



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGON

“SEGURIDAD EN SISTEMAS DE TRANSMISION POR FIBRA OPTICA.
(MANTENIMIENTO POR CARGAS ELECTROESTATICAS ESD)”

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO
P R E S E N T A :

EFRAIN MORALES SUARES

ASESOR: ING. BENITO BARRANCO CASTELLANOS



Estado de México

2007.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

“Seguridad en Sistemas de Transmisión por Fibra Óptica. (Mantenimiento por Cargas Electroestáticas ESD).”

Índice.

	Página
Introducción.....	1
Capítulo 1. Fibra Óptica y Sistemas de Transmisión.	
1.1 Fibras ópticas.....	3
1.2 Parámetros Ópticos.....	5
1.3 Tipos de Fibras Ópticas.....	13
1.4 Atenuación.....	17
1.5 Sistemas de Transmisión con F.O	26
Capítulo 2. Cables, Empalmes, Conectores y Distribuidor Óptico	
2.1 Cables ópticos.....	29
2.2 Empalmes.....	43
2.3 Conectores y Distribuidores de F.O.....	53
Capítulo 3. ESD y Seguridad.	
3.1 ESD y Seguridad.....	63
3.2 Componentes de Fibra.....	67
3.3 Seguridad con Láser.....	68
3.4 Medición de potencia.....	69
3.5 Limpieza de Fibras.....	71
3.6 Métodos de Inspección.....	73
3.7 Limpieza de Conectores.....	76
Anexos.	
Anexo 1.Desarrollo Matemático de la apertura numérica.....	77
Anexo 2.Código de línea 7B/8B.....	78
Anexo 3. Empalme de fusión.....	81
Anexo 4.Fibras impurificadas.....	89
Conclusiones.....	92
Glosario.....	95
Bibliografía.....	100

Introducción

Paralelamente a la revolución de la informática, que, como hemos visto, impacto considerablemente a las telecomunicaciones, estas últimas tecnologías también han experimentado sus propias transformaciones a lo largo de las últimas tres décadas, en las que se desarrollaron nuevas tecnologías, como las fibras ópticas.

La comunicación por medio de fibras ópticas ha revolucionado hoy en día el concepto tradicional de las telecomunicaciones, porque a través de ellas es posible enviar señales luminosas en lugar de señales eléctricas con una alta capacidad de transmisión por ejemplo, en el ancho de banda infrarrojo y muy bajas atenuaciones.

El desarrollo de esta nueva tecnología ha logrado tal impacto, que en la actualidad se construyen redes de telecomunicación y de video utilizando cables de fibra óptica.

En medios de transmisión típicos como son los cables coaxiales, el par telefónico, las microondas, etc., se llegan a utilizar frecuencias de hasta 100 Ghz. Ahora bien mientras mayor sea el rango de frecuencia lograda, hablando en términos de comunicación, habrá mayor capacidad de canales, lo cual nos interesa.

Las radiaciones infrarroja y visible que oscilan en frecuencias de 100 Ghz y 10 Thz, son las óptimas para lograr tal propósito, debido a que podemos utilizar la misma luz para transmitir la información únicamente encontrando el medio adecuado, las fibras ópticas son este medio, ya que a través de ellas es posible transmitir la luz y establecer una calidad de comunicación excelente, confiando ampliamente en las múltiples ventajas que ofrecen.

Debido al desarrollo del LÁSER semiconductor y de la fibra óptica, así como de la tecnología digital avanzada, se abrió el paso a una revolución en las transmisiones: las señales eléctricas podían ser convertidas en señales ópticas y conducirse, a través de fibras de espesor de un cabello fabricadas en vidrio, a lo largo de grandes distancias, con lo que se irrumpía en una nueva era de las telecomunicaciones, en cuyo transcurso se irá pasando gradualmente de la era del cable de cobre a la del cable de fibra óptica.

Las fibras ópticas han venido a marcar una nueva era en los sistemas de comunicación, pues resulta increíble que por un elemento tan delgado, se pueda transmitir gran cantidad de información con mínimas pérdidas, observando considerables ventajas sobre los medios convencionales.

En mayo de 1854, John Tyndall demostró el principio de la reflexión total interna conduciendo luz en una cascada de agua. Observó que los rayos de luz viajando a través del agua no escapaban hacia el aire, sino hasta que excedía un ángulo crítico; en esencia éste es el principio de las guías de luz.

La utilización de luz como medio de transmisión de señales en un sistema de comunicación no es del todo nueva, pues dicha propiedad fue estudiada también hace más de cien años por Alejandro Graham Bell, inventor del teléfono.

Bell utilizó un espejo, un detector de selenio y luz solar para demostrar que la luz podía ser transmitida a través de la luz misma. Su sistema conocido como fotó-fono, consistía en hacer llegar la voz humana hasta el detector que estaba en un espejo; cuando las ondas del sonido llegan al espejo, producen una vibración que es inmediatamente capturada por el detector de luz como una variación de energía luminosa.

En un sistema opto-electrónico, Bell se enfrentó con dos problemas: el primero de ellos debido a la luz que estaba utilizando, ya que la luz blanca, por su alta variación de frecuencias, no era la adecuada para lograr nitidez en la modulación del sonido, y por otra parte, el aire no parecía ser el medio más adecuado para lograr la transmisión, dado que las partículas que la constituyen absorben o dispersan la luz originando pérdidas de información.

Con la invención del LÁSER como fuente de luz coherente, se volvió a considerar la idea de utilizar la luz como soporte de comunicaciones como sistema alternativo o substitutivo de los existentes, formulando al mismo tiempo los primeros conceptos sobre transmisión por fibra óptica como guía de onda. Actualmente es el medio de comunicaciones terrestres de mayores prestaciones y más alta potencialidad.

Estudiar el principio de operación y los parámetros básicos en un sistema de transmisión por fibra óptica es el principio de este trabajo de tesis.

CAPITULO 1.

1.1 Fibra Óptica y sistemas de transmisión.

Un sistema de comunicación por fibra óptica contiene básicamente los siguientes elementos:

- Transmisor (Fuente de Luz)
- Medio de Transporte (Fibra Óptica)
- Receptor (Sensor de Luz)

La siguiente muestra a la fibra óptica como medio de transmisión.

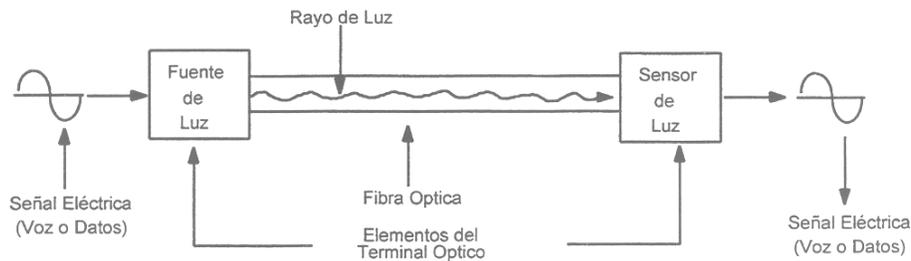


Fig. 1.1 Sistema básico de comunicación por fibra óptica

En comparación con la comunicación por cobre, la fibra óptica nos brinda las siguientes ventajas:

Ventajas Desc	ripción
Alta capacidad de transmisión	Las fibras ópticas pueden transmitir grandes volúmenes de información a altas velocidades y permitir la utilización simultánea de gran número de usuarios. La capacidad de transmisión de las fibras esta directamente relacionada con las características intrínsecas de la fibra y del equipo terminal al que se conecte. En algunos sistemas de comunicación se utiliza a velocidades de 140 Mb/s y 565 Mb/s; para tecnología síncrona SDH a velocidades de 155 Mb/s, 622 Mb/s y 2.5 Gb/s.
Dimensiones	Un cable de 2400 pares (TAP), con diámetro externo de 80 mm, puede ser substituido por un cable de fibra óptica con un diámetro de 15 mm.
Peso y Tiempo de Instalación	Un cable multipar de 3.5 km de largo pesa aproximadamente 20,650 kg y requiere de 800 horas-hombre para instalarlo; un cable coaxial para la misma capacidad y longitud, pesa aproximadamente 118,620 kg y requiere de 400 horas-hombre; en cambio un cable de fibras ópticas pesa 350 kg y necesita de 88 horas-hombre (Dependiendo de la estructura del cable)
Atenuación	Conforme se desarrolla la técnica de fabricación de fibras ópticas se obtienen atenuaciones cada vez más bajas, actualmente del orden de 0.4 dB/km a 0.25 dB/km, mientras que los cables coaxiales tienen una atenuación del orden de 33 dB/km.

Ventajas Des	cripción
Distancia entre Repetidores	En los enlaces de fibra óptica los repetidores se hacen menos frecuentes. Utilizándose a una distancia promedio de 80 km. (Dependiendo del tipo de fibra óptica y velocidad de transmisión) y manteniendo una señal de alta velocidad. Debido a los avances respecto a las características de las fibras ópticas actualmente la fibra óptica edfa (Tecnología de fibra Amplificadora Dopada con Erblio) promete la eliminación de los regeneradores intermedios y la utilización con equipo multiplexor por división de longitud de onda.
Costos	Mientras el costo de los cables de cobre se incrementa año con año, el costo de los cables de fibra óptica disminuye, debido al perfeccionamiento de las técnicas para producirlos. Si consideramos el costo total del sistema de comunicación, resultará siempre más económico usar fibras ópticas que cualquier otro tipo de cable cuando se necesita transmitir gran cantidad de información entre dos puntos y además se requiere garantizar la calidad del enlace y proteger de cualquier posible interferencia.
Otras ventajas de las Fibras Ópticas	Las fibras ópticas son flexibles, de bajo peso y permiten la propagación a muy altas frecuencias; también son inmunes al ruido, energía, son altamente resistentes e inmunes a interferencias de campos electromagnéticos externos. Por estas y muchas otras razones de importancia, que se expondrán a lo largo de este curso, se espera un uso internacional de las fibras ópticas en los sistemas de comunicación, telecomunicaciones, protección, redes locales, instrumentación y control.

Sin embargo, como cualquier sistema de telecomunicación tiene algunas desventajas, por ejemplo:

- Puede resultar más caro si sus ventajas no son correctamente evaluadas.
- Las pérdidas de acoplamiento y su dificultad en aplicaciones de campo por el pequeño tamaño de las fibras ópticas.
- Algunas fuentes luminosas tienen un promedio de vida útil muy limitada.
- Limitante en el ancho de banda, debido a los fenómenos intrínsecos de la fibra óptica.

Las desventajas son realmente pocas y se refiere principalmente a pérdidas por acoplamiento, debido a su pequeño tamaño, además de que se requiere de equipo y personal especializado para su mantenimiento.

Con la información anterior podemos concluir que las ventajas de la utilización de la fibra óptica como medio de transmisión son:

- No existe la diafonía.
- No puede ser interferida.
- Tiene un ancho de banda amplio.
- Totalmente dieléctrica
- Inmune a la corrosión.
- Tamaño pequeño, poco peso, soporta grandes tensiones y tiene mucha flexibilidad.

Por lo que se espera un uso masivo.

1.2 Parámetros Ópticos

Estudiar y comprender el principio de operación de las fibras ópticas implica conocer los parámetros ópticos comúnmente utilizados y necesarios para aplicarlos después en los sistemas de transmisión por fibra óptica.

Filamento de material transparente, sólido, dieléctrico, cilíndrico, que opera a frecuencias ópticas, de gran pureza y pequeñas dimensiones, actualmente es el medio de transmisión de mejor calidad y mayor capacidad para transmitir información a altas velocidades en forma de luz. Una fibra óptica esta formada por un núcleo y un revestimiento, con diferentes índices de refracción, para poder lograr que exista la reflexión total de la luz dentro de la fibra óptica. En la Fig. 2 podemos observar la forma en la cual se diseñan las fibras y más adelante explicamos el porque es necesario variar de esta forma el índice de refracción (n).

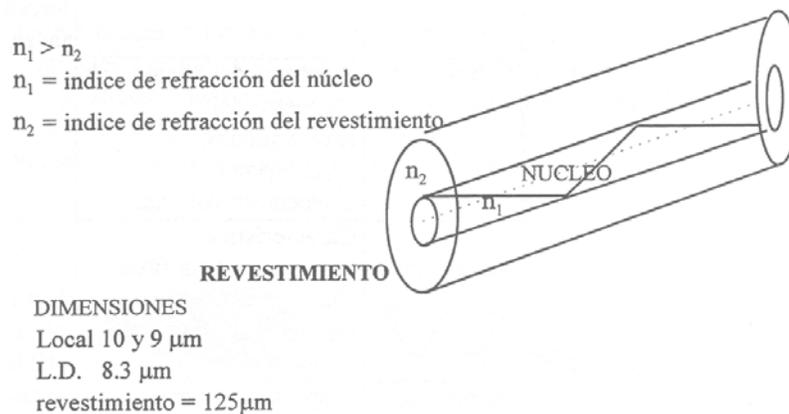


Fig. 1.2 Constitución básica de una fibra óptica.

Características

La capacidad de transmisión de información que tiene una fibra óptica dependerá de las siguientes consideraciones:

- Diseño geométrico de la fibra.
- Propiedades de los materiales empleados en su elaboración.
- Anchura espectral de la fuente de luz utilizada.
- Capacidad de transmisión del equipo al que se conecte la fibra óptica.

En la tabla se reúnen los diversos parámetros que caracterizan a las fibras ópticas:

Parámetros Estáticos	Ópticos	Apertura Numérica Perfil del índice de refracción	Son constantes a lo largo de la fibra, dentro de las tolerancias propias de fabricación, siendo función de la tecnología usada en la fabricación.
	Geométricos	Diámetro del núcleo, Diámetro del revestimiento, Circularidad, Concentricidad, etc.	
Parámetros Dinámicos	Atenuación	Características intrínsecas de la fibra. Causas extrínsecas (empalmes, conectores, curvaturas, etc.)	Son características de la fibra que afectan a la calidad de la señal que se transmite.
	Dispersión	Dispersión modal. Dispersión del material. Dispersión cromática	

Tabla con las características de las fibras ópticas

Luz

La luz es una corriente de partículas (fotones) desplazándose en el espacio, describiendo una onda como un movimiento vibratorio. Así cuando hay una carga en movimiento desplazándose en el espacio, la perturbación generada forma un campo electromagnético. La manifestación del pulso tridimensional producida por los campos eléctrico y magnético es lo que conocemos como onda electromagnética (luz)

Para nuestro curso podemos clasificar la luz como coherente y no coherente de acuerdo a las siguientes consideraciones.

Luz no coherente

La luz blanca es luz no coherente, contiene radiaciones electromagnéticas de diferentes longitudes de onda y estas ondas están desfasadas entre sí, por lo que tendremos dispersión. La luz que utilizamos normalmente de un foco, una vela, una lámpara, son fuentes de luz blanca; la dispersión se manifiesta porque no son capaces de iluminar largas distancias.

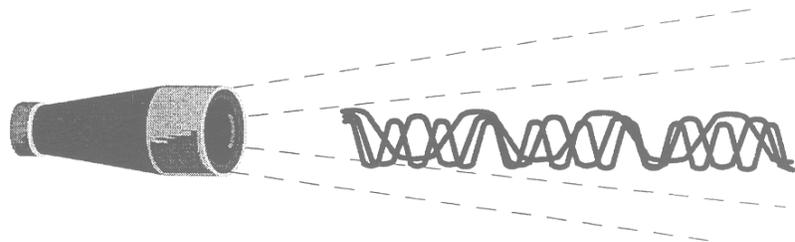


Fig.1.3 Luz no coherente

Luz coherente

Con la aparición del LÁSER (Light Amplification by Stimulate Emisión o Radiation) es posible generar un haz de luz concentrada, de gran energía y coherente, es decir, la variación d la longitud de onda de la luz que emite es mínima, es consecuencia puede iluminar largas distancias sin tener prácticamente dispersión.

El ancho espectral de estas fuentes es estrecho (<4mm) y es el tipo de luz que utilizan los transmisores ópticos para la comunicación por fibra óptica.

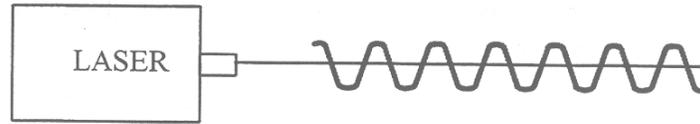


Fig. 1.4 Luz coherente

Longitud de onda

Definimos a la longitud de onda (λ), como la longitud de un ciclo completo de la onda descrita por un fotón al desplazarse en el espacio. Los átomos reciben energía en forma de calor, radiación, etc. Parte de esta energía se almacena en los electrones de la capa exterior, excitándolos a un nivel de energía mayor. Repentinamente, el electrón cae de nuevo al nivel inicial y emite energía en forma de radiación electromagnética, parte de ella como luz visible.

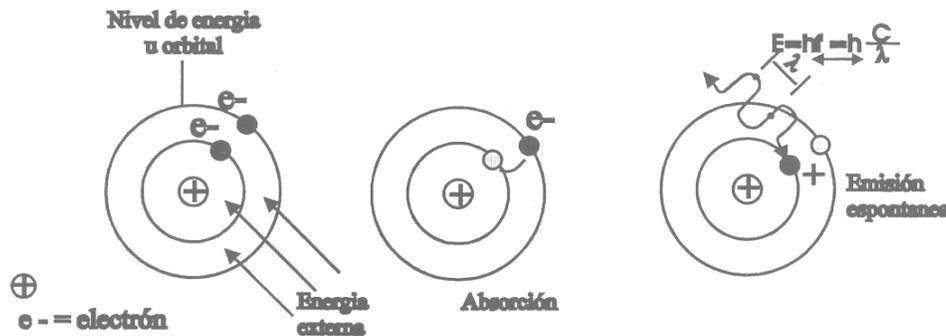


Fig. 1.5 Emisión de luz

La diversidad que existe entre las ondas producidas se debe a las diferentes longitudes de onda. El ojo humano es sensible a aquellas radiaciones luminosas que tienen una determinada longitud de onda y componen el llamado espectro visible (760nm a 400nm)

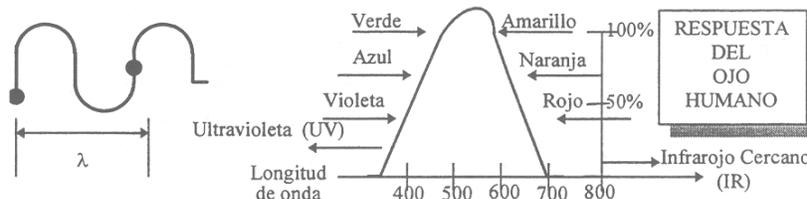


Fig. 1.6 Espectro de la luz visible

Otros tipos de radiaciones no son visibles como: luz ultravioleta UV y luz infrarroja IR

Ventanas

Como se muestra en la Fig.7 la comunicación con fibras ópticas utiliza longitudes de onda no visibles que se localizan dentro del rango infrarrojo. Esto debido a las características actuales de fabricación que presentan las fibras ópticas, ya que tienen menor pérdida utilizando estas longitudes de onda llamadas “ventanas”.

Las longitudes de onda utilizadas son: 850nm, 1300nm, y 1550nm. La última es utilizada para comunicaciones de larga distancia ya que tiene una atenuación mínima.

No. de la banda	Gama de frecuencias	Gama de longitudes de onda en el vacío	Subdivisión métrica	Abreviatura métrica de las bandas e frecuencia	Símbolo en inglés	Abreviaturas y símbolos poco usuales, no aconsejables
4	3-30 kHz	10-100 km	Ondas miriámétricas	B. Mam	VLF	Frecuencias muy bajas, MBF
5	30-300 kHz	1-10 km	Ondas kilométricas	B. km	LF	Ondas largas, frecuencias bajas, BF
6	300-3000 kHz	1-10 km	Ondas hectométricas	B. hm	MF	Ondas medias, pequeñas ondas medias, frecuencias medias, MF
7	3-30 MHz	1-10 dam	Ondas decamétricas	B. dam	HF	Ondas cortas, altas frecuencias
8	30-300 MHz	1-10 m	Ondas métricas	B. m	VHF	Frecuencias muy altas
9	300-3000 MHz	1-10 dm	Ondas decimétricas	B. dm	UHF	Frecuencias ultra altas
10	3-30 GHz	1-10 cm	Ondas centimétricas	B. cm	SHF	
11	30-300 GHz	1-10 mm	Ondas milimétricas	B. mm	SHF	
12	300-3000 GHz	0.1-1 mm	Ondas decimilimétricas			

Tabla 1.1 Designación de las bandas de radio-frecuencia

Índice de refracción

En la actualidad, sabemos que la velocidad de fase de la luz en el espacio libre es de:

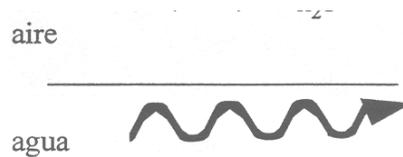
$$C = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

Por lo tanto podemos definir el índice de refracción (η) como la relación que existe entre las velocidades de la luz, al desplazarse en el vacío y en la materia.

La expresión es: $\eta = c/v$

- η = índice de refracción.
- c = vel. de la luz en el vacío.
- v = vel. de la luz en otro medio.

Por ejemplo, calculemos el índice de refracción del agua a una temperatura estable de (25° C). $\eta_{\text{H}_2\text{O}} = ?$



Velocidad en el agua $V_{\text{H}_2\text{O}} = 2.25 \times 10^8 \text{ m/s}$

Aplicando la fórmula

$$\eta_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{c}{v} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{2.25 \times 10^8 \text{ m/s}} = 1.33$$

El resultado no tiene unidades y corresponde a una relación entre la velocidad de la luz, al desplazarse en vacío y al desplazarse en el agua.

El menor índice de refracción es 1 porque la máxima velocidad es:

$$C = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

La siguiente tabla muestra el índice de refracción de algunas sustancias.

Substancias	Índice de refracción	Substancias	Índice de refracción
Aire	$\eta = 1.00029$	Helio	$\eta = 1.00003$
Hidrógeno	$\eta = 1.00013$	Agua	$\eta = 1.333$
Diamante	$\eta = 2.419$	Ámbar	$\eta = 1.55$

El índice de refracción de las fibras utilizadas en TELMEX actualmente es :

$$\eta = 1.4700$$

$$\eta = 1.4760$$

Reflexión

Fenómeno por el cual una onda que se propaga por un medio e incide sobre otro medio diferente, bajo ciertas características, retorna al primero.

Descripción

En la siguiente figura mostramos la reflexión a la entrada de la Fibra Óptica, donde θ_i (ángulo de incidencia) es igual a θ_r (ángulo de reflexión)

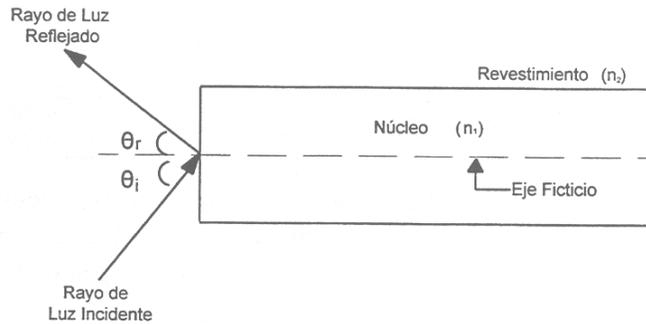


Fig. 1.8 Reflexión de la fibra óptica

Como se podrá observar este fenómeno causa que la mayor cantidad de luz sea lanzada fuera del núcleo de la Fibra Óptica, el cual no es el objetivo.

Los ángulos que forman el rayo incidente y el reflejado con la normal a la superficie de separación de los dos medios son iguales.

Refracción

Fenómeno que se produce por el cambio abrupto en la dirección de propagación de una onda (acústica o electromagnética) al pasar oblicuamente de un medio a otro en el cual la velocidad de propagación es diferente, por ejemplo, se dobla un rayo luminoso que atraviesa oblicuamente la superficie de separación de dos medios transparentes distintos, como el aire, el agua o el vidrio; y cambia de dirección al atravesar la superficie que separa dos masas de distintos índices de refracción.

Fenómenos

Este fenómeno es el más importante desde el punto de vista de entrada de luz al núcleo de la Fibra Óptica.

En la Fig. 9 podemos observar que la refracción ayudará a introducir la mayor cantidad de luz al núcleo de la fibra, lográndose esto con ángulos pequeños de los rayos que llegan al núcleo, con respecto al eje ficticio de la fibra.

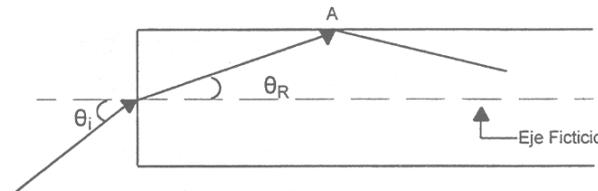


Fig. 1.9 Refracción.

¿Porqué ángulos pequeños? Fundamentalmente es para cumplir con el aspecto geométrico de la luz (rayos de luz), la ley de SNELL y la condición de reflexión total en la frontera núcleo revestimiento (punto A)

Ley de SNELL

La ley de SNELL es una relación trigonométrica que nos permite evaluar el ángulo de entrada adecuado, en función de los índices de refracción (η_0, η_1, η_2) para lograr la refracción y la reflexión total interna del rayo de luz.

A continuación mostramos la ley de SNELL:

$$\eta_0 \text{ Sen } \theta_1 = \eta_1 \text{ Sen } \theta_2$$

Índices de refracción	Descripción
$\therefore \eta_0 \eta_1 \eta_2$	Son los índices de refracción del aire, núcleo y revestimiento de la fibra, respectivamente.
$\theta_i \theta_R$	Son los ángulos e entrada y refracción de rayo, respectivamente.
Sen	Función trigonométrica tomada con respecto al eje ficticio de la Fibra Óptica.

Diagrama

El fenómeno de reflexión total se repite si el índice de refracción en todo el núcleo de la fibra es el mismo. De este modo el rayo llegará al final de la fibra con el mismo ángulo con que incidió en ella.

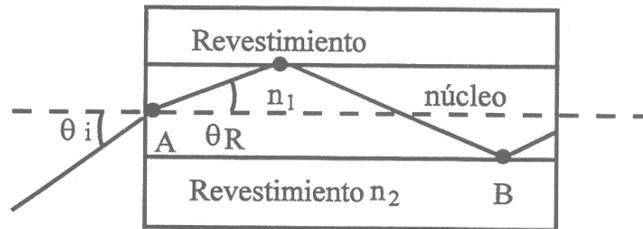


Fig. 1.10 Reflexión total en la fibra óptica.

- A Punto de refracción
- B Puntos de reflexión total.

Reflejancia

Por otra parte si existe un ángulo grande de incidencia, tendremos un rebote total del rayo de luz conocido como reflejancia R , dado ésta por la siguiente expresión.

$$R = \left(\frac{\eta_1 - \eta_0}{\eta_1 + \eta_0} \right)^2$$

Existe una condición práctica a considerar, R deberá ser menor o igual al 4% del 100% del rayo de la luz de entrada.

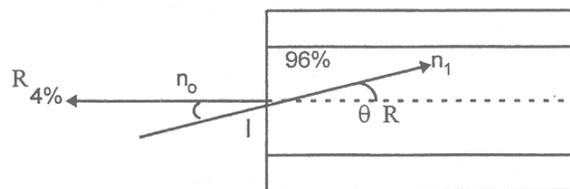


Fig. 1.11 Efecto de reflejancia.

Apertura numérica

La apertura numérica es un parámetro que indica la cantidad de luz que puede entrar y transmitirse dentro de la fibra óptica con reflexión total. Si el ángulo de incidencia está dentro del cono de aceptación, entonces podemos garantizar que la luz podrá viajar dentro de la fibra por medio de reflexiones hasta el final, presentando mínima atenuación. Esto nos garantiza que la información llegará a su destino con buena calidad y potencia aceptable.

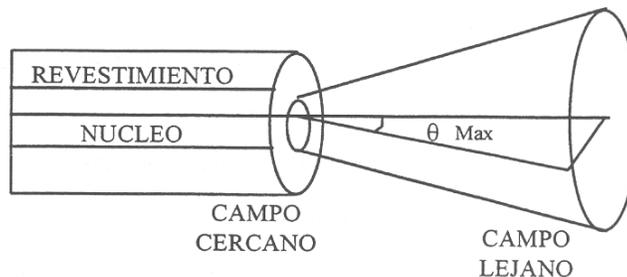


Fig. 1.12 Apertura Numérica

La apertura numérica (AN) es un parámetro muy importante a considerar, cuando se determinan pérdidas en la fibra, ya que es uno de los factores que contribuyen a incrementarla.

$$AN = n_0 \text{ Sen } \theta_{\text{max}}$$

El tamaño del diámetro de la fibra determina la facilidad con la que la luz puede introducirse. La apertura numérica determina el cono de aceptación de luz, como se observa en la Fig. 12.

Las aperturas numéricas de las fibras ópticas de TELMEX están por debajo de 0.30

1.3 Tipos de Fibras Ópticas

Existen varios tipos de fibras ópticas dependiendo de las características de transmisión que se requieran.

Sin embargo, la fabricación de fibras ópticas se tiene como objetivo disminuir la atenuación, para lo cual se han desarrollado diferentes métodos de fabricación.

En esta sección se resume las características más importantes de las fibras ópticas, haciendo hincapié en las utilizadas por TELMEX.

Modo de propagación

El modo de propagación se refiere en esencia a los caminos ópticos que sigue la luz dentro de la fibra. El modo de propagación dentro de una fibra óptica se determina básicamente de acuerdo a la frecuencia con la que se transmite la onda electromagnética a través de la fibra.

Otros factores que se deben considerar para establecer el modo propio de propagación son: el diámetro del núcleo y la variación del índice de refracción. Sin embargo, el tipo de fibra es otro factor indispensable. Si la fibra es monomodo, solo existe en ella un modo de propagación (idealmente) En cambio, una fibra multimodo, tiene diferentes modos de propagación.

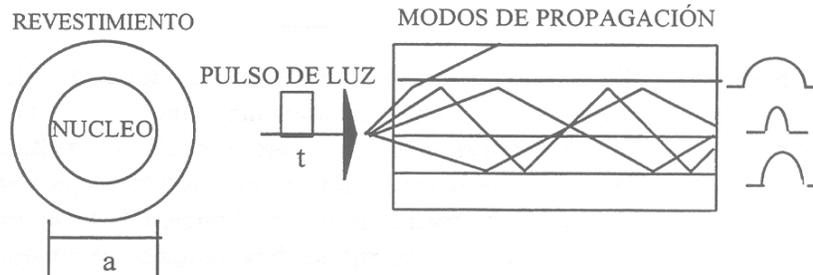


Fig. 1.13 Modos de Propagación

Perfil de índice de refracción

A la variación del índice con respecto a la distancia se le conoce como perfil del índice. Esta variación nos lleva, fundamentalmente, a tener dos perfiles el de escalón (ó escalonado) y el graduado (ó parabólico). La velocidad de la luz en cada punto esta en función del índice, el cual dará lugar a diferentes velocidades de propagación.

Clasificación

Las fibras ópticas pueden clasificarse, también, de acuerdo a la cantidad de modos de propagación que presentan y se clasifican en:

- Monomodo
- Multimodo

A continuación se describen las características de las fibras ópticas mas comúnmente utilizadas.

Fibra Multimodo

Las dimensiones de esta fibra son de 50 a 200 μm para su núcleo y de 150 a 250 μm para su revestimiento primario, el núcleo es lo suficientemente grande para que el haz de luz pueda describir muchas trayectorias al desplazarse dentro de la fibra óptica, esto es, varios modos de propagación, lo que provoca pérdidas llamadas de decepción modal. Su apertura numérica es de alrededor de 0.3. para un kilómetro el retardo Δt varía de 20 a 2 ns y la banda de paso de 20 a 200 MHz.

Las fibras multimodo se clasifican de la siguiente manera:

- Multimodo de Índice Escalonado
- Multimodo de Índice Graduado

Multimodo de Índice escalonado

El núcleo de este tipo de fibra tiene un índice de refracción constante, al llegar al revestimiento, el cambio es inmediato, ya que en el revestimiento el índice de refracción es menor, esto provoca que la luz describa trayectorias en forma de zig-zag, provocados por la reflexión total que experimenta el haz de luz al chocar con un medio diferente al núcleo. Esto se observa en la Fig. 20 donde la trayectoria que describe el haz de luz es de zig-zag y el diámetro del núcleo es de 50 a 200 μm .

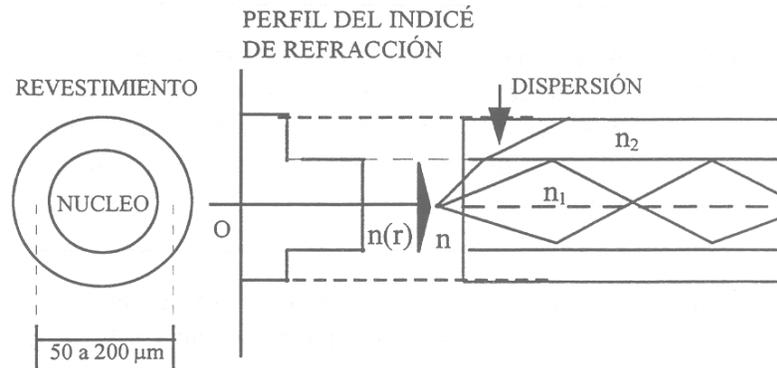


Fig. 1.14 Fibra de índice escalonado

Fibra multimodo de índice graduado

Es esta fibra el índice de refracción del núcleo va decreciendo gradualmente en función del radio, hasta llegar al revestimiento, como se observa en la Fig. 21, el diámetro del núcleo, mide de 50 a 100 μm , la apertura numérica es de alrededor de 0.2. El retraso está en función de la optimización del perfil del índice, del ancho de banda espectral y de la longitud de onda de la fuente luminosa utilizada. Para un kilómetro de fibra, el retardo Δt varía de 800 a 200 ps y la banda de paso es de 500 a 1500 MHz.

Sin embargo, debido a que el índice de refracción del núcleo decrece, los rayos de luz se van flexionando gradualmente regresando al centro del núcleo, esto explica por que en este tipo de fibra la atenuación es menor, comparada con la fibra escalonada, donde el cambio en el índice de refracción es mucho más brusco.

En las fibras de índice escalonado hay un pequeño retardo, entre los rayos que inciden en la fibra paralelos al eje y aquellos que lo hacen con un cierto ángulo, debido a la diferencia de distancia recorrida. Para solucionar este problema se diseñaron fibras con un núcleo cuyo índice de refracción vaya decreciendo gradualmente desde el eje hasta la frontera con el revestimiento, provocando que las sucesivas refracciones hacia el eje del núcleo hagan que ambos rayos coincidan en tiempo.

Es cierto que la trayectoria que recorren los rayos que inciden con diferentes ángulos es más larga, pero debido a que su velocidad es mayor en las regiones donde el índice de refracción es

menor, esto compensa el recorrido, haciendo que lleguen al mismo tiempo que los rayos axiales, con lo que se disminuye la pérdida por dispersión modal.

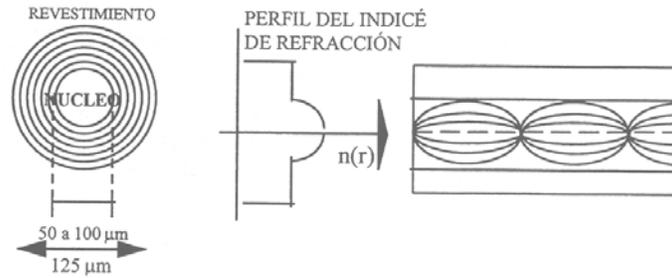


Fig. 1.15 Fibra de índice graduado.

Fibra Monomodo

Fibras monomodo

Esta clase de fibras se caracteriza por tener un núcleo de diámetro muy pequeño, menor de μm , y el diámetro del revestimiento primario de $125 \mu\text{m}$ una diferencia relativa de índice Δ del orden de 0.005 por lo tanto una apertura numérica entre 0.12 y 0.14, una atenuación mayor que de 0.4 dB/km y un ancho de banda mayor que 10 GHz.

En una fibra óptica, no es monomodo más que a una cierta longitud de onda, puesto que debe satisfacer la ecuación $\lambda \geq 3.69 a \eta_1 (\Delta)^{1/2} = \lambda_c$, λ_c se llama **longitud de onda crítica** de la fibra.

Perfil de Índice

Para materializar una fibra monomodo pueden adaptarse muy diversas configuraciones del perfil de índice. La figura refleja varias concepciones, el perfil en forma de W (doble revestimiento) permite ajustar la longitud de onda de dispersión cero en un margen ($1.3- 1.45 \mu\text{m}$; ó $1.5- 1.7 \mu\text{m}$) mucho más amplio del que es posible con la estructura elemental de índice escalonado.

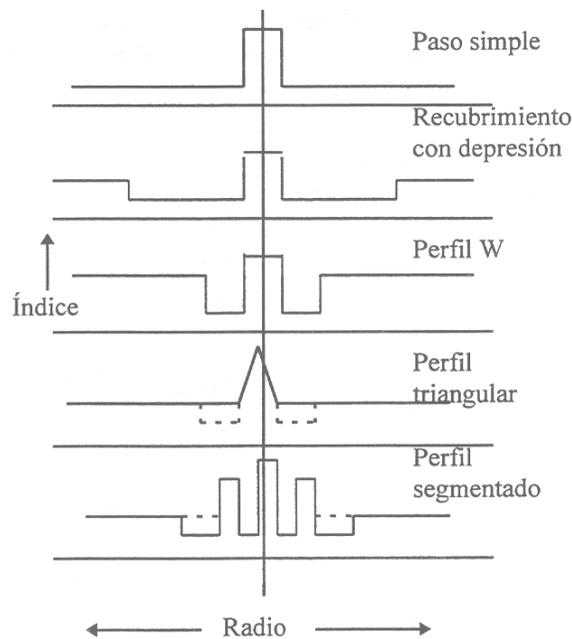


Fig. 1.17 Perfiles del índice de refracción de las fibras monomodo.

Pero las fibras con doble revestimiento no pueden mantener simultáneamente una baja dispersión y atenuación en la banda de 1.3 a 1.6 μm ; para alcanzar este objetivo se ha diseñado las fibras con perfil segmentado (revestimiento cuádruple). En seguida indicamos las propiedades de las fibras monomodo

Características

A continuación se muestran las propiedades de las fibras monomodo.

Longitud de onda de corte, nm.	Atenuación (dB/km) 1300 nm. 1550nm.		Longitud de onda de dispersión cero	Intervalo de longitudes de onda de dispersión máxima, ps/nm. Km	Diámetro, μm Campo Núcleo Revest		
600					4	125	
820					5	125	
1330	0.4	0.35	1310	4.2/1285-1300	8.7	8.3	125
				17@ 1550 nm.			
	0.5	0.30	1310	4.5/1285-1330	10	9	125

Nota

En el léxico técnico de TELMEX se ha llamado a las fibras ópticas monomodo como de dispersión normal (índice escalonado), dispersión corrida (índice triangular) y próximamente las de dispersión aplanada (índice segmentado o doble y, w)

La finalidad de las fibras ópticas de dispersión corrida, utilizando el mismo material SiO_2 (óxido de silicio) es la de obtener menos atenuación pero a longitudes de onda diferente, a la de 1300 nm, 1550 nm y/o 1350 nm (en esta longitud de onda andamos muy cerca de uno de los picos de absorción por humedad (radical OH), 1380 nm por lo tanto se usa la de 1550 nm.

1.4 Atenuación de Fibra Óptica

La luz que se propaga en un conductor de fibra óptica experimenta una atenuación: produce una pérdida de energía. Para cubrir grandes distancias sin emplear regeneradores intermedios es necesario mantener esta pérdidas en el mínimo posible. La atenuación de un conductor de fibra óptica es un parámetro importante para la planificación de redes de cables para telecomunicaciones ópticas y la producen principalmente los fenómenos físicos como son absorción y dispersión.

La magnitud de estas pérdidas luminosas depende entre otros factores de la longitud de onda de la luz acoplada. Por eso, para determinar las gamas de longitudes de onda adecuadas para la transmisión óptica con baja atenuación resulta, en general, útil medir la atenuación de un conductor de fibra óptica en función de la longitud de onda (espectral)

Representación gráfica de la atenuación

Las pérdidas de potencia óptica, o atenuación, que presentan las fibras ópticas se deben a la absorción del material, la dispersión y las reflexiones al final de la fibra. La atenuación se expresa en decibeles por kilómetro (dB/km). Los valores e este parámetro oscilan entre 0.154 dB/km a 1550 nm, para las fibras monomodo, y 10 dB/km para las fibras plásticas. Las características de pérdida geométrica en un trozo de fibra puede expresarse matemáticamente de la siguiente forma:

$$P_{f(L)} = P_c 10^{(-\alpha L/10)}$$

Donde $P_f(L)$ = Potencia a una distancia L de la entrada

P_c = Potencia acoplada a la fibra

α = Atenuación propia de la fibra, dB/km

La ecuación anterior en Dbm queda de la siguiente manera:

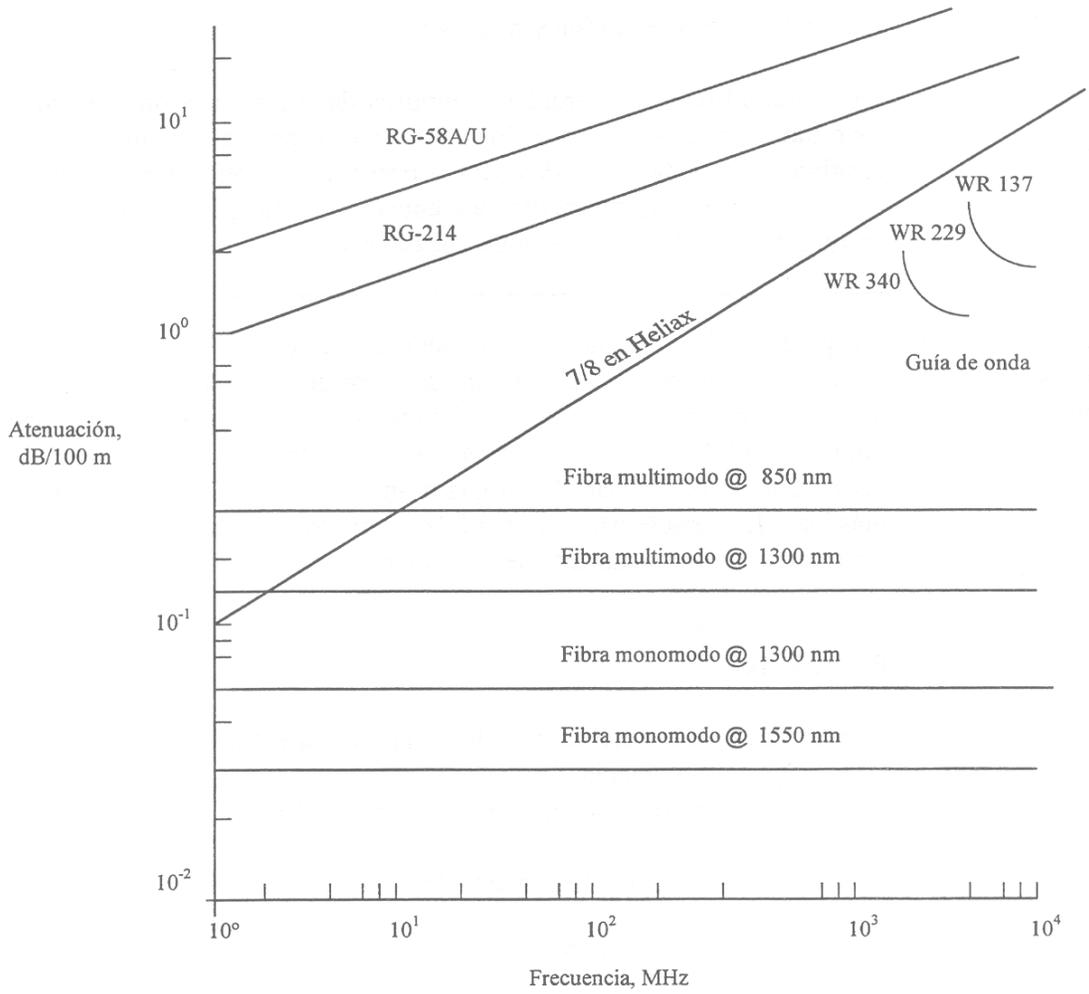
$$P_f \text{ (dBm)} = P_c \text{ (dBm)} - \alpha L$$

La cual corresponde a una ecuación de una línea recta con un punto de intercepción en P_c y pendiente $-\alpha$. Cualquier pérdida adicional debida a empalmes, conectores o a la realización del sistema deben restarse de esta ecuación.

Gráfica

La siguiente gráfica muestra la atenuación de las líneas metálicas comunes en comparación con la atenuación de las fibras ópticas comerciales.

Las limitaciones que imponen la distorsión modal y la dispersión cromática no están incluidas.



Mecanismos físicos de atenuación

Los mecanismos físicos que ocasionan pérdidas y atenúan la señal óptica al viajar por la fibra óptica admiten una división en dos grandes grupos (ver tabla 1); pérdidas cuyo origen se debe a causas intrínsecas, o pérdidas motivadas por aspectos extrínsecos a la fibra en si misma. Los fenómenos intrínsecos están relacionados con la composición y naturaleza del vidrio y NO PUEDEN ERRADICARSE.

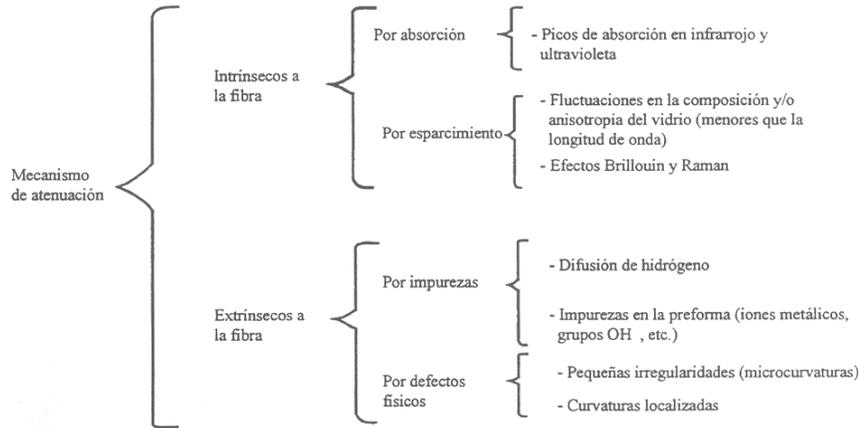


Tabla 1 Distribución de las pérdidas en transmisión por fibra óptica.

Bajo el concepto de pérdidas extrínsecas se engloban las que son ajenas a la fibra idealmente considerada, y que se originan por causa de impurezas, defectos en la geometría de la fibra, defectos de cableado, tensiones, curvaturas, esfuerzos, etc. La tabla 2 recoge algunos ejemplos comparando la importancia y el peso relativo de las pérdidas por motivos intrínsecos al portador óptico.

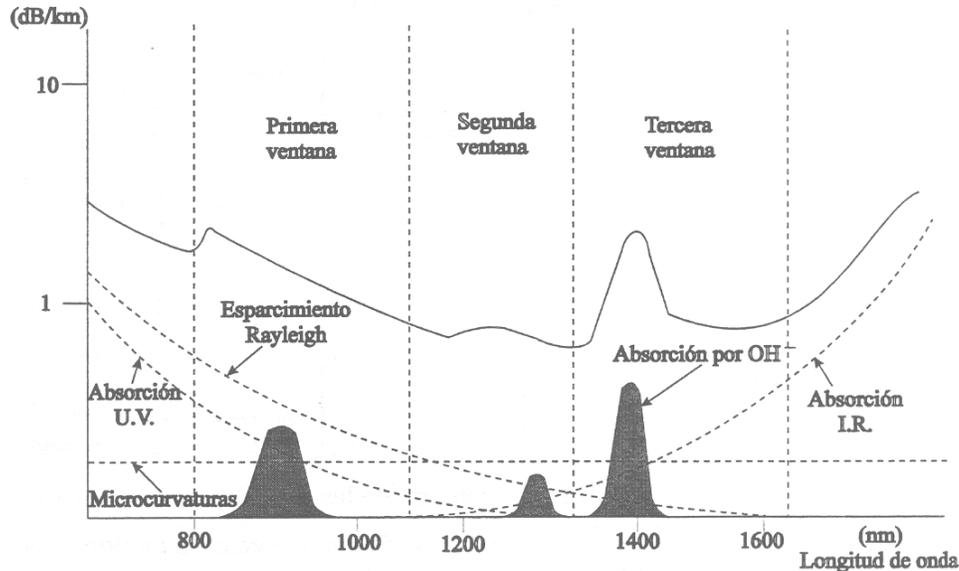
Mecanismos

Δ (%)	Pérdidas a 1,3 mm (dB/km)			Pérdidas a 1,3mm (db/km)		
	Pérdidas Rayleigh	Pérdidas absorción	Totales	Pérdidas Rayleigh	Pérdidas absorción	Totales
0	0,22	0.06	0,22	0,11	0,035	0,13
0,18	0,29	0.09	0,40	0,145	0,05	0,25
0,27	0,33	0.13	0,46	0,16	0,07	0,27
0,39	0,38		0,55	0,19		0,32

Tabla 2

Absorción

En la siguiente figura se representa de forma aproximada el peso de cada una de estas contribuciones (esparcimiento de Rayleigh, absorciones U.V. e I.R., etc.) Cabe resaltar el avance de las técnicas de fabricación y consecuentemente, la rápida tendencia hacia los valores intrínsecos que representan el límite teórico de la atenuación.



En lo que sigue contemplaremos los mecanismos de absorción en I.R. y en el U.V., así como el fenómeno del esparcimiento Rayleigh, todos dentro del grupo de pérdidas de naturaleza intrínseca. Por lo que se refiera a factores extrínsecos trataremos las pérdidas ocasionadas por impurezas, por curvaturas y por microcurvaturas.

Absorción ultravioleta, infrarroja o de impurezas

Las bandas de absorción del sílice son evidentes en las proximidades de 825nm, 950nm, 1225nm, 1370nm, 1380nm, 1390nm y el fundamental a 2730nm. Estas bandas se deben a la absorción de los iones residuales de OH⁻. Las concentraciones de OH⁻ de una parte por mil millones atenúan 1 dB/km a 950nm, 3 dB/km a 1225nm, y 40 dB/km a 1370nm. La deshidratación del material durante el proceso de fabricación puede explicarse como una forma de mantener al mínimo los iones de OH⁻.

Otras absorciones de impurezas o modificadores (contaminantes) del índice de refracción son iones metálicos los cuales provocan, también, picos de absorción.

La absorción se produce cuando existe resonancia (o vibración) molecular debido a la igualdad de la frecuencia, natural de resonancia (de la molécula) y de la señal óptica.

Dispersión en el vidrio

La disminución general de la atenuación entre 500 y 1500nm es el resultado de la dispersión de la luz por la inhomogeneidades microscópicas y a las fluctuaciones de la densidad del material del sílice. Se conoce como decepción de Rayleigh y produce un dependencia de la atenuación de λ^{-4} . Estas no homogeneidades* quedan fijas en la estructura cristalina del sílice cuando se fabrica la fibra. Por lo general, mientras menor es la temperatura de fabricación de la fibra, también es menor la densidad de la fluctuación y la dispersión. La atenuación, provocada por este fenómeno, de las últimas fibras fabricada ha llegado a ser de 0.15 dB/km.

* moléculas cuyo diámetro ($2\pi a/\lambda$) sea mucho menor que la unidad.

Pérdidas por doblez

Cada vez que una fibra se desvía de una posición recta, se producen pérdidas por radiación. Este efecto puede ser significativo en los cables ópticos mal instalados. Las pérdidas de este tipo se clasifican en dos categorías:

- 1.- MACRODOBLECES, con un radio de curvatura constante R , el cual se presenta en un doblez del tubo conductor. En forma práctica se puede considerar un radio mínimo de curvatura ($R_{min,c}$) de 20 veces el diámetro del cable.
- 2.- MICRODOBLECES, con pequeñas desviaciones aleatorias alrededor de una posición nominal de línea recta, tal como se observa en los cables de fibra óptica.

Dependencia de la temperatura

Los extremos de temperatura tienen adversos en la atenuación de la fibra. Los diseños de revestido de plástico y de tubo hermético pueden utilizarse hasta -10°C .

Por debajo de esta temperatura, la diferencial de expansión térmica entre el vidrio y los recubrimientos de polímeros provoca tensiones que conducen a pérdidas por micro dobleces. Los diseños que utilizan revestimiento de vidrio y los de tubo holgado se utilizan por debajo de -50°C , pero debe tenerse cuidado en la selección de la camisa que a la fibra óptica.

La magnitud de la contracción del cable con la temperatura, cuando se trata de un cable trenzado, se determina principalmente por el elemento central alrededor del cual se trenzan las fibras. Este elemento central actúa como un componente rígido y tiene un coeficiente de expansión térmico similar a la fibra de sílice.

Medios físicos

En un sistema de fibra óptica, la potencia en transmisión se mide en dBm y la atenuación provocada por la fibra óptica se mide en dB/km. Un sistema de transmisión por fibra óptica es un típico sistema con pérdida o atenuación, sin embargo, estas son mínimas en comparación con otros sistemas.

Atenuaciones permitidas en los dos medios físicos utilizados más comúnmente en TELMEX		
Par Convencional	Digital ≤ 10 dB Analógico ≤ 8 dB	Frec. (MHz) 0.1
Fibra Óptica	Fibra monomodo de dispersión normal $\lambda = 1300\text{nm}$ atenuación \leq a 0.40 dB/km $\lambda = 1550\text{nm}$ atenuación \leq 0.30 dB/km	70
	Fibra monomodo de dispersión corrida $\lambda = 1550\text{nm}$ atenuación \leq 0.25 dB/km	< 3000

Unidades.

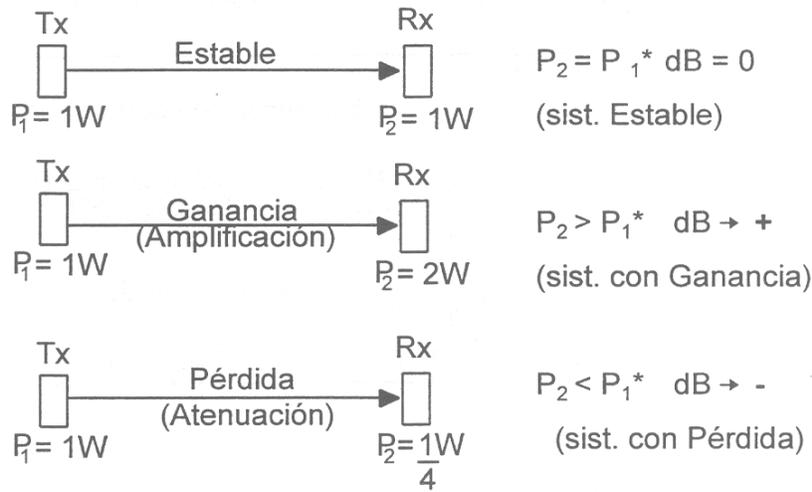
Se define la pérdida o la atenuación en el interior de una fibra como la relación entre las potencias luminosas a la salida y a la entrada, expresada en decibelios y calculada para determinada longitud de onda λ . Literalmente el decibel significa la décima parte de un Bel.

Su definición es:

$$dB = 10 \log \frac{P_2}{P_1}$$

Ejemplo

Visualizamos con ejemplo y diagramas los tres casos de manifiesto del dB.



* Se compara la potencia final contra la potencia inicial.

Fig. 1.18 Atenuación en un enlace

Cuando en los dB's aparece un subíndice p.ej. dBm, este subíndice (m) me indica que la medición, de los dB's, estará referido a una potencia de 1 miliwatt (mW).

$$dBm = 10 \log \frac{P_2}{1mW} \rightarrow \text{Potencia de referencia}$$

Coeficiente de atenuación

El coeficiente de atenuación α (λ) depende de la longitud de onda de la luz que se utiliza y se define como la atenuación por unidad de longitud, generalmente en Km., a esa longitud de onda λ .

Literalmente el decibel significa la décima parte de un Bel.

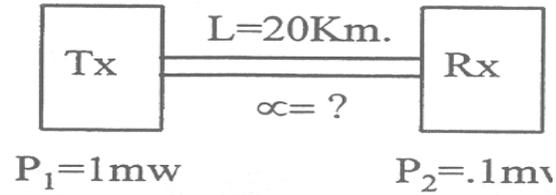


Fig. 1.18

Ejemplo Cálculo del coeficiente de atenuación α del siguiente sistema:

Aplicado en la formula anterior.

$$\alpha = -0.5 \text{ dB/Km}$$

La perdida del enlace es:

$$\alpha = 10 \log \frac{0.1 \text{ mw}}{1 \text{ mw}} = 10 (\log 0.001 - \log 0.001) \text{ w}$$

$$10 (-4 - (-3)) \text{ w}$$

$$10 (-1) \text{ w}$$

$$\alpha = -10 \text{ dB}$$

El signo negativo nos indica que se trata de una atenuación.

Dispersión

Es causada, por las características intrínsecas de la fibra y de la anchura espectral de la fuente de luz, sobre la señal en el transcurso del tiempo, lo que provoca ensanchamiento de los pulsos de luz transmitidos a medida que se desplazan en las fibras ópticas y en consecuencia la deformación de los mismos, provocando errores que son los que limitan la calidad de información además de disminuir considerablemente el ancho de banda útil.

La dispersión total en un sistema es la suma cuadrática de 2 efectos:

$$TD^2 = MD^2 + CD^2$$

↑ ↑ ↑
 Dispersión Total Dispersión Modal Dispersión Cromática

Donde:

Dispersión	Descripción
Modal	Se origina debido a que cada uno de los modos que se propagan por la fibra óptica puede seguir una trayectoria distinta en el interior del núcleo. Como además la velocidad de la luz en cada punto depende del índice de refracción, los modos de propagación sufren retardos relativos o que dan lugar a un ensanchamiento temporal de los impulsos de luz. Este efecto lo presenta la F.O. multimodo.
Cromática	Es causada por la variación de las longitudes de onda de la fuente de luz, al propagarse todas las líneas espectrales correspondientes, esta viajan a diferentes velocidades de propagación lo que origina un ensanchamiento en los pulsos. La dispersión cromática puede disminuirse utilizando fuentes de luz con un mínimo ancho espectral para tener la mínima variación de la velocidad de propagación de la luz dentro de la fibra, evitando así un ensanchamiento de los pulsos transmitidos.

Optimización de la transmisión

Todo ello sugiere la posibilidad de optimizar la transmisión uniendo en una misma longitud de onda la mínima atenuación y la mínima dispersión temporal. Ello se consigue de dos modos posibles:

- Desplazando el punto de mínima dispersión hacia el de mínima atenuación (Técnica de dispersión corrida) y cuyos puntos de trabajo se sitúan en la tercera ventana (por ejemplo 1550nm). Ello se consigue modificando el perfil de índice del núcleo y las condiciones de dopado del mismo.
- Diseñando la fibra de modo que su curva de dispersión sea lo más plana posible y prácticamente casi nula en la región de mínima atenuación, (Técnica de dispersión aplanada). Actualmente esta técnica es de un costo muy alto. En la siguiente Fig.16 se muestra la dispersión como una función de la longitud de onda.

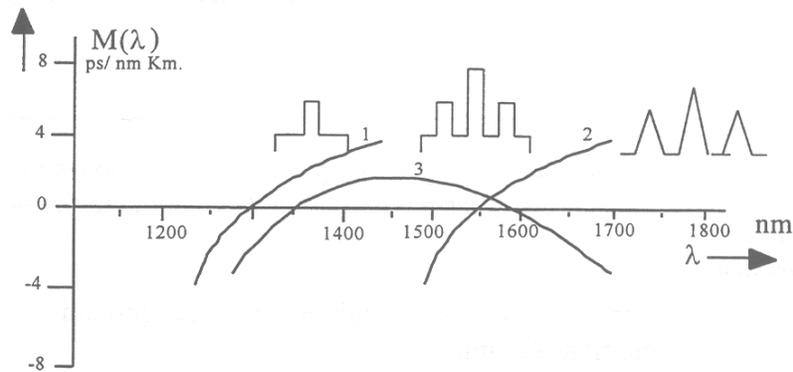


Fig. 1.19 Gráfica de la dispersión

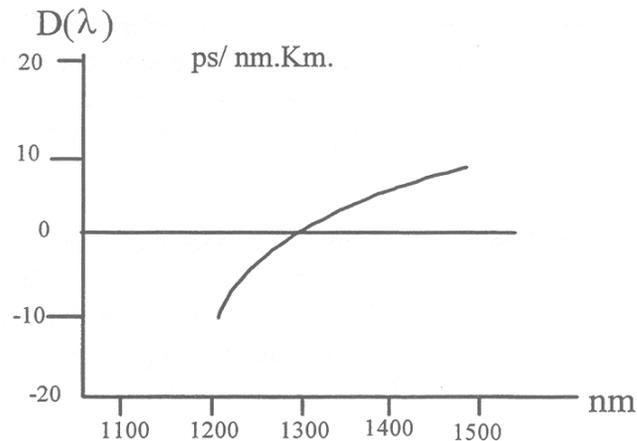
1. Dispersión Normal (perfil de índice escalonado)
2. Técnica de dispersión Corrida (perfil)
3. Técnica de dispersión aplanada.

Los valores promedio máximo para una fibra de dispersión normal son de aproximadamente 3.5 ps/ nm•km a 1310nm., y de 19 ps/nm•km a 1550nm.

Como se observa en las figuras, la fibra de dispersión corrida presenta a 1550nm una mínima atenuación en el punto de mínima dispersión.

Gráfica del comportamiento de dispersión

En la siguiente figura se observa el comportamiento de la dispersión en función de la longitud de onda.



Optimización de las características de dispersión

Hemos visto que, por una parte, las atenuaciones mínimas se producen, salvo picos provocados por los iones OH⁺ en longitudes de onda que van de 1200 a 1600nm.

Por otro lado, para longitudes de onda próximas a 1300nm, la dispersión cromática es mínima.

1.5 Sistemas de transmisión con Fibra Óptica

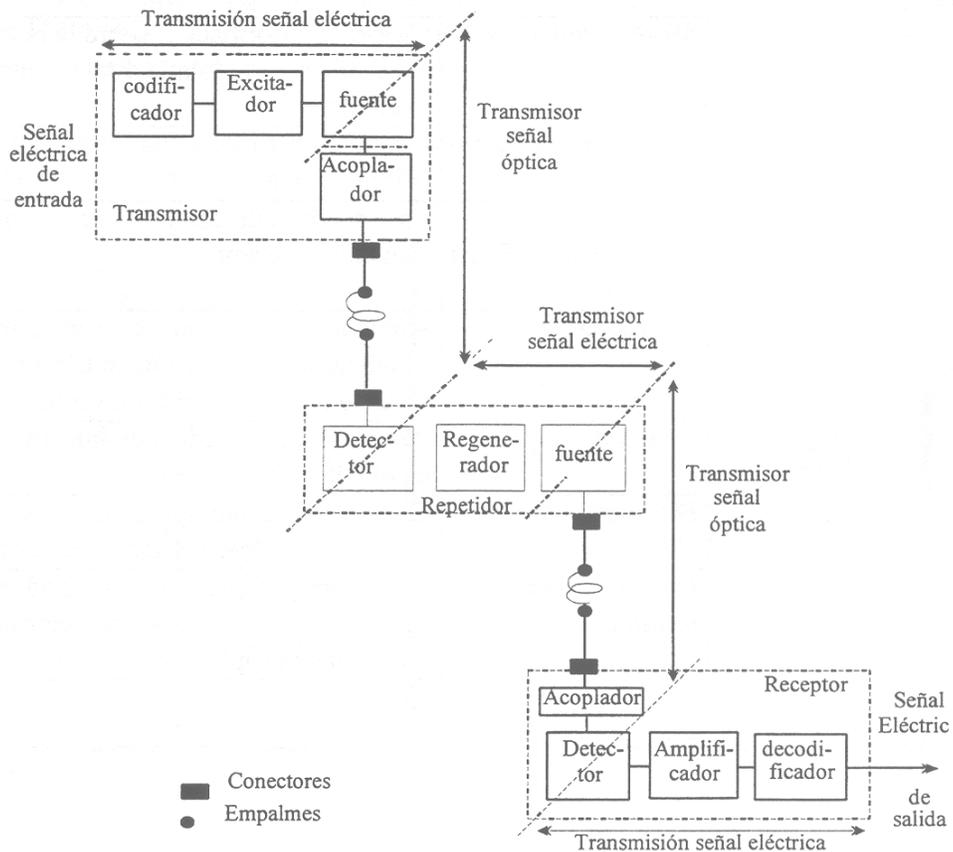
OLTE

El elemento básico de un sistema de transmisión por fibra óptica es el equipo terminal de línea óptica (OLTE) al comienzo y final de la transmisión óptica y, en el caso de distancias prolongadas serán, los regeneradores intermedios.

Elementos de un sistema

Los elementos fundamentales que constituye un sistema de transmisión con fibra óptica son: codificador, excitados, fuente emisora de luz, modulador, acoplador de transmisión, canal de información (fibra óptica), regenerador de señal, acoplador de recepción, detector (foto diodo) y un procesador de señal.

La siguiente figura describe el diagrama a bloques básico que constituyen un sistema de transmisión con fibra óptica.



Elementos de un sistema de F.O.

En la siguiente tabla se describen los elementos fundamentales que constituyen un sistema de transmisión con fibra óptica.

Elemento	Descripción
Codificador	En transmisión digital, detecta los datos de información, los regenera y ordena en el tiempo con símbolos apropiados para el circuito de la fuente.
Excitador	Modula la corriente que fluye a través de la fuente para producir la señal óptica deseada.
Fuente (Diodo LÁSER o LED)	Provee la onda portadora por medio de la conversión electro-óptica (E/O), corriente de luz.
Modulador	Coloca la información sobre la portadora (si la fuente no puede ser modulada directamente por el circuito excitador)
Acoplador de Tx	Acopla la luz modulada en el canal de información (Fibra Óptica)
Canal de información (Fibra Óptica)	Es el medio que conduce la señal óptica del transmisor-receptor
Regenerador	Aumenta la amplitud y corrige la forma de la señal que se ha deformado durante la transmisión, solo se usará en enlaces que rebasen los 75 kms.
Acoplador de Rx	Acopla la luz del canal de información (fibra óptica) en el detector.
Detector (Fotodiodo)	Convierte la señal óptica en una señal eléctrica (convertidor opto-eléctrico O/E, luz a corriente)
Procesamiento de la señal	Filtros, amplificadores, ecualizadores, decodificadores, etc., que convierten la señal eléctrica del detector en una forma apropiada para su uso

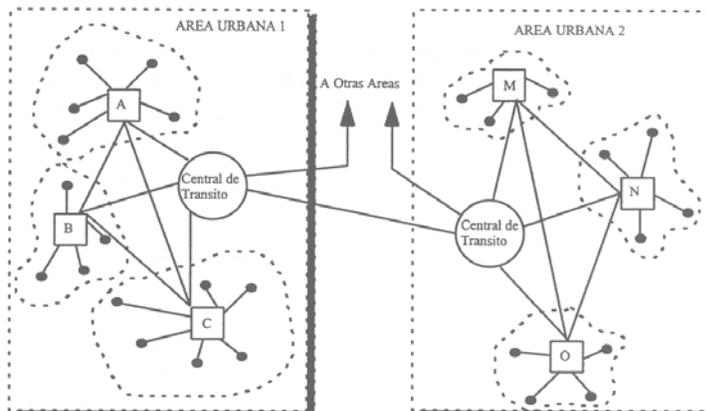
La fibra óptica en redes pública

Las redes públicas urbanas de enlaces comprenden los circuitos que unen a diferentes centrales de un núcleo urbano para la comunicación de cualquier usuario de una de ellas con cualquier otro de las demás. Estas redes forman estructuras en forma de mallas, de modo que, normalmente, cada central tiene acceso directo a todas las demás de ese núcleo urbano.

En los enlaces de redes Urbanas, las distancias medias entre centrales son de 5-10 Km. (varían de acuerdo al lugar, puede ser mayor) por lo que se permite trabajarlas sin regeneración con fibras del tipo monomodo en la ventana de 1300nm.

En cuanto a la velocidad de transmisión, actualmente se instalan sistemas SDH (Jerarquía Digital Síncrona) en la modalidad de STM 1 (155 Mb/s), STM 4 (622 Mb/s) y STM 16 (2.5 Gb/s), aunque la mayoría de los que están en explotación son de 140 Mb/s y 565 Mb/s.

En la siguiente figura se muestra un ejemplo de planificación de redes en dos áreas urbanas:



Fibra en redes pública

La fibra óptica en comunicaciones interurbanas

La longitud de los enlaces de estas redes es muy variable, las cuales oscilan por arriba de los 50 km. En los sistemas actuales de fibra monomodo con longitudes de onda de 1550nm para velocidades de 140 Mb/s y velocidades de 656 Mb/s se alcanzan enlaces sin regeneración de 80 km en promedio.

Los regeneradores se colocan en centrales existentes a lo largo de la ruta evitando así la necesidad de su telealimentación. En cuanto a velocidades de transmisión, predominan los enlaces a 565 Mb/s, y en tecnología SDH, los enlaces STM 16 a 2.5 Gb/s.

Actualmente para el eficiente transporte de información transportada, además del servicio de banda estrecha, como la telefonía con sus facilidades adicionales, se deben incorporar servicios como:

- Distribución de programas (uno o varios canales de televisión y sonido Hi Fi)
- Acceso interactivo a diversos servicios de información, tales como bancos de datos de carácter científico, cultural o empresarial. Este tipo de servicios estará sujeto a retardos y bloqueo, no así el de distribución de programas que es unidireccional.
- Conexiones punto a punto para comunicación entre abonados como el vídeo teléfono.

Capítulo 2

Cables, Empalmes, Conectores y Distribuidos Óptico

La interconexión y acoplamiento de fibras ópticas con diferentes dispositivos, tales como fuentes de luz y detectores, requieren de especial cuidado, ya que en una instalación se deben reducir al mínimo las pérdidas causadas por uniones de fibras ópticas necesarias en el sistema.

El incremento en las pérdidas de un enlace es el factor más importante que introduce cualquier unión de fibras ópticas, por lo cual, deben considerarse sus causas y la magnitud de sus efectos.

En este capítulo mostramos las características propias de los dispositivos de interconexión, utilizados en un Sistema de Transmisión por Fibra Óptica.

2.1 Cables ópticos

Una fibra óptica, resultado del proceso de formación de fibras, se asemeja a un cabello largo; su diámetro exterior puede ser pequeño (de 100 a 150 μm) y puede utilizarse comercialmente en telecomunicaciones. Aunque teóricamente una fibra óptica tiene gran resistencia, sus propiedades ópticas y mecánicas se ven muy afectadas por el medio ambiente, de modo que, es necesario cablear la fibra para mantener estables sus características de transmisión y facilitar la instalación del enlace óptico. Un cable de fibras ópticas o cable óptico puede contener una sola o muchas fibras. El cable óptico debe asegurar un medio ambiente adecuado para las fibras y facilitar su manejo; por lo menos, de manera tan fácil como la de los cables metálicos clásicos.

Diseño de cables

Con el propósito de proteger, a las fibras ópticas, del manejo, uso y efectos del medio ambiente, las fibras se arman en cables. El diseño básico del cable óptico se muestra en la siguiente figura.

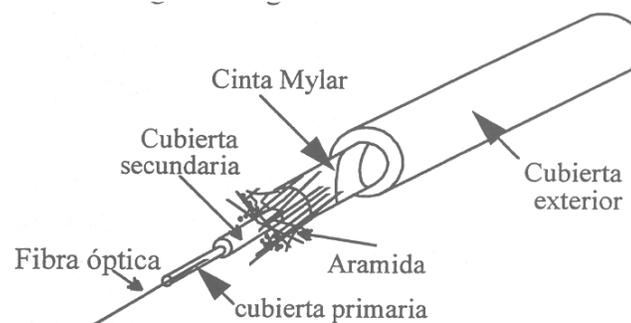


Fig. 2.1

El propósito es proteger la fibra óptica contra:

1. Abuso mecánico por impacto, aplastamiento, presión, flexión o tensión, los cuales provienen de la instalación y del mantenimiento.
2. Temperaturas extremas.
3. Entrada de agua, que puede producir efectos de corrosión o tensiones debido a la congelación.
4. Deterioro químico de los materiales de la camisa del cable.
5. Humo o gases venenosos que se generan en las aplicaciones plenas.
6. Deterioro y atenuación provocada por la radiación.
7. Daños producidos por los roedores en los cables enterrados y por los tiburones en los cables submarinos.

Las fibras ópticas deben disponerse en cables sin que sus características de transmisión se vean degradadas y se mantengan estables por toda la vida de diseño del cable, o sea, por 30 años.

Todas las fuerzas, ya sea radiales y axiales, actúan sobre la fibra óptica y por supuesto, cualquier momento de doblez provocará que las características de la fibra se desvíen. Para prevenir estos efectos, el diseño del cable debe ya sea aislar sustancialmente, las fibras de las fuerzas externas que actúan sobre los cables, o al menos, acojinar las fibras, de manera que estas fuerzas no se conviertan en serias deformaciones.

La segunda consideración de importancia es la probabilidad de ruptura de la fibra.

Revestimiento para los cable de fibra óptica

Existen cuatro tipos de revestimiento, los cuales son básicamente resinas epoxicas:

- 1) Termo fraguado (tipo plástico) preparado para UV
- 2) Termoplástico (resina sintética que al calentarse se ablanda y al enfriarse recobra su forma original) preparado con calor.
- 3) Termo fraguado preparado con color
- 4) Combinaciones de los tres

Estos revestimientos están disponibles en dos tamaños 250 y 500 μm . El revestimiento de 250 μm se utiliza generalmente para construir un separador en tubo holgado (de 1 a 3mm), y el de 500 μm para cables con separado apretado (de 0.5 a 1mm). El revestimiento más delgado mejora la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción y la resistencia a las pérdidas por dobleces.

Estructuras separadoras de tubo

En el proceso de fabricación, hay dos posibilidades para el tipo de construcción de la estructura separadora de tubo.

- 1) Amortiguador apretado, que es comúnmente un plástico duro o semiduro, que se encuentra en íntimo contacto con la fibra recubierta.
- 2) Amortiguador de relleno, en el cual la capacidad sobredimensionada (vacía) del tubo extruido o ranura del cable se rellena con un compuesto resistente a la humedad para excluir la presencia de agua.

La estructura de tubo ajustado proporciona una mayor resistencia a la compresión y a la tensión. Sin embargo, aumenta la sensibilidad del cable a los efectos de las temperaturas extremas.

La configuración de tubo holgado (reellenos) se utiliza principalmente en cables de fibra monomodo para minimizar las tensiones axial y longitudinal en la fibra durante la instalación o por la contracción térmica (o expansión). La estructura de tubo holgado también permite una mayor densidad de empaque de las fibras. En un mismo tubo pueden acomodarse típicamente de 6 a 12 fibras.

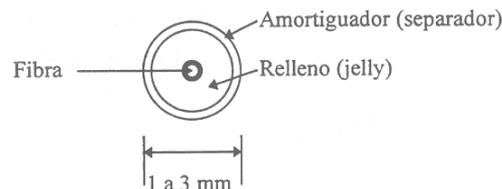


Fig. 2.2

Elementos de refuerzo

Para minimizar las características de elongación y contracción del cable, se le agregan elementos de refuerzo.

Las propiedades de estos se indican en la siguiente tabla:

Características selectas de los elementos tensores de los cables ópticos

Tipo	Carga de ruptura lb	Diámetro, pulg	Elongación de ruptura, %	Peso, lb/100pie
Fibra de vidrio	480	0.045	3.5	1.4
Kevlar	944	0.093	2.4	1.8
Acero	480	0.062	0.7	7.5

Para aplicaciones interiores por lo general se acostumbra una capa de Kevlar que rodea el tubo primario que contiene la fibra. Para aplicaciones exteriores, aéreas o de enterramiento directo, el elemento estructural central es normalmente una combinación de acero, fibra de vidrio epóxica o Kevlar. Sirve como corazón alrededor del cual se trenzan las fibras amortiguadas.

Carga de tracción sobre el cable

Para prevenir la generación de efectos permanentes en las propiedades de la fibra durante la instalación, la máxima fuerza de tracción debe limitarse alrededor de 182 Kgf (400 lb). Esto debe ser adecuado para el cable y la mayor parte de las instalaciones en ductos. Por ejemplo, una carga de tracción de 13 Kgf (29 lb) es la que se requiere normalmente para tirar de 1 km de cable de 1.6 cm de diámetro a través de un conducto de múltiples curvas. Pueden utilizarse tubos de polietileno o lubricante para reducir la fricción entre la camisa del cable y las superficies interiores del ducto.

Por lo general, la carga en el extremo del cable del que se tira se hace cada vez mayor durante la instalación.

Tipos de cables ópticos

Tipos de cables

Los cables ópticos se dividen por su uso en:

- Cables para interiores.
- Cables para exteriores.
- Cables especiales.

A continuación se describe cada uno de ellos.

Cables para Interiores

Los cables para interiores son los que se usan dentro de los edificios, o de la llamada planta interna, estos cables en general deben tener buena flexibilidad y ser no propagadores de la flama, por lo regular son totalmente dieléctricos y contienen una sola fibra.

Los cables monofibra nos sirven para interconectar equipo óptico (jumper óptico) ó bien los utilizamos para rematar las fibras del cable que llega del exterior (pig-tail) en un distribuidor de fibras ópticas.

La construcción típica de este tipo de cables monofibra es como se muestra en la siguiente figura.

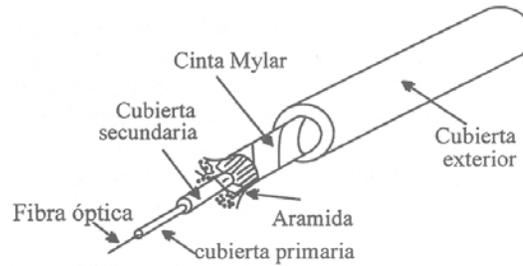


Fig. 2.3

La siguiente tabla describe los componentes del cable monofibra para interiores.

Componente	Descripción
Cubierta exterior	Esta cubierta es de PVC o de polietileno
Cinta mylar	Se usa como barrera térmica
Aramida	Sirve como elemento de tensión transversal y longitudinal totalmente dieléctrico
Cubierta secundaria	Mide aproximadamente 1mm de diámetro
Gel de petrolato	Se usa como elemento inundante dentro de la protección secundaria para bloqueo de humedad
Cubierta primaria	Mide aproximadamente de 250 μm de diámetro
Fibra Óptica	Mide aproximadamente 125 μm de diámetro

Cuando lleva dos fibras (dúplex) su construcción es la de dos cables monofibras unidos por medio de una lengüeta en la cubierta externa.

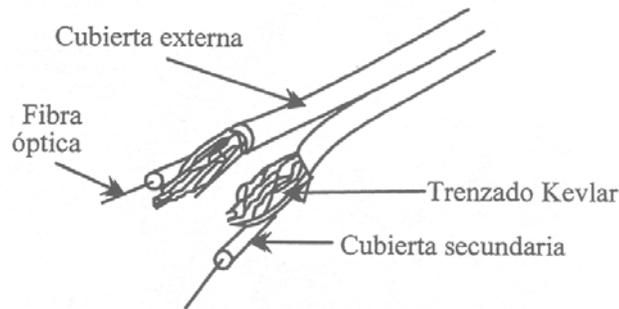


Fig. 2.4 Estructura de cables para interiores.

En los cables multifibra se da una infinidad de diseños caracterizándose todos ellos en tener la cubierta externa de PVC antifuego, y en no llevar armaduras.

Cables ópticos para exteriores

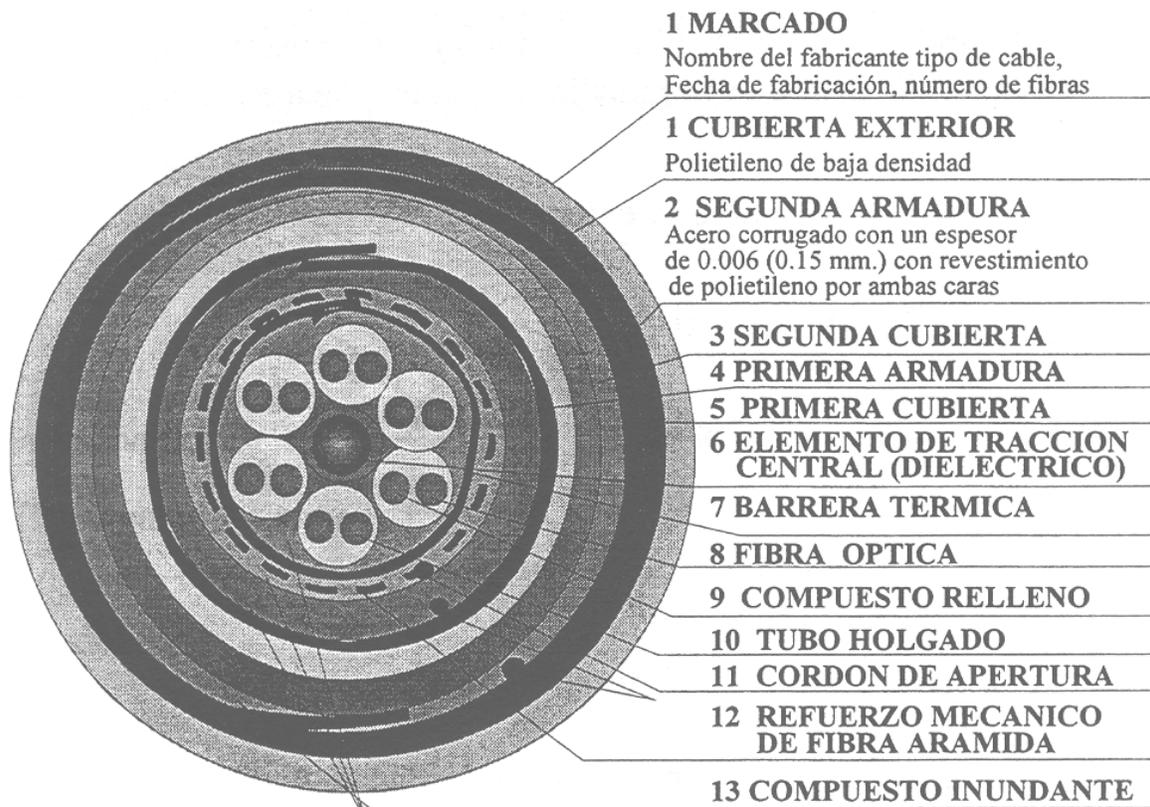
Los cables para exteriores son por lo regular cables multifibra en diferentes capacidades (6, 12, 24, 36, 48, 72, o más fibras ópticas)

Son diseñados para ser instalados en diferentes lugares como:

- En el aire
- Enterrado
- Conducido por ducto
- Bajo el agua

Algunas consideraciones importantes para la instalación y el mantenimiento son: la facilidad de manejo, tiempo de empalme, operaciones de terminación, tiempo de reparación y estabilidad en las características de transmisión.

Los cables ópticos para exteriores tienen básicamente la siguiente construcción.



Estructura de los cables ópticos para exteriores

Fig. 2.5

Cables especiales

Este tipo de cables se fabrican especialmente para satisfacer alguna demanda específica, con diferentes tipos de estructuras de acuerdo a su uso y condiciones de operación, por ejemplo:

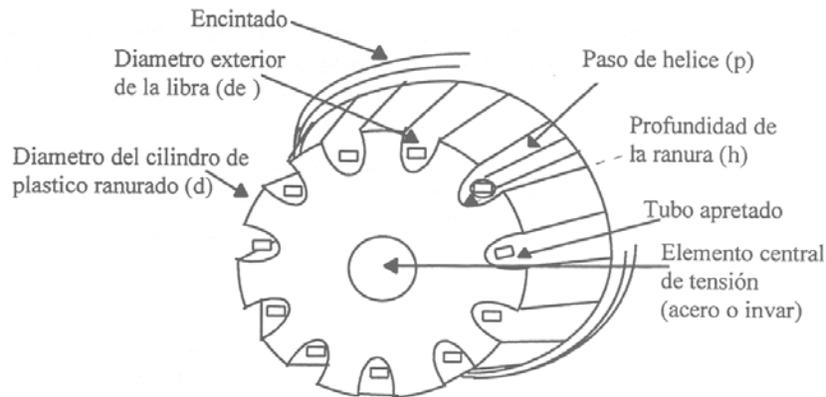
- Cable de núcleo ranurado
- Cable con elemento de tensión exterior.

A continuación se describe cada uno de ellos.

Cable de núcleo ranurado

Este diseño incorpora al miembro central de tensión una cubierta plástica de gran espesor con ranuras en la periferia (de 6 a 12 ranuras) que van en forma Helicoidal. En estas ranuras se alojan las fibras, estas fibras pueden ir con cubierta secundaria de tubo apretado, o bien, únicamente con cubierta primaria, pudiendo ir en cada ranura más de una fibra dependiendo de la densidad de fibras que requieren en el cable. Los espacios libres que no son ocupados por la fibra son llenados con jelly, y posteriormente encintados con mylar, formándose así el núcleo del cable.

La desventaja principal de esta estructura es que se obtienen cables con dimensiones mayores que con la de elemento central, ocasionando que su radio mínimo de curvatura sea más grande y el cable en general es un poco más difícil de preparar para labores de empalme y terminación.



Núcleo ranurado

Fig. 2.6

Cable con elemento de tensión exterior

Este diseño emplea un elemento de tensión externo, el cual envuelve a las fibras, estas fibras pueden encontrarse reunidas por medio de una espiral de plástico, o bien unidas a una cinta plástica formando una estructura rectangular compacta.

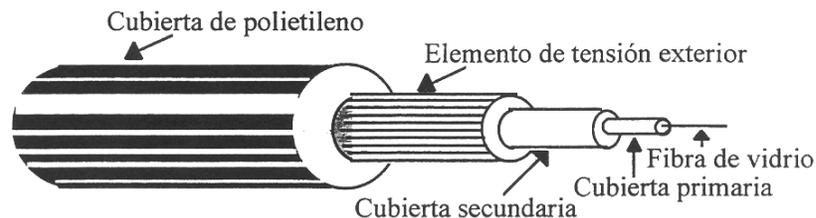


Fig. 2.7 Estructura de un cable con elemento de tensión exterior

Las fibras ópticas pueden ir únicamente con cubierta primaria o con cubierta secundaria de tubo apretado. En general este tipo de diseño se emplea cuando se requiere una muy alta densidad de fibras con dimensiones muy reducidas, o bien cuando requerimos una muy alta resistencia a la tensión.

Sin embargo, este tipo de estructura se emplea frecuentemente en los cables monofibra y dúplex que se usan para la interconexión a los equipos (pig tails y jumpers)

Sobre el miembro de tensión externo se colocan los demás elementos que conforman el cable (cubiertas, armaduras, barreras contra la humedad, etc.)

Cables de fibra óptica usados en TELMEX

Identificación TELMEX	Características principales	No de Fibras
TM1	<ul style="list-style-type: none"> • Núcleo de Tracción (Metálico o Dieléctrico) • Armadura sencilla • Fibra óptica de Dispersión normal 	6
		12
		18
		24
		36
72		
TM4	<ul style="list-style-type: none"> • Núcleo de Tracción (Dieléctrico) • Refuerzo de fibra Aramida • Con doble armadura • Fibra Óptica Dispersión Normal 	6
		12
		18
		24
		36
72		
TM7	<ul style="list-style-type: none"> • Núcleo de Tracción Metálico o no Metálico • Armadura sencilla • Fibra Óptica de Dispersión Corrida 	6
		12
		18
		24
		36
72		
TM8	<ul style="list-style-type: none"> • Núcleo de Tracción no Metálico • Refuerzo de fibra Aramida • Con doble armadura • Fibra Óptica • Dispersión Corrida 	6
		12
		18
		24
		36
72		

- Los cables TM1 y TM4, contienen fibras ópticas monomodo de dispersión normal.
- Los cables TM7 y TM8, contienen fibras monomodo de dispersión corrida.

Los cables a utilizar, contienen tubos holgados con diferente capacidad de fibras ópticas en su interior. A continuación se detalla la forma en que se distribuyen las fibras, dependiendo del año de fabricación y cantidad.

TM1

Las características de cables de fibra óptica tipo TM1 son los siguientes:

Numero de fibras	Numero de fibras por tubo	Diámetro del cable (mm)	Peso aprox. (kg/km)	Longitud del cable en carrete (m)
6	6 fibras/tubo y 5 de relleno	13.2	170	
12	2 fibras/tubo	13.2	170	
18	3 fibras/tubo y 3 tubos de relleno			
24	4 fibras/tubo y 6 fibras/tubo	14.9	220	
36	6 fibras/tubo	14.9	220	
72	12 fibras/tubo	17.7	330	

TM4

Las características de cables de fibra óptica tipo TM4 son los siguientes:

Numero de fibras	Numero de fibras por tubo	Diámetro del cable (mm)	Peso aprox. (kg/km)	Longitud del cable en carrete (m)
6	2 fibras/tubo y 3 de relleno 6 fibras/tubo y 5 de relleno			
12	2 fibras/tubo	16.2	290	
18	6 fibras/tubo y 3 tubos de relleno	17.3	310	
24	4 fibras/tubo y 6 fibras/tubo			
36	6 fibras/tubo			
72	12 fibras/tubo			

TM7

Las características de cables de fibra óptica tipo TM7 son los siguientes:

Numero de fibras	Numero de fibras por tubo	Diámetro del cable (mm)	Peso aprox. (kg/km)	Longitud del cable en carrete (m)
6	2 fibras/tubo y 3 de relleno 6 fibras/tubo y 5 de relleno	11.5	250	4,200
12	2 fibras/tubo	13.0	2.70	4,200
18	6 fibras/tubo y 3 tubos de relleno	13.0	2.70	4,200
24	4 fibras/tubo y 6 fibras/tubo			
36	6 fibras/tubo			
72	12 fibras/tubo			

TM8

Las características de fibra óptica tipo TM8 son los siguientes:

Numero de fibras	Numero de fibras por tubo	Diámetro del cable (mm)	Peso aprox. (kg/km)	Longitud del cable en carrete (m)
	2 fibras/tubo y 3 de relleno	13.5	330	4,200
	2 fibras/tubo	15.5	350	4,200
	6 fibras/tubo y 3 tubos de relleno	18.0	370	4,200
24	4 fibras/tubo y 6 fibras/tubo			
36	6 fibras/tubo			
72	12 fibras/tubo			

Características de las fibras ópticas

Como se vio en el capítulo 1, existen varios tipos de fibras ópticas, cada una con características específicas para utilizarse en diferentes sistemas.

Los cables de fibras ópticas que se utilizan en TELMEX contienen fibras monomodo de dispersión normal y de dispersión corrida, como se muestra en las tablas anteriores.

A continuación tenemos las características de cada una de ellas.

Fibra óptica monomodo de dispersión normal

Las características más importantes de la fibra óptica monomodo, de dispersión normal, que se encuentran en los cables ópticos TM1 y TM4, se muestran en la siguiente tabla.

Características Rang	o o medida
Atenuación	<dB/km @ 1300-1310nm <dB/km @ 1550nm
Longitud de onda de corte de fibra	1190 nm $<\lambda_c < 1330$ nm
Diámetro del modo propagación	9.30 \pm 0.5 μ m @ 1300nm
Longitud de onda de dispersión cero	1301.5 nm $<\lambda_o < 1321.5$ nm
Diámetro del núcleo	8.3 μ m
Diámetro del revestimiento	125.0 \pm 2.0 μ m
No circularidad del revestimiento	<2%
Diámetro de protección primaria	250 \pm 15 μ m
Concentricidad de protección primaria	>0.70
Índice de refracción	1.470 @ 1300nm

Fibra óptica monomodo con técnica de dispersión corrida

Las características más importantes de la fibra óptica monomodo de dispersión corrida, en los cables ópticos identificados como TM7 y TM8, tiene las siguientes características.

Características Ra	ngo o medida
Atenuación	0.25 dB/km @ 1550nm
Longitud de onda de corte de fibra	1200nm \pm 100nm
Diámetro del modo propagación	8.10 \pm 0.65 μ m @ 1500nm
Longitud de onda de dispersión cero	≤ 2.7 ps (nm•km) rango de 1525 a 1575 nm
Diámetro del revestimiento	125.0 \pm 2 μ m
No circularidad del revestimiento	<2%
Diámetro de protección primaria	250 \pm 15 μ m
Concentricidad de protección primaria	\geq 0.70
Índice de refracción	1.476 @ 1550nm

Código de colores

Descripción

En TELMEX encontramos, cables para exteriores con la siguiente estructura.

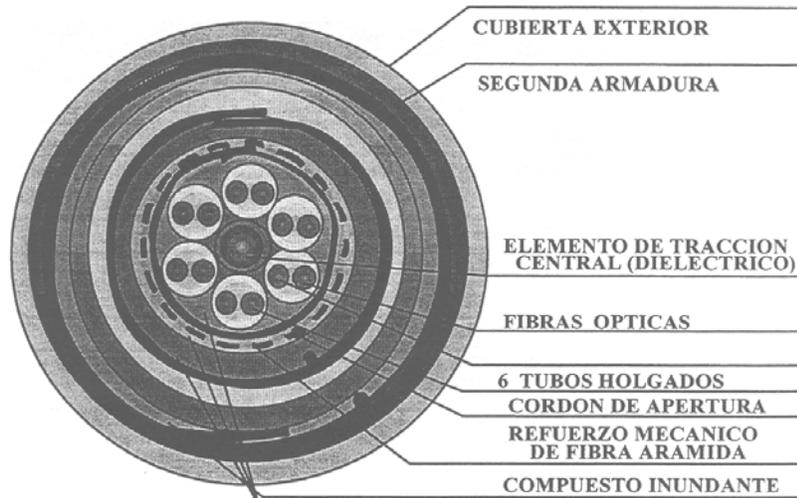


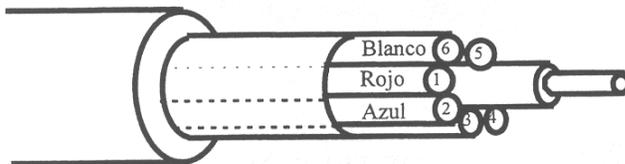
Fig. 2.8

Este tipo de cable es llamado comúnmente, cable de tubo holgado, la capacidad varía de 6 a 72 fibras ópticas. Para evitar confusión en el empalme de cables ópticos, es necesario identificar cada fibra de acuerdo a un código de colores.

El código de colores varía dependiendo del fabricante y de la estructura del cable. A continuación tenemos las tablas con el código de colores, para los cables de tubo holgado.

Cable de tubo holgado

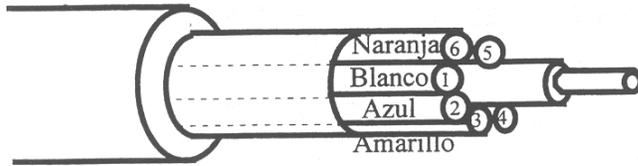
El código de colores en este cable empieza por enumerar los tubos de acuerdo a la siguiente tabla.



Número de tubo	Color
1.	Rojo
2.	Azul
3.	Blanco
4.	Blanco
5.	Blanco
6.	Blanco

Fig. 2.9

A partir del segundo semestre de 1994 el código para los tubos es el siguiente:



Número de tubo	Color
1.	Blanco
2.	Azul
3.	Amarillo
4.	Rojo
5.	Verde
6.	Naranja

Fig. 2.10

Dentro de cada tubo el código de colores para las fibras ópticas no cambia y se muestra a continuación:

Número de fibra	Natural
1.	Natura
2.	Azul
3.	Amarillo
4.	Rojo
5.	Verde
6.	Naranja
7.	Violeta
8.	Café
9.	Gris
10.	Negro
11.	Rosa
12.	Blanco

Cable unitubo

El cable unitubo es de pequeñas dimensiones debido a su estructura. Las principales partes que componen este cable se ven en la siguiente figura.

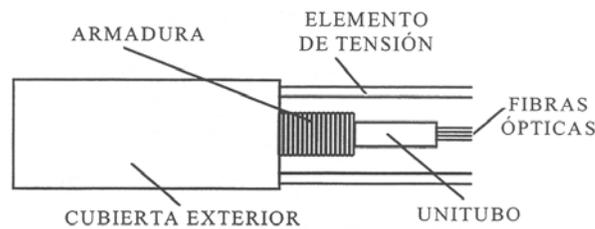


Fig. 2.11

- Contiene dos elementos de tensión laterales, que le dan soporte y resistencia a la tracción longitudinal y transversal.
- Armadura de tipo corrugado, para protección contra roedores.
- La cubierta secundaria consiste de un solo tubo holgado, con diámetro aproximado de 1 cm.
- Como bloqueo contra la humedad se utiliza el de petrolato.

- En el interior de la cubierta secundaria, se encuentran las fibras ópticas con cubierta primaria e inundada con gel de petrolato.

Las fibras ópticas en este tipo de cable se agrupan con cintas identificadores de colores, de acuerdo a la siguiente tabla.

No. de fibra	Lxe. (A.T.&T)	Unitubo Alcatel
1.	Gpo. Azul. Azul	Azul
2.	Naranja	Naranja
3.	Verde	Verde
4.	Café	Café
5.	Gris	Plata o Gris
6.	Blanco	Blanco
7.	Cpo. Naranja. Azul	Azul
8.	Naranja	Naranja
9.	Verde	Verde
10.	Café	Café
11.	Gris	Plata
12.	Blanco	Blanco
13.	Gpo. Verde. Azul	Azul
14.	Naranja	Naranja
15.	Verde	Verde
16.	Café	Café
17.	Gris	Plata
18.	Blanco	Blanco
19.	Gpo. Café. Azul	Azul
20.	Naranja	Naranja
21.	Verde	Verde
22.	Café	Café
23.	Gris	Plata
24.	Blanco	Blanco

Cable óptico submarino

Los cables submarinos tienden a convertirse en el principal medio de telecomunicación del próximo siglo, pues proporcionan mayor seguridad que los satélites y las microondas, son inmunes a la interferencias y operan con mayores capacidades y velocidades de transmisión.

En diciembre de 1994 fue puesto en operación el Sistema Trasatlántico de Cable Submarino de Fibra Óptica Columbus II, por medio del cual Teléfono de México proporciona a los clientes mayor confiabilidad y seguridad en sus comunicaciones de larga distancia internacional, con menores interferencias y mayor calidad, desde hoy hasta el año de 2015.

Este cable submarino es capaz de transmitir señales de voz, datos e imágenes, con una capacidad de 23 mil canales, lo que representa incrementos del 500% en capacidad y velocidad con respecto a los medios disponibles actualmente. Con ello se pueden transmitir simultáneamente hasta 320 mil llamadas telefónicas y opera una velocidad de transmisión de 565 Mb por segundo por cada par de fibra.

Su extensión total es de 12.200 km, con puntos de amarre en Cancún, México, Estados Unidos, España, Portugal e Italia. Tiene una vida útil de 25 años y una confiabilidad de solo cuatro fallas de diseño en dicho lapso.

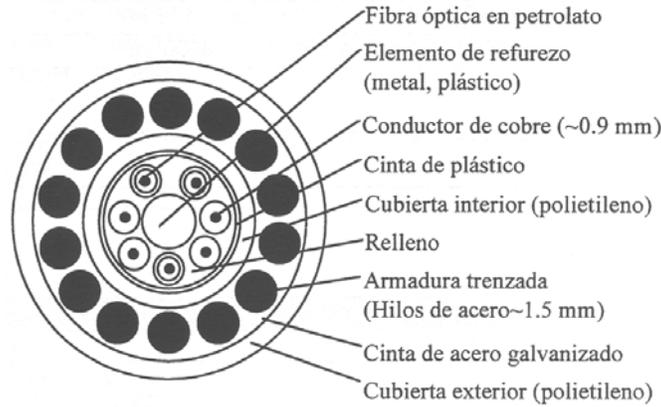
Desde junio de 1995 el 65% de tráfico internacional ente México y Europa que anteriormente se manejaba vía satélite, se transmite a través del nuevo sistema de cable submarino de fibra óptica Columbus II.

El Columbus II representa el más ambicioso proyecto multinacional impulsado por una empresa hispanoamericana para proporcionar servicios de transmisión avanzada y satisfacer las necesidades de comunicación desde ahora y hasta más allá de los albores del próximo siglo.

Estructura de los cables submarinos

Los cables submarinos requieren diseños apropiados a las exigentes condiciones mecánicas a que se ven sometidos. De hecho, la estructura del cable depende de que sea para aguas profundas o para la plataforma continental.

La siguiente figura muestra la estructura de este tipo de cable.



Estructura del cable submarino

Fig. 2.12

Se identifica un núcleo óptico (en este caso: 3 fibras) alrededor de un elemento central de refuerzo, este núcleo va encerrado dentro de un trenzado de hilos de acero y protegido por una cinta plástica y una cubierta de polietileno. Los hilos de acero se cubren con una cinta de acero, encima de la cual se aplica la cubierta exterior de polietileno.

Especificaciones técnicas

La tabla reúne algunas características mecánicas exigibles para estos tipos de cables, distinguiendo entre aguas profundas y plataforma continental.

Parámetro	Cable para aguas profundas	Cable de plataforma continental
Resistencia a la tracción	9-11 TM	≅ 8TM
Elongación máxima	≤ 0.5%	≤ 0.65% -0.5%
Radio de curvatura	≤ 0.75%	≤ 1.25 m
Carga lateral	≥ 15TM/M	≥ 6TM/m
Profundidad máxima	7-8000 m	

2.2 Empalmes

Las uniones de fibras pueden ser fijas o temporales, en las primeras la unión se lleva a cabo por un empalme permanente, y en las segundas se utilizan conectores que pueden ser removibles.

El tipo de unión que se elija dependerá de las necesidades y de la instalación por ejemplo, si se requiere una unión permanente de tramos largos de fibra óptica con muy bajas atenuaciones, se hace un empalme de fusión, por otra parte cuando se necesita reparar rápidamente un corte de fibra, se utilizarán los empalmes mecánicos.

Se habla de empalmes cuando se refiere a una interconexión permanente de fibras ópticas. Cuando se realiza la interconexión entre fibras, los núcleos deben estar alineados entre sí para tener un empalme de bajas pérdidas. El pequeño diámetro de las fibras hace de este factor un elemento crítico.

Tipos de empalmes

Los tipos de empalme de fibras ópticas que se manejan actualmente son:

- Empalmes sobre sustrato ranurado (Mecánico)
- Empalmes de fusión por arco eléctrico.

En la Fig.1 se muestra en forma sencilla los dos tipos de técnica de empalme.

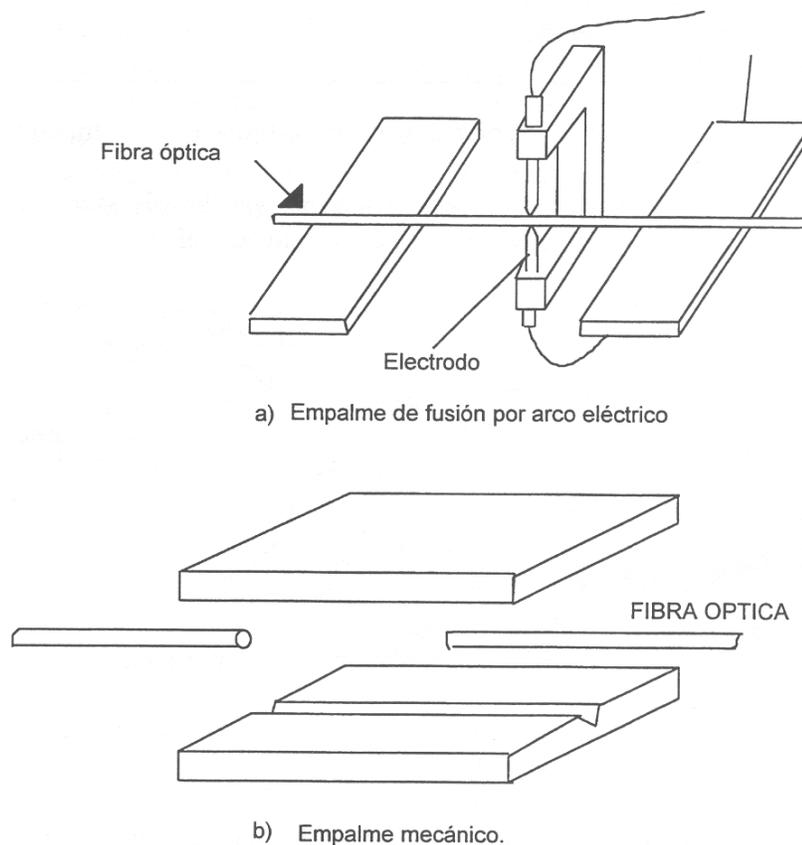


Fig. 2.13 Tipos de empalmes

Empalmes mecánicos.

Cuando se tiene un corte de fibra óptica, y se necesita restablecer inmediatamente el servicio, utilizaremos empalmes mecánicos. Este tipo de empalme no debe ser permanente, debido a las pérdidas que produce.

En enlaces de corta distancia, donde se pueden tolerar pérdidas considerables, se utilizan empalmes mecánicos en los cuales las fibras son unidas a través de diferentes métodos como:

- Varillas (de acero o vidrio)
- Ranura en forma de V.
- Elastomérico.
- Otros métodos.

Métodos de varillas

Este es uno de los primeros métodos utilizados de empalmes mecánicos. Por lo general se utilizan tres, o más varillas (de acero o vidrio), acomodadas según la Fig.2, para que en el orificio central se alinien las fibras a unir.

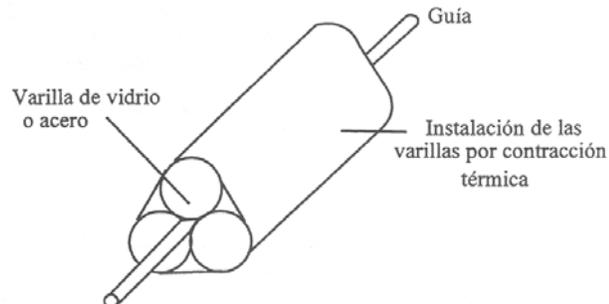


Fig. 2.14 Empalme mecánico por método de varillas.

Se puede agregar una sustancia epóxica para adherir las fibras y además actuar como acoplador óptico.

Las varillas son de un diámetro mucho mayor que el de la fibra y deben tener dimensiones muy precisas con tolerancias menores a $0.04\mu\text{m}$.

Métodos de ranura en V

El método más usado de empalme mecánico es el de ranura en V (V-Groove), en el que las fibras ya cortadas y preparadas se colocan en ambos extremos de una ranura acanalada en forma de V, que alinea las fibras para la unión, y se agrega un adhesivo con un índice de refracción igual al del núcleo de la fibra.

La unión se logra mediante una tapa que sujete las fibras, manteniéndolas en contacto. El material acanalado puede ser silicón, material cerámico, acero o aluminio. Las fibras se unen en la mitad del canal y se ponen en contacto con la ayuda de bloques móviles; supervisando la unión ya sea a simple vista o con una lupa.

Existen distintos tipos de empalmes con el método de ranura en "V", el más sencillo utiliza una tapa plana, como la mostrada en la figura a). También puede utilizarse una tapa con otra ranura en "V" como se ve en la figura b) e inclusive existe un diseño con 3 secciones ranuradas (ver las

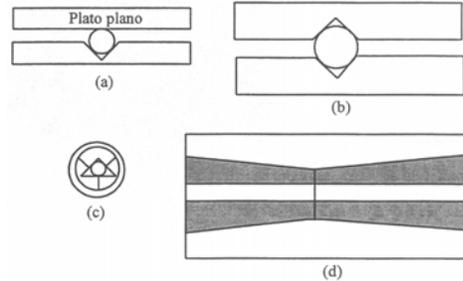


Fig. 2.15 Empalme mecánico por ranura en V

figuras c) y d)), éstas ofrecen una alineación de la fibra en forma más precisa, con la desventaja que requieren de precisión lo cual, eleva el costo.

En este método se tiene la limitación de unir sólo fibras con diámetros de revestimiento iguales con una alta concentricidad. Las ventajas del método son: su facilidad y su rapidez de elaboración.

Método elastomérico

Otro método de empalme es el elastomérico, que consiste en dos tubos de materiales elásticos con un pequeño orificio en el centro y de diámetro ligeramente menor que el del revestimiento de la fibra, con un ensanchamiento en ambos extremos del orificio para facilitar la inserción de la fibra. Cuando se efectúa la inserción, el diámetro del orificio se expande de tal forma, que el material elástico ejerce una fuerza simétrica sobre la fibra. Esta pureza hace que los ejes de las fibras a unir, queden automáticamente alineadas sin importar si son de diferente diámetro.

Además, con ello se eliminan las fallas angulares y radiales reduciendo las pérdidas en el empalme. Ver la Fig.4.

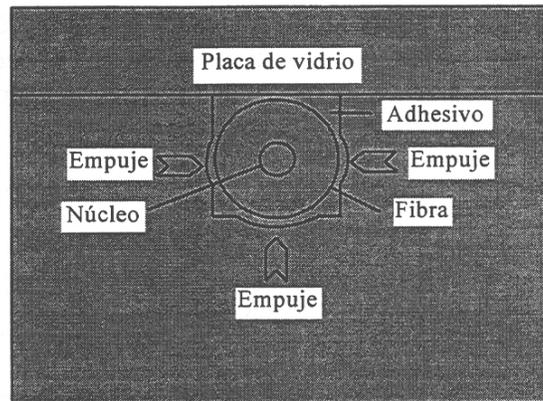


Fig.2.16 Placa de vidrio

Empalmes de fusión

El empalme por fusión es el método más utilizado y consiste en aplicar calor en una zona específica entre las fibras a unir, suavizándolas y fusionándolas. Las fibras deben prepararse precisamente en sus extremos quitándoles las cubiertas secundaria y primaria, cortando las caras de los extremos para que estén planas y perpendiculares al eje limpiando la fibra de grasa y polvo.

Para aplicar calor a la unión, se utiliza principalmente un arco eléctrico aunque también se tiene fusión por gas o por láser. Para evitar movimientos indeseables de la fibra, ésta es sujeta por un sistema de bloques móviles o por sujetadores mecánicos.

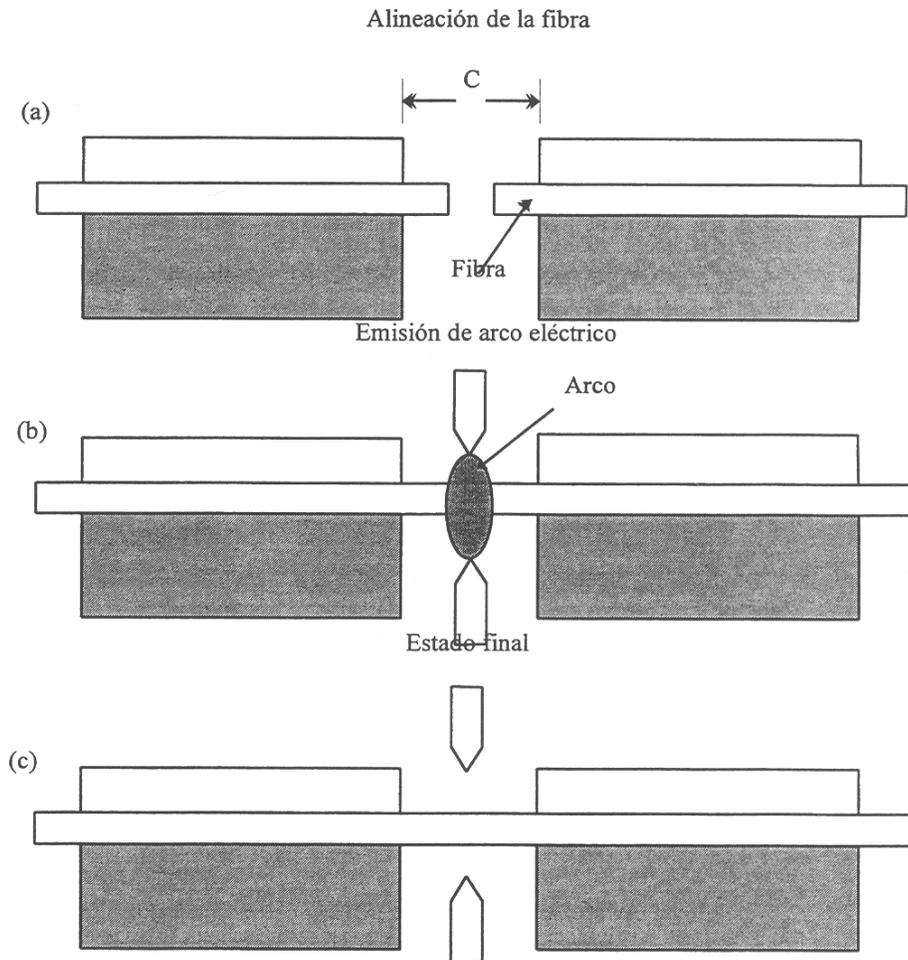


Fig. 2.17 Proceso de empalme

Cuando los extremos de las fibras presentan imperfecciones pueden generarse burbujas de aire y deformaciones del núcleo durante la elaboración del empalme. Para evitarlo, se hace un prefusión, la cual consiste en aplicar calor durante un lapso muy pequeño, mucho menor que la fusión, con la que se redondean los extremos suavizando su superficie, evitando con esto las imperfecciones mostradas en las figuras.

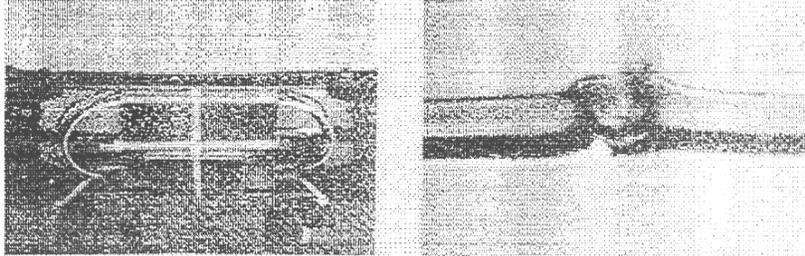
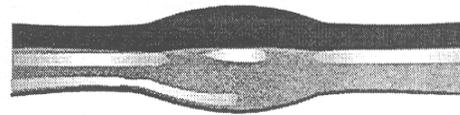


Fig. 2.18 Imperfecciones en un empalme

El tiempo de fusión y el calor aplicado deben estar cuidadosamente controlados para obtener un empalme eficiente. Para la optimización de este método, se alimenta luz en un extremo de una de las fibras a empalmar y en la otra fibra se recoge la luz de la misma forma. Midiéndola y observándose que la potencia óptica recibida sea mayor, se tendrá la alineación óptica de la fibra.



Empalme angosto por exceso de distancia entre los extremos



Empalme redondo por exceso de arco y/o alimentación de fibra

Fig.2.19 Fallas intrínsecas

Mediante métodos de fusión se logran atenuaciones por empalme entre 0.2 y 0.1 dB llegando a tener inclusive menos de 0.01 dB para fibras idénticas.

Una vez hecho el empalme por fusión este se debe proteger con una manguita termocontráctil que sustituya las cubiertas primaria y secundaria de la fibra y además almacenarse de tal forma que no reciba esfuerzos de tensión.

Empalmadora de fusión

A partir de finales de los 70's, se comenzaron a desarrollar las primeras máquinas para empalmar fibras ópticas por fusión. El principio básico con el cual son diseñadas, es la aplicación de calor en el punto de unión de las fibras, para la fusión de éstas.

La siguiente figura muestra el mecanismo de alineamiento de la fibra óptica en la empalmadora de fusión.

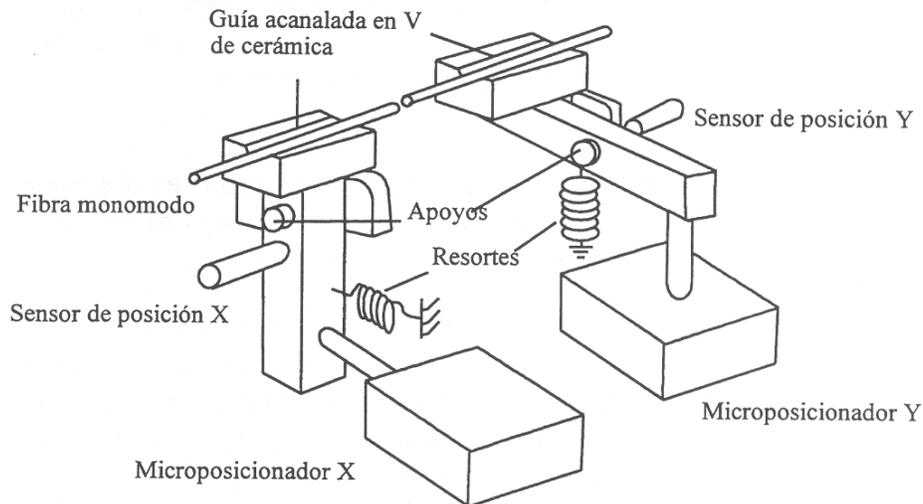


Fig. 2.20

Con ello se tiene una unión permanente y no requiere materiales adicionales como pegamentos.

Parámetros

Para poder lograr una unión con pérdidas aceptables, la máquina para empalmar debe manejar y monitorear varios parámetros, como son:

Posición Con el objeto de alinear las fibras para tener un buen empalme, se utilizan posicionadores de presión en las tres dimensiones, como se observa en la figura anterior.

Calor Para regular la cantidad de calor aplicado al punto de unión de las fibras, se manejan 2 parámetros, el tiempo de aplicación de la fuente de calor y la intensidad de fuente de calor.

Las fuentes de calor han variado conforme se han desarrollado las máquinas para empalmar, comenzando primero con fusión por gas, después por arco eléctrico formado por dos electrodos y finalmente se ha desarrollado la aplicación del láser para la fusión.

El primer método, resultó con grandes pérdidas ya que el mismo quemador de gas generaba impurezas en la unión de las fibras. El último método es aún muy costoso aunque sigue en desarrollo. Por lo que el método de fusión por arco eléctrico es el comúnmente utilizado, en él se controla la corriente aplicada a los electrodos.

Alineamiento Para poder alinear la fibra se debe utilizar un sistema de monitoreo, el cual por lo general está construido por un juego de espejos y lentes amplificadas por un microscopio o una pequeña cámara de video.

Estimación de pérdidas Con el desarrollo de estos equipos, se han facilitado los procesos para elaborar el empalme, automatizándose cada vez más el funcionamiento, poder estimar las pérdidas en el empalme, tener un equipo ligero, manejable y compartido con toda clase de fibras, sobre todo con pérdidas cada vez menores.

Evolución de los empalmes

En la evolución de los empalmes por fusión, se han establecido “generaciones de empalmadoras”

Primera generación

Así, la primera generación la constituye el sistema totalmente manual en donde el operador alinea las fibras observando éstas a través de un microscopio. Para la medición de las pérdidas en el empalme se tiene el equipo de medición de enlace, el cual puede estar a varios kilómetros de distancia.

Segunda generación

La segunda generación, agrega un sistema de inyección de detección de luz (LID). Este se basa en el comportamiento óptico de la fibra al curvarse.

En la fibra, al sufrir un doblez, varía el ángulo de incidencia de la luz sobre el revestimiento, dando como resultado que parte de la luz pueda entrar o salir al exterior de la fibra. Para inyectar la luz se dobla la fibra en un diámetro de al menos 8 mm, pero no menor de 6 mm, para que la fibra no sufra una tensión excesiva.

Con este sistema se pueden alinear incluso las fibras con núcleos excéntricos, ya que lo que se compara es la cantidad de luz que se transmite de un núcleo a otro. El equipo utilizado comúnmente tiene un sistema con el cual se puede tener una evaluación de las pérdidas obtenidas en el empalme, en base a comparar referencias de campo y así saber si un empalme es bueno o no.

Tercera generación

Una tercera generación surgió con el sistema de alineamiento de perfiles de índice de refracción (PAS-Profile Alignment System) El sistema reemplaza el microscopio por una cámara de video donde se obtiene una señal de posición de los núcleos de las fibras a unir.

Esta señal se utiliza para alinear automáticamente las fibras. De esta forma, la alineación puede efectuarse a diferencia de la generación anterior, sin doblar ni comprimir la fibra.

El sistema también hace estimaciones de las pérdidas en el empalme. Sin embargo, estas estimaciones no siempre corresponden a las pérdidas reales, leídas por un OTDR, ya que solamente consideran dos parámetros para la estimación, de las diferencias de nivel y las compensaciones del núcleo y del revestimiento.

Además de que la estimación se efectúa fuera del área crítica donde se efectúa el empalme. Por ello, es conveniente utilizar un equipo de medición para determinar las pérdidas reales.

Cuarta generación

Existe ya un equipo de empalme por fusión desarrollado por ERICSSON, el cual se considera de cuarta generación. Es este equipo, la estimación se hace en la zona crítica del empalme y además toma 7 parámetros para elaborar la estimación a saber:

Tipo de deformación en el núcleo, amplitud de la deformación y su longitud, la diferencia de nivel del núcleo y el revestimiento y variación de diámetro exterior y de la línea vertical blanca que aparece en la zona de empalme.

Como la estimación se efectúa precisamente en el momento de la fusión, el sistema se denomina procesamiento de imagen del empalme caliente. (WSIP- Warm Splice Image Processing) La imagen también procede de una cámara de video, la cual alimenta a un microprocesador, para que efectúe la alineación automática mediante servomotores de precisión y haga la estimación de las pérdidas en la unión.

La empalmadora de fusión FSU-900 se considera de cuarta generación, tiene un 5% de error con respecto a la medición hecha en un OTDR.

El tiempo que toma el equipo para elaborar el empalme y estimarlo es de alrededor de 1 minuto. No requiere de personal especializado y tiene capacidad de cambiar todos los parámetros para elaborar el empalme como son tiempos y corrientes de fusión. Estos cambios se puede hacer, vía teclado, incorporado a la máquina.

Otra ventaja a la que también se ha llegado con este equipo es su poco peso (alrededor de 7 kilos), su durabilidad, posibilidad de observar el empalme en un monitor, posibilidades de empalmar distintos tipos de fibras o fibras de perfil de índice de refracción llamado hundido.

Perdidas en empalmes de fibra óptica.

Clasificación

Por las causas que las provocan, las pérdidas pueden dividirse en: extrínsecas e intrínsecas.

Pérdidas extrínsecas

Las pérdidas extrínsecas a la fibra son causadas por desalineamiento mecánico de la unión de las fibras. Este desalineamiento causa pérdidas de radiación ya que el cono de radiación de la fibra emisora no compagina con el cono de aceptación de la fibra receptora.

Existen tres tipos principales de desalineamiento:

1. **Separación longitudinal**, la cual ocurre cuando las fibras a unirse están sobre un mismo eje, pero tienen un espacio entre las caras de sus extremos.

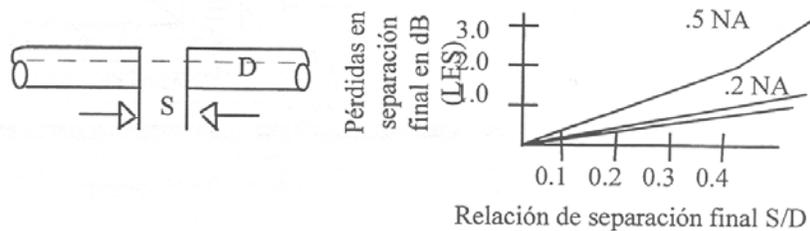


Fig. 2.21 Falla longitudinal

2. **Desalineamiento o falla angular**, la cual sucede cuando los ejes de las fibras forman un ángulo y las caras de los extremos de las fibras dejan de estar paralelas. Ver Fig. 14

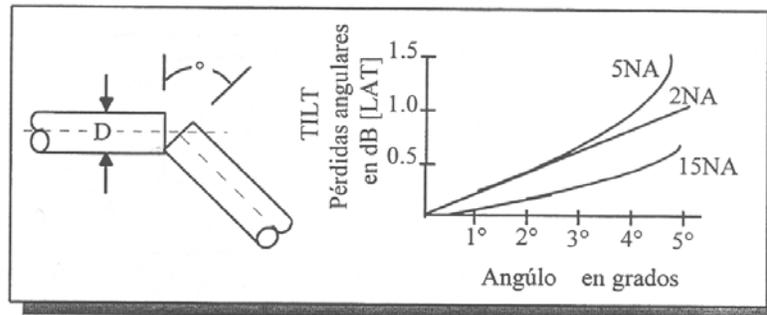


Fig. 2.22 Falla angular

3. **Desplazamiento o falla axial**, en donde los ejes de las fibras no están colineales sino que está separadas paralelamente por una distancia determinada ver Fig. 15

Esta última falla es la más usual y a su vez, la que genera más pérdidas, ya que al reducir el área del traslape entre los núcleos de las fibras, se disminuye la potencia óptica que pasa de la fibra transmisora a la receptora.

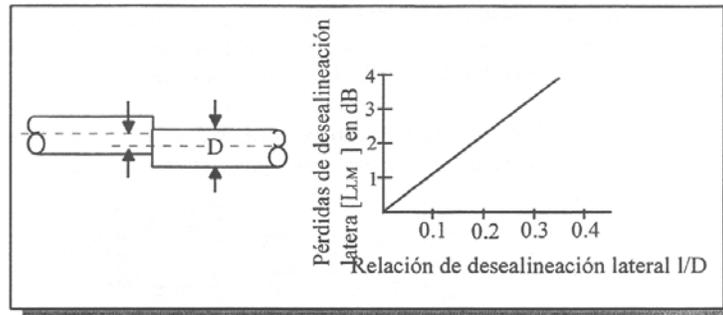


Fig. 2.23 Falla axial

Las pérdidas que se generan por desalineamiento mecánico en la unión de fibras, están en función del método o los instrumentos utilizados para unir las fibras. También deben considerarse como causa de pérdidas, las imperfecciones superficiales en las caras de los extremos de las fibras a unir, ya sea en empalmes o conectores. Por ello es importante preparar adecuadamente estas caras para evitar deflexiones o reflexiones en la unión de las fibras.

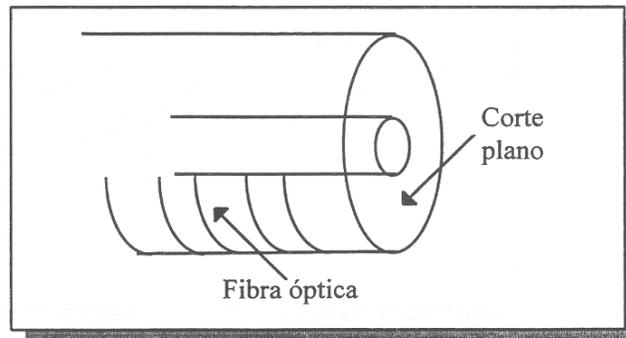


Fig. 2.24 Corte plano

Pérdidas intrínsecas

Por otra parte, las pérdidas intrínsecas son ocasionadas por variaciones en la geometría de la fibra y sus características de diseño, estas pérdidas también tienen un efecto importante en las pérdidas totales del sistema.

Los parámetros de variación en la geometría son:

1. Deformaciones del núcleo.
2. Elipticidad del núcleo.
3. Apertura numérica.
4. Perfil del índice de refracción.
5. Concentricidad del núcleo y el revestimiento, como se muestra en la Fig. 17

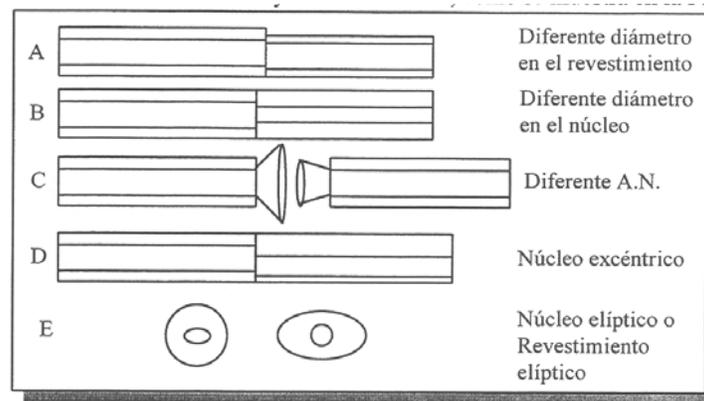


Fig. 2.25 Diagrama mostrando las posibles pérdidas causadas por propiedades intrínsecas de las fibras.

De estos parámetros, los que generan mayores pérdidas son las variaciones del diámetro del núcleo, sobre todo cuando la fibra transmisora tiene un núcleo de mayor tamaño que la fibra receptora, y la variación de apertura numérica, ya que si la fibra transmisora tiene una apertura numérica mayor que la fibra receptora, toda la potencia óptica que se salga del cono de aceptación de la fibra receptora estará pérdida.

Este tipo de pérdidas son causadas por la fibra durante su proceso de fabricación, y la forma de disminuirlas es mediante la utilización de fibras ópticas de alta calidad, que cumplan con rigurosas especificaciones y aseguren pérdidas intrínsecas despreciables al unirlos entre sí.

2.3 Conectores y distribuidor de fibras ópticas

Los conectores son principalmente usados para conectar una fibra a un transmisor o un receptor. La preparación de un conector óptico (por ejemplo, la instalación de la fibra, el pulido, etc.) requieren cierta práctica.

La mayoría de los conectores existentes se basan en la técnica de acoplamiento, su principal ventaja radica en que no se degradan.

Además, no son tan sensibles a la presencia de polvo como los conectores a tope.

Tipos de Conectores.

Cuando se requiere unir dos fibras ópticas en forma rápida y temporal, se utilizan los conectores. Estos, en base a sus principios de diseño, se pueden dividir en dos tipos de conectores:

- De acercamiento mecánico de precisión de los extremos de la fibra.
- De acercamiento óptico de los frentes de onda de las fibras a unir.

En el primer caso, se utilizan estructuras que requieren de precisión lateral, azimutal y longitudinal para lograr el alineamiento requerido de la fibra. En el segundo caso, se utilizan lentes para ayudar en el alineamiento de las dos fibras a unir, logrando mejores tolerancias angulares.

Los conectores más utilizados son los de primer tipo, y en él se encuentran muchas variedades que combinan costos, pérdidas ópticas, durabilidad, etc. Las variedades más comunes según la estructura del conector son:

- Conector de Férula o Casquillo.
- Conectores Bicónicos.
- Conectores D4.
- Conectores de Excentricidad Ajustable.

Conectores de férula o casquillo

En estos conectores, la fibra óptica se coloca dentro de una casquilla protectora de precisión. En la unión se deben alinear los casquillos y cuidar que los extremos del conector estén pulidos.

Se debe mantener la concentricidad entre la fibra y el casquillo, ya que de ello dependen las pérdidas en el conector. El conector FC (férula o casquillo), en donde la fibra es descansada en un casquillo que contiene en su interior una capilaridad concéntrica encargada del centrado y fijación de la fibra.

Al montar la fibra al conector, la fibra es preparada con resina epóxica en la cavidad del casquillo para lograr la fijación adecuada de la fibra. El casquillo es de cerámica por lo general cubierta de acero.

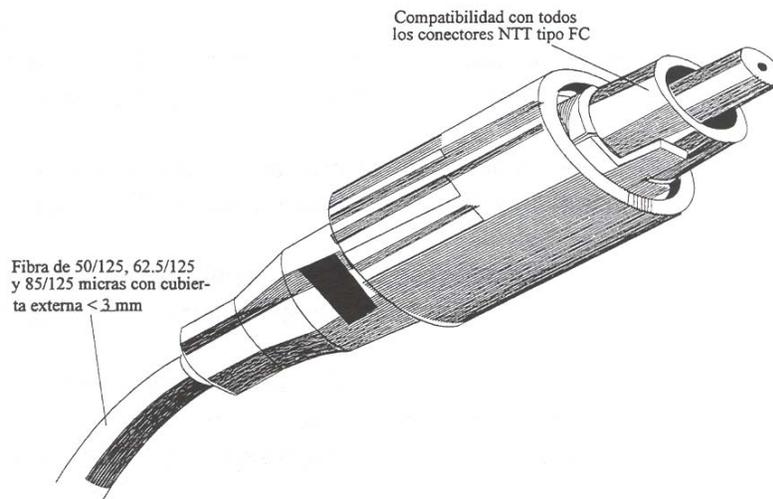


Fig.2.26 Conector F.C

Requiere de un pulido en equipo automatizado. Tiene pérdidas entre 1 y 0.6 dB para fibras monomodo. Se pueden lograr menores pérdidas mejorando la técnica de pulido presentando una superficie más plana. Es altamente durable (1000 inserciones)

El diseño FC-PC (Physical Contact), presenta en la punta del casquillo, en lugar de una superficie plana, una superficie esférica de un radio aproximado de 60 μm , para que las fibras estén en un real contacto físico en la unión. Este factor reduce las reflexiones y las pérdidas llegando a tener menos de 0.5 dB por conector. Se utiliza en transmisión de voz y datos en alta velocidad, (tiene alta durabilidad)

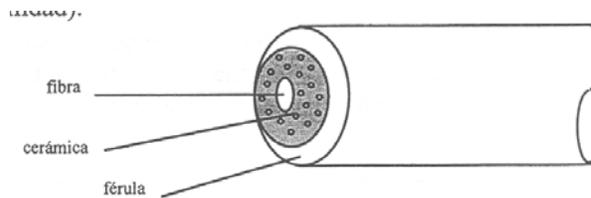


Fig.2.27 Férula PC

Conector SMA

El tipo SMA (Subminiatura-A) es un conector muy utilizado en equipo de transmisión de datos. Como su nombre lo indica, tiene un tamaño muy pequeño, además de buena durabilidad y amplia disponibilidad en el mercado.

Es uno de los conectores más fáciles de ensamblar, ya que requiere de un mínimo de herramientas y de habilidad. Sus pérdidas no son tan bajas como FC-PC y se encuentran entre 0.7 y 2 dB.

Además, se puede tener la cubierta externa del conector en distintos materiales dependiendo de la aplicación, pudiendo ser de acero, bronce niquelado o plástico.

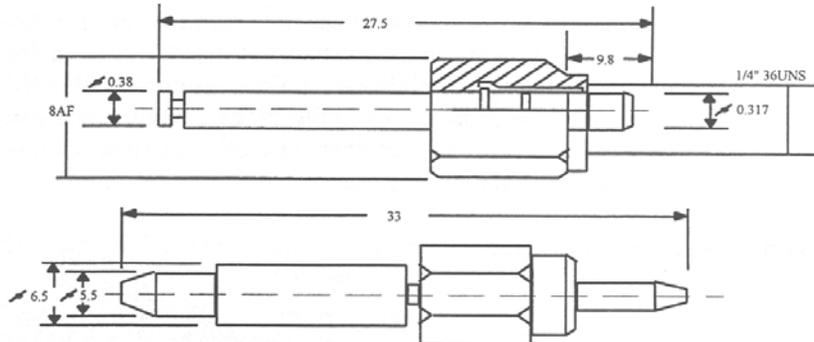


Fig.2.28 Estructura de un conector SMA

Conector D4

El conector D4 es similar al FC e inclusive tiene la versión D4-PC. Tiene pérdidas aproximadas de 0.7 dB y una durabilidad de 1000 inserciones. Se utiliza en equipo de telecomunicaciones.

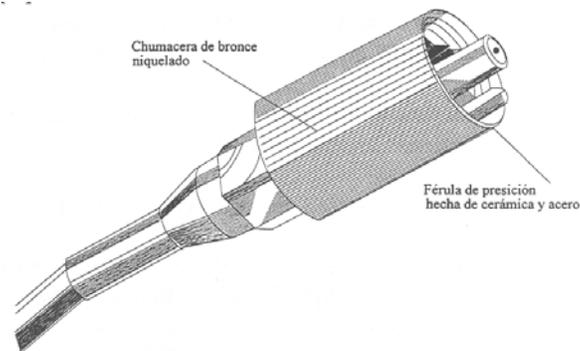


Fig. 2.29 D4-PC

Conector bicónico

Esta tecnología es ampliamente utilizada en la fibra multimodo para telecomunicación en transmisión de datos. Consiste en dos conos concéntricos que se encargan de alinear la fibra en el casquillo. Se obtienen pérdidas menores a 1 dB. El casquillo es de cerámica encapsulado en metal y la cubierta es de cuarzo combinado con metal epóxico. Incluye un resorte para ajustar el punto de contacto.

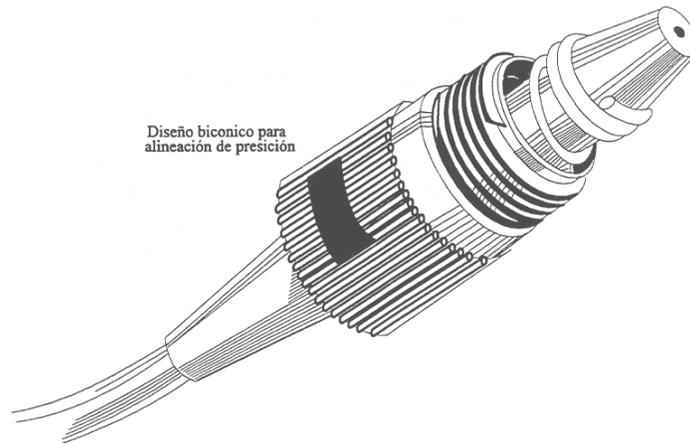


Fig. 2.30 Bicónico

Conectores de excentricidad ajustable

En estos conectores se logra un alineamiento transversal preciso al rotar una fibra con respecto a la otra, estando ambas fibras excéntricamente montadas.

El alineamiento óptico se logra cuando la señal monitoreada a través del conector es máxima. En estos casos se tienen pérdidas menores de 0.5 dB en fibras monomodo.

Una vez hecho el ajuste del conector para la fibra montada, se fija para que no sea alterada, aunque haya la necesidad de hacer nuevamente un ajuste, la mayor complejidad del conector y su mayor costo son desventajas, la precisión lograda mediante este método es única.

Como ejemplo de este tipo de conector es el fabricado por DIAMOND, el cual debe ajustarse el centrado de la fibra con un microscopio. Además contiene un casquillo que puede rotar 30° con respecto a todo el conector.

Otra variedad son los conectores RADIAL con tecnología OPTABALL, consiste en dos alineamientos, uno el de la fibra en el casquillo, donde se ajusta radialmente la fibra auxiliándose en el patrón de luz emitida por el conector al ser alimentado por una potente luz blanca.

El ajuste se hace mediante cuatro tornillos radiales diferenciales con auxilio de una herramienta especializada.

El segundo alineamiento se lleva a cabo entre los casquillos a unir, estos son insertados en una esfera con un orificio, asegurando así que los ejes axiales de ambos casquillos y ambas fibras coinciden.

A continuación se muestra la estructura de los conectores:

- Conector de excentricidad ajustable.
- Conector radial.

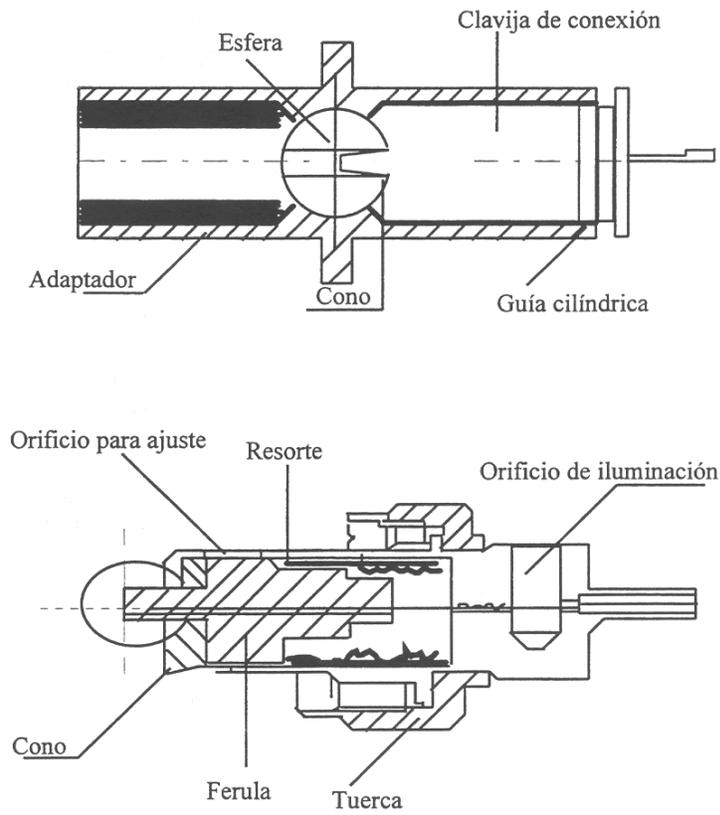


Fig. 2.31 Excentricidad Ajustable

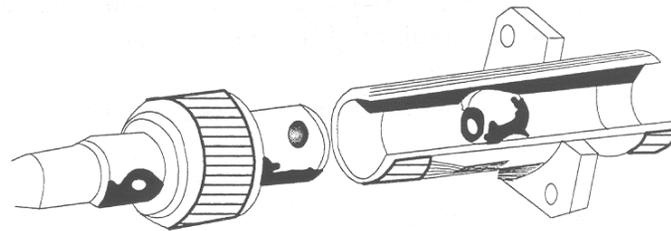


Fig. 2.32 Conector radial

Atenuador óptico.

En sistemas con trayectos de transmisión cortos la potencia óptica en las unidades de recepción es demasiado alta.

A fin de reducir esta potencia, se utiliza un atenuador óptico, que se coloca entre el cable (panel interfaz óptico) y la entrada del receptor.

Un atenuador óptico es un dispositivo que hace pasar por un filtro la luz transmitida de una fibra a otra, reduciendo así la potencia óptica.

Los filtros tienen valores de atenuación fijos: 6dB, 12 dB, 18 dB o 24 dB.

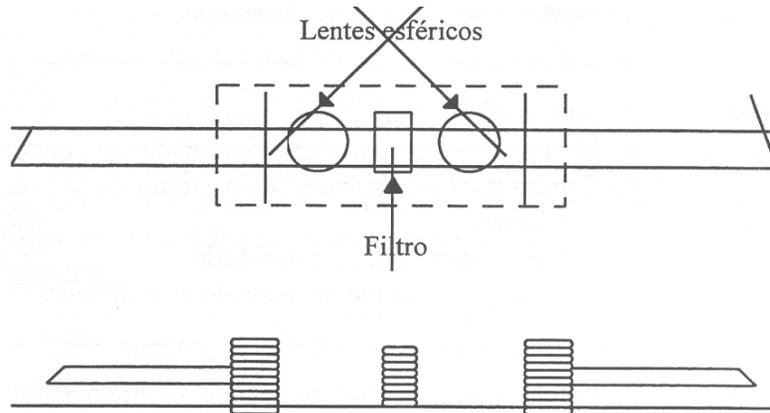


Fig. 2.33 atenuador óptico (LBO)

Existe otro atenuador que utiliza la separación o acercamiento de las fibras por ejemplo, el atenuador tipo "barrilito" Ericsson.

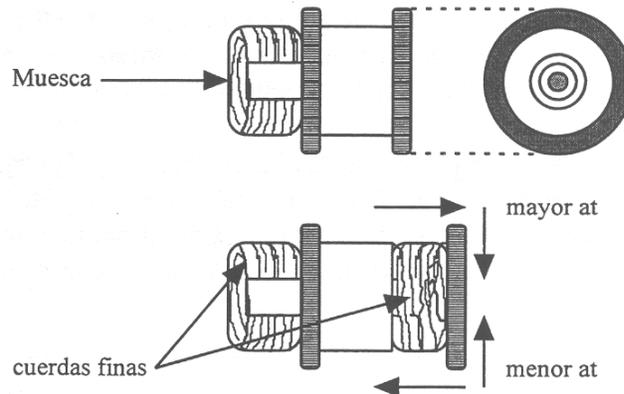


Fig. 2.34

Limpeza de los acopladores y conectores ópticos

- 📖 Antes de realizar cualquier inspección de un conector óptico, es esencial que se desconecte la fuente óptica. Esto se confirmara utilizando un medidor de potencia óptica para asegura que no exista potencia óptica en el conector antes de utilizar un microscopio.
- 👉 Todos los conectores ópticos se deben tratar con el máximo cuidado y mantenerse las más altas normas de limpieza, ya que de otra forma su funcionamiento se verá afectado seriamente. En caso de que un conector de la fibra, se desconecte, los extremos libres se DEBEN proteger con las capuchas cubre polvo, de inmediato.

Materiales

Son necesarios los siguientes materiales:

- a) Microscopio con adaptador apropiado para conector de fibra.
- b) Tejidos para lentes antiestáticos, libres e pelusa.
- c) Cotonetes.
- d) Solventes par limpieza aprobado.
- e) Removedor de polvo en aerosol (antiestático)

Inspección

Inspeccione el conector utilizando el microscopio. Existen dos problemas principales en cuanto a la basura en el conector óptico, el polvo y la grasa a los que se adhiere el polvo. El polvo aparece a manera de “manchas”, “escamas” o aún fibras (de telas o de cabello) La grasa aparece como “manchas” o “burbujas” y comúnmente se produce por huellas digitales.

Siempre que sea posible, deberá ser inspeccionado tanto la parte lateral como el borde de los casquillos con el fin de detectar ralladuras o raspaduras serias (visibles a simple vista). Después de esto, el casquillo deberá ser inspeccionado empleando un microscopio.

Se debe prestar particular atención al área central de la fibra. Generalmente, si el final de la fibra está lisa y libre de rajaduras, el casquillo estará en buen estado. Son permisibles ligeras picaduras en el revestimiento metálico, pero ninguna rajadura obvia o daño que se extienda al área central o núcleo.

Siempre habrá ciertas marcas de rayas en los conectores o en el cable de la fibra, sin embargo, las marcas de rayas que obviamente sean profundas, son usualmente evidencia de daño producido por cuerpos ajenos.

Si estas marcas son pronunciadas o se extienden de o hacia la fibra, entonces se debe retirar dicho conector y volver a terminar el cable.

Limpieza

Conector óptico

Paso	Acción
1.	Limpia el polvo utilizando el removedor de polvo en aerosol.
2.	Inspecciona nuevamente. En caso de que haya evidencia de polvo persistente vuelve a limpiar con un paño seco.
3.	Limpia el polvo.
4.	Inspecciona nuevamente. En caso de que exista grasa o suciedad persistente (marcas de dedos, etc.) aplica una pequeña cantidad de solvente del dispensador en un tejido y limpia el conector con el tejido.
5.	Quita todo el polvo utilizando el removedor de polvo en aerosol.
6.	Reinspecciona y repite el procedimiento de limpieza, en caso de ser necesario.

Acoplador óptico

Paso	Acción
1.	Inspecciona y, en caso de ser necesario, procede de (1) a (6) de la tabla anterior.
2.	Limpia todo el polvo utilizando el removedor para polvo en aerosol.
3.	Vuelve a inspeccionar. En caso de que exista suciedad o grasa persistente, primero retira los sellos (en caso de estar adaptados) utilizando un palillo de madera. Aplica parte de solvente en la punta de un cotonete y limpia la basura.
4.	Limpia todo el polvo seco.
5.	Vuelve a reinspeccionar y repite el procedimiento de limpieza, en caso necesario.

Distribuidor de Fibras Ópticas (D.F.O.)

El D.F.O. tiene como objetivo la interconexión de la Red con el Terminal Óptico. Esta interconexión es efectuada por medio de empalmes de fusión. El D.F.O. Fundamentalmente lo constituye el BASTIDOR y las cajas de DISTRIBUCIÓN.

En las cajas de distribución se alojan los empalmes de fusión (Interconexión Red-Terminal Óptico)

En los D.F.O. se conectan los equipos de medición (OTDR y/o medidor de potencia óptica) con ayuda de un JUMPER óptico con conectores tipo FC.

Las conexiones de los cables ópticos, en D.F.O. se harán de arriba hacia abajo por un lado el cable y por otro el pig tail óptico.

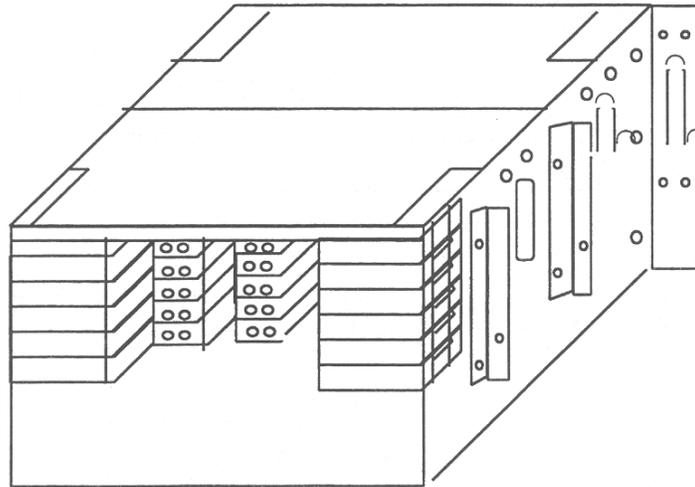


Fig. 2.35 Distribuidor de fibras ópticas.

Diagramas

Tipo de Instalación

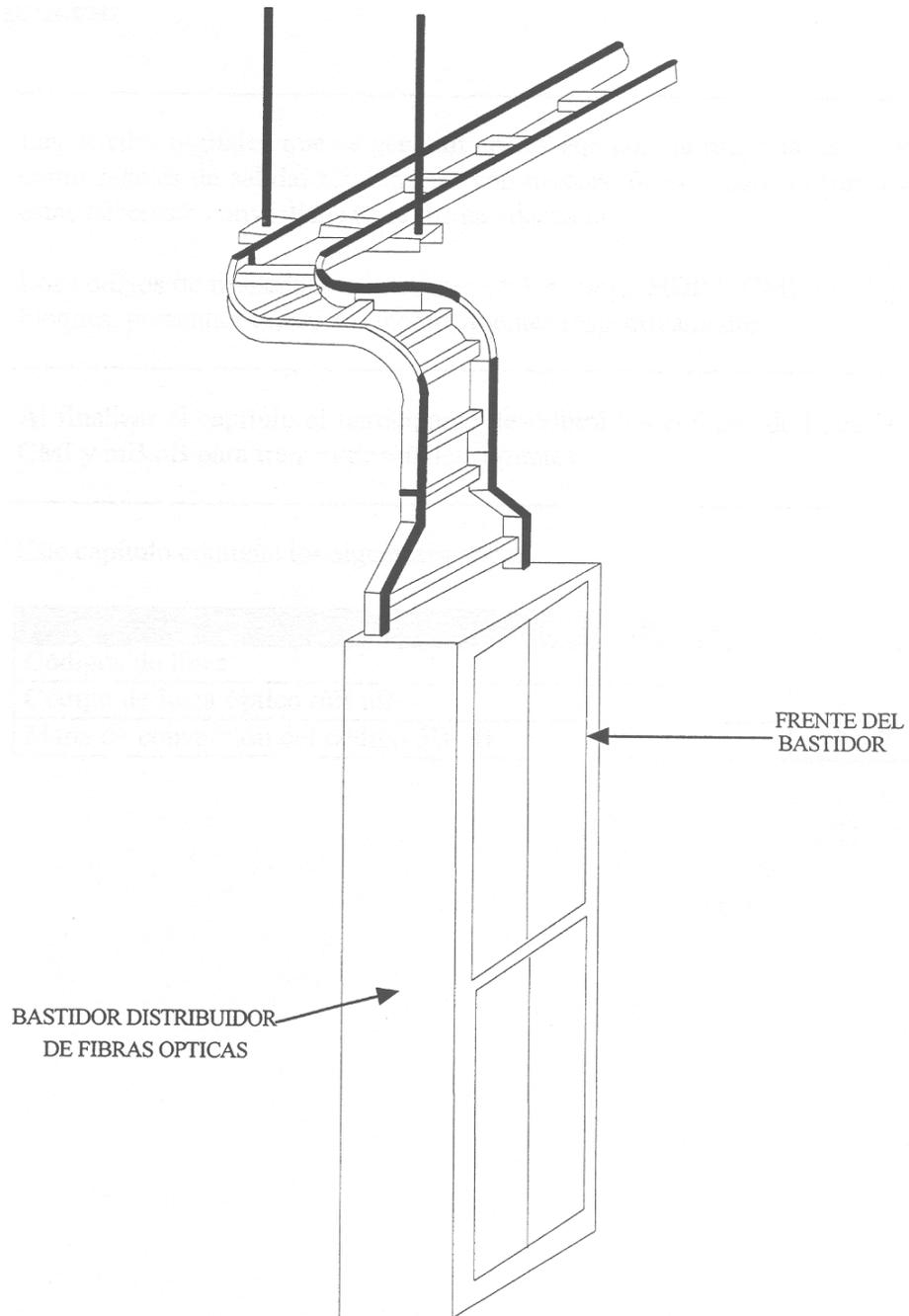


Fig. 2.36 Bastidor distribuidor de fibra óptica.

CAPITULO 3 EDS y Seguridad

OBJETIVO

Al termino del capitulo el lector será capaz de describir las características de la ESD, uso del láser y componentes de la fibra, así como de aplicar correctamente el procedimiento para la limpieza de fibras ópticas.

Será capaz de comprender los:

- Dispositivos ESD
- Componentes de la fibra óptica
- Principios de seguridad con láser

Aplicará correctamente el uso de:

- Materiales de limpieza de fibra óptica

3.1. DISPOSITIVOS ESD

PREVIENIENDO ESD

Esta capitulo ésta diseñada para revisar los procedimientos de seguridad a seguir cuando se haga uso de un distribuidor de fibra optica o cualquiera de sus componentes.

La mayoría de las personas no conoce los daños que puede ocasionar la ESD en el equipo, si se comprende como se genera la carga estática, como se descarga y siendo conscientes del daño potencial que se puede causar en los equipos, ayudaremos a prevenir cualquier daño por ésta causa.

Previendo ESD

- Las personas son las mayores causas de daños estáticos:
 - La tecnología actual es mas susceptible a ESD
 - La mayoría de las personas no conoce los daños que puede ocasionar la ESD en el equipo
- Comprendiendo como se genera la carga estática, como se descarga y siendo conscientes del daño potencial que se puede causar en los equipos, ayudaremos a prevenir cualquier daño por ésta causa



¿QUE ES ESD?

La electricidad estática da lugar al conjunto de fenómenos asociados con la aparición de una carga eléctrica en la superficie de un cuerpo aislante o en cuerpo conductor aislado. Es un fenómeno que muchas personas habrán experimentado alguna vez en forma de descarga al acercarse a tocar un elemento conductor como la manilla o el pomo metálico de una puerta después de haber andado sobre un suelo aislante. Es fuente de molestias y en determinadas situaciones puede ocasionar accidentes graves Para generar electricidad estática es suficiente el contacto o fricción y la separación entre dos materiales generalmente diferentes y no necesariamente aislantes, siendo uno de ellos mal conductor de la electricidad. Esta primera

forma de generación de electricidad estática es la más corriente y ocurre en multitud de ocasiones.

**Descarga Electroestática
Electrostatic Discharge (ESD)**

- ¿Qué es ESD?

Triboelectric Charge

← Material Separation →

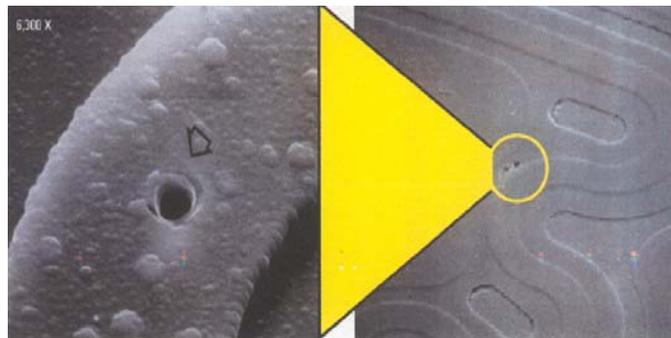
Material "A"
-2
+3
Net = +1

Material "B"
-4
+3
Net = -1

Electrones en curso de desprendimiento Electrones atraídos anteriormente

Proceso de desprendimiento de los electrones a consecuencia del rozamiento o frotamiento de cualquier raspador o trapo pasado en la superficie de un material, independientemente de su estructura molecular.

¿Por qué debemos preocuparnos?



La electricidad estática tiene el suficiente potencial para dañar los circuitos electrónicos

Tipos de daños ESD

El daño electroestático en dispositivos electrónicos puede ocurrir en cualquier punto del proceso desde la manufactura hasta la puesta en servicio. Los daños son resultado del manejo de los dispositivos sin control ESD o por un mal uso de los métodos y dispositivos de protección contra ESD.

Las categorías de los daños varían, podemos clasificar las fallas en dos tipos:

- Fallas Catastróficas
- Fallas Latentes

TIPOS DE DAÑOS ESD

- **Fallas catastróficas:** Cuando el dispositivo electrónico es expuesto a un evento ESD, es posible que ya no funcione más. El evento ESD pudo haber causado la fundición de metal, daños en empalmes, o fallas debidas a oxidación. Los circuitos en el dispositivo son permanentemente dañados ocasionando la falla total del mismo. Este tipo de fallas normalmente pueden detectarse cuando el dispositivo es probado antes de embarcarlo. Si el evento de ESD ocurre después de ésta prueba, entonces el daño será detectado hasta que el dispositivo falle en operación.

- **Falla Latente:** Por el contrario, un defecto latente, es más difícil de identificar. Algunas veces se ve como "solo una falla". El dispositivo que es expuesto aun evento de ESD puede degradarse parcialmente, pero continuar realizando sus funciones. Sin embargo, la vida operativa del dispositivo puede reducirse dramáticamente. Un producto o sistema después de que experimente una falla latente puede sufrir fallas prematuras después de su puesta servicio. Este tipo de fallas normalmente son más costosas de reparar.

Es relativamente fácil con el equipo adecuado confirmar si un dispositivo ha experimentado una falla catastrófica. Una prueba de desempeño básica justificara la falla del dispositivo. Sin embargo, los daños latentes son extremadamente difíciles de probar o detectar utilizando la tecnología actual, especialmente después de que el producto ha sido ensamblado como un producto terminado.

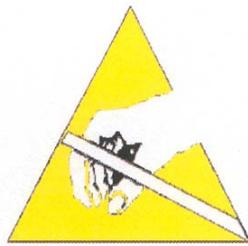
PROTECCION ESD

Todos los dispositivos sensibles a ESD necesitan ser protegidos. Se consideran "protegidos" únicamente cuando están dentro de un sobre o caja "Faraday Cage" identificadas con la imagen correcta.

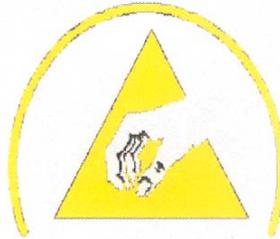
Protección ESD

Se consideran "protegidos" cuando están dentro de un sobre o caja "Faraday Cage"

Se consideran "protegidos" cuando están dentro de un sobre o caja "Faraday Cage"



Sensible a ESD



Todos los dispositivos sensibles a ESD deben ser protegidos, y se identifican así.

BOLSAS PROTECTORAS ESD

Una bolsa ESD es un tipo de "Faraday Cage". Debe estar marcada con el símbolo "ESD Safe". Para que el dispositivo esté seguro, la bolsa debe estar completamente cerrada y sellada. Izquierda: safe Derecha: unsafe **NO GUIARNOS POR EL COLOR DE LA BOLSA**

Las bolsas no deben engraparse o sellarse utilizando cinta que no sea ESD y que pueda generar cargas estáticas (No usar tela o cinta adhesiva diurex)

ESTAS BOLSAS CONSISTEN DE UNA CAPA CONDUCTORA MUY DELGADA EN MEDIO DE DOS CAPAS ANTIESTATICAS,



RECOMENDACIONES

Bolsas protectoras

- Solo las bolsas protegidas contra estática pueden utilizarse para proteger a los dispositivos de descargas.
- Las bolsas de plástico color rosa no proveen la protección requerida para dispositivos sensibles a ESD.

Contenedores Disipadores de Estática

- Todos los dispositivos sensibles a ESD deben ser transportados en contenedores protegidos y completamente cerrados.
- Ningún contenedor debe tener algún material generador de estática como papel, plástico, etc
- Documentos o papeleo pueden contenerse si están protegidos de tener contacto directo con el material sensible a ESD.
- Los contenedores que lleven material sensible a ESD deben etiquetarse con una advertencia ESD.
- Un dispositivo ESD solamente podrá considerarse como seguro cuando este adecuadamente colocado dentro de un contenedor ESD seguro.
- Asuma que todos los módulos del equipo contienen componentes electrónicos en estado sólido que pueden ser dañados por ESD.
- Cuando trabaje o maneje (almacene, instale, remueva, etc.) módulos del equipo o cuando trabaje en el backplane, siempre vista pulseras o correas para pies o taloneras o zapatos aterrizadas

CORREAS PARA PIES O TALONERAS Y PULSERAS

La primera línea de defensa contra daños ESD al equipo es el uso de correas y pulseras. La correa para pies debe colocarse adecuadamente en cada pie antes de entrar a las áreas designadas como ESD y/o manejar equipo sensible a ESD.

Las pulseras deberán tener contacto con el equipo y con la piel del personal que las porte. Se deberá asumir que cualquier área donde exista equipo CIENA, es un área de trabajo clase 0 (que contiene equipo sensible a ESD) y cumplir con las recomendaciones mencionadas para prevenir daños en el equipo.

Correas para pies

La correa para pies debe colocarse adecuadamente **en cada pie** antes de entrar a las áreas designadas como ESD y/o manejar equipo sensible a ESD.



Las correas son para ser utilizadas cada vez que se entre en un área con control de ESD.

Pulseras

El resistor reduce el riesgo al shock

Se deben utilizar al tener contacto con equipo sensible a ESO

El personal localizado en estaciones de trabajo que requieran protección ESO debe ser conectado a un punto de tierra común, vía una pulsera

Se asume que cualquier área donde exista equipo CIENA, es un área de trabajo clase O (que contiene equipo sensible a ESO).



3.2 COMPONENTES DE FIBRA

TRABAJANDO CON COMPONENTES DE FIBRA ÓPTICA

El problema número uno que se presenta al trabajar con fibra óptica es que ésta se rompa o sufra algún corte

Trabajando con componentes de Fibra Óptica

El problema número uno que se presenta al trabajar con fibra óptica es que ésta se rompa o sufra algún corte



RECOMENDACIONES GENERALES

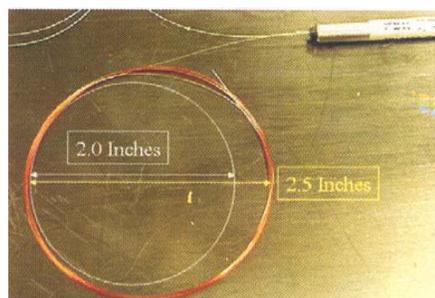
- Nunca permita que la fibra toque el piso
- De preferencia utilice cinta adhesiva para levantar la fibra si ésta cayó al suelo
- Nunca permita que algo descansa en la parte superior de la fibra .Fuerza Tensora
 - La fibra es extremadamente fuerte en una dirección lineal, muchas veces más fuerte que el acero del mismo diámetro
- Mantenga el trabajo "en línea" con el componente, es decir, al momento de trabajar con el componente cuide que la curvatura de la fibra sea adecuada para evitar rupturas

DIAMETRO PERMITIDO

Aunque la fibra es extremadamente fuerte en una dirección lineal, no lo es en el caso de exceder el diámetro permitido, por lo tanto la fibra óptica debe acomodarse en círculos con diámetro mayor a 2 ½ pulgadas o 6.5 centímetros. Es muy importante siempre cuidar el diámetro de curvatura de la fibra, de lo contrario, podría romperse o dañarse, o incluso ocasionar perdidas en la señal a transmitir

Diámetro permitido

La fibra debe acomodarse en círculos con diámetro mayor a 2 ½ pulgadas o 8.5 centímetros.



HERRAMIENTAS PARA TRABAJAR CON FIBRA ÓPTICA

Existen varias herramientas que ayudan a realizar mejor el trabajo con fibras ópticas:

Pinzas para desnudar fibra.

Mantenga las pinzas para "desnudar" la fibra óptica en un ángulo de 45 grados, sea cuidadoso al momento de manejar la fibra desnuda, ya que puede romperse fácilmente.

Localizador de fallas Visible

Luz visible puede ser insertada en la fibra con el fin de Observar defectos en la misma Utilizada para trabajos de solución de fallas o troubleshooting

3.3 SEGURIDAD CON LASER

Seguridad LASER

El diccionario Newton's Telecom define L.A.S.E.R. como:

- Light
- Amplification by
- Stimulated
- Emission of
- Radiation
- Amplificación de luz por emisión estimulada de radiación

TIPOS DE LASER

- Clase 1.- Seguro para el ojo (utilizado en lectores de código de barras).
- Clase 2/2a.- Puede provocar incomodidad si se miran directamente (CD players, CD-ROMs).
- Clase 3a/3b.- Peligrosos para los ojos y no deben utilizarse a menos que se utilicen lentes protectores (algunos apuntadores LASER).
- Clase 4.- -Alta Potencia y Riesgo. Se deben utilizar medidas de protección altas y por lo menos lentes protectores (laboratorios de investigación o quirúrgicos).

El equipo CIENA puede manejar todos los tipos excepto los LASERs Clase 4 Para propósitos del curso nos enfocaremos en láseres 3a/3b

PRECAUCIONES

Existen precauciones básicas a seguir cuando se este trabajando con láseres o fibra óptica:

- No mire el láser o dentro de la fibra
- Siempre asuma que el láser o la fibra tiene presente una señal
- La mayoría de los láseres utilizados en equipo de telecomunicaciones son invisibles y pueden causar daños en el ojo, incluso aunque no se crea que exista una conexión.
- Apeguese a las medidas de seguridad

Precauciones

- Debe EVITARSE la exposición directa del ojo o la piel al láser, ya " que:
 - Puede provocar algún daño permanente en los ojos o incluso ceguera
 - Los niveles de potencia óptica mayores a 16 decibeles por metro (dBm) tienen el potencial para dañar los conectores de fibra si se conectan Incorrectamente.



PROTECTORES DE POLVO

- Las tapas protectoras contra polvo, deben utilizarse para proteger a las fibras desconectadas
- Instálense en todos los conectores inmediatamente después de haber sido limpiados
- Asegúrese de que la tapa sea la correcta para el tipo de conector a utilizar Verifique el buen estado de las tapas regularmente

3.4 MEDICION DE POTENCIA PROCEDIMIENTO

Para un conector o backplane:

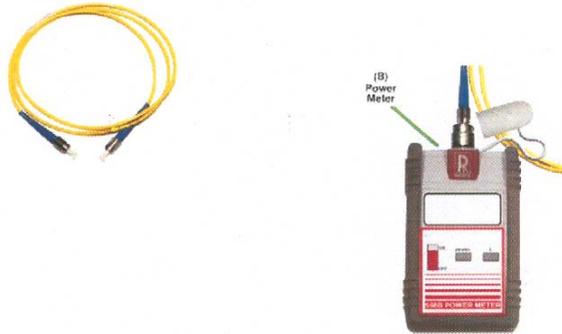
Paso 1: Remueva la tapa protectora contra polvo (A)

- Asegúrese de que se encuentra instalado el adaptador correcto para el tipo de conector a medir, en el medidor de potencia óptico

Paso 2: Limpie los conectores del jumper a utilizar y conecte un extremo de la fibra al medidor de potencia óptica (B).

Medición del nivel de potencia Procedimiento

- Paso 2: Limpie los conectores del jumper a utilizar y conecte un extremo de la fibra al medidor de potencia óptica (B).



Paso 3: Conecte el otro extremo de la fibra al conector o adaptador del conector o backplane a ser medido.

Paso 4: Encienda el medidor (C) posición ON. Observe que el display se enciende.

Medición del nivel de potencia Procedimiento



Paso 3: Conecte el otro extremo de la fibra al conector o adaptador del conector o backplane a ser medido.

Paso 4: Encienda el medidor (C) posición ON. Observe que el display se enciende.



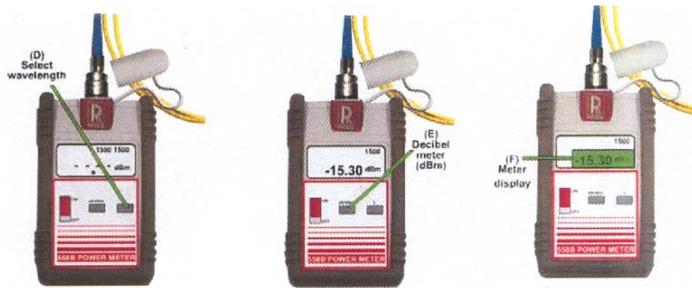
Paso 5: Seleccione la longitud de onda (D).

Paso 6: Seleccione la medición en decibeles (dBm) (E).

Paso 7: Tome la lectura del valor del nivel de potencia (F).

Medición del nivel de potencia Procedimiento

- Paso 5: Seleccione la longitud de onda (D).
- Paso 6: Seleccione la medición en decibeles (dBm) (E).
- Paso 7: Tome la lectura del valor del nivel de potencia (F).



LASER

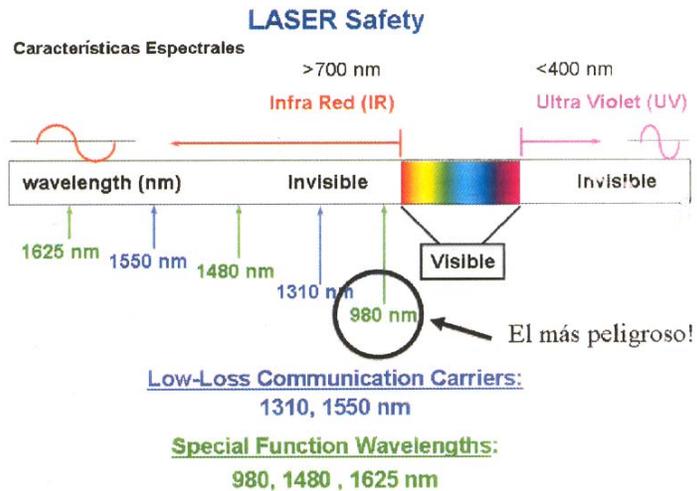
- Longitudes de Onda

Hay 5 longitudes de onda utilizadas por CIENA:

- 980nm- La más peligrosa
- 1310nm
- 1480nm
- 1550nm
- 1625nm

Safety

Un nanometro (nm) es una medida de luz. Representa la longitud física de la luz



LASER Safety

Las dos preguntas más importantes a saber acerca de LASERs:

- Que tipo de LASER es?
- Cuál es la longitud de onda del LASER?

Existen tres puntos sumamente importantes a recordar cuando se trabaje con LASERs:

NO LO MIRE!
NO LO MIRE!
NO LO MIRE!

Si ocurre un accidente con LASER, contacte Inmediatamente a su oficina de seguridad

RESUMEN

- Cuando se trabaje con equipo que contiene láser, es importante saber de que tipo de láser se trata.
- La exposición directa del ojo al láser se DEBE evitar
- El uso de otras medidas o procedimientos diferentes a los especificados en la documentación del fabricante pueden ocasionar accidentes
- Todas las fibras que no estén conectadas deben protegerse con una capa protectora siempre
- Utilice los métodos adecuados para manejo de fibras ópticas.
- Antes de inspeccionar o limpiar una fibra o conector, siempre mida la potencia óptica del mismo para asegurar que no hay presencia de luz en la misma y evitar accidentes.

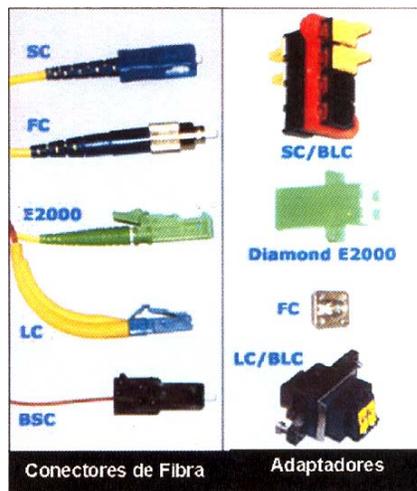
3.5. LIMPIEZA DE FIBRAS

TIPOS DE CONECTORES

En esta lección repasaremos el procedimiento para la limpieza de fibras:

- Tipo de conectores
- Herramientas de limpieza
- Métodos de inspección
- Procedimientos y técnicas de limpieza

Tipos de conectores



COMPONENTES DE UN CONECTOR

Componentes de un conector de fibra

Cinco componentes

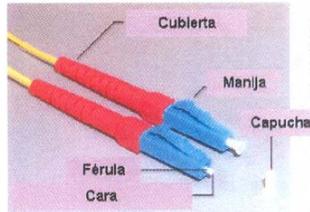
1. Cubierta
2. Manija
3. Férula
4. Cara
5. Capucha protectora

Cubierta. Diseñada para permitir el movimiento del cable sin que este se quiebre o rompa fuera del conector

Manija: Provee una interfase al usuario y un método de conexión, existen diferentes estilos: FC, SC, LC, Diamond E- 2000

Férula.- provee el alineamiento, Hecho de cerámica de zirconio (puede ser otro material), su tamaño 0.5 micrones

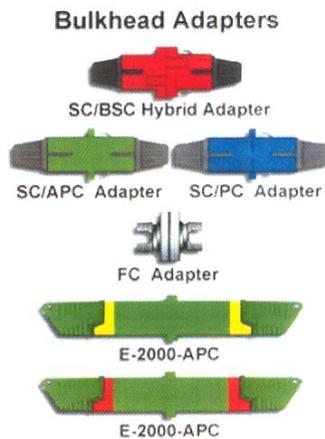
Face o cara: Es el fin de la fibra que contiene el core o núcleo. Es el contacto directo con el equipo



Capucha protectora.- asegura que los contaminantes no entren en el conector

ADAPTADORES

- Su propósito es proveer conectividad y/o conversión de fibras con el mínimo de pérdida en la señal SC/BSC



KIT DE LIMPIEZA

- El kit de limpieza recomendado contiene:
 - Palillos limpiadores Cletop®, en varios tamaños, o su equivalente
 - Pañuelos Kimberly-Clark® Kimwipes® EX-L Delicate Task Wipes, o su equivalente
 - Microscopio Noyes para inspección, o su equivalente
 - Medidor de potencia óptico



3.6 METODOS DE INSPECCION

Métodos de inspección



Microscopio Noyes Handheld

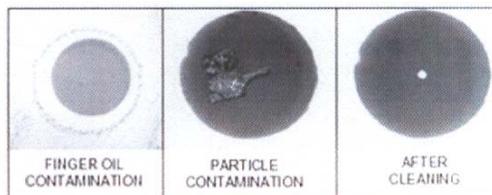
- Mira directa
- Utilizado sólo para conectores "oscuros", sin señal presente.

Microscopio Westover Scientific Fiber (video)

- Mira remota
- Utilizado para fibras ópticas, jumpers, conectores y adaptadores

Ejemplos de limpieza en las fibras

- Diferencias entre fibras sucias y una limpia



Typical Views of Fiber Contamination

MICROSCOPIO

Paso 1: Utilice un medidor de potencia óptica para verificar que la fibra a inspeccionar está "obscura".

NOTA: La falla del paso 1 puede causar lesiones. Localice el patch panel o distribuidor de fibra y desconecte la misma, si existe alguna duda.

Paso 2: Seleccione el adaptador correcto e instálelo en el microscopio.

Paso 3: Conecte la fibra al adaptador del microscopio.

Paso 4: Encienda el microscopio.

Paso 5: Mire a través del microscopio y observe la limpieza o daño en la fibra.

Paso 6: Ajuste el enfoque, si es necesario.

Paso 7: Inspeccione cada conector antes de conectarlo a cualquier componente del sistema.

MICROSCOPIO DE VIDEO

Paso 1: Remueva la tapa o cubierta del conector de fibra o desconecte la misma del adaptador o tarjeta.

Paso 2: Utilice un medidor de potencia óptica para verificar que el conector a inspeccionar está "oscuro" o que no hay señal presente en él, o como mínimo, su señal es menor a 5 dB.

NOTA: La falla en del paso anterior puede ocasionar fallas en el microscopio.

Paso 3: Dependiendo del tipo de microscopio de video, su punta de prueba y pantalla, el procedimiento puede variar.

Paso 3a: Si la prueba se visualiza en una pantalla de video:

Conecte la punta de inspección a la pantalla

Conecte a la toma de corriente lo que sea necesario

Asegúrese de que la punta de prueba tiene instalado el conector adecuado

Inspeccione el conector

Pasó 4: Inspeccione el conector:

Con cuidado inserte la punta de prueba en el conector

Ajuste el enfoque como sea necesario, mientras se mira en la pantalla

Si no hay evidencia de contaminación o daño en la fibra, no limpie el conector, simplemente retire la punta de prueba

Si existen impurezas o daño, retire la punta de prueba y siga el procedimiento de limpieza adecuado

Después de la limpieza del conector, re-inspecciónelo

De ser necesario, repita el procedimiento tantas veces como sea necesario

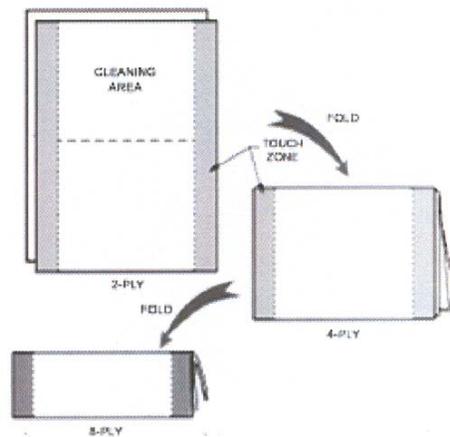
LIMPIEZA DE FIBRAS

Antes de inspeccionar, limpie las fibras y adaptadores a utilizar

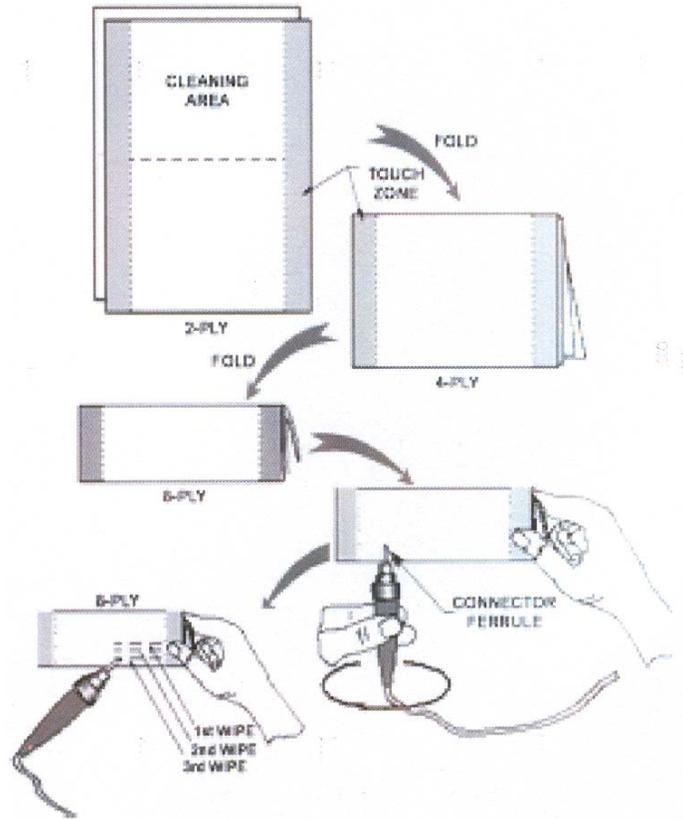
- Limpie el bulkhead o adaptador en la tarjeta a inspeccionar
- Limpie la férula o cara de la fibra utilizando un pañuelo Kimberly- Clark Kimwipes EX-L Delicate Task Wipes (o su equivalente)
- Si el bulkhead, adaptador o la fibra están limpias, instale una tapa protectora o conéctelo en su lugar inmediatamente. Si la contaminación es evidente, repita el proceso de limpieza e inspecciónelo nuevamente antes de instalarlo

PROCEDIMIENTO

- Para doblar correctamente un Kimwipe:
- Tome el Kimwipe por sus extremos y dóblelo en 8-partes como se muestra
- Tenga cuidado de solo manejar o tocar el Kimwipe en el área permitida



- Para limpiar un conector de fibra:
 - Utilizando Kimwipes
 - Limpie la férula del conector sosteniendo el kimwipe alrededor del mismo y rotando dos veces
 - Limpie la cara del conector perpendicularmente, tres veces en la misma dirección sobre el Kimwipe; cada vez en una sección diferente del pañuelo
 - Inmediatamente inspeccione el conector
- Si está limpio, instale una tapa protectora, o conéctelo inmediatamente.
- Si la contaminación es evidente, repita el procedimiento de limpieza



3.7 LIMPIEZA DE CONECTORES EN LAS TARJETAS

- Limpie el conector utilizando un "palo limpiador" o su equivalente, girándolo en una dirección
- Inmediatamente inspeccione el conector
- Si está limpio, instale una tapa protectora, o conéctelo inmediatamente.
- Si la contaminación es evidente, repita el procedimiento de limpieza



Anexo 1

Desarrollo matemático de la apertura numérica

Desarrollo matemático

Determinemos la apertura numérica de forma matemática.

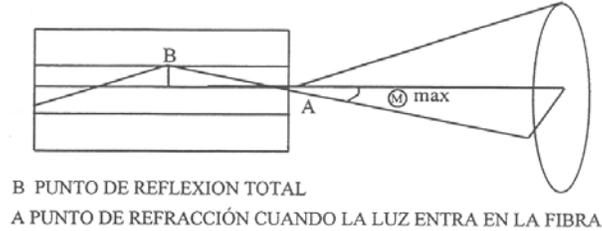


Fig. 1 Apertura numérica y cono de aceptación.

Como se observa en el punto A de la Fig. 1 y tomando las leyes de Snell tenemos:

$$n \sin \theta_{\max} = n_1 \sin \theta_b \quad \text{ec. 1.3}$$

$$\text{por geometría tenemos } \theta_b = 90^\circ - \theta_i \quad \text{ec. 1.4}$$

sustituyendo

$$n \sin \theta_{\max} = n_1 \sin \theta_b \quad \text{ec. 1.5}$$

desarrollando la ecuación:

$$n \sin \theta_{\max} = n_1 \cos \theta_i \quad \text{ec. 1.6}$$

Por la ley de Snell tenemos en el punto B de la Fig. 1B.10 que:

$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_b \quad \text{ec. 1.7}$$

como $\theta_b = 90^\circ$ para evitar pérdida de la señal óptica en el núcleo y cumplir con el punto B de la gráfica anterior entonces tenemos:

$$\sin \theta_i = n_2/n_1 \quad \text{ec. 1.8}$$

por identidad trigonométrica $\sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1$
despejando $\cos^2 \theta = 1 - \sin^2 \theta$

$$\text{sustituyendo en la ec. 1.5 } n \sin \theta_{\max} = n_1 (1 - \sin^2 \theta_i)^{1/2} \quad \text{ec. 1.9}$$

$$\text{y por la ec. 1.6 tenemos } n \sin \theta_{\max} = n_1 (1 - (n_2/n_1)^2)^{1/2} \quad \text{ec. 1.10}$$

La apertura numérica es entonces definida como el seno del ángulo máximo de aceptación; esto es:

$$NA = n \sin \theta_{\max} = (n_1^2 - n_2^2)^{1/2}$$

Aperturas numéricas grandes se relacionan con una alta eficiencia para su acoplamiento, permitiendo sólo pérdidas bajas en los empalmes, las conexiones y las potencias.

Anexo 2

Código de línea 7B / 8B

Descripción

En el código 7B / 8B cada secuencia de 7 bits que llegan a la entrada del decodificador, es substituida por una nueva secuencia de ocho bits. Debido a ello, la velocidad binaria se incrementa en 7 / 8.

Explicación

Las señales entran en el sistema (4 señales multiplexadas a 139.264 Kb/s [564.992 Kb/s], una a 8.448 Kb/s, tres señales a 2 Kb/s y dos a 16 Kb/s), si se multiplexan simplemente, producirán una velocidad de símbolos de la línea alcanza a los 659.157 Kbaudios (frecuencia Nyquist 329.597 KHz)

La circuitería lógica del codificador determina la forma en que debe codificarse la palabra entrante de siete bits en una palabra de ocho bits. Las características requeridas del codificador, que se mencionaron al principio, se satisfacen si la señal de salida tiene igual número medio de niveles lógicos 1 y de niveles lógicos 0.

Un término que se utiliza para describir la relación entre el número de niveles lógicos 1 y niveles lógicos 0 es la llamada suma Digital en Curso (RDS)

La suma digital en curso puede determinarse después de cada bit añadiendo una unidad a la RDS existente si en nivel lógico fue un 1, o restando una unidad si el nivel lógico fue un 0. inicialmente, a la RDS se le asigna un valor inicial predeterminado.

A fin de traducir las palabras de 7B se requiere 128 (2^7) palabras 8B. Para determinar las palabras 8B que deben utilizarse, deben recordarse las características del código y los requisitos RDS antes mencionados.

De las 256 (2^8) palabras de salida posibles para el codificador 7B / 8B, sólo 70 son palabras de paridad cero con permutación de cuatro unos y cuatro ceros.

Dado que se requieren 128 permutaciones, las restantes palabras tienen que ser impares, por ejemplo, tres unos y cinco ceros. Para evitar una acumulación de carga en algún componente CC o un desequilibrio entre el número de niveles lógicos 0 y niveles lógicos 1, se ha creado el denominado sistema de "Codificación en Tres modos".

La tabla de codificación puede traducir cada palabra de 7B en una palabra de 8B de acuerdo a tres modos posibles: el modo positivo contiene palabras de paridad cero y palabras de paridad positiva (más unos lógicos que ceros), el modo negativo contiene palabras de paridad cero o de paridad negativa (más ceros lógicos que unos) y el modo cero que contiene palabras de paridad cero casi de paridad cero.

La suma digital en curso al finalizar cada palabra de código se denomina Estado Termina (TS). El estado terminal sólo puede tener tres valores con código 7B / 8B: +2, 0 y -2. el TS determina el modo en el que se traducirá la siguiente palabra de código. Si el TS es +2, la siguiente palabra se traducirá según el modo negativo: si el TS es -2.

La siguiente palabra se traduce según el modo positivo y si el TS es () la siguiente palabra se traduce según el modo cero. La tabla siguiente muestra parte de la conversión de código resultante. Esta tabla puede considerarse como una tabla de verdad de la lógica del codificador en el diagrama de bloques del codificador (sólo se muestra parte de la tabla porque la tabla completa es demasiado larga [128 combinaciones], y el objetivo del ejemplo es sólo el de explicar el principio de codificación).
7B /8B CÓDIGO DE TABLE.

La suma digital en curso de la señal de línea sólo puede tomar 9 valores, etiquetados de -4 a +4, por lo que la máxima variación de la suma digital puede ser de 8. esto permite la supervisión de errores en línea. Se comprueban continuamente los límites en la RDS y se sobrepasa el valor antes indicado en cualquier punto de la línea, ello indica que se ha producido un error.

El tiempo necesario para esta sincronización de palabra depende del número de veces que el sistema tenga que desplazar un bit la posición de comprobación. En el peor caso posible, que tengan que hacer siete desplazamientos, requiere como promedio 6.41 mS (0 9.52ms con una probabilidad del 99,9%). Estas figuras se han calculado suponiendo que haya errores en la línea.

El código 7B /8B permite una sincronización de bloques rápida y exacta, permite una supervisión de errores en servicio en cada regenerador en el sistema observando la validez de la regla de codificación RDS, y requiere una circuitería relativamente sencilla contribuyendo de forma importante a la seguridad del sistema.

Anexo 3 Empalme de fusión

Panorama general

Propósito

Al finalizar la práctica el participante realizará empalmes de fusión de acuerdo al procedimiento descrito.

Material y equipo.

Material Equ	ipo
Fibra óptica (≈ 1m)	Empalmadora de fusión
Alcohol isopropílico	Cortadora
Gasa	
Pinza peladora de cubierta primaria	

Contenido

Tema V	er Página
Empalmadora FSM-20 CS.	3-1
Ajuste de parámetros para el empalme.	3-6
Preparación de la fibra.	3-11
Empalme.	3-13

Empalmadora FSM-20 CS.

Procedimiento

Elementos de la empacadora RSM-20 CS y sus funciones.

Elementos

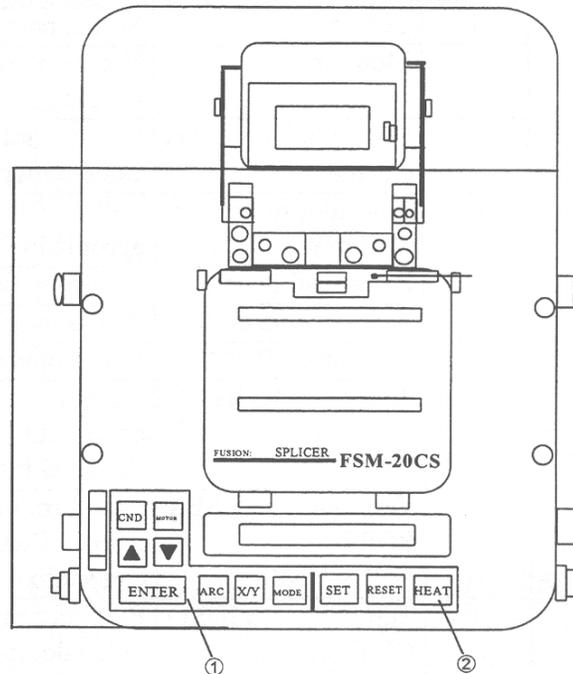


Fig. 1 Vista frontal de la empalmadora de fusión.

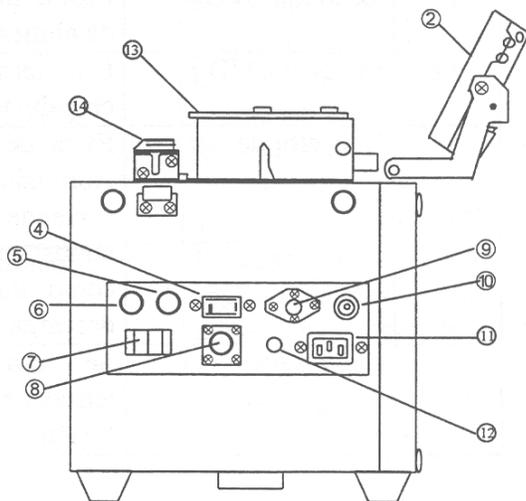


Fig. 2 Vista lateral de la empalmadora de fusión.

Elementos del empalmador y sus funciones.

No	Nombre	Función
1	Teclado	Se usa para manejar el empalmador
2	Monitor	Visualiza la imagen de la fibra, el estado de operación y la pérdida estimada
3	Conmutador del calentado	La lámpara indicadora de calor luce durante el calentamiento
4	Indicador de tensión de Entrada	Indica si la tensión de entrada está en el rango apropiado (verde) o no (rojo)
5	Porta fusible de CA	Se usa un fusible de 3, 15 A
6	Porta fusible de CC	Se usa un fusible de 6, 3 A
7	Interruptor POWER	Interruptor de encendido / apagado
8	Terminal DC IN	Cuando una fuente de alimentación de CC tal como una batería, conéctela a esta terminal. Ponga el interruptor POWER en DC.
9	Terminal SER PORT	Esta terminal se usa para a entrada y salida de datos. Cuando use un ordenador personal, conéctelo a esta terminal.
10	Terminal VIDEO OUT	Esta terminal se usa para conectar el cable de video del monitor externo. Las señales de video son NTSC compuesto.
11	Terminal AC IN	Esta terminal se usa para la entrada de la fuente de alimentación de CA (CA85-265V, 50/60Hz)
12	Terminal GND	Esta terminal se usa para poner a tierra el empalmador
13	Protector de Viento	Evita descargas anormales debidas al viento. Abriendo y cerrando el protector, la lámpara se enciende o apaga. Cuando se abre, el espejo se reajusta para colocar la fibra. También funciona como un interruptor de seguridad, evita la descarga mientras este abierto.
14	Calentador	Se usa para calentar los protectores termocontráctico que cubrirán los empalmes de fusión.

Teclado del panel

Se presentan las funciones de los conmutadores de la empalmadora así como la disposición de las teclas en el panel superior del empalmador.

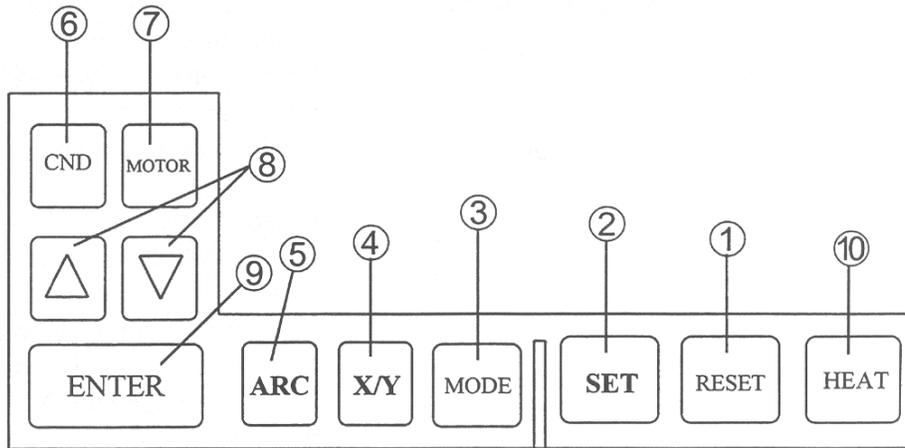


Fig. 3 Panel de control.

No	Nombre	Función
1	Conmutador RESET	Este conmutador se usa para la operación de reinicialización. Cuando se pulsa el conmutador RESET, el sistema se para en cualquier paso de funcionamiento y las fibras regresan a la posición inicial del eje z. El empalmador acepta el RESET como un sonido de bip y visualiza "RESET" durante la reinicialización. Después de completarse la operación, se visualiza "PREPARANDO" en el monitor.
2	Conmutador SET	Este conmutador se usa para iniciar el ajuste del espacio entre los extremos de dos fibras y alinearlas automáticamente. Las instrucciones correctas "APROX" o "CORRECTO" "ALINEAR" se muestra en el monitor en cada paso.

No	Nombre	Función
3	Conmutador MODE	El FSM-20CS puede preajustarse a 20 condiciones diferentes de descarga para diversas fibras (SM1-SM10, MM1-MM10) Este conmutador se emplea para cambiar las condiciones de descarga. En el modo SM, el alineamiento del eje del núcleo se hace automáticamente, y en el modo NM se realiza el alineamiento del eje de la fibra.
4	Conmutador X / Y	Este conmutador se emplea para la operación de cambio automático de campo. Cuando se pulsa el conmutador X / Y, la imagen de la fibra cambia (X) a (Y) ó (Y) a (X), y la posición de la fibra se ajusta al centro del monitor, enfocándose automáticamente. El posicionamiento y el ajuste del enfoque luego del cambio de la imagen no se realizan antes del ajuste del espacio entre las fibras.

5	Conmutador ARC	Este conmutador se usa para el empalme por fusión. No funciona mientras el sistema está en la operación de empalme automático. A partir de la segunda descarga o antes de completarse el ajuste de espacio entre las fibras, la fibra no se mueve hacia delante o a lo largo del eje Z durante la operación de descarga. Se visualiza "***ARC**" en el monitor justo antes de que se produzca la descarga. Si se realiza el ajuste del espacio entre las fibras, la estimación de las pérdidas sigue automáticamente a la operación de descarga. (sólo en SM)
---	----------------	---

No	Nombre	Función
6	Conmutador CND	Este conmutador se usa para cambiar los parámetros de la condición de la descarga.
7	Conmutador MOTOR	Este conmutador se usa para controlar manualmente los motores del empalmador.
8	Conmutador Δ (arriba) Conmutador ∇(abajo)	Este conmutador se usa para cambiar los parámetros de descarga o para controlar manualmente los motores con los conmutadores CND y MOTOR.
9	Conmutador ENTER	Este conmutador se usa para seleccionar el menú de condiciones de descarga o para seleccionar el motor en el conmutador Δ (arriba), ∇(abajo)
10	Conmutador del calentador HEAT	Este conmutador se usa para calentar los protectores termocontráctiles. La lámpara indicadora de calor luce durante el calentamiento.

Ajuste de parámetros para el empalme

Procedimiento

Paso	Acción
1	Enciende el interruptor y verifique si el indicador de tensión de entrada señala hacia la zona verde ("apropiada")
2	Cuando el voltaje de entrada este en el área roja ("baja" o "alta") verifica las fuentes de alimentación.
3	Deja 15 minutos antes de empalmar
4	Pulsa el interruptor MODE; se muestran 10 modos de empalme en el monitor. La marca del asterisco "*" a la izquierda del parámetro muestra la forma actual del empalme.

Modo de empleo		
*SM1	FUJIKURA	125μm
SM3	FUJIKURA	125μm
SM4	FUJIKURA	125μm
SM5	FUJIKURA	125μm
SM6	FUJIKURA	125μm
SM7	FUJIKURA	125μm
SM8	FUJIKURA	125μm
SM9	FUJIKURA	125μm
SM10	FUJIKURA	125μm
PREPARADE	SMI	(X)

La marca "*" se mueve hacia arriba o hacia abajo con los conmutadores Δ (arriba) ó ∇ (abajo). Muévelo hacia la modalidad de empalme que desee seleccionar.

Paso	Acción
5	Elije los parámetros que utilizara poara realizar la práctica de empalme de la siguiente forma: <ul style="list-style-type: none"> • Pulsa la tecla CND (condiciones), aparecerá el siguiente menú: • Con las teclas ∇ ó Δ selecciona con el asterisco la función condición de arco.

SM1
*CONDICIÓN ARCO
2.COMENTARIOS
3 OPCIONES
PREPARADO
SM1 (X)

Paso A	cción
6	Presiona la tecla enter para fijar las condiciones de arco

SM1 FUJI	CURA	125µm
*1	POT ARCO	12
2	TIEMPARC	2000 msee
3	AVANCE	40 msee
4	PREFUS	180 msee
5	GAP	8 line
6	ECF	0.40
PREPARADO		
SM (X)		

Parámetros de descarga
 Detalles de los parámetros de descarga

Visualización Sign	ificado	Paso	Rango
1 POT ARCO	Potencia (de descarga) del arco.	1	0-31 *1
2 TIEMPARC	Tiempo (de descarga) del arco.	0-1 seg	0-65 seg
3 AVANCE	Tiempo de relleno durante el empalme por fusión.	5 mseg	0-1 seg
4 PREFUS	Tiempo de prefusión durante el empalme por fusión-	10 mseg	0-1 seg
5 GAP	Espacio entre los extremos de las fibras.	2 líneas	6-32 líneas *2
6 ECF	Factor ECF (Elipticidad y Concentricidad)	0.05	0-0.9 *3

1* La corriente de descarga es aproximadamente 10,5 + DATA (mA)

2* 1 Línea = µm

3* Refr. AP.6

Paso	Acción
7	Pulsa nuevamente "CND" para regresar al primer menú. Elija la opción de características y presione la tecla "enter" y aparecerá.

SM1	
FUJIKURA	125µm
*	
PREPARADO SMI (X)	

Pantalla de comentarios

Paso	Acción
8	Presiona "enter" y el asterisco cambiara a # con esta opción podemos cambiar el nombre del programa con las teclas Δ (arriba) o ∇(abajo) seleccione la letra que desea.
9	Pulsa la tecla "CND" para ir al menú original y seleccione Opciones, presione "enter".

Detalles de los parámetros

OPERACIONES			
*1	DATOS		OF
2	PAUSAS		OF
3	ECF	ON	
4	ARCO LIMPIEZA	ON	
5	ANGULO		ON
6	ECF	0.40	
PREPARANDO (X)			SM1

Parámetros de la opción

Visualización Sign	ificado
Datos	Visualización de datos tales como un desplazamiento de eje, etc. En el monitor en el momento de alinear las fibras.
Pausa	Hace que se detenga temporalmente cuando se fija la distancia entre las fibras.
ECF	Factor de elipticidad y concentricidad mínima aceptable.
ARCO LIMPIEZA	La descarga se produce durante 20 mseg para quitar el polvo de la superficie de la fibra a la mitad de GAP.
ANGULO CORTE	Las superficies cortadas de los extremos de las fibra son verificadas, y el ángulo de corte se muestra en el monitor. Se visualizaron ERROR 7 cuando el ángulo es mayor de cinco grados.

Una vez seleccionado el parámetro de descarga presione la tecla "RESET" y visualice "preparando". La empalmadora en este momento se encuentra lista para empalmar.

Preparación de la fibra.

Cortador de alta precisión

Este es un equipo de alta precisión, empleado para hacer el corte transversal a las fibras ópticas; incluyendo los Pig-Tails.

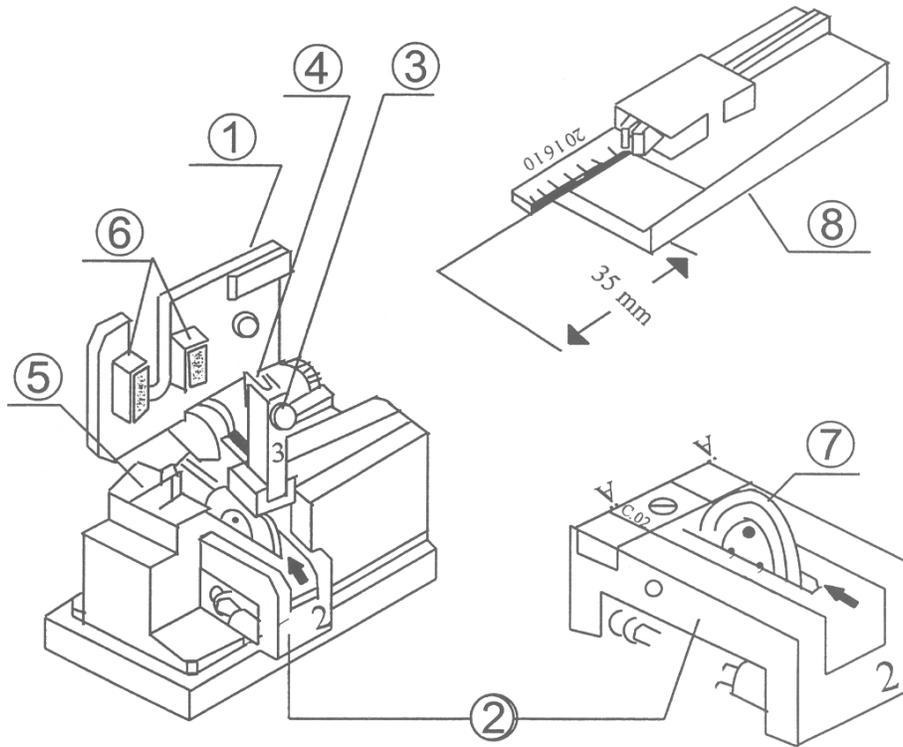


Fig. 4 Cortadora de precisión.

Pieza	Descripción	Pieza	Descripción
1.	"Clip de seguridad"	5.	Líneas paralelas
2.	Soporte de navaja de trazo	6.	Cojinetes de goma
3.	Botón de palanca de ruptura	7.	Navaja
4.	Yunque	8.	Regleta

Procedimiento

Paso A	Descripción
1	Limpia perfectamente la fibra con un paño húmedo en alcohol isopropílico.
2	Con la pinza peluda quite 5 cm, aproximadamente de cubierta primaria.
3	Limpia nuevamente.
4	Utiliza la cortadora para realizar un buen corte siguiendo los pasos que se describen a continuación.
5	Coloca la fibra sobre la ranura en V de la cortadora.
6	Baja la bisagra de precisión que tiene el número ❶
7	Corre el soporte de navaja marcado con el número ❷
8	Baja la palanca de ruptura ❸ y haga presión en el botón de la palanca firmemente, hasta escuchar "el clic" de ruptura.
9	Levanta la palanca de ruptura, el clip de seguridad y la bisagra de presión, enseguida se retira la fibra óptica del cortador.

- Es importante limpiar las fibra muy bien con gasa y alcohol, antes del corte de la fibra para evitar problemas de despostillarlo, o corte indebidos; Así como el de un mal alineamiento en la empalmadora.

Empalme

Empalme de fusión

Con la fibra preparada y la empalmadora ajustada con los parámetros óptimos para la fusión estamos listos para el proceso de empalme.

Paso A	cción
1	Coloca las fibras a unir en la empalmadora, teniendo cuidado de no despostillarlas.
2	La distancia entre las dos no deberá ser mayor a ≈ 2 mm.
3	Baje la cubierta de protección contra el viento.
4	Presiona la tecla SET para aproximar las fibras.
5	En el monitor se visualiza de la siguiente forma Fig. 5.
6	Si existen problemas de corte, fractura o suciedad se recomienda realizar nuevamente el proceso para la fibra óptica que se encuentre en malas condiciones. En este caso Pulse "RESET" y abra la protección contra el viento hasta que se visualice "PREPARADO".
7	En caso de que las fibras se encuentren en buen estado el proceso de alimentación se realiza automáticamente de la fusión.
8	Una vez terminado el empalme, se estima la pérdida.
9	Anota tus observaciones.

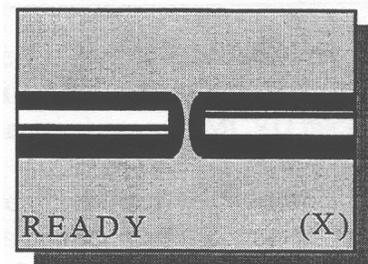


Fig. 5 Vista de las fibras a empalmar.

Observaciones

Anexo 4

Fibras impurificadas

Descripción

Fibras ópticas impurificadas con erbio son fibras con la misma de guiaje de una fibra convencional. Ellas se componen de una corteza mecánica constituida por SiO_2 , una corteza óptica constituida por SiO_2 e impurificada con flúor y fósforo, y un núcleo vítreo formado de SiO_2 .

La corteza óptica tiene un índice de refracción n casado con la corteza mecánica.

El núcleo tiene un índice de refracción no mayor que el índice de la corteza óptica y es impurificado con iones de Er^{3+} , para telecomunicaciones, la concentración del erbio varía de 10 a 600 ppm y su presencia en el núcleo no altera nada el no del diámetro del núcleo.

Los iones Er^{3+} disueltos en la matriz vítrea del núcleo de origen a bandas de absorción características del erbio en la curva de atenuación espectral de la fibra (Fig. 1). Estas bandas de absorción corresponden a regiones con atenuación elevada y con amplitud proporcional a la cantidad de Er^{3+} disuelto en el vidrio del núcleo (ppm).

Técnica para preparación de fibras impurificadas

Hay varios procedimientos para la fabricación de premoldes, y el proceso de estiramiento es el mismo de la fibra convencional. Partiendo de la materia prima SiO_2 - impurificante, el proceso MCVD puede usarse de dos maneras.

En la técnica utilizando impurificantes (cloruros de tierras raras) en fase gaseosa, la sal ErCl_3 es fundida y retirada en un "container" de la región inicial del tubo calentada externamente para mantener la temperatura de la ErCl_3 fundida a 1000°C .

De esta forma se produce el vapor de ErCl_3 , que es transportado por otros gases a la zona de reacción, donde se efectúa la deposición del material del núcleo junto con la ErCl_3 (Fig. 1 A)

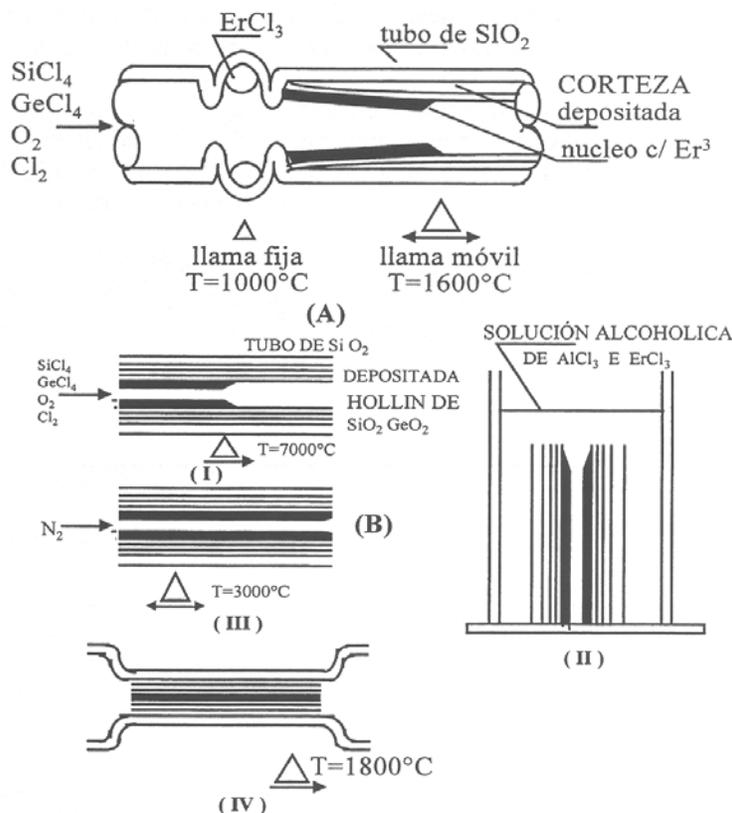


Fig. 1 Fabricación de la fibra por deposición.

La técnica de solución alcohólica conteniendo sal de ErCl_3 , disueltas es otra alternativa. En ésta, el material del núcleo es depositado como un hollín poroso, no sinterizado, que es a continuación sumergido en la solución alcohólica, con ErCl_3 disuelta en dosis previamente calculadas.

Después de un cierto periodo de tiempo, el tubo es retirado de la solución, el hollín en el interior del tubo es sometido a un sacado, a una sinterización y, a continuación, el tubo va a colapso de la manera usual.

La co-impurificación con óxido de aluminio (Al_2O_3) es usado en algunos laboratorios para prevenir el efecto "clustering" de tierras raras, que pueden causar "quenching" debido a altas concentraciones de Er^{3+} "aisladas" en puntos vecinos por el núcleo, lo que perjudica el bombeo y la amplificación.

El aluminio sirve como agente homogeneizador que permite que una alta concentración de iones de tierras raras sea incorporadas en la matriz de vidrio de $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ sin desvitrificación.

Mecanismo de amplificación

Descripción

Los amplificadores ópticos son frecuentemente compuestos por materiales usados en la confección de LÁSERS de estado sólido, Nd, Er, Yb, etc. Y bombeados de la misma forma, o sea, ópticamente.

La principal diferencia entre un LÁSER y un amplificador óptico es que éste no tiene una cavidad resonante compuesta por espejos para realimentación. En el amplificador óptico hay amplificación de luz solamente por emisión estimulada. El LÁSER es una combinación de amplificador óptico con resonador óptico.

Las condiciones necesaria para que ocurra amplificación en el AOFDE pueden describirse usando un diagrama de niveles considerando sólo tres niveles (Fig. 2)

En condiciones de equilibrio térmico, iones en el estado fundamental se encuentran casi totalmente en el nivel de energía E_1 , mientras el nivel E_3 es el menos ocupado de los tres y el nivel E_2 tiene una población intermedia.

La distribución de las poblaciones puede ser determinada por la distribución de Boltzman dada por:

$$N_2/N_1 = (g_2/g_1) \exp \{-(E_2-E_1-E_1)/kt\}$$

La misma relación vale entre los niveles 2 y 3, 1 y 3, siendo N_1 , N_2 , N_3 el número de iones en los niveles de energía E_1 , E_2 , E_3 , respectivamente, la temperatura, k la constante de Boltzman ($1.38 \times 10^{-23} \text{ J}^\circ\text{K}$), g_1 , g_2 , g_3 , correspondiendo al número de maneras independientes que unión puede tener, la misma energía E_1 , E_2 ó E_3 . En condiciones de equilibrio térmico vale $N_{\text{total}} = N_1$.

Es posible hace que un ion pase del estado fundamental de energía mínima E_1 a un estado excitado de energía E_n ($n > 1$) siempre y cuando se le proporcione la energía $E_n - E_1$.

- La emisión líquida de 21 estimula iones de Er^{3+} excitados en nivel E_2 a radiación, mientras la radiación de bombeo no lo estimula porque el bombeo es diferente de 21.

El uso del esquema de inversión con tres niveles es válido desde que haya el nivel intermedio E_2 metaestable para donde caen rápidamente los iones en estado E_3 antes de volver al estado fundamental. Es necesario un diagrama de tres niveles porque al usar un mecanismo con dos niveles, el mismo mecanismo que excita un ion para el estado E_2 sirve para desexcitarlo y no habría un bombeo líquido.

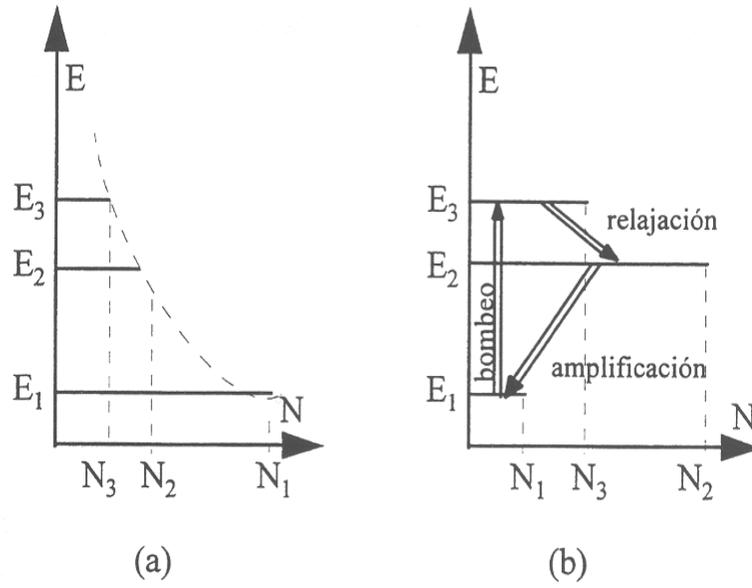


Fig. 2 Nivel de energía

(a) niveles de energía en condiciones de equilibrio térmico. (b) niveles de energía durante el bombeo y la amplificación.

Conclusiones.

Los sistemas de transmisión por Fibra Óptica, en TELMEX, utilizan transmisores tipo LÁSER semiconductor los cuales emiten luz del tipo infrarrojo (1300 y 1550nm de longitud de onda) Esta parte del espectro electromagnético es NO VISIBLE para el ojo humano. Todos los LÁSER pueden producir un rayo intenso de luz monocromática (un solo color).

Este rayo de luz es de diámetro pequeño pero de alta densidad de energía, la densidad de la energía o el área de energía por unidad se llama IRRADIACIÓN.

Debido a que la Irradiación del LÁSER, utilizado en los terminales ópticos, tienen una gran divergencia de rayo (entre 10 y 20 grados) dicha Irradiación disminuye rápidamente con la distancia.

LÁSER y daño ocular

La energía luminosa emitida por los LÁSER puede ocasionar daño a los ojos en caso de que sean absorbidos por la retina, cuando un rayo de luz penetra en el ojo, este amplifica y enfoca la energía.

La Irradiación del rayo en la córnea, es amplificada aproximadamente unas 100,000 veces, de lo anterior un rayo, de baja energía, que penetre en el ojo, puede tener una Irradiación muy alta en la retina y puede ocasionar daños oculares permanentes. El umbral del daño se relaciona con el nivel de radiación máximo.

El mecanismo del daño en las longitudes de onda utilizadas en telecomunicaciones es originalmente térmico. El daño es ocasionado por el calor, no por cambio químico.

Por lo tanto una cantidad específica de energía se requiere durante un periodo definido para calentar un área de la retina. El daño no es instantáneo, sino que ocurre únicamente cuando se mira la luz por largo tiempo.

Para las longitudes de onda utilizadas en telecomunicaciones por y para una potencia de emisión de 5.6 mW se requieren más de 100 seg. de exposición para comenzar a causar daño. Las potencias máximas en los terminales ópticos de TELMEX no son mayores a 2 mW.

Clasificación de LÁSER'S

A continuación damos la clasificación utilizado, por el centro de dispositivos y salud radioactiva de los E.E.U.U.:

Clase D	escripción
1	LÁSER de baja potencia, seguro de por sí.
2	LÁSER visible entre 400 y 700nm, a estas longitudes de onda el ojo se protege con el propio parpadeo (0.25 seg) Estos LÁSER tienen máximo 1 mW de potencia.
3	LÁSER de potencia mediana puede ser peligroso con o sin instrumentos ópticos (p.e. lupa o lente de joyero) La clase 3 se divide en dos subclases: LÁSER 3 A (Luz visible) y LÁSER 3 B (Luz invisible)
4	LÁSER de muy alta potencia, puede ocasionar lesiones oculares aunque sea de un rayo directo reflejado en forma especular o difusa. Esta clase de LÁSER puede lesionar la piel y ocasionar incendios, se usa en la industria para corte y perforación de metales. Por lo regular, la alimentación para esta clase de LÁSER es de alto voltaje, potencialmente letal de corriente alta.

Precauciones de seguridad

Las terminales ópticas (OLTE) utilizan un transmisor con LÁSER reclasificado recientemente de la clase 3b a la 1 (Sistema cerrado)

En su modo operativo normal, un sistema de onda luminosa está totalmente encerrado y no representa ningún riesgo de lesiones oculares. Los cables de Fibra Óptica que interconectan a diversos componentes en un sistema de F.O. pueden desconectarse o romperse y podrán exponer a las personas a la emisión de luz infrarroja (TELMEX)

Así mismo, ciertos procedimientos de medición y mantenimiento podrán exponer al operario a la emisión del LÁSER semiconductor, durante la instalación y el servicio. A diferencia de dispositivos más familiares tales como LÁSER de estado sólido y de gas, el modelo de emisión de un LÁSER semiconductor da por resultado un rayo altamente divergente.

En un rayo altamente divergente, la Irradiación (densidad de potencia) se disipa rápidamente con la distancia. Mientras mayor sea la distancia, menor es el riesgo potencial de lesión ocular. La energía del extremo de una Fibra Óptica fracturada es más divergente que la energía de un extremo de fibra que sea pulido.

Sin embargo, pueden ocurrir daños si un instrumento óptico, por ejemplo una lupa, se utiliza para ver el extremo de fibra energizado. Los convertidores de imágenes indirectos o dispositivos de observación IR son seguros para observar a través de ellos.

Aunque el hecho de ver un conector no terminado, energizado, o un extremo de fibra dañado con el ojo no protegido a distancias mayores de 15 a 20 cms no ocasionará lesiones oculares, sin embargo, esto siempre debe evitarse.

Por lo tanto, las precauciones de seguridad adecuadas se requieren para proteger a los empleados de la exposición accidental a la emisión de onda luminosa.

Precauciones de seguridad para sistemas cerrados

Bajo las condiciones operativas normales, los sistemas de transmisión de onda luminosa están completamente cerrados; sin embargo, deberán observarse las siguientes precauciones:

- Debido al potencial de daño ocular, los técnicos no deben desconectar ningún cable o empalme de Fibra Óptica y mirar los conectores ópticos que terminen los cables.
- Las operaciones en Fibras Ópticas y Terminales Ópticos en ninguna circunstancia deberán ejecutarse por un técnico antes de terminas satisfactoriamente un curso de entrenamiento aprobado.
- No observar ningún conector o Fibra Óptica no terminando con algún instrumento óptico, la advertencia deberá hacerse con una etiqueta adecuada.

Precauciones de seguridad para sistemas abiertos

Durante el servicio, mantenimiento o restablecimiento, una transmisión con Fibra Óptica se considera abierta. En tales condiciones siga estos pasos:

- Únicamente se deberá permitir ejecutar servicio, mantenimiento y restablecimiento a personal autorizado y capacitado.
- Evite exponer la vista a emisiones de conectores ópticos no terminados y energizados a distancias cercanas.
- Únicamente al personal autorizado y capacitado se le permitirá utilizar el equipo de prueba para Fibra Óptica durante la instalación y/o servicio.

- Todo el personal no autorizado deberá ser excluido del área inmediata de los sistemas de transmisión por Fibra Óptica durante la instalación y servicio.

Precauciones de seguridad para rompimientos accidentales

Para los rompimientos accidentales en el cable de Fibra Óptica o la remoción accidental del cable óptico de su posición normal, deben seguirse los siguientes pasos por parte del personal de instalación y/o servicio no capacitado:

- No examine o mire cables de Fibra Óptica separados, cortados o desconectados, aunque el aviso que aparece antes define claramente el riesgo asociado con los Sistemas de Transmisión por Fibra Óptica y específica precauciones de seguridad adecuadas; debe evitarse toda exposición de los ojos a la emisión de luz infrarroja (IR).
- Reporte problemas al supervisor, para que se efectúen los arreglos para que el personal de instalación o servicio capacitado repare o reemplace los cables.
- Mire los cables rotos con un convertidor de imágenes indirecto, a menos que se haya verificado que todos los emisores ópticos hayan sido apagados.
- Durante todas las operaciones de empalme, que requieran ver el extremo de la Fibra Óptica, es obligatorio que todas las fuentes emisoras en las fibras ópticas involucradas estén desenergizadas.

Glosario

Acopladores

En su forma más simple los acopladores de fibra óptica consisten de un par de fibras ópticas monomodo que se han fusionado longitudinalmente. La luz que entra a la región fusionada desde una de las fibras de la izquierda es redistribuida en varios modos al cruzar la unión. Una vez separadas las fibras los modos son reconvertidos dentro del núcleo en cada una de las fibras de salida.

Amplificador Raman

En el amplificador Raman, una portadora óptica (varias longitudes de onda), interactúa coherentemente con las moléculas de la sílice (dióxido de silicio "SiO₂") de una fibra óptica, dichas moléculas han sido excitadas por una bomba láser de alta potencia. El resultado es la amplificación de la portadora óptica.

APD

Foto detectores de avalancha.

ASE

Amplificación de emisión espontánea.

ATM

Modo de transferencia asíncrono tecnología de transporte que permite transmitir datos a una velocidad de 25 Mbps, 155 Mbps y 622 Mbps. Se basa en la conmutación de celdas donde una celda es una unidad mínima de datos.

Backbone

Columna vertebral de la red.-" Es una red de -transporte de información de alta capacidad igualo mayor a 2.5 Gb/s

BER

Tasa de errores de bit

Birefringencia

Diferencia de índices de refracción en un mismo material.

Booster

También son llamados post-amplificadores ya que aumentan la potencia óptica acoplada en el lado del transmisor y permiten que el primer repetidor se instale lo más lejos posible del terminal.

CAR

Centro de Administración de la red.

CAS

Centro de Atención de Servicios

Chirp

El Chirp es un cambio en la característica de frecuencia óptica de un dispositivo en función del tiempo.

Conmutación de circuitos

Establecen una conexión virtual antes de transmitir sus datos, uno de los servicios más utilizados es la RDSI.

Conmutación de paquetes

Cada paquete de datos se transmite separadamente, y cada uno puede tomar un camino distinto a través de la malla de trayectos de red que componen la red de conmutación de paquetes, maneja mejor el tráfico de ráfagas. Los más populares son X.25 y Frame Relay.

CPE

Equipo en las instalaciones del cliente.

DCM

Módulo de Compensación de Dispersión.

DFB

El transmisor típico para un solo canal (longitud de onda) se construye utilizando un láser de distribución de retroalimentación DFB (Distributed feedback) de 0 dBm (1mW) y conectado a un modulador.

DGD

Retardo de Grupo Diferencial

Dispersión

Ensanchamiento de la señal; originada por fluctuaciones microscópicas de la densidad del vidrio, que desvían, de su dirección, una parte de la luz conducida. La dispersión se incrementa hacia las longitudes de ondas cortas, de acuerdo a la ley de dispersión de Rayleigh.

Dispersión cromática

La dispersión cromática es un fenómeno lineal que causa que las diferentes longitudes de onda viajen a través de la fibra a velocidades ligeramente diferentes, ocasionando el ensanchamiento del pulso.

DSF

DSF (Dispersión Shifted Fiber) Fibra de dispersión corrida con longitud de onda de dispersión nula nominal próxima a 1550 nm.

DSP

Módulo de Procesamiento Digital de la Señal

E1

Velocidad básica de 2.048 Mb/s para PDH.

EDFA

Amplificador de Fibra Dopado con Erblio.

ERION

Solución DWDM implementada por Ericsson para redes metropolitanas y de larga distancia.

ESI

Interface externa de sincronización

Ethernet

Tecnología de acceso a redes de datos

ETSI

European Telecommunication Standard Institute

F

Interfaz F establece conexión local a través de una terminal para gestión local, utiliza un puerto serie RS-232 y un protocolo de comunicaciones.

Fast Ethernet

Tecnología de acceso a redes de datos a la velocidad de 100 Mb/s

FEC

Circuito de corrección de errores (Corrector de errores hacia adelante).

Filtro óptico

Un filtro óptico es un dispositivo que cambia la composición espectral ó la energía de la onda luminosa que incide en ellos sin alterar (ó casi sin alterar) la forma de su frente.

FP

Fabri-Perot

FWM

El efecto FWM se produce cuando la intensidad de la señal láser alcanza niveles críticos y aparecen señales fantasmas en el espectro óptico una vez que la señal pasa a través de la fibra de dispersión cero.

FXC

Conmuta todos los canales de longitud de onda desde una fibra de entrada a una fibra de salida, actuando como un BDFO (bastidor distribuidor de fibra óptica) automatizado

Giga Ethernet

Tecnología de acceso a redes de datos de 1 GB/s

GUI

Interfaz Gráfica de Usuario.

IEC

International Electro technical Commission

IEEE

Institute of Electrical and Electronics Engineers.

Índice de Refracción (n)

Factor que expresa la reducción del valor de la velocidad de la luz en un material ópticamente denso (por ejemplo vidrio) con respecto al vacío.

IP

El Protocolo Internet (IP) es la implementación más popular de un esquema de direccionamiento de red jerárquico. IP es el protocolo de red que usa

Internet. IP determina la forma del encabezado del paquete IP (que incluye información de direccionamiento y otra

información de control) pero no se ocupa de los datos en sí (acepta cualquier información que recibe desde las capas superiores).

LAN

Red de datos de acceso local.

LEAF

LEAF (Large Effective Area Fiber) Es una fibra tipo NZDSF del fabricante Corning para redes de larga distancia en aplicaciones de alta capacidad y alta velocidad optimizada para aplicaciones DWDM y tecnologías de redes ópticas. Combina la baja atenuación y baja dispersión con una área efectiva de 32% más grande que las fibras convencionales.

LED

Diodo Emisor de Luz

LS

LS (Long Span) Fibra para tramos largos NZDSF para redes de larga distancia en aplicaciones de alta capacidad y alta velocidad optimizada para aplicaciones WDM.

LSI

Gran escala de integración

Modo

Distribución de la energía electromagnética en una fibra óptica la cual satisface las ecuaciones de Maxwell; trayectoria seguida por la luz en una fibra óptica.

Modulación de auto-fase

Es la modulación sobre su propia fase de la señal óptica cuando la intensidad de la señal láser es demasiado alta. Esta modulación ensancha o comprime la señal, dependiendo del signo (positivo o negativo) de la dispersión cromática

Modulación de fase cruzada

En este tipo de modulación en la fibra óptica la señal de un canal modula la fase del canal adyacente.

MOR

Es un repetidor óptico bidireccional de múltiples longitudes de onda (MOR Multiwavelength Optical Repeater).

MPLS

Multiprotocol Label Switching.

NE

Elemento de red.

NF

Figura de ruido de amplificadores.

NZDSF

Las fibras de dispersión corrida no cero NZDSF fueron diseñadas para operar cerca de la ventana de 1550 nm con una pequeña cantidad de dispersión.

OADM

Multiplexores ópticos de inserción extracción

OAM&P

Operación, Administración (Gestión). mantenimiento y aprovisionamiento.

OC-1

Contenedor óptico -nivel 1 que transporta una-velocidad de 51.84 Mb/s equivale al STM-O.

OC-3

Contenedor óptico nivel 3 que transporta una velocidad de 155.52 Mb/s equivale al STM-1.

OC-12

Contenedor óptico nivel 12 que transporta una velocidad de 622.08 Mb/s equivale al STM-4.

OC-48

Contenedor óptico nivel 48 que transporta una velocidad de 2488.32 Mb/s equivale al STM-16.

OC-192

Contenedor óptico nivel 192 que transporta una velocidad de 9953.28 Mb/s equivale al STM-64

OEM

Onda electromagnética.

OSA

Analizador de espectro óptico

OSC

Canal de supervisión óptica (OSC)

OSI

El modelo OSI es un modelo de 7 capas para redes de datos

O-SNCP

Protección óptica de conexión de subred.

OSNR

Relación señal a ruido óptica

O-SPRING

Anillo óptico de protección de canal compartido.

OXC

Sistema de enrutamiento óptico (Optical Cross Connect, OXC) para el encaminamiento de las señales hacia diferentes trayectorias en la red óptica

PDFFA

Amplificador de Fibra de Fluoruro Dopado con Praseodimio.

PDH

Jerarquía Digital Plesiocrona.

PFE

Equipo Alimentador de Potencia para cable submarino.

PIN

El fotodiodo PIN es el detector más utilizado en los sistemas de comunicación óptica. Es relativamente fácil de fabricar. altamente fiable, tiene bajo ruido y es compatible con circuitos amplificadores de baja tensión. Además, es sensible a un gran ancho de banda debido a que no tiene mecanismos de ganancia.

PMD

Dispersión del modo de polarización (PMD) ocurre cuando las dos polarizaciones ortogonales del pulso óptico viajan con diferentes velocidades, apareciendo un tiempo de retardo entre ellas conocido precisamente como PMD

Q3

La interfaz Q3 ó QB3 permite establecer conexión con el sistema operativo de gestión, se define como una compuerta de conexión, su función es el intercambio de mensajes con los canales de comunicación de datos (DCC) de la red de gestión a través de un protocolo.

RCDT

RCDT (Red Corporativa de datos Telmex) es la Red de Datos Corporativa utilizada para la transmisión de información de las aplicaciones críticas de negocio de la empresa.

Rejilla de difracción

Una rejilla de difracción es un dispositivo que refleja y refracta luz en cantidad variada de longitudes de onda, se construye básicamente por un espejo dentro del cual son grabados Surcos de un espacio extremadamente angosto, una distancia típica (d) es $0.8 \mu\text{m}$ (1200 líneas por mm).

Rejillas de fibra Bragg

Una rejilla de fibra Bragg se construye dopando apropiadamente una fibra con una sustancia como el germanio para posteriormente modificar el índice de refracción exponiéndola a luz ultravioleta. Si la exposición a la luz ultravioleta se realiza durante un patrón periódico, la fibra se convierte en una rejilla.

RF

Radio Frecuencia

Ruteador

Determina la mejor trayectoria para que un paquete de datos alcance su destino.

SDH

Jerarquía Digital Síncrona.

SLTE

Equipo terminal de línea submarina

SMF

Fibra monomodo dispersión normal.

SMF-28

SMF-28 (Single Mode Fiber) Fibra de dispersión normal para uso regional y local de telefonía y redes de televisión por cable esta fibra es fabricada por Corning.

SNR

Relación señal a ruido eléctrica.

SOA

Amplificador óptico de semiconductor basa su funcionamiento en la emisión estimulada de fotones por la recombinación de pares electrón-hueco en un semiconductor a través de la inyección directa de corriente suficiente para ser bombeada a una fibra óptica dopada con erbio.

SNMP

Protocolo-simple--de gestión de red

SRS

La SRS "Stimulated Raman Scattering" es la dispersión de luz por moléculas, en la cual la luz dispersada es desplazada de la luz entrante por una frecuencia característica de las moléculas.

STM-1

Módulo de transporte síncrono nivel 1 velocidad de 155 *Mb/s*

STM-16

Módulo de transporte síncrono nivel 16 velocidad de 2.5 *GB/s*

STM-256

Módulo de transporte síncrono nivel 256 velocidad de 40 *GB/s*

STM-4

Módulo de transporte síncrono nivel 4 velocidad de 622 *Mb/s*

STM-64

Módulo de transporte síncrono nivel 64 velocidad de 10 *GB/s*

TDM

Multiplexación por división de tiempo

Tera

Prefijo que significa 10^{12}

TIA

Telecommunications Industry Association

TCP

Protocolo de control de transferencia es un protocolo de la Capa 4 del modelo OSI (capa de transporte) ofrece un circuito virtual entre aplicaciones de usuario final.

TL-1

TLI (Transaction Language One - Lenguaje de transacción Uno) es un protocolo de comunicaciones que se usa para integrar alarmas, estados, controles, desempeños, pruebas y aprovisionamiento de información desde una red de telecomunicaciones. Este protocolo es un mensaje estilo ASCII diseñado para que la información pueda ser leída por personas al transferirla desde un elemento de red o un dispositivo de mediación a un sistema de operaciones. En Telmex se utiliza para transferir las alarmas desde los equipos PDH a la plataforma de gestión NMA.

Transponder

En este bloque se "colorean las señales de entrada", las técnicas pueden ser por conversión de longitud de onda o por combinación de longitud de onda.

WDM

Multiplexación por división de longitud de onda

WIXC

Es un WSXC con la facilidad añadida de traducir o cambiar la longitud de onda del canal a otra o de traducida a la misma longitud de onda incluso.

WSXC

Puede conmutar un subconjunto de longitudes de onda (canales) desde una fibra de entrada a una fibra de salida, requiere demultiplexación de las longitudes de onda de entrada.

Bibliografía

Fibras ópticas

Centro de óptica ITESM
Campus Monterrey
Conductores LATINCASA S.A. de C.V.
México 1993.

Curso Sobre El Sistema 8TR 695 Terminal Óptico AT&T

Centro de formación AT&T-NS-ES 1994.

Curso de Jerarquía Digital Síncrona SDH (básico)

Instituto Tecnológico de Teléfonos de México.
Junio, 1997.

Lightwave Fundamentals.

Hewlett Packard 1993.
Versión 1.1

Sistemas de Transmisión Síncronos: SDH

TELEDATA

Protection Switching Systems 1:1 and 1:N

ERICSSON Review.
February 1987.

Amplificadores Ópticos Utilizando Fibras Impurificadas con Erblio.

Joao Batista de Melo Ayres Neto
Revista Telebrás
Edición Tecnología
Agosto 1991.

Curso Supervisión Y Mantenimiento De Fibras Ópticas Para Líneas L.D.

Instituto Tecnológico de Teléfonos de México S.C.
Luis H. Sandoval Córdova.
Ing, Raúl Nazar.
Julio 1995.

Sistemas De Telecomunicación Vol. 1.

Transmisión por Línea y Redes.
José M. Hernando Rábanos.
2da Edición.
Madrid, España. 1991.

Criterios Prioritarios De Ingeniería Transmisión.

Teléfonos de México, S.A. de C.V.
Subdirección de Ingeniería y Normas.
Febrero 1993