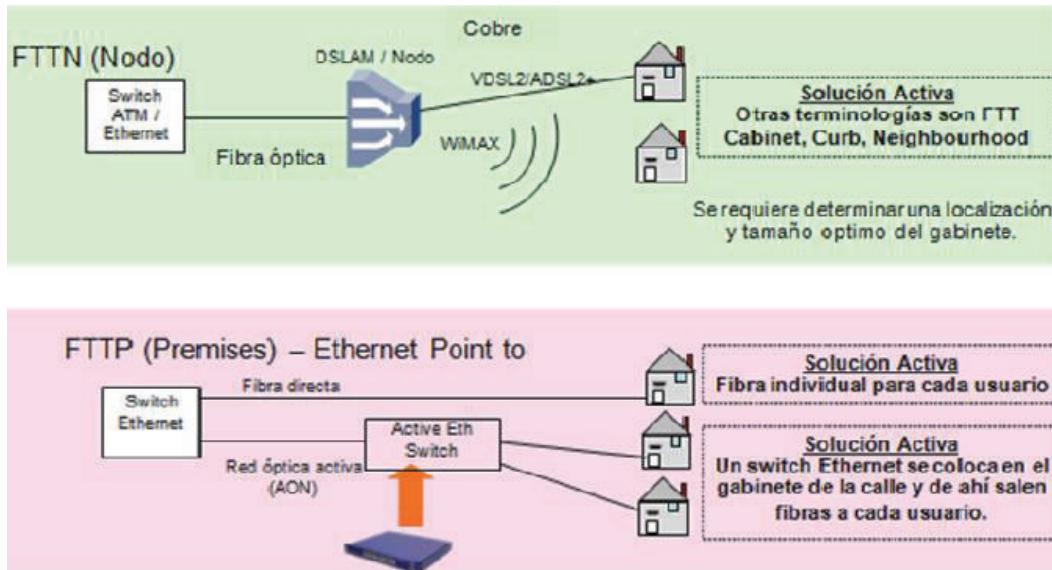


Figura 1.26 Esquema red FTTN y FTTP<sup>33</sup>

<sup>33</sup>Soto Cristian, Manual de procedimientos para la presentación de proyectos de redes de FO. (CNT) pág. 16

## **1.5 RED GEAPON DE TELCONET**

### **1.5.1 GENERALIDADES**

Telconet S.A., con domicilio en la ciudad de Guayaquil, cuenta con una concesión otorgada por el Estado Ecuatoriano para la prestación y explotación de servicios de telecomunicaciones a nivel nacional, habiendo obtenido los permisos y licencias expedidas por las autoridades competentes y los entes reguladores.

Desde el año 2004 se ha firmado convenios y contratos, con las diferentes empresas eléctricas del país, para utilizar los postes del tendido eléctrico, de propiedad de estas últimas, con el fin de realizar el despliegue en las áreas urbanas de Redes de Área Metropolitana de Fibra Óptica – Metro Ethernet, para la transmisión de datos, así como brindar el servicio de Banda Ancha con acceso a Internet a nivel domiciliario.

Estas redes metropolitanas, brindan servicio a empresas de los sectores de la Banca, el Comercio, la Educación, la Salud, medios de comunicación, instituciones públicas, etc., las que dependen del funcionamiento continuo de los enlaces para el desarrollo normal de sus actividades, se han diseñado y construido utilizando cables de fibra óptica. La especificación del cable instalado es: Fibra Óptica Monomodo de 12 hilos con armadura sencilla, la cual es inmune al ruido eléctrico, no es conductora de la electricidad y no recibe ni emite ningún tipo de interferencia electromagnética.

### **1.5.2 REALIDAD ACTUAL**

Al ser redes de tipo Ethernet, la tecnología empleada determinó que la distribución de la señal se haga desde un punto central o Nodo, hasta cada uno de los suscriptores y que todos los Nodos se unan entre sí, en una topología de Red mixta de tipo Anillo – Estrella. Por las razones citadas, ha sido menester la instalación de más de un cable por poste; en el anexo N° 1 se observa un esquema de la red de Telconet.

Se debe señalar, que en los municipios del país, desarrollan su actividad varios operadores de redes de televisión por cable y/o servicios de

telecomunicaciones, que tienen así mismo contratos de arrendamiento de infraestructura con las eléctricas, lo que les faculta el uso de los postes para el tendido de sus redes. Esto ha originado que la instalación de cables en las ciudades prolifere, por lo que el número de cables suspendidos en los postes se ha incrementado dramáticamente durante los últimos años, produciendo un aumento en la polución visual, en desmedro del ornato y por ende causando el malestar de la ciudadanía, que se manifiesta en los medios de comunicación, lo que ha llamado la atención de las autoridades, en especial del Municipio de Guayaquil y el Municipio de Quito, quienes han solicitado, con el carácter de urgente, que se remedie esta situación.

En estas circunstancias, el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito y la Empresa Eléctrica Quito, están estableciendo y regularizando los estándares de utilización de postes y tendido de cables.

Por este motivo Telconet se ha planteado la creación e implementación de nuevos estándares para cumplir con los lineamientos del tendido de cables para la construcción/reestructuración de las Redes Metropolitanas de Fibra Óptica de la empresa en la ciudad de Quito y de esta manera:

- Poner en orden los cables en uso
- Sustituir los cables en uso por cables con mayor número de hilos de fibra óptica en las rutas donde existan varios cables, para de este modo reducir el número de estos
- En los casos donde sea necesario la utilización de más de un cable, instalarlos de modo tal que se tenga un único elemento visual entre los postes, de menos de 50mm de diámetro, debidamente etiquetado, identificado y documentado.

Esta labor se ejecutará teniendo en consideración las necesidades actuales y futuras de la comunidad y contemplará el crecimiento de la Red de Telconet, acorde a las demandas de acceso, disponibilidad y confiabilidad del servicio ofrecido. Al tratarse de redes que se encuentran en operación, no pueden desconectarse sin causar afectación a los usuarios, por lo que una condición es

que las labores de adecuación y cambio de cables se deben ejecutar de manera planificada y coordinada.

### **1.5.3 PREMISAS DE DISEÑO DE LAS RUTAS NUEVAS DE TELCONET EN QUITO.**

- ✓ El diseño de la red MPLS es en forma de un polígono, cada vértice del polígono es un nodo concentrador (nodo principal). Desde cada nodo concentrador se genera un pétalo que consiste en una secuencia de nodos EDGE o ESTANDAR, que parte desde dicho nodo, se generan nodos EDGE, hasta generar el pétalo mencionado y volver al mismo nodo principal.
- ✓ En cada pétalo pueden generarse hasta 10 nodos EDGE o ESTANDAR sin incluir el nodo concentrador.
- ✓ A un nodo concentrador pueden llegar hasta 4 pétalos (lo ideal)
- ✓ Los nodos concentradores serán anillados (unidos) con una fibra independiente a las generadas para los pétalos.
- ✓ Entre nodos solo se pueden generar (diseñar) hasta tres rutas de fibra. Como casos especiales y bajo autorización de la gerencia técnica se puede incrementar este valor.
- ✓ La ruta debe medir como máximo 6 kilómetros. Idealmente la ruta debe tener una distancia de 4 kilómetros.
- ✓ El recorrido de la fibra no puede repetirse en rutas diferentes, a menos que la geografía o la no existencia de calles determine lo contrario.
- ✓ A un nodo EDGE solo pueden ingresar como máximo 6 fibras y como casos especiales hasta 8.
- ✓ A un nodo principal solo pueden ingresar como máximo 24 fibras.
- ✓ La cantidad de cajas DISPERSIÓN por ruta es máximo 20, si es menos, la cantidad diseñada sería en número par siempre, esto es para la optimización de hilos. Con la debida justificación se podrá pasar a 30 como máximo.

- ✓ La cantidad de cajas DISPERSIÓN por ruta lo determina el grado de consolidación del sector en el que se está trabajando, mientras más consolidado es el sector, se requerirán más cajas de DISPERSIÓN en una longitud menor siguiendo el recorrido de la fibra.
- ✓ Existen cajas con capacidad de alta y media densidad. Esto es de acuerdo a la cantidad de hilos disponibles en cada caja determinado por el sector que se está trabajando.

Es por estas razones que creo que la elaboración de este manual será una herramienta de capacitación importante y útil para el departamento técnico de nuestra empresa, y que sin duda ayudará en la implementación de la nueva red de fibra óptica de Telconet en la ciudad de Quito y en el cumplimiento de los nuevos requerimientos del Municipio del DMQ y la EEQ.

## CAPÍTULO II

# MANUAL PRÁCTICO PARA EL CABLEADO DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA DE TELCONET EN LA CIUDAD DE QUITO.

### 2.1 SIMBOLOGÍA

#### 2.1.1 SIMBOLOGÍA PARA LA INTERPRETACIÓN DE PLANOS

Poste	
Poste con Transformador	
Poste con doble transformador	
Poste de TELCONET	
Manga de empalme	
Brazo de extensión. XX ARRIBA: longitud del brazo. XX ABAJO: tipo de herraje del brazo.	BE <sub>xx</sub> <sub>1</sub> <sub>xx</sub>
Herraje tipo A	
Herraje tipo B	
Herraje tipo C	
Etiqueta plástica: Se pondrá una etiqueta pasando un poste.	
Grillete	
Cruce americano	
Cajas de distribución	

Tabla 2.1 Simbología para planos

### 2.1.2 CÓDIGO DE COLORES

A pesar de existir un código de colores estandarizado internacionalmente, Telconet no lo ha implementado así en su red, y ha seguido otro orden diferente para ordenar los tubos e hilos de los cables de fibra el cual se detallan a continuación:

FIBRA 12 HILOS	
orden	hilo
1	rojo
2	natural
3	verde
4	amarillo
5	tomate
6	blanco
7	café
8	gris
9	negro
10	azul
11	violeta
12	rosado

Tabla 2.2 Fibra de 12 hilos-un buffer

TUBO	orden	HILO
Tomate	1	Tomate
	2	Blanco
	3	Verde
	4	Azul
	5	Café
	6	Gris
Azul	7	Tomate
	8	Blanco
	9	Verde
	10	Azul
	11	Café
	12	Gris

Tabla 2.3 Fibra 12 hilos-2 buffers (tubos)

TUBO	orden	HILO
rojo	1	rojo
	2	natural
	3	verde
	4	amarillo
amarillo	5	rojo
	6	natural
	7	verde
	8	amarillo
verde	9	rojo
	10	natural
	11	verde
	12	amarillo

Tabla 2.4 Fibra 12 hilos- 3 tubos

orden	HILO
1	rojo
2	natural
3	verde
4	amarillo
5	tomate
6	blanco
7	café
8	gris
9	negro
10	azul
11	violeta
12	rosado
13	rojo manchas
14	natural manchas
15	verde manchas
16	amarillo manchas
17	tomate manchas
18	blanco manchas
19	café manchas
20	gris manchas
21	negro manchas
22	azul manchas
23	violeta manchas
24	rosado manchas

Tabla 2.5 Fibra 24 hilos

## CABLES FIGURA 8

La fibra de 48 hilos contiene 12 tubos o buffers y cada tubo contiene 4 hilos de fibra:

*Tabla 2.6 Código de colores fibra 48 hilos*

FIBRA	48	HILOS
Orden hilos	Tubos o buffers	
1-4	rojo	
5-8	blanco	
9-12	amarillo	
13-16	verde	
17-20	tomate	
21-24	celeste	
25-28	café	
29-32	negro	
33-36	azul	
37-40	gris	
41-44	violeta	
45-48	rosado	

orden	hilos
1	tomate
2	azul
3	café
4	verde

Por ejemplo, el hilo 33 corresponde al tubo gris - hilo tomate.

La fibra de 96 hilos contiene 12 tubos o buffers y cada tubo contiene 8 hilos de fibra:

*Tabla 2.7 Código de colores fibra 96 hilos*

orden	hilos
1	rojo
2	blanco
3	verde
4	tomate
5	café
6	negro
7	azul
8	gris

FIBRA	96	HILOS
Orden hilos	Tubos o buffers	
1-8	rojo	
9-16	blanco	
17-24	amarillo	
25-32	verde	
33-40	tomate	
41-48	celeste	
49-56	café	
57-64	negro	
65-72	azul	
73-80	gris	
81-88	violeta	
89-96	rosado	

Por ejemplo, el hilo 50 corresponde al tubo café - hilo blanco.

La fibra de 144 hilos contiene 12 tubos y cada tubo contiene 12 hilos de fibra (nótese que en este caso el código de colores y su orden tanto de los buffers como de los hilos es el mismo):

Tabla 2.8 Código de colores fibra 144 hilos

FIBRA 144 HILOS	
orden	hilos
1	rojo
2	blanco
3	amarillo
4	verde
5	tomate
6	celeste
7	café
8	negro
9	azul
10	gris
11	violeta
12	rosado
Orden hilos	
1-12	Tubos o buffers
13-24	rojo
25-36	blanco
37-48	amarillo
49-60	verde
61-72	tomate
73-84	celeste
85-96	café
97-108	negro
109-120	azul
121-132	gris
133-144	violeta
	rosado

Por ejemplo, el hilo 50 corresponde al tubo tomate - hilo blanco.

## 2.2 USO DEL MANUAL

El presente manual está dirigido al personal técnico de fibra óptica de la empresa Telconet S.A. de la ciudad de Quito y ha sido diseñado con el objetivo de:

- Reducir la cantidad de errores en la construcción de la red de fibra óptica de Telconet,
- Incrementar el número de técnicos capacitados acerca de la construcción de la red; y,
- disminuir la cantidad de inconvenientes técnicos que se presentan al momento de realizar la instalación de clientes.

Por lo tanto es importante que cada técnico pueda revisar este manual y confrontarlo con conocimientos y prácticas anteriormente adquiridas, en el caso de los técnicos que ya tienen experiencia en el tema, y en el caso de los técnicos nuevos, estudiar los procesos aquí descritos para luego desarrollar en campo las habilidades y destrezas necesarias en la ejecución del trabajo, y que de esta manera se puedan perfeccionar los procesos y prácticas en la construcción de la red, corregir errores y aumentar los conocimientos técnicos con respecto de la red de Telconet.

## 2.3 NORMAS DEL MANUAL

### 2.3.1 ELEMENTOS DE LA RED DE TELCONET.

Antes de empezar con los detalles en el proceso de construcción de la red de fibra óptica es necesario que conozcamos y nos familiaricemos con los elementos constructivos de la misma y herramientas disponibles para su implementación.

#### 2.3.1.1 Tipos de cables de fibra óptica utilizadas en Telconet S.A.

*Cables FIGURA 8: de 24, 48, 96 y 144 hilos.*



Figura 2.1 Estructura cable con mensajero<sup>34</sup>

Este es un cable de alta densidad de hilos por lo cual su construcción hace que sea un cable pesado, es por esta razón que en cables de alta densidad de hilos se requiera un elemento de soporte externo o mensajero, se utiliza generalmente en áreas urbanas y los materiales que se utilizan son:

- Grilletes 5/16"
- Herrajes tipo A de 7 pulgadas
- Herrajes tipo B de 7 pulgadas
- Etiquetas plásticas
- Cable acerado 3/16"
- Brazos de extensión tipo A (50 cm, 100 cm, 150cm, 200 cm)

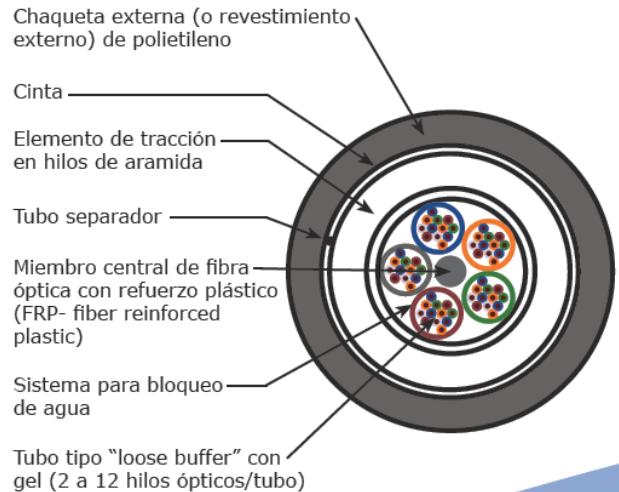
---

<sup>34</sup> Página web: <http://image.made-in-china.com/2f0j00PvsEFyAwwZra/Figure-8-Self-Support-Optical-Cable-for-Aerial-GYFTC8A-.jpg>

- Brazos de extensión tipo B (50 cm, 100 cm, 150cm, 200 cm)
- Mangas de empalme 3M
- Cajas de distribución BMX
- Cinta de acero eriband
- Candados eriband
- Amarras plásticas resistentes al medio ambiente de 35 cm
- Cinta Aislante

### **Cables ADSS.**

Son cables ópticos auto-sustentados; estos cables ópticos están recubiertos de polietileno que envuelve al cable óptico dieléctrico y al elemento de sustentación externo no metálico, lo cual aumenta el grosor del cable.



*Figura 2.2 Estructura cable ADSS<sup>35</sup>*

Los materiales a utilizarse en el tendido son los siguientes:

- Herrajes tipo A o tipo C de 7 pulgadas
- Mordazas (vinchas plásticas)
- Cajas de distribución BMX
- Cinta de acero eriband
- Candados eriband
- Amarras plásticas resistentes al medio ambiente de 35 cm
- Cinta Aislante

---

<sup>35</sup> Página web: <http://www.soloconductores.com.ar/wp-content/uploads/2011/11/adss.jpg>

### ***Cable acceso a abonado.***

En este tipo de obra se realiza el tendido de fibra desde la red hacia la acometida del cliente, en este caso se usa fibra de 2 hilos, el material que generalmente se usa es el siguiente:

- Herrajes tipo A o tipo C de 7 pulgadas
- Mordazas (vinchas plásticas)
- Canaletas 20x12 mm
- Canaletas 40x25 mm
- Cinta Doble Faz
- Amarras plásticas resistentes al medio ambiente de 35 cm
- Cinta Aislante

### ***Patch cords de fibra óptica***

Se utilizan un el proceso de construcción de la red patch cord de fibra óptica monomodo con conectores LC de 2 y 3 metros.



*Figura 2.3 Patch cord de fibra óptica<sup>36</sup>*

#### **2.3.1.2 Tipos de herrajes**

En cada poste se coloca un herraje tangente apropiado, dependiendo si se trata de un poste de madera o de concreto.

#### ***Herraje tipo A***

Estos herrajes están destinados a cumplir funciones de retención de los cables con mensajero, ADSS y de los cables que se usan para acometidas.

En los cables con mensajero se utilizan para: cambios de dirección del tendido, en cruces de avenidas principales, cambios de nivel o en tramos rectos para retención cada 150 m aproximadamente.

---

<sup>36</sup> Página web: [http://www.ceycomonline.com/eshop/popup\\_image.php?plID=1182](http://www.ceycomonline.com/eshop/popup_image.php?plID=1182)



*Figura 2.4 Herraje tipo A*

Las especificaciones técnicas de estos herrajes son:

- Confeccionado con barra redonda, lisa, de acero laminada en caliente, de diámetro 8 o 12  $\pm 0.4$  mm (5/16 o  $1\frac{1}{2}$ ”), con límite mínimo de fluencia ( $f_y$ ) de 2 400 kg/cm<sup>2</sup>, ovalidad máxima de 0,60 mm, resistencia mínima a la tracción de 3 400 kg/cm<sup>2</sup>, resistencia máxima a la tracción de 4 800 kg/cm<sup>2</sup> (Norma INEN 2222).
- El galvanizado de las piezas será por inmersión en caliente de acuerdo a las Normas ASTM A-123 y ASTM A-153, y posterior a la ejecución de los cortes, perforaciones, dobleces y soldaduras. El acabado de todas las piezas deberá mostrar una superficie lisa, libre de rugosidades y aristas cortantes.

#### *Herraje tipo B*

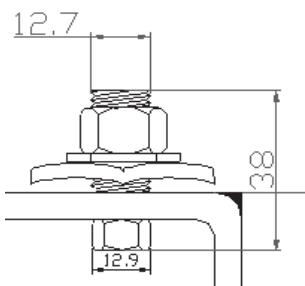
Este herraje está destinado a cumplir funciones de paso para los cables que tienen mensajero externo.

Las especificaciones técnicas de este herraje son:

- Un perno máquina:
- De cabeza hexagonal confeccionado con barra redonda, lisa, de acero laminada en caliente, de diámetro  $1\frac{1}{2}$ ” (12,7 mm), con límite mínimo de fluencia de 2 400 kg/cm<sup>2</sup>, ovalidad máxima de 0,60 mm, resistencia mínima a la tracción de 3 400 kg/cm<sup>2</sup>, resistencia máxima a la tracción de 4 800 kg/cm<sup>2</sup> .
- Longitud del perno:  $1\frac{1}{2}$ ”(38 mm).
- Paso de rosca de 13 hilos por pulgada.
- Con 1 tuerca hexagonal, 1 arandela plana y 1 arandela de presión.

- El galvanizado de todas las piezas será por inmersión en caliente de acuerdo a las Normas ASTM A-123 y ASTM A-153, y posterior a la ejecución de los cortes, perforaciones, dobleces y soldaduras. El acabado deberá mostrar una superficie lisa, libre de rugosidades y aristas cortantes. La capa de zinc sobre la rosca no debe estar sujeta a ninguna operación de corte. Pernos y tuercas deben estar libres de rebabas, venas, traslapos y superficies irregulares que afecten su funcionalidad. Todo el perno debe estar en condiciones que la tuerca pueda recorrer el total de la longitud de la rosca sin uso de herramientas.

En la figura adjunta se muestra el herraje tipo B.



*Figura 2.5 Herraje tipo B*

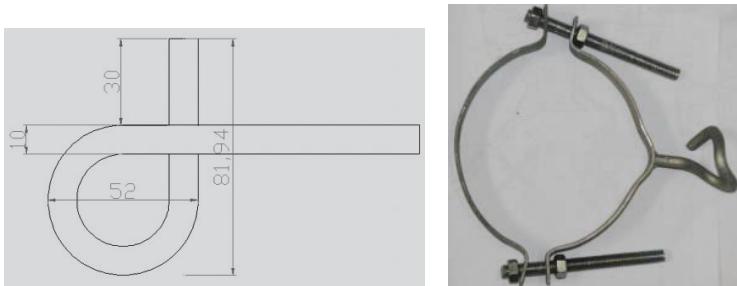
### **Herraje tipo C**

Este herraje está destinado a cumplir funciones de retención de los cables ADSS.

Las especificaciones técnicas de este herraje son:

- Confeccionado con barra redonda, lisa, de acero laminada en caliente, de diámetro  $10 \pm 0.4$  mm (3/8"), con límite mínimo de fluencia de  $2\ 400$  kg/cm<sup>2</sup>, ovalidad máxima de 0,60 mm, resistencia mínima a la tracción de  $3\ 400$  kg/cm<sup>2</sup>, resistencia máxima a la tracción de  $4\ 800$  kg/cm<sup>2</sup> (Norma INEN 2222).
- El galvanizado de la pieza será por inmersión en caliente de acuerdo a las Normas ASTM A-123 y ASTM A-153, y posterior a la ejecución de los cortes, perforaciones, dobleces y soldaduras. El acabado de todas las piezas deberá mostrar una superficie lisa, libre de rugosidades y aristas cortantes.

En la figura adjunta se muestra el herraje tipo C.



*Figura 2.6 Herraje tipo C*

#### ***Herrajes con brazo de extensión.***

Los brazos o herrajes de extensión son elementos colocados en postes, para la sujeción de cables de fibra óptica aéreos en general y pueden ser de tipo A o B. Existen en diferentes medidas y TELCONET trabaja con los siguientes: 50, 100, 150 y 200 cm; y sus herrajes son de 7”.

Los brazos de extensión son comúnmente usados en las siguientes circunstancias:

- Cuando no exista espacio en el poste para sostener el cable a instalar.
- Para separar el tendido del cable del poste y evitar obstáculos.
- Para mejorar el alineamiento del cable y así evitar tensiones sobre el poste.
- En retenidas verticales y especiales.
- Para alejar de los predios o edificios.



*Figura 2.7 Brazo de extensión Tipo A*

#### **2.3.1.3 Cajas de Distribución.**

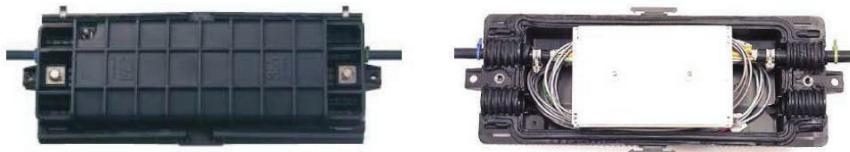
Las cajas de distribución es el punto en la red que permite la interconexión entre la red de backbone y la última milla hacia el cliente.



*Figura 2.8 Caja de distribución<sup>37</sup>*

Están diseñadas para permitir el ordenamiento, fusión y direccionamiento de los hilos de fibra óptica y protege la fibra de los agentes externos. Se instalan en los postes utilizando cinta eriband.

#### 2.3.1.4 Mangas de empalme



*Figura 2.9 Manga 3M para fibra óptica*

Son los elementos de la red que permiten el empalme entre puntas de cables de fibra óptica, además son herméticas y resistentes a golpes, brindando la protección necesaria ante las inclemencias del clima y agentes externos. Dentro de las mangas de empalme se ordenan las fibras en casetes de acuerdo a su código de colores.

#### 2.3.1.5 Distribuidores de fibra óptica (ODFs)

Son los puntos terminales de los enlaces entre nodos de la red y permiten la interconexión entre rutas o con los elementos activos de la red de cada uno de los hilos del cable de fibra óptica. En el ODF los hilos están ordenados e identificados de acuerdo a su respectivo código de colores.

---

<sup>37</sup> Página web: <http://ts2.mm.bing.net/th?id=H.4672044870077021&pid=15.1>



Figura 2.10 ODF

### 2.3.1.6 Otros accesorios

#### *Grilletes.*

Se utilizan para asegurar el cable de acero de un cruce americano o del mensajero de la fibra al herraje tipo A.

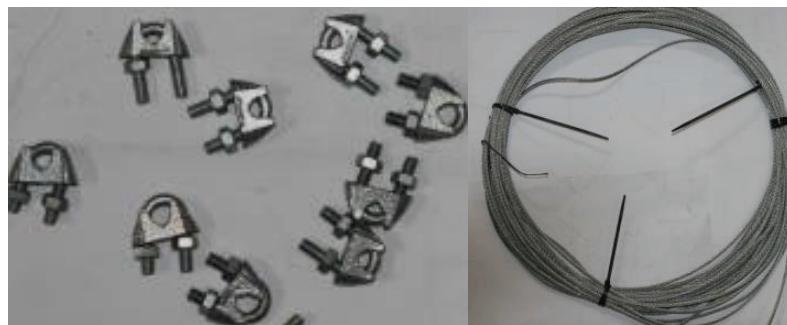


Figura 2.11 Grilletes y cable acerado

#### *Flejes o cinta eriband y hebillas:*

Para la instalación de cajas de distribución a los postes se usan los flejes de acero inoxidable de  $\frac{3}{4}$ " (19,05 mm) de ancho.



Figura 2.12 Cinta y candados eriband

Los flejes serán asegurados en los extremos, impidiendo que éstos se deslicen entre sí, por medio de hebillas de acero inoxidable micro-dentada.

### **Precintos (amarras plásticas)**

Los precintos plásticos estarán construidos en materiales sintéticos de la mejor calidad para ese fin, debiéndose descartar el empleo de materiales alterables por la humedad, radiación solar y otras condiciones ambientales desfavorables.



*Figura 2.13 Amarras plásticas*

### **Etiquetas**

De acuerdo a la normativa del MDMQ<sup>38</sup> para la identificación de cada una de las redes de servicios se usará una etiqueta de acrílico de las siguientes dimensiones:

- Largo: 12,5 a 14,5 cm
- Ancho: 6 cm
- Espesor: 3 mm

Los datos mínimos que deben contener las etiquetas son:

- Nombre de la Empresa: Tamaño mínimo de la letra de 1,5 cm.
- Teléfono

Para Telconet la etiqueta es de color amarillo y letras negras.

### **2.3.1.7 Equipos y herramientas comúnmente utilizadas**

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecles de 2 toneladas: Se utiliza para tensionar el cable.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comelón #20: Se usa para sujetar el cable mientras se lo tensiona en la instalación.</li> </ul>	

<sup>38</sup> MDMQ, Manual Técnico para instalaciones de redes eléctricas y de conectividad. Versión 2.0, Abril 2011. Pág. 47

<ul style="list-style-type: none"> <li>Poleas: Para reducir el coeficiente de fricción del cable al tenderse.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Escaleras de 28, 32 pies: Para que los técnicos puedan realizar los tendidos.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Llaves: Llaves #19 fijas Llaves #19 ratchet Llaves #10 fijas Llaves #13 fijas</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Corta pernos de 24 pulgadas:</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Martillos de bola</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Estilete retráctil</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Cinturones de seguridad con línea de vida</li> </ul>	

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagonal y Alicate</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Destornillador plano y Destornillador de estrella</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maquina eriband</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Machete</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soga</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fusionadora de fibra óptica</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cortadora de fibra óptica</li> </ul>	

<ul style="list-style-type: none"><li>• Peladora de fibra óptica</li></ul>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo (OTDR)</li></ul>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Máquina etiquetadora</li></ul>	

Tabla 2.9 Equipos y herramientas utilizadas en Telconet

### 2.3.2 DISEÑO Y REPLANTEO DE RUTAS

De acuerdo a la topología de la red de Telconet, el cableado de la red urbana cumple con el propósito de distribuir el servicio dentro de áreas estratégicamente seleccionadas, además del enlace entre nodos. Esto se lo realiza utilizando cables de fibra óptica de 144 hilos, en cuyos extremos (nodos) se instalan distribuidores de fibra óptica (ODF) desde donde se realizarán las interconexiones necesarias para brindar los servicios de Telecomunicaciones a los clientes; en el recorrido de la fibra se instalarán, en lugares estratégicos, cajas de distribución. Cuando las rutas superan los 2 Km de longitud (dimensión total de la fibra de un carrete), será necesaria también la instalación de mangas de empalme.

Antes de realizar el tendido de la fibra óptica en campo, es necesario realizar un proceso previo de diseño, el mismo que es realizado por el departamento de GIS de la empresa, quienes establecen el recorrido que, en teoría, realizaría el cable de fibra óptica para cubrir una área determinada, los mismos que a su vez generaran un plano con dicho recorrido que será entregado a un fiscalizador para la realización del replanteo.

#### 2.3.2.1 Replanteo

Es el proceso mediante el cual se verifica, en campo, la factibilidad de realizar el tendido del cable en una zona y/o ruta determinada.

En el proceso de replanteo se deberán tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- *Ubicación de cajas de distribución:* las cajas de distribución serán ubicadas en postes con el espacio suficiente para la instalación de las mismas. No podrán utilizarse con este propósito: postes que se encuentren en mal estado, inclinados, o con transformadores o bajantes eléctricas instaladas. Tampoco se recomienda utilizar postes saturados con cables y/o elementos de otras empresas.

En cada ruta se deberán instalar un total de 20 cajas de distribución (esto es debido al estándar de diseño de la red de Telconet) tomando en cuenta los lugares estratégicos de acuerdo a la posible demanda de los servicios que

provee la empresa;

- *Levantamiento de información de los postes* de la EEQ disponibles para el tendido del cable y de los lugares donde sería necesaria la instalación de postes adicionales. Para que un poste pueda ser utilizado debe encontrarse en buen estado: libre de cortes y rajaduras, verificar que no se encuentre flojo o mal amacizado, y en posición completamente vertical.
- *Prever* que el cable, en el proceso de tendido no vaya a quedar por debajo de la altura mínima requerida de acuerdo al sector (ver alturas de libramiento) y que no invada terrenos o propiedades privadas.
- Indicar en el plano, junto a cada poste, *los materiales* necesarios para la instalación del cable (tipo y número de herrajes, grilletes, etc.).
- Especificar en el plano los lugares donde será necesario realizar cruces americanos, cambios de nivel con el cable de fibra óptica.
- *Ubicación de etiquetas plásticas:* para identificación del cable de Telconet. las etiquetas deberán colocarse pasando un poste, pero podrán también colocarse a poste seguido en lugares de difícil identificación visual del cable y cruces de avenidas principales. Además se ubicarán obligatoriamente etiquetas en el cable junto a postes donde se instalen cajas de distribución y mangas de empalme.
- También se deberá incluir en el informe de replanteo, detalles importantes que deban tomarse en cuenta para la realización del tendido como: cruces de quebradas, puentes, ingreso a urbanizaciones privadas, postes a plantar, etc., para que de esta manera se tomen las medidas y/o procedimientos del caso.

Todo esto implica que de ser necesario, la ruta propuesta en el plano por GIS, podrá ser modificada por el fiscalizador para la optimización de la utilización de los recursos.

Finalmente el informe en el plano de replanteo será entregado a la persona encargada de GIS para su posterior digitalización.

La simbología y código de colores a utilizar en la elaboración del informe será la siguiente:

SÍMBOLO	Significado
A	Herraje Tipo A
B	Herraje Tipo B
BE-A-1m	Brazo de extensión-Tipo-medida
G	grillete
E	Etiqueta de identificación plástica
PP	Poste a plantar
F	Cruce americano
2A	Cambio de nivel utilizando 2 herrajes tipo A
●○	Caja de distribución
Notas	Los detalles e indicaciones adicionales se deberán indicar en el plano y resaltar con color verde claro.
	poste
#	Poste con transformador
##	Poste con doble transformador
—	Línea de ruta

Tabla 2.10 Simbología y código de colores para Replanteo de Rutas

Un ejemplo de informe de replanteo se observa en el anexo N° 3

Una vez entregado el plano de replanteo este se digitaliza y se vuelve a imprimir para ser entregado al jefe de cuadrilla de planta externa para que se realice el tendido de la ruta.

### 2.3.3 INSTALACIÓN DE POSTES ADICIONALES

Generalmente para el tendido del cable se utiliza únicamente los postes de la EEQ, pero cuando las características geográficas lo ameritan es necesario instalar nuestros propios postes; aquí las consideraciones que deben tomarse en cuenta para esto:

- Excavar dependiendo de la altura del poste y el tipo de terreno, generalmente 1/6 de la altura del total del poste.
- Evitar en la colocación obstáculos que pudieran interferir (ramas, líneas

de energía eléctrica, etc.).

- Colocar el poste centrado a plomo en el hoyo de la excavación.
- Compactar con 3 capas de tierra y 2 capas de piedra alternada distribuidas uniformemente.
- Se verifica verticalidad y amacizado.

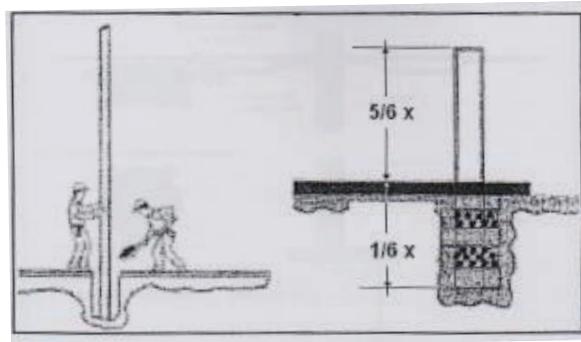


Figura 2.14 Instalación de postes

#### 2.3.4 DESCARGA Y MOVIMIENTO DEL CABLE DE FIBRA ÓPTICA

Los cables de fibra óptica por lo general se entregan en carretes, los mismos que deben cargarse y descargarse usando una grúa, un camión con elevador especial o montacargas.

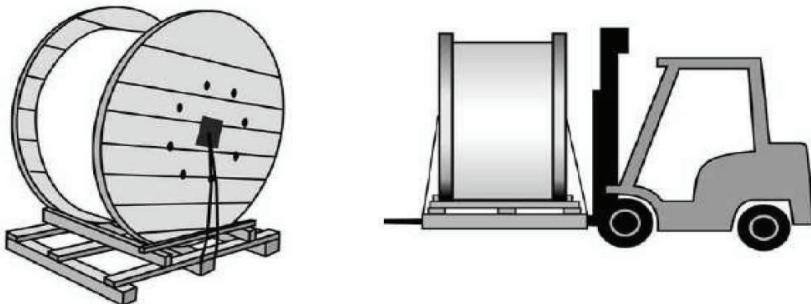


Figura 2.15 Descarga y movimiento de carretes

Los montacargas deben recoger el carrete con el lado plano del carrete mirando hacia el conductor. Extienda las horquillas por debajo de todo el carrete. *NO recoja el carrete hacia arriba con los cables mirando hacia el conductor.* Mantenga los carretes derechos sobre sus bordes rodantes y nunca los coloque planos ni los apile.

Todos los carretes se identifican con una flecha indicando la dirección en la que debe hacer rodar el carrete. Hágalo rodar solamente en la dirección indicada.

*NO deje caer los rieles por la parte posterior del camión sobre una pila de ruedas, sobre el piso o en cualquier otra superficie.* El impacto puede dañar al personal y dañará el cable. Siempre use suficiente personal como para descargar los envíos de cable de manera segura.

El carrete tiene una etiqueta con direcciones de manejo.

Consulte estas direcciones si tiene alguna duda sobre el manejo del carrete.

#### **2.3.4.1 Almacenamiento del cable de fibra óptica**

El cable de fibra óptica siempre se almacena sobre el borde rodante; para prevenir el deterioro del carrete durante el almacenamiento a largo plazo, almacene el cable de fibra óptica de tal manera que proteja el carrete contra la intemperie.

#### **2.3.4.2 Transporte hacia el lugar donde se realizará el tendido.**

Para trasportar el carrete de fibra hacia el lugar de tendido se utiliza un remolque el cual posee un sistema de poleas que facilita la carga del mismo y una vez asegurado está listo para el respectivo traslado.



*Figura 2.16 Remolque para transporte de carretes*

#### **2.3.5 INSTALACIÓN DE HERRAJES**

Antes de empezar cualquier trabajo en los postes, se debe hacer una verificación del área a construir con los planos de tendido, con especial énfasis

en los puntos donde se anotaron características especiales; cruces conflictivos, retenidas, brazos de extensión, alturas de libramiento, etc.

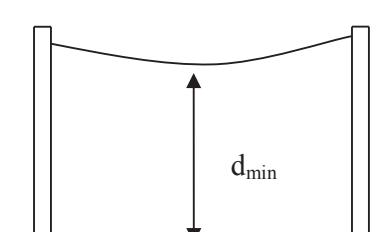
Los herrajes o brazos de extensión se instalarán en los postes indicados en el plano de tendido tomando en cuenta los tipos especificados, y las respectivas medidas de seguridad en el trabajo.

Por normativa un herraje debe ser instalado en un poste eléctrico con las siguientes distancias mínimas<sup>39</sup>:

- 40 cm bajo la red de baja tensión.
- 60 cm bajo la red de alumbrado público.
- 325 cm bajo la red de media tensión.

#### 2.3.5.1 ALTURAS DE LIBRAMIENTO

La distancia vertical de los cables por encima del nivel del piso en los lugares generalmente accesibles, camino, riel, o superficies de agua, no será menor a la que se muestra en la figura, además que el cable de fibra óptica de Telconet debe estar siempre por debajo del cable de ECUADOR TELECOM, a unos 20cm. aproximadamente:



LUGAR TÍPICO	$d_{min}$
En callejones y veredas donde sólo circulan peatones	4.0 m
En calles secundarias en donde circulan hasta automóviles y camionetas	5.0 m
En calles principales donde circulan hasta buses.	5.5 m
En carreteras en donde circulan hasta camiones de carga	6.5 m
En cruce de vías de ferrocarril	7.3 m

Tabla 2.11 Alturas de libramiento<sup>40</sup>

<sup>39</sup>MDMQ, Manual técnico para instalaciones de redes eléctricas y de conectividad LMU40 pág. 56

<sup>40</sup>NET SPEED, Manual de Tendido.

### 2.3.6 INSTALACIÓN DEL CABLE

#### 1.1.1.1 Tendido del cable - Método de instalación con desplazamiento de carrete.

El método de desplazamiento es la manera más simple de colocar el cable de tubo central autosoportado.

Acople el cable al accesorio de la línea de poste en el primer poste del tendido de cable. Deje suficiente cable adicional para facilitar el empalme y etiquete la reserva de cable con el nombre de la ruta especificada en el plano. El cable debería poder alcanzar el suelo, pasar por un camión/remolque de empalme y colocarse en una caja de empalme o ingresar a un nodo e instalarse en un ODF. Si tiene dudas sobre la longitud, conviene dejar cable de más y no de menos. Cubra el extremo del cable abierto para prevenir la contaminación con la suciedad o humedad.

Enrolle el cable, teniendo cuidado de no exceder el radio mínimo de curvatura y ate el rollo a la parte posterior del poste.

Asegure el cable al primer poste utilizado en el tendido y empiece a desenrollar el cable desde arriba del carrete y colóquelo manualmente en el soporte de cable.

Continúe desenrollando el cable lenta y uniformemente mientras se desplaza el remolque, para mantener una tensión pareja de extracción. Si la extracción del cable es inconsistente, esto puede hacer que el cable se ‘balancee’ y se dañe. No permita que el carrete del cable sobregire y deje que la flojedad del cable se quite del carrete. (Se requerirá el uso de los frenos.)

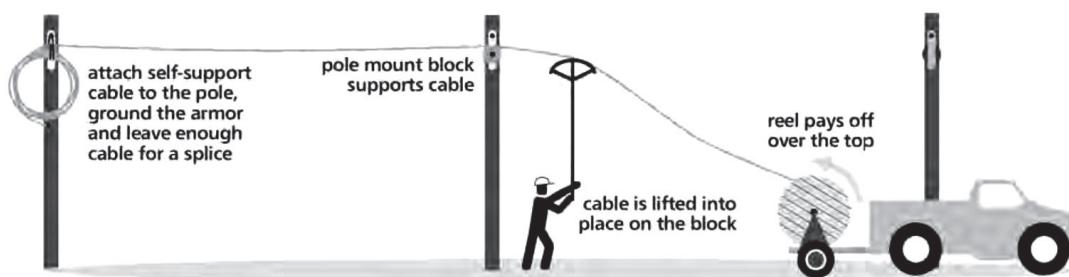


Figura 2.17 Método de instalación con desplazamiento de carrete

Coloque una polea por cada poste donde se vaya a instalar el cable de fibra óptica, así se puede prever daños físicos, retorcimientos, etc.; de haber un cambio de trayectoria se debe utilizar poleas de 45° o 90° con el fin de evitar dobleces en las curvas y que el cable sufra el menor esfuerzo posible.

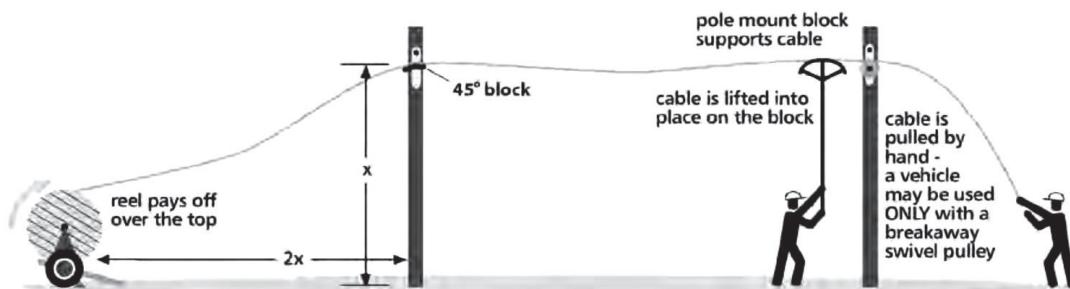
Levante el cable y colóquelo en las poleas previamente instaladas en los postes, las poleas deben estar en condiciones óptimas de rodamiento y tener las dimensiones adecuadas al espesor del cable que se ha de instalar para evitar fricciones en las mismas.

#### **2.3.6.1 Tendido del cable- Método enrollado retractable/Fijo**

Debido a que es difícil conectar a tierra el cable de tubo central autosoportado durante el enrollado retractable, deberán tomarse medidas de precaución durante la instalación. Esto es particularmente cierto si el derecho de paso se comparte con cables de alimentación. SIGA CADA PRECAUCIÓN DE SEGURIDAD ELÉCTRICA, INCLUYENDO EL USO DE GUANTES AISLADOS.

##### ***Instalación del remolque***

El remolque debería colocarse en línea con el alambre y a doble distancia de la guía de instalación al piso desde la guía. Esto impedirá que el cable roce el poste (o carrete) o que se acople a la guía. Si el remolque no se puede ubicar allí, mueva la guía de instalación y el remolque del cable a un poste adyacente.



*Figura 2.18 Método enrollado retractable/Fijo*

El cable debería desenrollarse desde la parte superior del carrete del cable. El desenrollo del cable desde el carrete debería originar una fuerza descendente

en el enganche del remolque.

Calce las ruedas del remolque. Ajuste los frenos según sea necesario. Coloque barreras y conos protectores según necesite para proteger a los peatones.

Tomamos ahora la punta de la fibra y vamos levantando la fibra en los postes sujetándolo con las poleas, tal como en el método anterior, en este caso necesitamos tener especial cuidado en los cruces de vías para evitar que el cable sea arrollado por los vehículos que circulan y sufran daños las fibras.

#### **GIROS DE 45° Y 90°**

Para llevar a cabo estos giros es necesario contar con personal experimentado y equipamiento adecuado, estos giros se utilizan generalmente para realizar los “cruces americanos” estos cruces son aquellos que se realizan cuando la fibra debe virar o curvar en una esquina, de esta manera es posible el tendido en tales condiciones sin que el cable se dañe. Se pueden presentar 2 estilos de cruce americano.

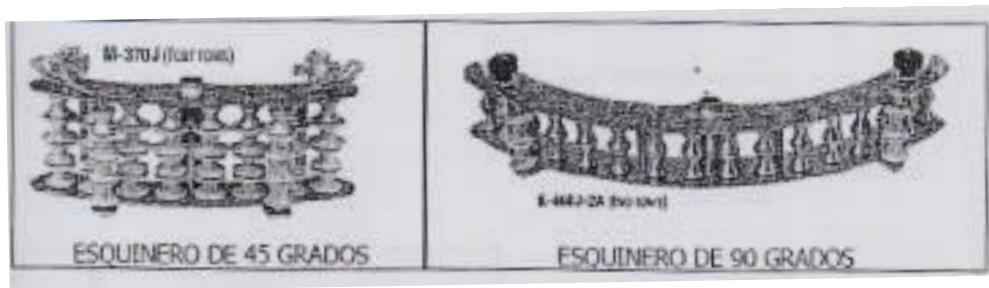


Figura 2.19 Poleas esquineras 45° y 90°

- a) Sujetado a 2 postes.

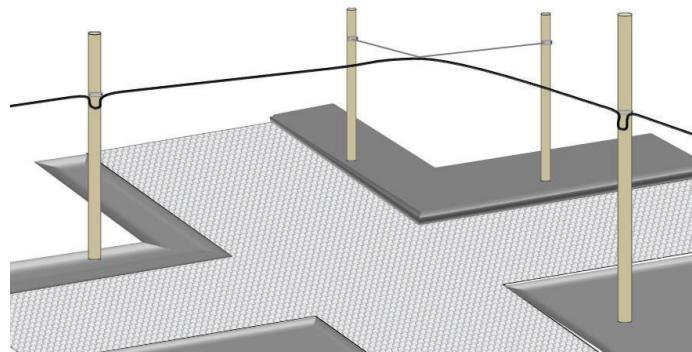
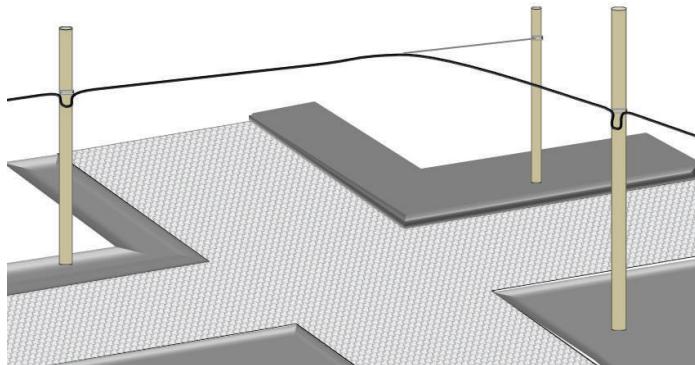


Figura 2.20 Cruce americano sujetado a 2 postes

- b) Sujetado a 1 poste.

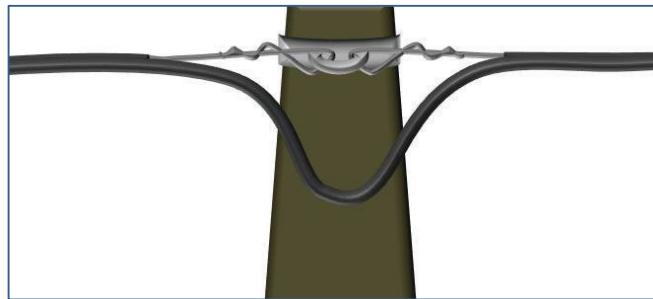


*Figura 2.21 Cruce americano sujetado a un poste*

#### 2.3.6.2 Sujeción del cable al herraje

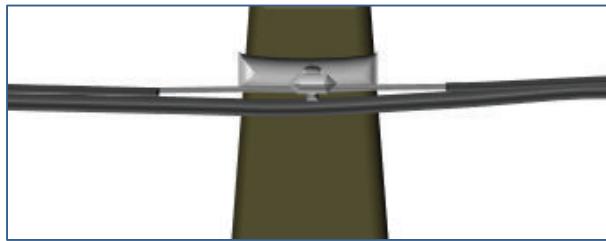
Una vez regado el cable se empieza a sujetar, la sujeción se la realiza con el uso de una herramienta llamada tecle, para sujetar el cable lo hacemos con el comelón, juntas estas herramientas permiten tensionar el cable para luego dejarlas sujetas a los herrajes, mientras se van retirando las poleas.

En el caso del cable con mensajero se utilizan herrajes tipo A y B para sujetar la fibra. En el herraje tipo A, se desprende el mensajero del cable en el lugar del herraje aproximadamente 70 cm, se corta por la mitad y se asegura en la argolla del herraje utilizando dos grilletes por lado como se muestra en la figura:



*Figura 2.22 Instalación de cable en herraje tipo A*

Para el herraje tipo B, se desprende el mensajero del cable unos 30 cm aproximadamente, se coloca el mensajero en la ranura correspondiente y se ajusta con el perno existente.

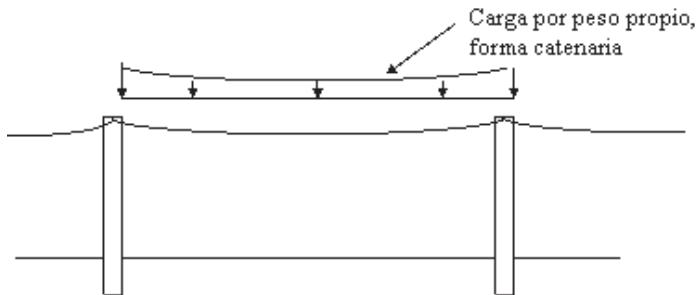


*Figura 2.23 Instalación de cable en herraje tipo B*

Para el caso de las fibras ADSS se utilizan vinchas o mordazas plásticas las cuales se colocan primero en el herraje, luego se tensiona la fibra y se coloca el seguro, luego se coloca el otro seguro asegurándose de que la fibra no quede tensionada entre las vinchas.

La fibra deberá pasarse empezando desde sus extremos para poder ubicarla por encima de los de las empresas y por debajo de ECUADOR TELECOM, una vez terminado, se empieza a sujetar el siguiente tramo.

El vano entre poste y poste no es perfectamente recto sino que es de forma catenaria y dependerá del span (distancia entre poste y poste) máximo permitido y de la máxima tensión permitida para la el tipo de fibra que se esté utilizando.



*Figura 2.24 Forma catenaria del vano entre postes*

Inicialmente podemos valernos de un dinamómetro para saber cuánto es la tensión máxima que podemos aplicar al cable, pero con la práctica este proceso se lo realiza con una simple inspección visual.

En la punta final se deja una reserva de 10m para la manga, éste proceso deberá repetirse hasta terminar el enlace NODO a NODO.

### 2.3.7 INSTALACIÓN DE CAJAS DE DISTRIBUCIÓN

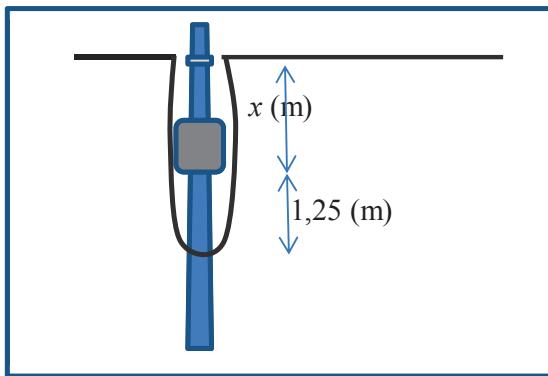
Se sujetan las cajas al poste, debajo de todos los cables de telecomunicaciones, con cinta Eriband ajustándola con la máquina y candados Eriband; garantizando que la caja se quede totalmente fija y con su frente hacia la calle.

#### 2.3.7.1 Bucle

Se dejará un bucle o reserva por cada caja en los postes, en el lugar indicado en el plano (recordar siempre que por normativa de la EEQ no se puede dejar cajas de distribución en postes con transformadores), esta reserva será calculada de acuerdo a la posición de la caja respecto al herraje.

Reserva (m) = $2(x+1,25)$ ; siendo  $x$  la distancia entre el herraje y la base de la caja de distribución.

La reserva se dejará enrollada provisionalmente y con su respectiva etiqueta



*Figura 2.25 Reservas para cajas de distribución*

### 2.3.8 COLOCACIÓN DE ETIQUETAS

Se colocará para identificación en los cables de Telconet una etiqueta plástica de color amarillo con el nombre y número telefónico de la empresa, a lo largo de toda la ruta, pasando un poste, a una distancia del poste no mayor a 1m., adicionalmente se colocará una etiqueta junto al poste donde se instalen cajas de distribución y mangas de empalme.

Para esto se utilizará dos amarras plásticas, las mismas que una vez ajustadas deberán cortarse al ras. La etiqueta debe quedar bien fija, alineada verticalmente y con las letras hacia el lado de la calle.

### **2.3.9 FISCALIZACIÓN DEL TENDIDO DEL CABLE.**

Una vez realizado el tendido de la fibra y la instalación de cajas BMX, se realiza la fiscalización de los trabajos para verificar si se realizó el tendido de acuerdo al plano, utilizando todos los materiales adecuados y respetando las normas de instalación indicadas anteriormente. Para esto se imprimirá un plano de la ruta y se entregará al fiscalizador quien a su vez anotará en él todas las novedades existentes tomando fotos de las mismas, y realizará un informe completo, para el posterior arreglo de la ruta y aplicación de sanciones a el/los responsables de las anomalías.

El formato con un ejemplo de informe se muestra en el anexo N° 4

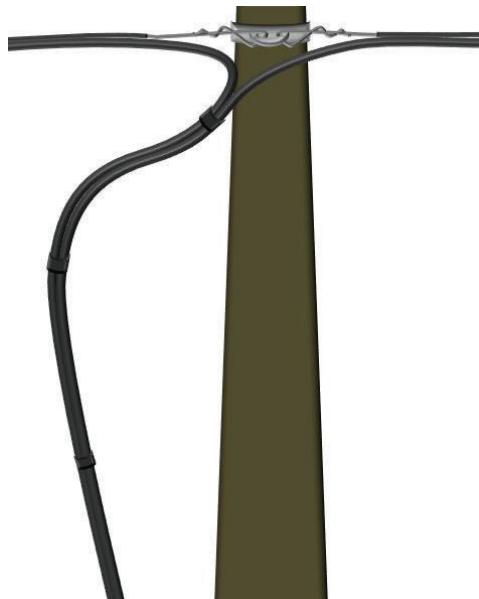
### **2.3.10 ARMADO DE MANGAS (3M)**

En el armado de mangas se utilizan los siguientes materiales:

- 1 FUSIONADORA
- 1 ESTILETE O DESCHAQUETORA
- 20 AMARRAS DE 35cm
- 1 MANGA 3M 2179
- 1 MARTILLO
- 4 CASETES EXTRA (DEPENDE DEL NUMERO DE HILOS, ver tabla 3-K)
- 1 PELADORA DE FIBRA OPTICA DE TRES MEDIDAS
- GUANTES
- 1 LLAVE DE CORONA #10

#### **2.3.10.1 Empaquetado**

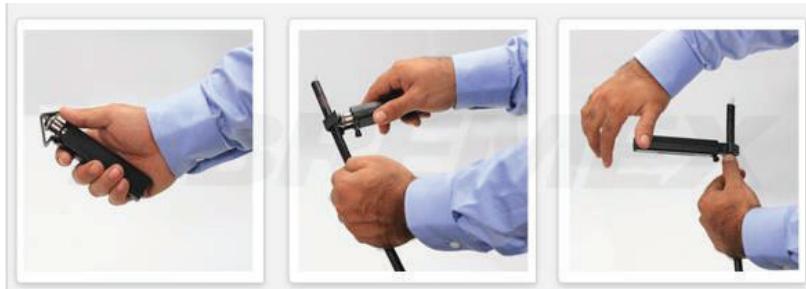
1. Con el cable ya tendido, separamos el mensajero del cable y a continuación empezamos el empaquetado desde el herraje hacia las puntas cada metro colocamos 2 vueltas de cinta aislante dejando dos metros libres para el empalme.



*Figura 2.26 Paso 1 armado de mangas: Empaque*

#### 2.3.10.2 Deschaquetado

2. Utilizando un estilete o un pelador de cable (como en la figura 3.27) hacemos una marca de hasta dónde vamos a deschaquetar a 180cm, en la punta retiramos 20cm de chaqueta,



*Figura 2.27 Paso 2 armado de mangas: Deschaquetado*

3. tomamos las guías de corte y las llevamos hasta la marca que hicimos al principio,

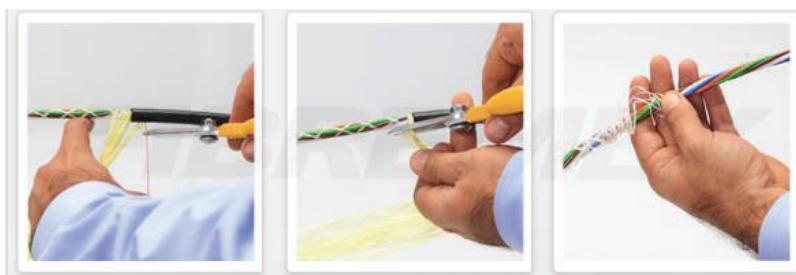


*Figura 2.28 Paso 3 armado de mangas*

4. retiramos la chaqueta, el recubrimiento de tela anti-humedad, las guías de corte y la guía central de fibra de vidrio. Repetimos el proceso en la otra punta

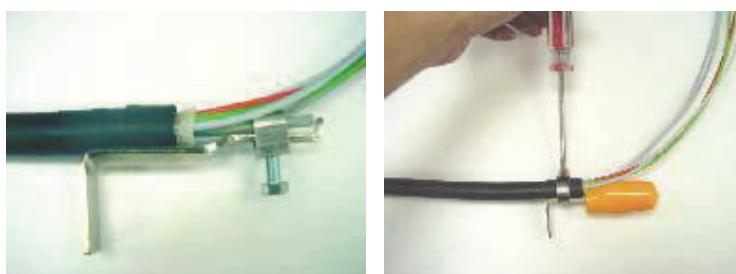


*Figura 2.29 Paso 4 armado de mangas: Retiro de chaqueta*



*Figura 2.30 Paso 4 armado de mangas: Retiro de recubrimiento*

#### 2.3.10.3 Fijación a la manga



*Figura 2.31 Paso 5 armado de mangas*

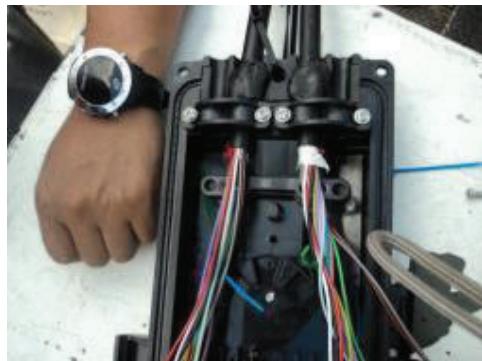
5. Colocamos 2 arandelas plásticas con la marca “5-6”, colocamos las platinas en forma de “L” con el lado más largo hacia las puntas de la fibra y las fijamos con las abrazaderas,



*Figura 2.32 Paso 6 armado de mangas*

6. a continuación enrollamos la cinta auto-fundente entre las arandelas plásticas a 2mm de la platina en “L” hasta el borde de la arandela plástica

7. y después fijamos las fibras a la base de la manga colocamos amarras temporalmente hasta terminar las fusiones.



*Figura 2.33 Paso 7 armado de mangas: Fijación de fibras en la manga*  
Repetimos el proceso en la otra punta.

#### 2.3.10.4 Preparación de casetes

Número de Hilos	BUFFERS POR CASETE	CASETES POR MANGA
144	2	6
96	3	4
48	4	3
24	1	1

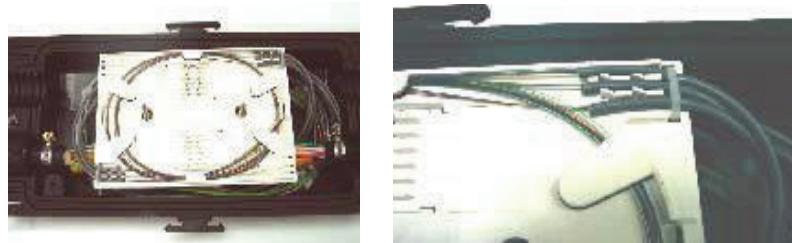
*Tabla 2.12 Casetes organizadores y tubos según el número de fibras en el cable*

8. En un mismo borde del casete colocamos 2 amarras de 10cm por costado, colocamos los pernos “sinfín” en la base de la manga, pasamos todos los tubos por debajo del casete el cual vamos a fijar con 1 rodena dorada, tomamos el número de buffers basándonos en la tabla anterior y procedemos a colocarlos de manera cruzada en el casete (los buffers de la fibra que entran por la derecha entraran por la parte izquierda del casete y viceversa).



*Figura 2.34 Paso 8a armado de mangas*

Cortamos los buffers a 1,5cm. del borde del casete, limpiamos los hilos parcialmente con los paños proporcionados en la manga y a continuación aseguramos los buffers a la casetera utilizando las amarras colocadas previamente.



*Figura 2.35 Paso 8b armado de mangas*

9. Tomamos los hilos de fibra óptica siguiendo el código de colores de los buffers (rojo con rojo/blanco con blanco etcétera) y los medimos dando 3 vueltas al casete por los ordenadores internos del mismo, terminando en el ordenador de tubillos, cortamos el sobrante y repetimos con los otros buffers del casete.

(En caso de que las fibras sean de 96 hilos van 3 tubos de 8 hilos por lo cual a uno de ellos se lo debe separar en 4 hilos a un organizador y 4 al otro así podemos fusionar 12 en cada organizador).

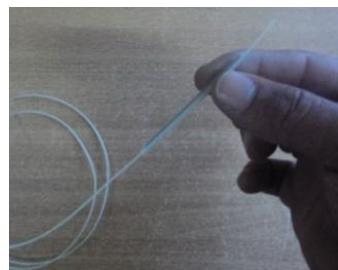
Repetimos el procedimiento con cada uno de los cassetes



*Figura 2.36 Paso 9 armado de mangas*

### 2.3.10.5 Fusión de hilos de Fibra Óptica

10. Teniendo ya los cassetes preparados, tomamos el primer casete (desde abajo hacia arriba) y desenrollamos los hilos de fibra y procedemos a colocar los tubillos termo-fundentes en los 24 hilos del casete.



*Figura 2.37 Paso 10 armado de mangas*

11. A continuación debemos retirar 3 cm del barniz de color, limpiamos con los paños húmedos y procedemos a cortar 12 mm en las marcas de la cortadora de precisión y colocamos en la fusionadora (ver anexo N° 5 )



*Figura 2.38 Paso 11 armado de mangas*

12. Repetimos el proceso con los 12 primeros hilos, ordenamos estos hilos y continuamos con los otros 12, tapamos y seguimos con el resto de los cassetes de la misma manera que el primero.



*Figura 2.39 Paso 12 armado de mangas*

### 2.3.10.6 Cerrado de la manga

13. Colocamos la masilla tipo cuerda en el canal que se encuentra en el borde de la manga, colocamos los topes con la masilla auto-fundente en las otras dos entradas para fibra,



*Figura 2.40 Paso 13 armado de mangas*

14. Sobreponemos la tapa de la manga, colocamos los 2 pernos y en forma cruzada colocamos las mordazas laterales y con la ayuda del martillo golpeamos hasta que estas se aseguren.



*Figura 2.41 Paso 14 armado de mangas*

### 2.3.10.7 Fijación de la manga

15. Para fijación hay dos posibilidades dependiendo de si la manga se la realizó a la altura del poste o se la realizó en el piso.

*Manga al poste:* Se debe colocar la manga a 50 cm del poste y el sobrante de fibra asegurarla a la fibra que se encuentra tendida, utilizando amarras de 35 cm.

*Manga al piso:* Se debe colocar la manga a 50 cm del poste y el sobrante de fibra asegurarla a la fibra que se encuentra tendida pero se la debe colocar en “FIGURA ∞” para evitar tumultos de fibra en el tendido. Limpiamos el sitio de trabajo y procedemos a retirarnos.



*Figura 2.42 Paso 15 armado de mangas*

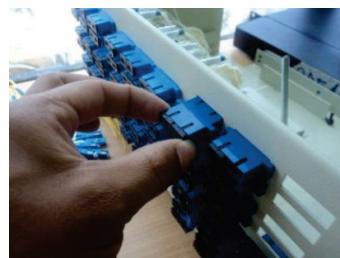
### **2.3.11 ARMADO DE ODFs**

Para el armado de ODFs se utilizan los siguientes materiales:

- 1 FUSIONADORA
- 1 ESTILETE O DESCHAQUETORA
- 15 AMARRAS DE 35 cm
- 1 ODF
- 30 AMARRAS DE 10 cm
- 1 PINZA DE CORTE DIAGONAL
- 1 PELADORA DE FIBRA ÓPTICA DE TRES MEDIDAS
- GUANTES
- 1 ETIQUETADORA BRADY BMP21
- 1 CINTA PARA ETIQUETADORA
- 1 CINTA AISLANTE (TYPE)
- 144 TUBOS TERMO-FUNDENTES (SEGÚN EL NÚMERO DE HILOS DE FIBRA A FUSIONAR)
- 36 PATCH CORDS DUPLEX DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 3 m
- 72 ACOPLADORES DUPLEX

#### **2.3.11.1 Preparación del ODF**

1. Colocamos los acopladores dúplex en las ranuras del ODF y verificamos



*Figura 2.43 Paso 1 armado de ODF*

que no estén flojos (las muescas de los acopladores van hacia arriba y se colocan de afuera hacia adentro).

2. Tomamos los patch cords de 3 m y los cortamos en la mitad, les retiramos la chaqueta amarilla y los hilos de aramida kevlar y procedemos a etiquetarlos de 12 en 12, con el color de hilo y de tubo de acuerdo al código de colores,



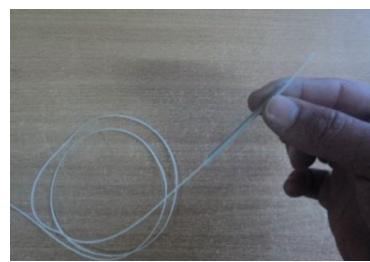
*Figura 2.44 Paso 2 armado de ODF*

3. Una vez etiquetados todos los patch cords los colocamos en la parte interna del ODF, de derecha a izquierda (visto por la parte de atrás del ODF) y de arriba hacia abajo según el código de colores.



*Figura 2.45 Paso 3 armado de ODF*

4. Teniendo listos los pasos anteriores ponemos tubos termo-fundentes en todos los patch cords de fibra,



*Figura 2.46 Paso 4 armado de ODF*

5. finalmente colocamos 3 amarras en los huecos que se encuentran en la

platina de la parte posterior del ODF, así ya tenemos el ODF listo para el ingreso de la fibra.



Figura 2.47 Paso 5 armado de ODF

### 2.3.11.2 Preparación de la Fibra

6. Medimos la fibra en las escaleras desde la entrada al NODO hasta el RAC donde irá ubicado el ODF, más 2m para la preparación y fusión del mismo y retiramos el sobrante.

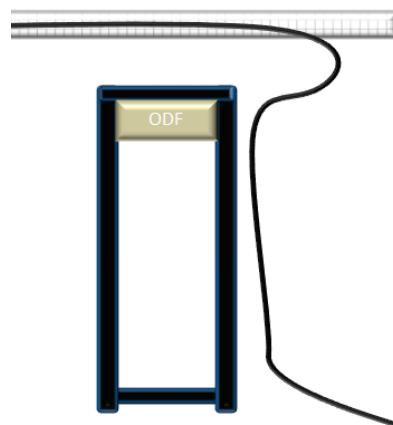


Figura 2.48 Paso 6 armado de ODF

7. Hacemos dos señales en la fibra, una a 1,70m y otra a 2m, estos 30 cm de diferencia nos servirán para la sujeción del ODF.

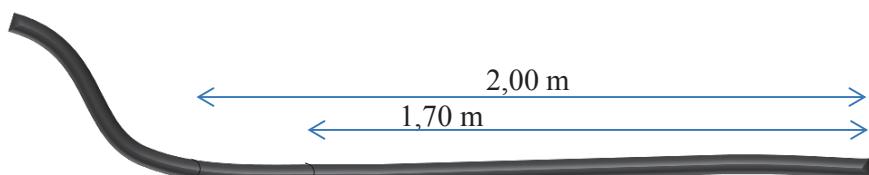
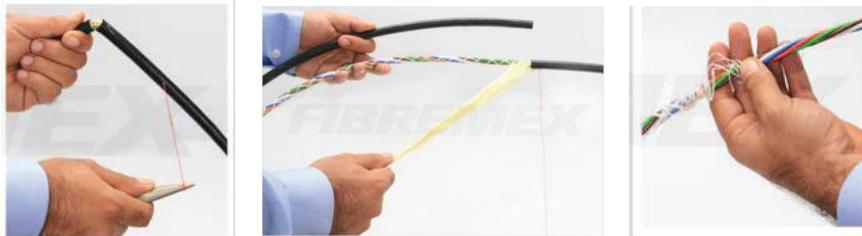


Figura 2.49 Paso 7 armado de ODF

8. Deschaquetamos 20 cm de fibra en la punta, tomamos las guías de corte y las llevamos hasta la marca que está en 1,70m retiramos la chaqueta, la tela antihumedad, las guías de corte y el alma de fibra de vidrio (similar al proceso de deschaquetado para el armado de mangas de empalme).



*Figura 2.50 Paso 8 armado de ODF*

#### **2.3.11.3 Fijación de la fibra y preparación de casetes**

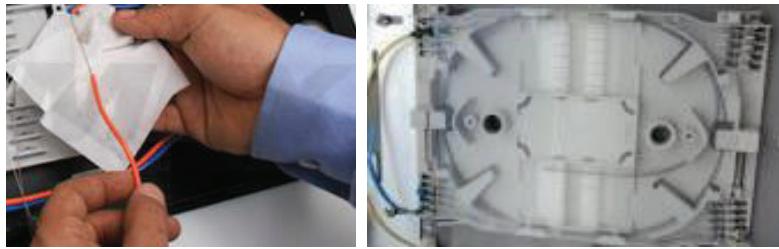
9. Colocamos cinta aislante en los 30cm de aseguramiento de la fibra y cada 30cm colocamos cinta aislante en los buffers solo hasta llegar a 1m.



*Figura 2.51 Paso 9 armado de ODF*

Fijamos la fibra a la platina posterior del ODF con ayuda de las amarras. Damos una vuelta hasta llegar al costado derecho del ODF por donde entrarán los buffers al casete.

10. procedemos a realizar la preparación de los casetes de la siguiente manera: colocamos los pernos “sinfín” en la base del ODF, cortamos los buffers a 1,5 cm del borde del casete, limpiamos los hilos parcialmente con los paños húmedos y a continuación aseguramos los buffers a la casetera utilizando las amarras colocadas previamente.



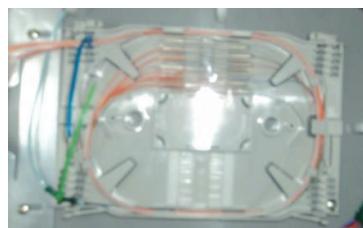
*Figura 2.52 Paso 10 armado de ODF*

Tomamos los hilos de fibra óptica siguiendo el código de colores de los buffers (rojo con rojo/blanco con blanco etcétera) y los medimos dando 3 vueltas al casete por los ordenadores internos del mismo, terminando en el ordenador de tubillos cortamos el sobrante y repetimos con los otros buffers del casete.(En el caso de que las fibras sean de 96 hilos van 3 tubos de 8 hilos, por lo cual a uno de ellos se lo debe separar en 4 hilos a un organizador y 4 al otro, así podemos fusionar 12 en cada organizador). Repetimos el procedimiento con cada uno de los cassetes

#### **2.3.11.4      Fusión y arreglo de hilos**

11. Procedemos con la fusión de los hilos (ver anexo Nº 5) con el casete de abajo siguiendo el orden de las etiquetas colocadas en los patch cords.

12. Terminado el casete procedemos a ordenar los hilos de fibra en los organizadores del casete y los tubos termo-fundentes en el caso de los patch cords les damos media vuelta en el casete y salimos en el caso de los tres primeros cassetes sale por el lado derecho y los tres últimos por el lado izquierdo (visto desde atrás).



*Figura 2.53 Paso 12 armado de ODF*

13. A los patch cords se les ordena ya una vez afuera del casete haciendo un solo rollo de 6cm de diámetro y sujetándolos con velcro o amarras Repetimos

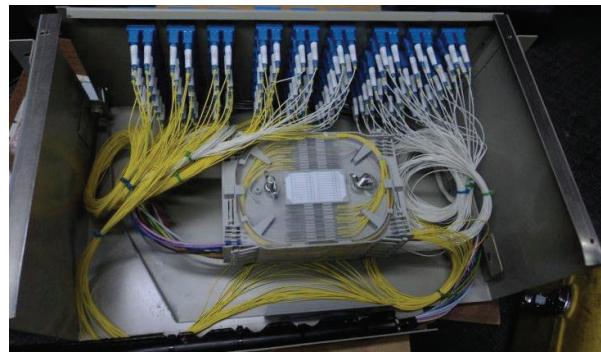
el proceso con todos los casetes



*Figura 2.54 Paso 13 armado de ODF*

#### 2.3.11.5 Cerrado y colocación del ODF

14. Una vez terminado aseguramos los casetes con las “mariposas” de los pernos sinfín y colocamos la tapa.



*Figura 2.55 Paso 14 armado de ODF*

15. Apernamos el ODF al RAC que corresponda y colocamos la etiqueta que debe tener los siguientes datos:

NÚMERO DE ODF\NOMBRE DE LA RUTA\NÚMERO DE HILOS DE LA FIBRA



*Figura 2.56 Paso 15 armado de ODF*

16. Con la ayuda de amarras aseguramos la fibra a la escalerilla. Limpiamos el sitio de trabajo y procedemos a retirarnos.

### **2.3.12 ARMADO DE CAJAS DE DISTRIBUCIÓN (BMX)**

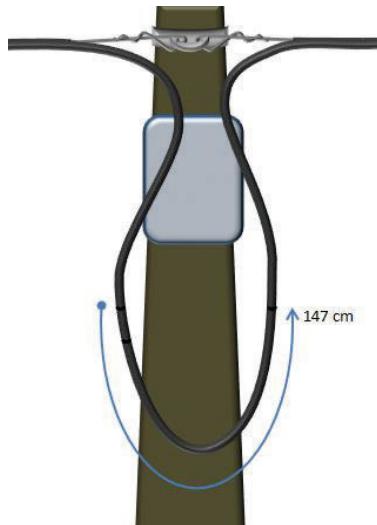
En el armado de cajas BMX se utilizan los siguientes materiales:

- 1 FUSIONADORA
- 1 ESTILETE O DESCHAQUETORA
- 8 AMARRAS DE 35cm
- 1 CAJA BMX
- 3 AMARRAS DE 10cm
- 1 PINZA DE CORTE DIAGONAL
- 1 PELADORA DE FIBRA ÓPTICA DE TRES MEDIDAS
- GUANTES
- 1 ETIQUETADORA BRADY BMP21
- 1 CINTA AISLANTE (TYPE)
- 12 TUBOS TERMO-FUNDENTES
- 3 PATCH CORDS DUPLEX DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 2m
- 6 ACOPLADORES DUPLEX
- 4 PASACABLES

#### **2.3.12.1 Deschaquetado.**

1. Con la reserva en el poste y la caja colocada podemos empezar tomando la mitad de la reserva y utilizarla como referencia para colocar la medida de 147 cm en el centro de la reserva, marcamos la fibra con la ayuda de un estilete y a continuación procedemos a retirar 20 cm de chaqueta con la ayuda de la deschaquetadora de cable o un estilete.

2. Tomamos las guías de corte y las llevamos hasta la otra marca que hicimos con la medida, retiramos la chaqueta, el recubrimiento de tela absorbente, las guías de corte y el alma de fibra de vidrio. (similar al proceso de deschaquetado para mangas y ODF's)



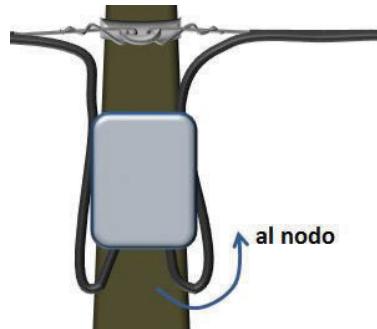
*Figura 2.57 Paso 1 cajas de distribución*

#### 2.3.12.2 Inserción de fibra en caja BMX y direccionamiento de buffers

3. Con el código de dicha caja tomamos el buffer correspondiente ejemplo:  
UIO-GOSSEAL-**CIESPAL**-GASPAR-F01-C01A-AMA

La caja se direccionará hacia el nodo Ciespal o si la caja tiene el siguiente código: UIO-GOSSEAL-**GASPAR**-CIESPAL-F01-C02A-AMA la caja estará direccionada hacia Gaspar.

4. Insertamos la fibra del nodo al cual se direccionará la caja en el lado derecho de la caja, de esta manera el buffer ingresará en el lado izquierdo del casete, fijamos las fibras con la ayuda de dos amarras por lado a la platina de fijación.



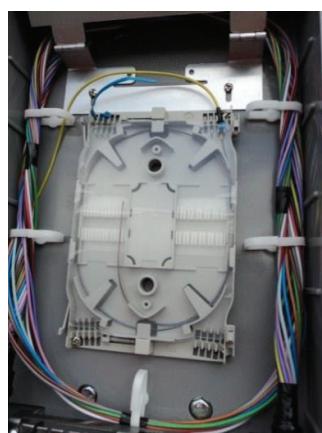
*Figura 2.58 Paso 4 cajas de distribución*

5. Cortamos el buffer indicado en este caso el AMArillo, 20 cm a favor del nodo a direccionar y el resto de buffers les colocamos cinta aislante cada 30 cm de tal manera que quede lo más parecido posible al tejido original de los buffers dejando aparte a nuestro buffer a fusionar.

#### **2.3.12.3 Preparación del casete**

6. Acomodamos los buffers en los pasa-cables internos de la caja y acomodamos también nuestro buffer a direccionar de tal manera que solo pase por dos pasa-cables e ingrese al habitáculo del casete llegando al lado izquierdo del mismo,

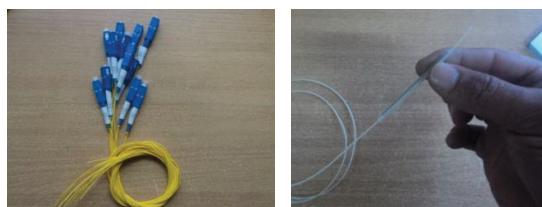
7. A continuación medimos 1,5 cm de buffer a partir del filo del casete hacemos un corte y retiramos el buffer dejando los hilos al descubierto, colocamos dos amarras de 10 cm en el ingreso del buffer al casete y lo fijamos.



*Figura 2.59 Pasos 5, 6, 7 cajas de distribución*

#### **2.3.12.4 Preparación de los patch cords**

8. Este proceso se lo debe hacer antes de trabajar en las cajas, tomamos 3 patch cords dúplex SC de 2 metros y los cortamos por la mitad y los separamos dejando 12 puntas individuales.



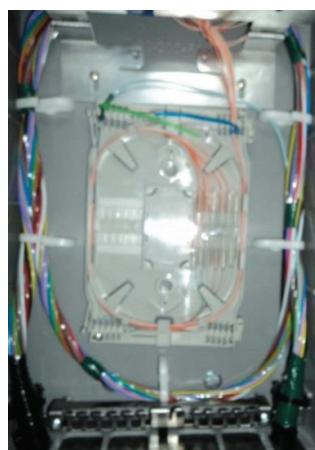
*Figura 2.60 Paso 8 cajas de distribución*

Con la ayuda de la peladora retiramos la chaqueta amarilla y los hilos de aramida o kevlar, los etiquetamos con el código de colores de la fibra y posteriormente les colocamos tubos termo-fundentes a los patch cords.

#### **2.3.12.5      Fusión y arreglo de hilos**

9. Medimos los hilos de tal manera de que estos den 1 vuelta y media e ingresen por la parte baja del organizador de tubillos,

10. Pelamos 3 cm de hilo lo limpiamos y procedemos con la fusión acorde al color que esté etiquetado en el patch cord.



*Figura 2.61 Pasos 9-11 cajas de distribución*

11. Una vez que terminamos de fusionar colocamos los tubos termo-fundentes en el organizador de tubos y con media vuelta de los patch cords en el casete sacándolos por la parte baja izquierda y subiendo por los pasa-cables llegamos a la parte baja y los colocamos en los pigtails en los acopladores dúplex en la parte más baja de la placa metálica guiando el cable con pasa-cables pequeños.

#### **2.3.12.6      Etiquetado**

12. Colocamos 2 etiquetas en la caja una en la parte externa de la tapa y otra en la platina metálica de dúplex. Etiquetamos las fibras troncales con los nombres de los nodos a los cuales van y con eso se termina el proceso de armado de una caja BMX.



*Figura 2.62 Paso 12 cajas de distribución*

13. Limpiamos el sitio de trabajo y procedemos a retirarnos.

### 2.3.13 CERTIFICACIÓN DE RUTAS

Con los cables terminados en cada uno de los Nodos, el siguiente paso es certificar la idoneidad de los enlaces, mediante la toma de trazas de OTDR a cada uno de los hilos; el OTDR nos mostrará una gráfica en la pantalla donde se puede observar:

- El nivel de señal en función de la distancia
- La longitud total del tramo
- Las atenuaciones producidas en los empalmes y conectores
- La atenuación total del tramo

Estos resultados se contrastarán luego con los cálculos de ingeniería, antes de poner en producción el enlace, lo que permitirá tomar los correctivos del caso, si los valores medidos no son los adecuados o se encuentran por debajo de los valores previamente calculados.

El procedimiento para certificar una ruta es el siguiente:

Primera etapa:

Luego de tener armadas las mangas y ODF's de la ruta se debe comenzar con las mediciones, se puede empezar por cualquiera de los nodos involucrados, esto lo debemos hacer para todos los hilos del ODF para verificar que la ruta está completa y no falta ninguna manga por fusionar y también que todos los hilos salgan del ODF, es por eso que se debe realizar en ambos nodos.

1. Encendemos el OTRD y ajustamos los parámetros para realizar las mediciones, esto es:

- Longitud de onda: 1550 nm
- Distancia: (de acuerdo a la distancia total de la ruta)
- Ancho de pulso: (que permita la mejor visualización)
- Tiempo de adquisición: el mínimo (para agilitar el proceso).

**Sugerencia:** si desconocemos la distancia de la fibra y el ancho de pulso más adecuado, lo mejor será realizar una medida en modo automático y con esta referencia, ajustar los parámetros según nuestra necesidad.

2. Procedemos a tomar las medidas de cada uno de los hilos, y anotamos cada uno de los valores de atenuación y distancia que nos muestra el OTDR para cada hilo, poniendo especial atención en las atenuaciones mayores a 3 dB; lo óptimo para nuestros enlaces es máximo 2dB de atenuación.

3. Si observamos anomalías en las trazas obtenidas se deberán reparar antes de realizar el paso 4.

4. Confirmando que todas las mediciones estén correctas (o luego de haber realizado las reparaciones necesarias) se procede con el sangrado y direccionamiento de las cajas de distribución, al terminar la fusión de todas las cajas se mide los hilos de cada caja; para esto se le debe proporcionar al técnico un mapa con la ubicación de cada caja y sus respectivas distancias y direccionamientos hacia los nodos. El técnico que está realizando las mediciones debe tomar nota en un cuaderno de cada una de las medidas y compararlas con las distancias esperadas.

5. En el caso de encontrar distancias incoherentes o atenuaciones fuera del rango permitido se deben reportar para proceder a su reparación. Una guía para la interpretación de las trazas se describe en el anexo N° 7

6. Realizar las reparaciones necesarias y enviar un correo al coordinador correspondiente con las medidas finales de cada uno de los hilos de la ruta. El formato de presentación del informe se indica en el Anexo N° 6.

## CAPITULO III

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 3.1 CONCLUSIONES

El presente documento recoge un conjunto de normas y procedimientos utilizados en el proceso de construcción de redes de fibra óptica y ha sido dirigido al departamento técnico de la empresa Telconet S.A de la ciudad de Quito, considerando cada una de las etapas ya establecidas para el cableado de su red y tomando en cuenta los materiales y herramientas disponibles en la empresa.

Se pretende con la presentación de este manual estandarizar los procedimientos y métodos que se llevan a cabo en el proceso de cableado de la red de fibra óptica, capacitar al personal que no tiene experiencia en el área y complementar los conocimientos de los técnicos más experimentados para de esta manera ayudar al perfeccionamiento de las técnicas de construcción.

La mayoría de procedimientos han sido establecidos tomando en cuenta las buenas prácticas que se han llevado a cabo por algún tiempo en la empresa, aunque en otros casos lo que se busca es corregir los procedimientos errados o inadecuados.

Tomando en cuenta que todo proceso o procedimiento siempre puede ser perfeccionado, y además de ello que, la tecnología se encuentra siempre en constante evolución; no creemos que el presente trabajo sea la última palabra en cuanto a métodos y procedimientos se refiere, sino que será necesaria su socialización y perfeccionamiento, no obstante estamos seguros de que servirá de base para cualquier otro procedimiento que pudiera implementarse en la red y para crear una cultura de estandarización de los procesos técnicos en la empresa.

#### 3.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda que cada técnico pueda confrontar sus propios conocimientos y formas de trabajo con las expuestas en este manual y pueda sacar el mejor provecho posible de manera personal y para la empresa.

Durante algunos años la empresa ha venido utilizando de manera incorrecta o fuera del estándar internacional, el código de colores de identificación de fibras ópticas por lo que se sugiere empezar un proceso de regularización en la utilización dicho código.

### 3.3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

#### LIBROS Y DOCUMENTOS

1. Miguel Cadena B., ESTANDARES PARA DESPLIEGUE URBANO DE REDES DE FIBRA OPTICA METRO- ETHERNET DE TELCONET pág. 4-5
2. Wayne Tomásí, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Cuarta edición, capítulo 11 COMUNICACIONES CON FIBRA OPTICA pág. 422-466.
3. Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, MANUAL TÉCNICO PARA INSTALACIONES DE REDES ELÉCTRICAS Y DE CONECTIVIDAD, Quito - Abril de 2011.
4. Net Speed, Manual de instalaciones para planta externa. 2011
5. Estándar ANSI/TIA/EIA 598-A Optical Fiber Cable Color Coding
6. Soto Cristian, Manual de procedimientos para la presentación de proyectos de redes de FO. (CNT)

#### INTERNET

1. Fibra óptica  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Fibra\\_%C3%B3ptica](http://es.wikipedia.org/wiki/Fibra_%C3%B3ptica)
2. FTTX.  
<http://es.wikipedia.org/wiki/FTTx>
3. Fibras y cables comerciales:  
[http://www.iuma.ulpgc.es/~jrsendra/Docencia/Com\\_Opt\\_I/download/Com\\_Opt\\_I/Temario/fibras\\_y\\_cables.pdf](http://www.iuma.ulpgc.es/~jrsendra/Docencia/Com_Opt_I/download/Com_Opt_I/Temario/fibras_y_cables.pdf) pág. 55-57
4. Fabricación y Materiales de la Fibra Óptica  
<http://lafibraopticaperu.com/fabricacion-y-materiales-de-la-fibra-optica/>
5. Tutorial de Comunicaciones Ópticas  
[http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema2/tema2\\_1\\_1.htm](http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema2/tema2_1_1.htm)

6. Manual de construcción y aplicaciones de banda ancha  
[http://docs.commscope.com/Public/Fiber\\_Const\\_es.pdf](http://docs.commscope.com/Public/Fiber_Const_es.pdf)

7. armado de un ODF:  
[http://fibremex.com/fibraoptica/index.php?mod=paso\\_a\\_paso&ext=show&id=6](http://fibremex.com/fibraoptica/index.php?mod=paso_a_paso&ext=show&id=6)

8. Proceso de fabricación de fibras ópticas:  
[http://www.ub.edu.ar/investigaciones/tesinas/34\\_cordoba.pdf](http://www.ub.edu.ar/investigaciones/tesinas/34_cordoba.pdf)

9. Ley de Snell  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Ley\\_de\\_Snell](http://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Snell)

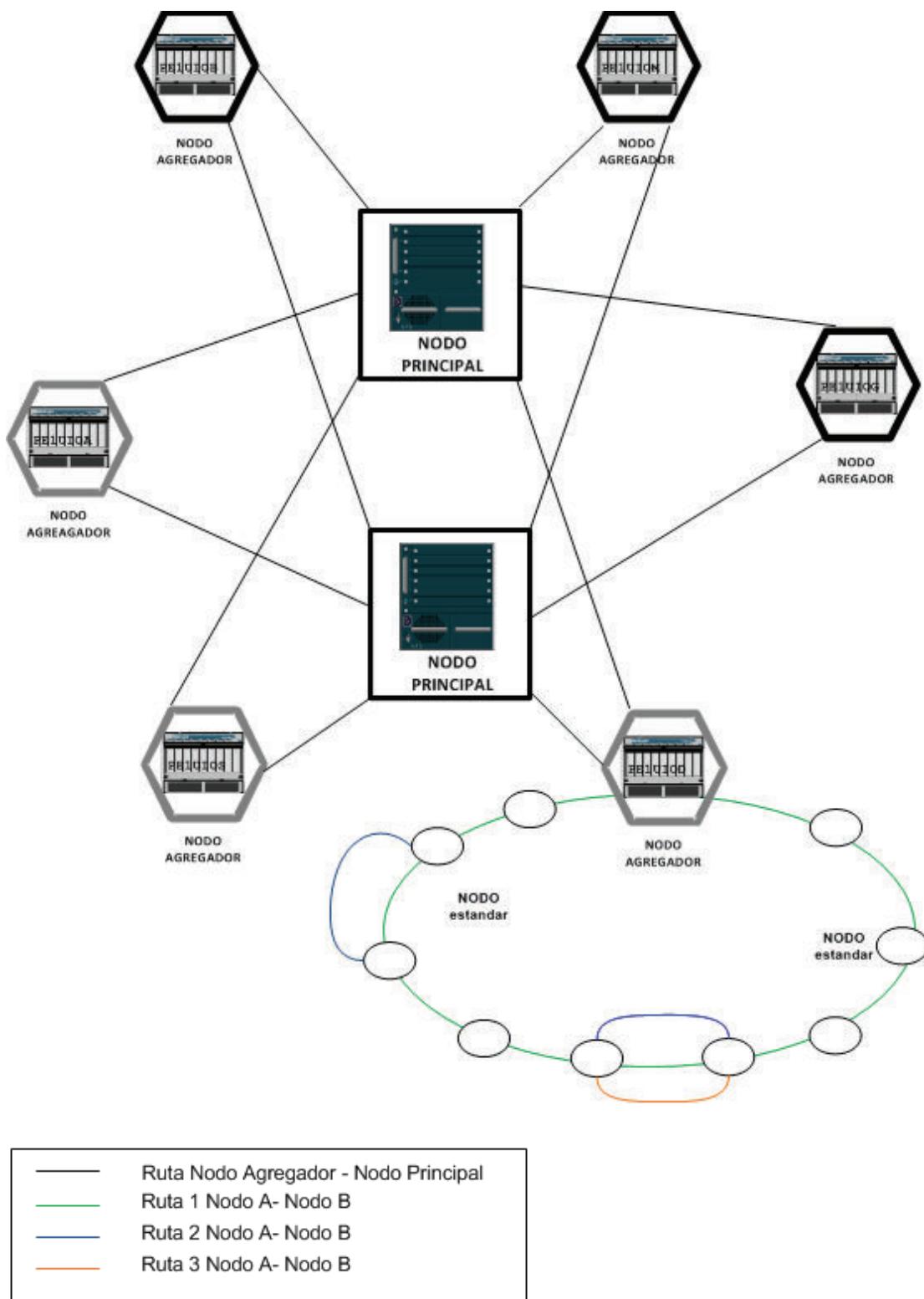
10. Red óptica pasiva  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Red\\_optica\\_pasiva](http://es.wikipedia.org/wiki/Red_optica_pasiva)

11. Estructura de La fibra óptica  
[http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema2/tema2\\_1\\_1.htm](http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema2/tema2_1_1.htm) (en línea).

12. Tipos de Cables  
<http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/tiposfibra>

### **3.4 ANEXOS**

**ANEXO N° 1**  
**ESQUEMA DE LA RED DE TELCONET EN QUITO**



**ANEXO N° 2****TABLA DE NUMERACIÓN DE CABLES DE 144 FO - CÓDIGO DE COLORES  
ESTÁNDARES TIA-598-A FIBRA ÓPTICA**

### Código de Colores

Típicamente un cable lleva más de una fibra. Estas tienen que estar identificadas para su conexión y además debe ser posible conectar las fibras en grupos en lugar de individualmente, para esto se dispone de un código de colores estandarizado:

ORDEN	COLOR
1	azul
2	tomate
3	verde
4	café
5	gris
6	Blanco
7	rojo
8	Negro
9	Amarillo
10	Violeta
11	Rosado
12	Celeste
13	Azul con pintas negras
14	Tomate con pintas negras
15	verde con pintas negras
16	Café con pintas negras
17	Gris con pintas negras
17	Blanco con pintas negras
19	Rojo con pintas amarillas
20	Negro con pintas negras
21	Amarillo con pintas negras
22	Violeta con pintas negras
23	rosado con pintas negras
24	celeste con pintas negras

*Código de colores para cables de fibras ópticas<sup>41</sup>*

Por ejemplo: si observamos en la tabla 3.2 la fibra Nº 103 corresponde al hilo rojo del tubo amarillo del cable de fibra óptica.

Tanto las fibras como los tubos que agrupan las fibras siguen el orden establecido dependiendo del número de tubos y fibras contenidas en él.

---

<sup>41</sup> Estándar ANSI/TIA/EIA 598-A Optical Fiber Cable Color Coding

Fibra												
Tubo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132
	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144

*Código de colores para fibra de 144hilos*

También se puede identificar un cable de fibra óptica de acuerdo a un código de colores para chaquetas de cables según su tipo:

Fibra tipo y clase	Diámetro ( $\mu\text{m}$ )	Color de la chaqueta
Multimodo 1a	50/125	tomate
Multimodo 1a	62.5/125	gris
Multimodo 1a	85/125	azul
Multimodo 1a	100/140	verde
Monomodo IVa	todas	amarillo
Monomodo IVb	todas	rojo

*Código de colores para chaquetas de fibras ópticas*

Este código generalmente no se aplica en cables para exteriores, pues la mayoría de ellos llevan una chaqueta negra, pero se puede identificar su tipo por las letras de especificación impresas a lo largo del cable.

**ANEXO N° 3**

**EJEMPLO INFORME DE REPLANTEO EN PLANO**



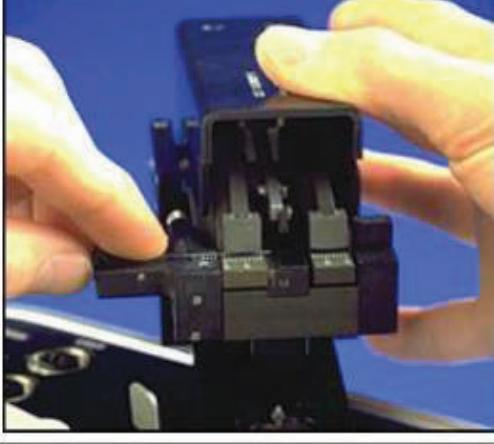
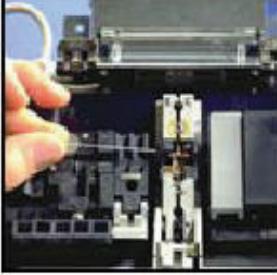
**ANEXO N° 4**  
**FORMATO PARA INFORME DE FISCALIZACIÓN**

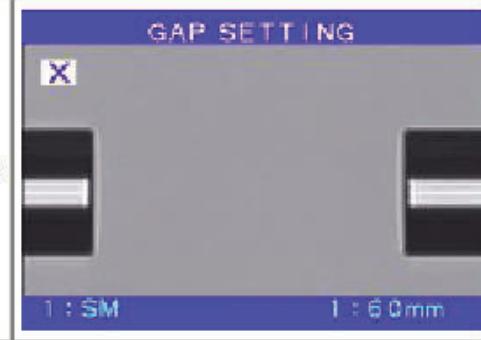
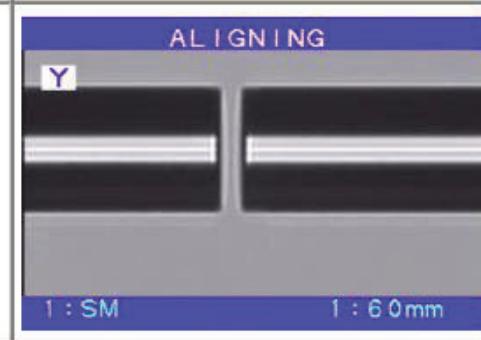
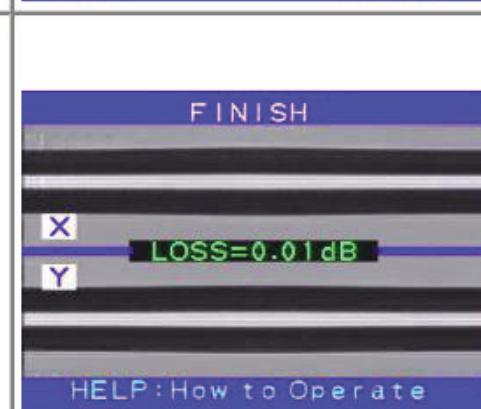
## REPORTE FISCALIZACIÓN TN

<b>RUTA: BODEGA - PANANORTE- RUTA 2</b>						
<b>Fecha de Fiscalización : 14-02-2013</b>						
<b>Nombre Fiscalizador : Willam Herrera</b>						
<b>Nº1</b>	<b>NOVEDAD: Caja ubicada en un poste con transformador</b>	<table border="1"> <tr> <td><b>Criticidad:</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>OBSERVACIÓN:</b></td> <td>Calle Juncal entre Ámbrosi y De los Eucaliptos. Caja ubicada en un poste con transformador. Mas detalles en el plano.</td> </tr> </table>	<b>Criticidad:</b>		<b>OBSERVACIÓN:</b>	Calle Juncal entre Ámbrosi y De los Eucaliptos. Caja ubicada en un poste con transformador. Mas detalles en el plano.
<b>Criticidad:</b>						
<b>OBSERVACIÓN:</b>	Calle Juncal entre Ámbrosi y De los Eucaliptos. Caja ubicada en un poste con transformador. Mas detalles en el plano.					
						
<b>Nº2</b>	<b>NOVEDAD: Reserva para manga</b>	<table border="1"> <tr> <td><b>Criticidad:</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>OBSERVACIÓN:</b></td> <td>Calle Juncal y De los Eucaliptos. Reserva para manga. Mas detalles en el plano.</td> </tr> </table>	<b>Criticidad:</b>		<b>OBSERVACIÓN:</b>	Calle Juncal y De los Eucaliptos. Reserva para manga. Mas detalles en el plano.
<b>Criticidad:</b>						
<b>OBSERVACIÓN:</b>	Calle Juncal y De los Eucaliptos. Reserva para manga. Mas detalles en el plano.					
						

**ANEXO N° 5**

**PROCEDIMIENTO PARA EMPALME DE FIBRA ÓPTICA POR FUSIÓN**

	
	
	
Se limpia (clean) la fibra con un papel suave embebido en alcohol isopropílico	
Se corta (cleave) la fibra a unos 8 a 16mm con un cutter o cleaver, con hoja de diamante, apoyando la fibra dentro del canal, haciendo coincidir el fin del coating con la división correspondiente a la medida.	
Una vez cortada, la fibra no se vuelve a limpiar ni tocar.	
Cuidando que la fibra no contacte con nada, se introduce en la zapata de la empalmadora, sobre las marcas indicadas.	
Repetir el procedimiento con la otra fibra.	

<p>En el display se verán las dos puntas, pudiéndose observar si el ángulo es perfectamente recto, sino fuera así la máquina no nos permitiría empalmar.</p>	
<p>Presionando el botón de empalme, estando la empalmadora ajustada en automático, la misma procederá a alinear en los ejes x e y, y a acercar las puntas a la distancia adecuada.</p>	
<p>Una vez cumplido esto, a través de un arco eléctrico dado entre dos electrodos, aplicará una corriente de prefusión durante el tiempo de prefusión, y luego una corriente de fusión durante el tiempo de fusión.</p>	
<p>Luego hará una estimación (muy aproximada) del valor de atenuación resultante.</p>	 <p>FINISH</p> <p>LOSS=0.01 dB</p> <p>HELP: How to Operate</p>

**ANEXO N° 6**  
**FORMATO PARA INFORME DE CERTIFICACIÓN**

***TRAMO: MULLER - SAN CARLOS***

Buffer	Número	Hilo	Caja	Atenuación	Distancia	Estado
Rojo	1	Rojo	Backbone	0,82 1,07 OLT OLT 0,99 0,59 1,32 0,82 0,90 1,03	4.450	Ocupado
	2	Blanco				Ocupado
	3	Amarillo				OK
	4	Verde				OK
	5	Tomate				Ocupado
	6	Celeste				Ocupado
	7	Café				OK
	8	Negro				OK
	9	Azul				OK
	10	Gris				OK
	11	Violeta				OK
	12	Rosado				OK
Buffer	Número	Hilo	Caja	Atenuación	Distancia	Estado
Blanco	13	Rojo	Backbone	1,19 0,88 0,83 0,88 1,19 1,20 0,99 0,88 0,86 0,83 0,95 0,86	4.450	OK
	14	Blanco				OK
	15	Amarillo				OK
	16	Verde				OK
	17	Tomate				OK
	18	Celeste				OK
	19	Café				OK
	20	Negro				OK
	21	Azul				OK
	22	Gris				OK
	23	Violeta				OK
	24	Rosado				OK
Buffer	Número	Hilo	Caja	Atenuación	Distancia	Estado
Amarillo	25	Rojo	2	0,72 0,74 0,75 0,76 0,67 0,85 0,75	4.041	ok
	26	Blanco				ok
	27	Amarillo				ok
	28	Verde				ok
	29	Tomate				ok
	30	Celeste				ok
	43	Café				ok

	78	Celeste		0,66		ok
	79	Café		0,53		ok
	80	Negro		0,46		ok
	81	Azul		0,67		ok
	82	Gris		0,80		ok
	83	Violeta		0,67		ok
	84	Rosado		0,63		ok
Buffer	Número	Hilo	Caja	Atenuación	Distancia	Estado
Café	85	Rojo		0,68		ok
	86	Blanco		0,56		ok
	87	Amarillo		0,54		ok
	88	Verde		0,63		ok
	89	Tomate		0,74		ok
	90	Celeste		0,65		ok
	91	Café	10	0,87	2.337	ok
	92	Negro		1,13		ok
	93	Azul		0,82		ok
	94	Gris		1,53		ok
	95	Violeta		0,65		ok
	96	Rosado		0,60		ok
Buffer	Número	Hilo	Caja	Atenuación	Distancia	Estado
Negro	97	Rojo		0,62		ok
	98	Blanco		0,75		ok
	99	Amarillo		0,35		ok
	100	Verde		0,58		ok
	101	Tomate		0,80		ok
	102	Celeste		0,64		ok
	103	Café	12	0,75	1.795	ok
	104	Negro		0,46		ok
	105	Azul		0,68		ok
	106	Gris		0,69		ok
	107	Violeta		0,54		ok
	108	Rosado		0,55		ok
Buffer	Número	Hilo	Caja	Atenuación	Distancia	Estado
Azul	109	Rojo		0,53		ok
	110	Blanco	14	0,44	1.255	ok
	111	Amarillo		0,57		ok

	112	Verde		0,36		ok	
	113	Tomate		0,40		ok	
	114	Celeste		0,65		ok	
	115	Café		0,47		ok	
	116	Negro		0,38		ok	
	117	Azul		0,64		ok	
	118	Gris		0,68		ok	
	119	Violeta		0,55		ok	
	120	Rosado		0,39		ok	
Buffer	Número	Hilo	Caja	Atenuación	Distancia	Estado	
Gris	121	Rojo		0,55		ok	
	122	Blanco		0,37		ok	
	123	Amarillo		0,44		ok	
	124	Verde		0,57		ok	
	125	Tomate		0,65		ok	
	126	Celeste		0,75		ok	
	127	Café	16	0,62	998	ok	
	128	Negro		0,63		ok	
	129	Azul		0,68		ok	
	130	Gris		0,64		ok	
	131	Violeta		0,34		ok	
	132	Rosado		0,44		ok	
Buffer	Número	Hilo	Caja	Atenuación	Distancia	Estado	
Violeta	133	Rojo		0,06		ok	
	134	Blanco		0,10		ok	
	135	Amarillo		0,12		ok	
	136	Verde		0,16		ok	
	137	Tomate		0,17		ok	
	138	Celeste		0,13		ok	
	139	Café	18	0,15	563	ok	
	140	Negro		0,08		ok	
	141	Azul		0,15		ok	
	142	Gris		0,13		ok	
	143	Violeta		0,17		ok	
	144	Rosado		0,21		ok	
Buffer	Número	Hilo	Caja	Atenuación	Distancia	Estado	
Rosado	133	Rojo	20		SIN		

	134	Blanco		HACER	
	135	<u>Amarillo</u>			
	136	Verde			
	137	Tomate			
	138	Celeste			
	139	Café			
	140	Negro			
	141	Azul			
	142	Gris			
	143	Violeta			
	144	Rosado			

**ANEXO N° 7**  
**MEDICIONES CON OTDR**

## OTDR

Es importante conocer que el OTDR no presenta mediciones cuando un extremo de la fibra está conectada ya sea a un transceiver o a unas tarjetas (SFP o Gigabits), necesariamente se debe tener una desconexión de los dos extremos de la fibra óptica, para obtener medidas, en caso de no tener corte del cable.

En cada uno de los procedimientos de pruebas que se describen a continuación, debe inspeccionar y limpiar los conectores antes de efectuar su conexión al equipo de pruebas u otro dispositivo. Los conectores sucios pueden inducir a errores durante la realización de pruebas o la puesta en servicio, por ello debe limpiar los cables de conexión y el panel de conexiones. Ambos extremos de cada empalme de fibra deben estar impoludos.

De no hacerlo se puede provocar pérdida y reflexión alta, así como contaminar el equipo al que se conecten los conectores y cables de conexión.

Tenga cuidado si utiliza aire comprimido, ya que no es siempre perfectamente puro, por lo que en algunas ocasiones deja suciedad en el extremo del conector.

Al retirar los elementos de protección, asegúrese de colocarlos donde no se contaminen. Una vez efectuada la limpieza, el conector debe inspeccionarse de nuevo para verificar la limpieza.

Para probar con precisión, se deben determinar y configurar las características de la fibra óptica antes de ejecutar la prueba.

### **Medición de pérdida de evento y empalme**

Utilizando un OTDR se pueden identificar y localizar los factores que inhiben el funcionamiento para su posterior reparación. Dichos factores incluyen conectores sucios y en mal estado, curvaturas de fibra, empalmes malos, diámetros de campo de modo que no se corresponden adecuadamente, etc.

El OTDR representa la potencia de señal retrodispersa como función de distancia en la fibra. Ubica de forma sencilla todos los eventos (curvaturas, malos empalmes, etc.) que contribuyen a la pérdida total y calcula el nivel total de reflectancia. Además, el OTDR mide con precisión la longitud de la fibra, por lo que se pueden localizar cortes o conexiones mal encaminadas.

El OTDR transmite un pulso de luz a través de la fibra a una longitud de onda dentro de la banda de transmisión de interés, y a continuación mide la intensidad de la potencia de retorno como función del tiempo de salida del pulso.

Teniendo en cuenta la velocidad de la luz en la longitud de onda del pulso, el OTDR representa la potencia de pulso frente a la longitud de fibra. Lo ideal, para acortar el tiempo de realización de pruebas, es realizar una medición cada vez que se realice un empalme, así como al finalizar la instalación de la fibra (siempre que el OTDR tenga un rango dinámico suficiente).

Ciertos eventos, como por ejemplo mala correspondencia de tamaños de núcleo, provocan una cantidad de pérdida que es distinta si la luz procede de una dirección u otra lo cual es el motivo para recomendar la realización de pruebas en el enlace en ambas direcciones.

Además, algunos eventos provocan mayor pérdida a longitudes de onda superiores. La realización de pruebas en la banda C (banda de transmisión) revela lo que la señal DWDM va a “ver”, no obstante las pruebas en la banda L pueden revelar defectos que de otro modo quedarían sin detectar. Debe utilizar el pulso más corto posible que pueda alcanzar el extremo de la fibra con una buena relación señal a ruido (SNR). Esto garantiza la más alta resolución y la más corta zona muerta posible.

### **Medición de la retroreflexión**

Los componentes ópticos y de fibra muestran una cierta cantidad de retroreflexión; demasiada puede afectar a la calidad de la transmisión. La potencia reflejada procede principalmente de reflexiones Fresnel, así como de cambios locales en el índice de refracción provocados en parte por componentes, conectores y empalmes. Además, varios componentes son reflexivos por naturaleza, contribuyendo de forma significativa a la retroreflexión total. El último elemento que contribuye a la retroreflexión es la misma fibra, ya que crea retrodispersión cuando la luz pasa por la misma. La contribución que tiene la fibra es más pequeña; no obstante, debe tenerse en cuenta y reducirse al mínimo.

Demasiada pérdida de retorno óptico (ORL) puede degradar el funcionamiento del sistema de forma espectacular corrompiendo datos y desestabilizando la cavidad del láser, aumentando a su vez el ruido total. Además afecta al ancho de línea del láser y a la longitud de onda central.

El resultado final es: una mayor relación de bits erróneos (BER).

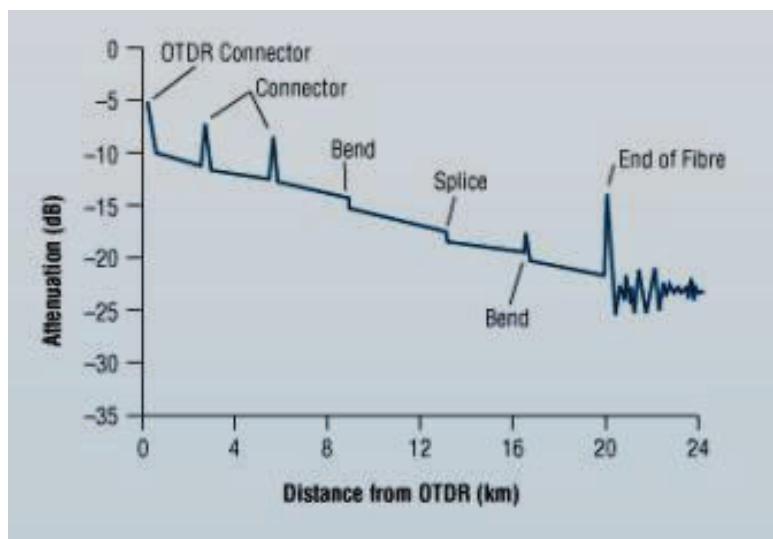
La metodología de realización de pruebas es parecida a la de las pruebas de OTDR. Se envía una señal estable y continua a lo largo de la fibra, midiéndose la potencia de la señal de retorno. Para garantizar una realización precisa de pruebas, se recomienda que se tome una medición de referencia para anular la reflexión del cable de conexión

de transmisión y de la unidad misma; esta operación debe realizarse con anterioridad a cada prueba. Para evitar una alta reflexión del extremo de fibra, también se recomienda terminarla utilizando un mandril. Como ORL es direccional, las mediciones deben efectuarse desde ambos extremos del enlace. La realización de pruebas en la banda de transmisión suele ser suficiente.

Establecer como objetivo el intervalo comprendido entre -30 y -35 dB es suficiente; por supuesto, una ORL inferior contribuye a evitar una mayor degradación de la señal. Los valores superiores a -30 dB deben hacer que se pongan en marcha acciones correctoras. Un OTDR puede ayudar a localizar los empalmes, conectores u otros eventos con alta ORL.

#### **Análisis de Traza de OTDR.**

En el gráfico de la parte inferior se puede observar dos problemas que puede tener el hilo de fibra óptica, en esta traza de fibra típica se puede observar, el inicio de la traza (Launch), un evento refractivo que puede ser un acoplador generalmente o un empalme mal realizado (Reflective Event), un evento no refractivo (Non-Reflective Event) generalmente una atenuación en la fibra puede ser por recogimiento de hilo, radio de curvatura (bend) excedido o un empalme por fusión (splice), el final de la traza (End) y un poco de ruido (Noise).



**ANEXO N° 8**  
**GLOSARIO DE TÉRMINOS**

**ARAMIDA**, las aramidas pertenecen a una familia de náilones, incluyendo el Nomex y el Kevlar.

**ASTM** de sus siglas en inglés American Society for Testing and Materials; es un organismo de estandarización de los Estados Unidos, está entre los mayores contribuyentes técnicos del ISO, y mantiene un sólido liderazgo en la definición de los materiales y métodos de prueba en casi todas las industrias, con un casi monopolio en las industrias petrolera y petroquímica.

**BACKBONE** se refiere a las principales conexiones troncales de Internet.

**BUFFER** denominado así al tubillo que sirve para agrupar y proteger a las fibras ópticas contenidas en un cable.

**CABLE ADSS** son cables ópticos, dieléctricos, auto-sustentados; de sus siglas en inglés All Dielectric Self Supported.

**CASETE** se denomina así a los elementos que sirven como organizadores para los hilos empalmados de cables de fibra óptica.

**EDGE** es el acrónimo para *Enhanced Data Ratesfor GSM Evolution* (Tasas de Datos Mejoradas para la evolución de GSM). También conocida como EGPRS (Enhanced GPRS)

**EEQ** Empresa Eléctrica Quito.

**FIGURA 8** término utilizado para denominar a la forma en que se realiza el arreglo y sujeción de una reserva de cable en las redes aéreas. También se denomina así al cable con mensajero por la forma de su corte transversal.

**GEPON** se refiere a la tecnología Gigabit Ethernet aplicada en una red PON.

**GIS** Sistema de Información Geográfica, de sus siglas en inglés Geographic Information Sistem

**INEN** Instituto Ecuatoriano de Normalización.

**KEVLAR** polímero utilizado en reemplazo del acero en la fabricación de cables con la misma resistencia pero con un peso de un 20% respecto al acero.

**MDMQ** Municipio del Distrito Metropolitano de Quito.

**NODO** se denomina así al punto de intersección o interconexión entre varias redes de la tecnología GEPON.

**OTDR** (del inglés: *Optical Time Domain Reflectometer*) Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo, es un instrumento óptico-electrónico usado para caracterizar una fibra óptica. Un OTDR puede ser utilizado para estimar la longitud de la fibra, y su atenuación, incluyendo pérdidas por empalmes y conectores.

**PATCH CORD** término tomado del inglés que hace referencia a un cable relativamente corto con conectores en sus extremos utilizados para realizar interconexiones.

**PVC** es el producto de la polimerización del monómero de cloruro de vinilo a policloruro de vinilo. Es el derivado del plástico más versátil.

**SPAN** término del inglés por el que se denomina a la distancia de un cable entre postes en los que se instala un cable. Cuando se habla del *span máximo*, se refiere a la máxima distancia entre postes sugerida por el fabricante de un cable.

**ÚLTIMA MILLA** es una frase usada en telecomunicaciones para referirse a la etapa final de las redes de telecomunicaciones; es decir, la parte que realmente llega al cliente.