

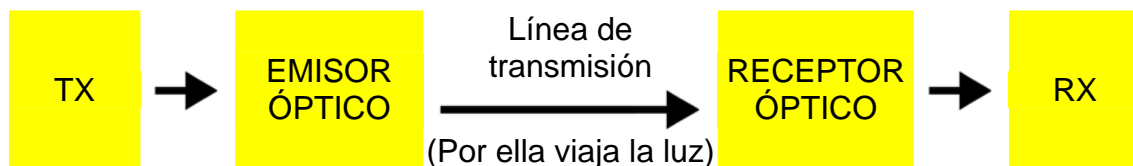
TEMA

Fibra óptica

Si hubiera que mencionar un único factor como el principal causante del elevado desarrollo que han tenido las comunicaciones telemáticas en los años recientes, ese factor sería sin duda las fibras ópticas.

La fibra óptica permite la transmisión de señales luminosas y es insensible a interferencias electromagnéticas externas. Cuando la señal supera frecuencias de 10^{10} Hz hablamos de frecuencias ópticas. Los medios conductores metálicos son incapaces de soportar estas frecuencias tan elevadas y son necesarios medios de transmisión ópticos.

Composición de un sistema de comunicación basado en fibra óptica:



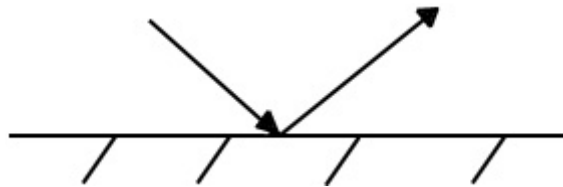
La fibra óptica es el medio aconsejado por la ISO y la EIA/TIA para la realización de troncales en los sistemas de cableado. Su inmunidad a las perturbaciones electromagnéticas y sus características de transmisión de la señal la convierten en un soporte ideal de las transmisiones o alto régimen tanto para las conexiones entre edificios, como para la conexión de los puestos de trabajo ("fiber to desk").

Recordemos que tanto el teorema de Nyquist como la ley de Shannon-Hartley establecen que la capacidad de un canal viene limitada por su ancho de banda, que a su vez está limitada por la frecuencia de la señal portadora. Así pues, si queremos aumentar la capacidad deberemos subir la frecuencia portadora; siguiendo por este camino llegamos a la luz visible. Sólo necesitamos tres elementos: un emisor, un medio de transmisión, y un detector. El emisor transmite un bit por baudio, es decir, tiene dos estados posibles: un pulso de luz representa un 1 y la ausencia de pulso un 0. El medio de transmisión es una fibra de vidrio ultrafina (de unas pocas micras de diámetro). El detector genera un pulso eléctrico cuando recibe luz. La transmisión por fibra óptica siempre es simplex; para conseguir comunicación full-duplex es necesario instalar dos fibras, una para cada sentido.

Para conseguir que la luz que sale del emisor sea 'capturada' por la fibra hasta su destino y no se pierda por difusión hacia el exterior se aprovecha una propiedad de las ondas conocida como reflexión, consistente en que cuando una onda pasa de un medio a otro es parcialmente reflejada hacia el primero (como si se tratara de un espejo); la proporción en que la onda se refleja depende de los índices de refracción de ambos medios (una propiedad física característica de cada material relacionada con la velocidad de la luz en ese medio) y del ángulo de incidencia, a mayor ángulo mayor reflexión (el ángulo se mide referido a una línea perpendicular a la superficie de separación de ambos

medios); cuando la luz pasa de un medio con mayor índice de refracción a uno con menor índice existe un ángulo de incidencia, conocido como ángulo límite, por encima del cual la luz se refleja totalmente. Así, si el rayo de luz incide de forma suficientemente longitudinal en la fibra como para no superar el ángulo límite 'rebotará' y quedará 'atrapado' en la fibra, pudiendo así viajar grandes distancias sin apenas pérdidas. Si la fibra fuera un simple hilo de vidrio la superficie exterior actuaría como superficie de reflexión, aprovechando que el aire tiene un menor índice de refracción que el vidrio, pero esto requeriría tener controlado el entorno exterior para asegurar que la fibra siempre está rodeada de aire, lo cual es casi imposible; en su lugar lo que se hace es utilizar dos fibras concéntricas, la interior con un índice de refracción mayor transporta la luz, y la exterior actúa como 'jaula' para evitar que ésta escape.

Fenómeno de reflexión: Es el reenvío de la luz por parte de la superficie en la que incide la misma.



Fenómeno de refracción: Es la desviación que sufren los rayos luminosos al atravesar la superficie que separa dos medios transparentes.

Se han llegado a efectuar transmisiones de decenas de miles de llamadas telefónicas a través de una sola fibra, debido a su gran ancho de banda. Otra ventaja es la gran fiabilidad, su tasa de error es mínima. Su peso y diámetro la hacen ideal frente a cables de pares o coaxiales. Normalmente se encuentra instalada en grupos, en forma de mangueras, con un sistema de protección y soporte frente a las tensiones producidas. Su principal inconveniente es la dificultad de realizar una buena conexión de distintas fibras con el fin de evitar reflexiones de la señal, así como su fragilidad.



Principales características:

- Gran ancho de banda.
 - Más datos en un cable de pequeño diámetro y bajo peso.
- Bajas pérdidas.
 - Atenuación débil.
 - Idóneo para transmisión a largas distancias.
- Sin problemas de toma de tierra.
- Inmunidad contra las perturbaciones electromagnéticas.
- Sin diafonía.
- Seguridad eléctrica
 - Idónea para ambientes explosivos o con riesgo de transmisión eléctrica.
- Seguridad de los datos.
 - Discreción e inviolabilidad de la conexión (alta seguridad).
 - No puede ser "pinchada" sin cortar la fibra y sin que sea detectado.
- Resistencia a la corrosión.
- Larga duración.
- Peso ligero.
 - El vidrio pesa menos que el cobre.
- Tamaño reducido.
 - A igualdad de capacidad de comunicación con respecto al cobre, se minimiza el espacio requerido.

Los mitos de la fibra óptica

- La fibra es muy frágil.
- La fibra es muy complicada de instalar.
- La fibra es muy cara.
- La fibra no puede llegar a el puesto de trabajo.

Su mayor desventaja es su coste de producción superior al resto de los tipos de cable, debido a necesitarse el empleo de elementos de alta calidad y la fragilidad de su manejo en producción. La terminación de los cables de fibra óptica puede requerir un tratamiento especial que ocasiona un aumento de los costes de instalación, si bien cada vez es más fácil y económico realizar la conectorización de fibra óptica.

Composición

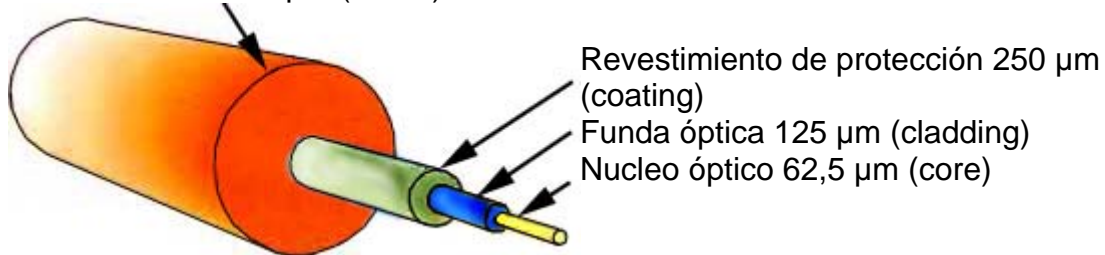
La composición del cable de fibra óptica consta de un núcleo, un revestimiento y una cubierta externa protectora. El núcleo es el conductor de la señal luminosa y su atenuación es despreciable. La señal es conducida por el interior de éste núcleo fibroso sin poder escapar de él debido a las reflexiones internas y totales que se producen, impidiendo tanto el escape de energía hacia el exterior como la adición de nuevas señales externas.

Los 3 componentes de la fibra óptica son:

1. El núcleo óptico (core). Es la parte mas interna de la fibra (n_1) y donde se propagan las ondas ópticas. Posee un alto índice de refracción y está realizado en sílice, cuarzo fundido o plástico. La señal es conducida por el interior de éste núcleo sin poder escapar de él debido a las reflexiones internas y totales que se producen, impidiendo tanto el escape de energía hacia el exterior como la adicción de nuevas señales externas. Su atenuación es despreciable. Diámetro: 8,1 μm para la fibra monomodo y 50 μm o 62,5 μm para la fibra multimodo.
2. La funda óptica (Cladding), recubrimiento o capa intermedia (n_2). Sirve para confinar las ondas ópticas en el núcleo. Generalmente de los mismos materiales que el núcleo pero con aditivos que le otorgan un índice de refracción ligeramente mayor.
3. El revestimiento de protección (coating), primera protección o revestimiento. Es una envoltura generalmente de plástico que aísla las fibras y evita que se produzcan interferencias entre fibras adyacentes, a la vez que le proporciona protección mecánica.

En el caso de fibras de estructura ajustada existe una segunda protección (buffer).

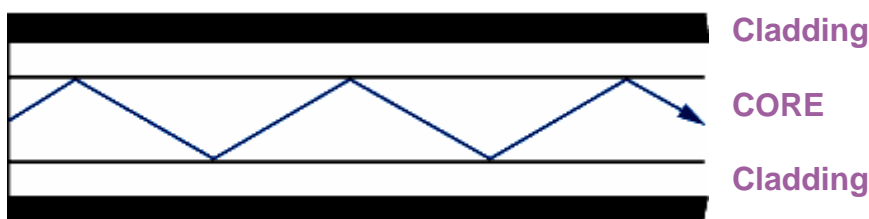
Funda exterior 900 μm (buffer)



Las fibras se especifican indicando el diámetro de la fibra interior y exterior; las fibras multimodo típicas son de 50/100 y 62,5/125 micras (que significa diámetro interior de 62.5 y exterior de 125 micras); a título comparativo diremos que un cabello humano tiene un diámetro de 80 a 100 micras.

Transmisión en la fibra

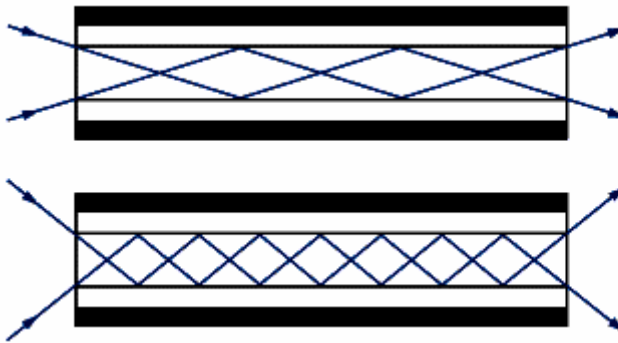
- La luz inyectada en el núcleo se va reflejando en el interface formado por el núcleo y el recubrimiento siempre que $n_1 > n_2$.
- Si el ángulo de incidencia es mayor que el crítico, la luz se propaga por el interior del núcleo. Si por el contrario es menor, atraviesa el Cladding y se pierde.
- Importante el fenómeno de la dispersión. Limita el ancho de banda.



Definiciones:

Apertura numérica:

- Define que rayos van a ser propagados y cuales no.
- NA es el tamaño de la puerta de entrada de la fibra óptica.
- Se forma un cono a la entrada de la fibra. Los rayos interiores al cono se propagan, los exteriores no.
- Un mayor NA inyecta mas luz en la fibra.
- Un mayor NA aumenta la dispersión modal
- (Ejemplo de reflejo sobre una superficie de agua)



Atenuación:

Es un parámetro que nos da indicación de la potencia luminosa que se pierde a lo largo de la fibra debida a:

- Difusión de la luz.
- Deformaciones mecánicas del silicio.
- Absorción de luz por la propia fibra.

$A = 10 \log P_2 / P_1$ (dB)
 dB_w ($10 \log P / 1w$)
 dB_m ($10 \log P / 1mw$)
 dB/Km (Es la unidad de medida del coeficiente de atenuación en la fibra óptica)

Ventanas de transmisión:

Definición de ventanas: Son longitudes de onda con una atenuación extremadamente reducida:

- Primera ventana: 850nm (Led, cortas distancias y multimodo).
- Segunda ventana: 1310nm (Láser, distancias medias y multimodo/monomodo)
- Tercera ventana: 1550 nm (Láser, largas distancias y monomodo)

- Cuarta ventana: 1625 nm (Láser y monomodo. En fase de pruebas)

Perfil de índice:

Perfil de índice: Variación del índice de refracción en el diámetro de la sección de fibra óptica.

Su forma condiciona el camino que van a seguir los diferentes rayos.

Tipos de fibra. Fibra monomodo y multimodo

La luz ambiental es una mezcla de señales de muchas frecuencias distintas, por lo tanto no es una buena fuente para ser utilizada en la transmisión de datos, para este envío de información se requieren medios mas especializados como los siguientes:

- Fuentes láser: Es una fuente luminosa de alta coherencia que produce luz de una única frecuencia y toda la emisión se produce en fase.
- Diodos láser: Son una fuente semiconductor de emisión de láser de bajo precio.
- Diodos LED (Light-Emitting Diode): Son semiconductores que producen luz normal no coherente cuando son excitados eléctricamente.

Teniendo en cuenta lo anterior existen básicamente dos sistemas de transmisión de datos por fibras ópticas: los que utilizan diodos láser y los que utilizan LEDs.

En los sistemas que utilizan luz láser la transmisión de un pulso de luz (equivalente a un bit) genera un único rayo de luz coherente. Se dice que la luz se transmite en un sólo modo, por lo que a la fibra que se utiliza se le denomina monomodo.

En los sistemas que utilizan LEDs la transmisión de un pulso de luz genera múltiples rayos de luz, pues se trata de luz normal no coherente; se dice que cada uno de estos rayos tiene un modo y a la fibra que se utiliza para transmitir luz de emisores LED se la denomina fibra multimodo.

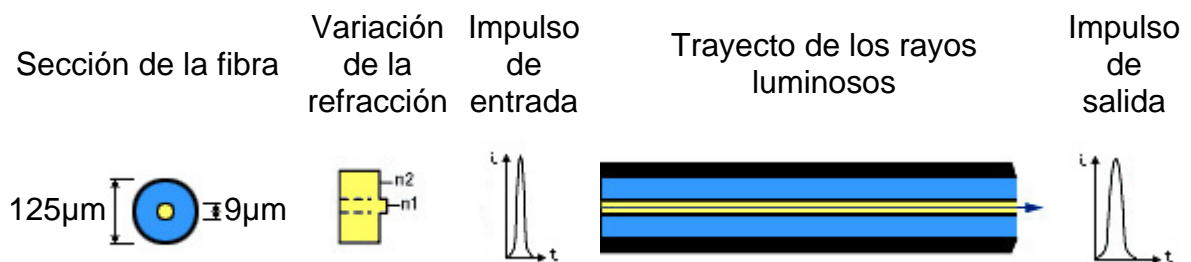
Desde otro punto de vista, uno de los parámetros más característicos de las fibras es su relación entre los índices de refracción del núcleo y de la cubierta, que depende también del radio del núcleo y que se denomina frecuencia fundamental o normalizada; también se conoce como apertura numérica y es adimensional. Según el valor de este parámetro se pueden clasificar los cables de fibra óptica las dos clases antes comentadas, monomodo y multimodo.

Considerando lo anterior actualmente se utilizan tres tipos de fibras ópticas para la transmisión de datos:

		Perfil del índice	Pulso de entrada	Pulso de salida
Monomodo, salto de índice o índice escalonado Ancho de banda superior a los 10GHz/km.				
Multimodo, índice gradual Ancho de banda entre 100 y 1000 MHz/km.				
Multimodo, salto de índice ó índice escalonado Ancho de banda de unos 50 MHz/km.				

Fibra monomodo

Los diodos láser emiten luz coherente, hay un único rayo y la fibra se comporta como un guía-ondas; la luz se propaga a través de ella sin dispersión; la fibra utilizada para luz láser se llama fibra monomodo. Las fibras monomodo se utilizan para transmitir a grandes velocidades y/o a grandes distancias. La fibra interior (la que transmite la luz) en una fibra monomodo es de un diámetro muy pequeño, de 8 a 10 micras (del mismo orden de magnitud que la longitud de onda de la luz que transmite); una fibra monomodo típica es la de 8,1/125 micras.



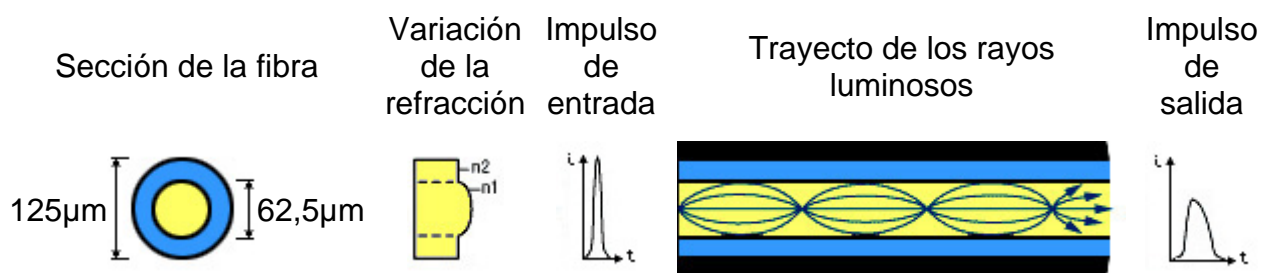
Un único modo, llamado fundamental, se propaga en el interior de la fibra, mas allá de una longitud de onda de corte ($1,2 \mu\text{m}$). El ancho de la banda es superior a 10GHz/km. El diámetro del núcleo ($9 \mu\text{m}$) y la abertura numérica son tan débiles que los rayos luminosos se propagan en paralelo con tiempos de trayectos similares. Este tipo de fibra se utiliza sobre todo en los servicios telefónicos para largas distancias.

- Nodo 9-10 micras
- Láser con longitud de onda de 1300-1550 nm
- Perdidas por coeficiente de atenuación típica a 1310 nm:
 - 9/125: 0,4 dB/Km.
- Usado en telefonía, CATV y en general largas distancias.

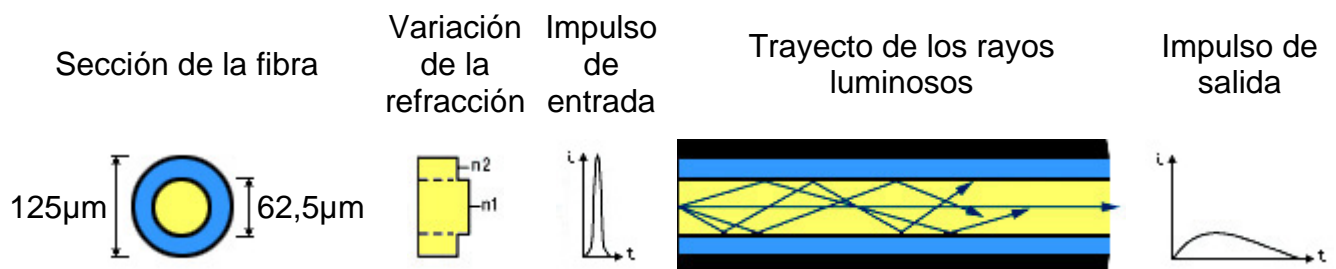
Fibra multimodo a índice graduado

El índice de refracción núcleo/funda presenta una curva parabólica con un máximo en torno al eje. Los rayos luminosos siguen un trayecto sinusoidal. El ancho de banda está comprendido entre 600 y 3000MHz/km. Los diámetros más frecuentes son 62,5 μm y 50 μm . La fibra multimodo es la más utilizada para las redes privadas.

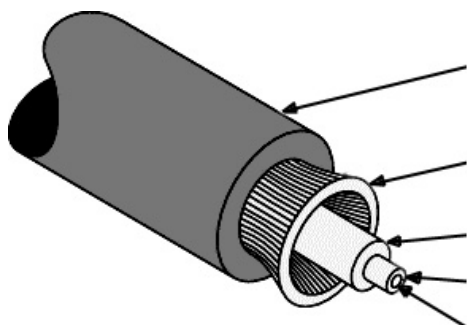
- Nodo 50-62,5 micras
- LED con longitud de onda de 850 - 1300 nm
- Perdidas por coeficiente de atenuación típica a 850 nm:
 - 62,5/125: 3,5 dB/Km.
 - 50/125: 3 dB/Km
- Uso en LANs



Fibra multimodo a índice escalonado



Cables de fibra óptica



Chaqueta,
 normalmente en
 PVC (Jacket)
 Strengthening
 Material
 (Aramid Yarn)
 Buffer
 Cladding
 Nucleo (Core)

Estructura holgada y estructura ajustada

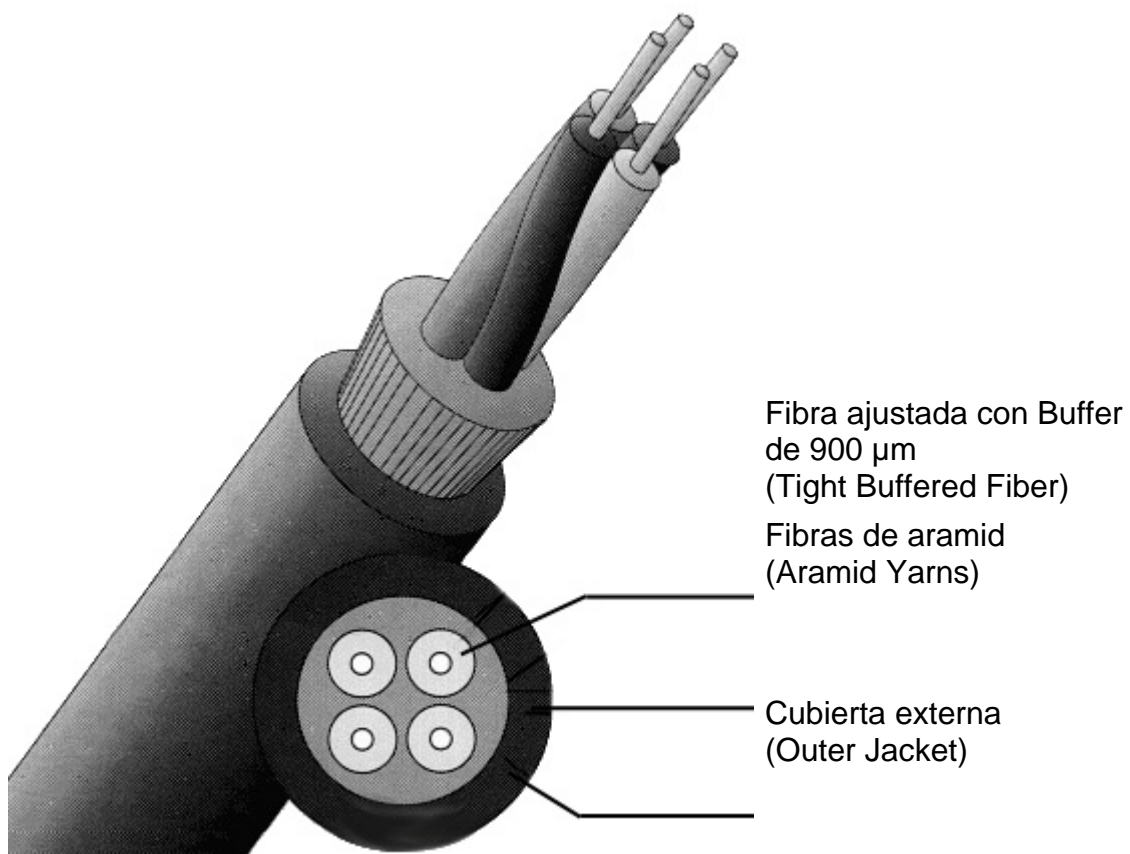
Estructura ajustada

En los cables de estructura o construcción ajustada (Tight Buffered) la funda plástica está directamente aplicada sobre la funda óptica. Este tipo de estructura refuerza mecánicamente la fibra y le da la flexibilidad necesaria para la fabricación de latiguillos o para la instalación de cables en el interior de los inmuebles.

- Fibra de 250 μm con cubierta de 900 μm
- Sencillez de terminación con conectores ST/SC
- Más cara

Aplicaciones:

- Aplicaciones de interior.
- Interior/externo entre edificios en cortas distancias y ambientes no hostiles.



Estructura holgada

En los cables de estructura o construcción holgada (Loose Tube) se colocan una o más fibras libres en el interior de un tubo. Este tipo de fibra se utiliza sobre todo para las conexiones entre edificios.

- Fibra de 250 μm directamente en tubos, con y sin relleno de gel
- Más barata

Aplicaciones:

- Aplicaciones de Exterior
- Ambientes hostiles (Protección contra roedores, humedad, aplastamiento ...)
- Cables aéreos

Tipos de fibras

- Monomodo 9/125
 - Telecoms, video o datos con alto ancho de banda
- 50/125
 - Diferentes anchos de banda
 - 300/600MHz
 - 400/800MHz
 - 600/1200MHz
 - Utilizado ampliamente en Alemania
- 62.5/125
 - Diferentes anchos de banda
 - 160/200MHz
 - 160/500MHz
 - 200/600MHz

Cable Simplex

- Una fibra Monomodo o Multimodo
- Aramida
- Cubierta LSZH
- Diferente diámetro
 - 2,5mm
 - 2,8mm
 - 3,0mm
- Utilización: Patch cords y pigtails



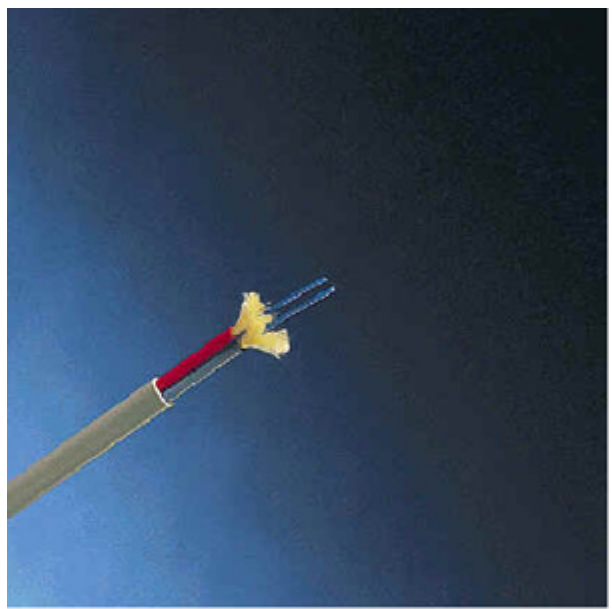
Zip Twin Cable

- Dos fibras Monomodo o Multimodo
- Aramida
- Cubierta LSZH
- Diferente diámetro
 - 2,5mm
 - 2,8mm
 - 3,0mm
- Utilización: Patch cords y pigtails



Cable Flat Twin

- Dos fibras simplex SM o MM
- Cubierta exterior LSZH
- Diferente diámetro
 - 2,5mm
 - 2,8mm
 - 3,0mm
- Utilización: Patch cords o FTTH



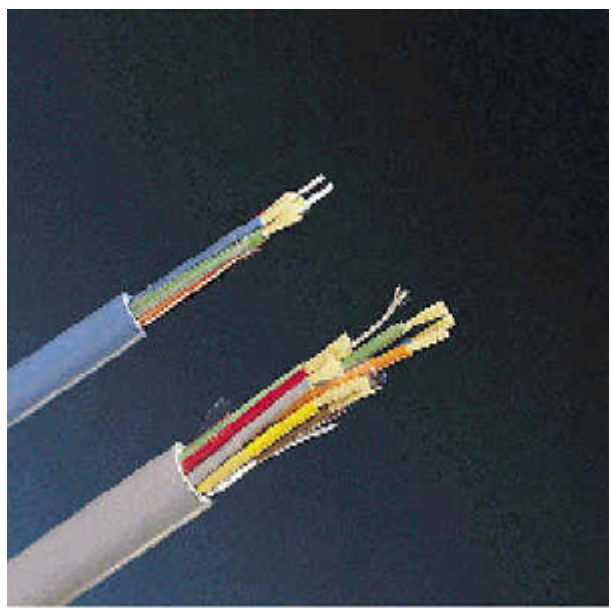
Cable de Distribución de Oficina (ODC)

- De 2 a 48 fibras SM or MM
- Cables mixtos SM/MM
- Aramida o antirroedor
- Cubiertas LSZH o ULSZH
- Utilización : Distribución de Oficinas o troncales



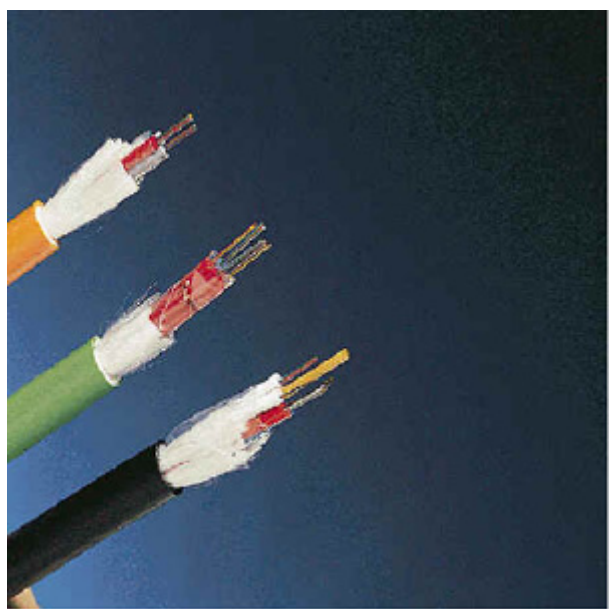
Cable Breakout

- De 4 a 18 fibras SM or MM
- Cables mixtos SM/MM
- Cubierta interior de 2.5mm
- Cubierta LSZH
- Utilización: Vertical



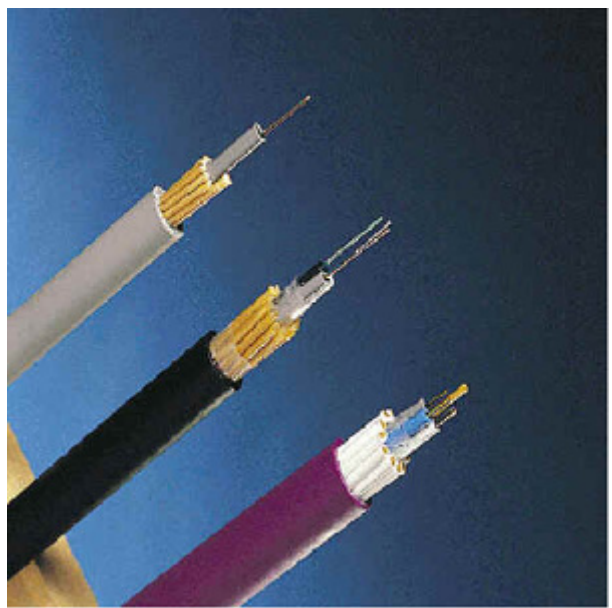
Cable Loose Tube

- De 2 a 288 fibras SM o MM
- Cables mixtos SM/MM (diferentes tubos)
- 2.8mm o 4mm
- Con o sin gel
- Simple, twin, trio, quad...
- Aramida o antirroedor
- Cubiertas LDPE, HDPE, LSZH, ULSZH u Orgalloy
- Utilización : Exterior. Tubos o conductos



Cable Armado, No Metálico GRP

- De 2 a 144 fibras SM o MM
- Cables mixtos SM/MM (diferentes tubos)
- 2.8mm o 4mm
- Con o sin gel
- Simple, twin, trio, quad...
- Varillas GRP resistentes al aplastamiento
- Cubiertas LDPE, HDPE, LSZH, ULSZH u Orgalloy
- Utilización: Exterior, enterrado directo o aéreo.



Cables Metálicos Armados

- Armadura de hilo de acero
- Cinta de Acero Corrugado
 - Cubierta simple
 - Cubierta doble



GRP frente a Cables Metálicos

- Más pequeños, más ligeros, más flexibles, pero con alta resistencia a la tensión y el aplastamiento
- Menor peso = Más barato de transportar y menores bobinas
- Completamente dieléctricos, los cables metálicos no son utilizables para aplicaciones de tendido aéreo. GRP Si.
- Aspectos Electromagnéticos, si los cables metálicos están cerca de campos electromagnéticos hay calentamiento de los componentes metálicos.
- Problema de tierras en los cables metálicos, necesitan la misma tierra a ambos lados del cable metálico.
- GRP disponible en HDPE, ULSZH u Orgalloy

Algunas siglas utilizadas para cubiertas de cables.

- KP: Aramida/fibra de vidrio y Polietileno.
- PKP: Polietileno, aramida/fibra de vidrio y polietileno.
- SP: Acero y Polietileno.
- PSP: Polietileno, acero y polietileno.
- ESP: Cinta de acero corrugado y polietileno.
- PESP: Polietileno, cinta de acero corrugado.
- -R: Relleno de gel (Petrolato).

Fibra plástica

- Emplea el mismo fundamento de transmisión pero sobre fibra de plástico en lugar de silicio.
- Altas atenuaciones.
- Se emplea en multimodo en dispersión.
- Las fuentes de luz pueden ser poco sofisticadas.
- Se emplean también en aplicaciones de decoración sustituyendo al neón.

Estructuras más utilizadas

FO interior (62,5/125)

Generalmente en estructura ajustada, constituida por una funda exterior redonda, este cable puede contener de 2 a más de 40 fibras en estructura

holgada o ajustada, permitiendo la conexión directa de los conectores (principio Break-Out).



Latiguillo (Duplex estructura ajustada) Interior (Estructura ajustada) Exterior (Estructura holgada)


FO exterior (62,5/125)

Generalmente en estructura holgada, este cable está constituido por una funda externa de polietileno y destinada a la conexión entre edificios.

Los diversos tipos de fibra pueden servirse con fundas específicas para la utilización exterior, en medios químicamente perturbados y con armaduras antiroedores.

Herramientas para preparación de la fibra



Tijeras cerámicas	
Peladoras de protección.	
Cortadoras. <ul style="list-style-type: none"> • Cortadoras manuales. • Cortadoras de precisión. 	

Conectores y empalmes

Las conexiones entre dos fibras pueden ser:

- por colocación de conectores, pérdidas típicas $< 0,5$ dB.
- por empalmes mecánicos (por alineamiento de las fibras), pérdidas típicas $< 0,2$ dB (el elemento mecánico lleva un gel igualador de índice que suple la falta de contacto físico entre los dos extremos)
- por soldadura (fusión mediante un arco voltaico), pérdidas típicas $< 0,05$ dB

Los conectores ofrecen máxima versatilidad pues pueden ser manipulados a voluntad por cualquier persona y se utilizan para interconectar dos fibras, o para conectar una fibra a un equipo; sin embargo introducen una pérdida de la señal de un 10% aproximadamente (0,5 dB). El empalme consiste en unir y

alinearse los extremos con cuidado; pierde un 5% de señal (0,2 dB) y lo puede realizar en unos cinco minutos una persona entrenada. La soldadura o fusión tiene una pérdida de señal muy pequeña (<0.05 dB), pero ha de llevarla a cabo un técnico especializado con equipo altamente sofisticado.

Formas de conectorización

- Conectorización directa:
 - Por medios manuales sin epoxy
 - Con pulido.
 - Sin pulido.
 - Por medios manuales con epoxy
 - Por medios mecánicos con epoxy.
- Conectorización en laboratorio:
 - Por medios mecánicos con epoxy.
 - Se montan en:
 - **Latiguillo, jumper o cordón** (1 conector en cada extremo de un minicable de 1, monofibra, o 2, bifibra, fibras ópticas).
 - **Pigtail o rabillo** (1 conector en un extremo más un minicable de 1 fibra óptica)
 - **Multilatiguillo, multijumper** (1 conector en cada extremo de un cable de "X" fibras ópticas).
 - **Multipigtail o multirrabillo** (1 conector en un extremo más un cable de "X" fibras ópticas)

En el caso de conectorización en laboratorio para colocar el conector (caso monomodo) es necesario fusionar un pigtail con la fibra a la que se va a dar continuidad.

- Ventajas
 - Reducidas pérdidas de inserción y altas pérdidas de reflexión.
- Inconvenientes:
 - Requiere el uso de máquinas de empalme por fusión (robustez mecánica) o empalme mecánico (frágil pero idóneo para reparaciones rápidas)

(El epoxy es un adhesivo que puede secar por calor o por contacto con el aire.)

Conectores de fibra óptica



Partes de un conector:

- Cuerpo: Sirve para dar la fijación mecánica del conector al adaptador.

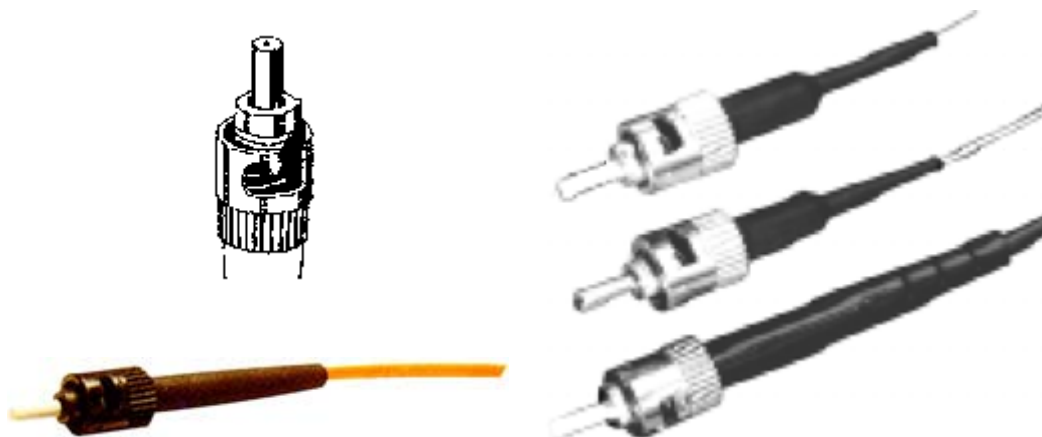
- Diferentes materiales: Plástico y metálico típicamente.
- Ferrule: Sirve para ubicar la fibra en su interior para su guiado y fijación.
 - Tolerancia crítica.
 - Diferentes tipos según material utilizado (plástico, metal, cerámico, cerámico tipo zirconio)
- Casquillo: Sirve para dar cuerpo interior y se ajusta a la aramida.
- Boot: Parte final que le da flexibilidad a la fibra para que no rompa.
- Tapón: Para evitar suciedad en la fibra.



Existen varios tipos de conectores que permiten conectar una o dos fibras a la vez. Los más utilizados son:

ST (marca registrada de AT&T) (ST=Straight Tip)

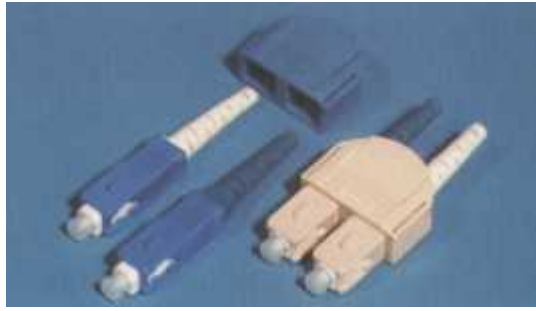
Fue el conector más popular para las redes multimodo. Es un conector de tipo bayoneta con un ferrule cilíndrico. Pueden tener el ferrule cerámico, metálico o plástico. El diámetro de la ferrule es de 2'5 mm'. Son fácilmente reconocibles por su cuerpo recubierto con un aro, con perfil helicoidal, de bloqueo a entalladura.



La atenuación nominal de estos conectores es de 0,5dB.

SC (SC=Suscriber Connector)

Es el conector especificado por las normativas internacionales y por EIA/TIA 568 , tiene un coste más elevado que el conector ST, pero compensa por la facilidad de uso. Se trata de un conector de presión disponible en configuración simplex y dúplex. El diámetro de la ferrule es de 2'5 mm. Los conectores están provistos de un sistema de cierre por simple presión con trinquete, del tipo "push-pull".



FC

Fue uno de los más populares conectores monomodo en los últimos años, utilizado por Telefónica y otras compañías telefónicas. Hay que tener la precaución de alinearlo en la ranura llave antes de fijarlo. La fijación se efectúa roscando el conector sobre la hembra correspondiente.



LC

Es un conector desarrollado por Lucent con formato RJ45. Presenta polarización. Existen versiones simplex y duplex y pueden colocarse en paneles RJ45 estándar.



D4

Es un conector de presión y fijación por rosca empleado normalmente en aplicaciones monomodo.



MU

Es un conector de presión y fijación por click, con versiones simplex y duplex.



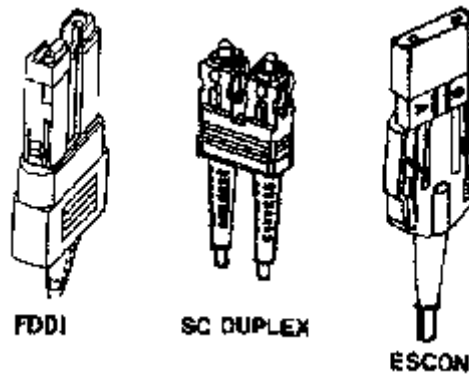
DIN

Es un conector que cumple con la norma DIN 47256 empleado en aplicaciones monomodo y multimodo. Tiene cuerpo metálico y la ferrule suele ser de tipo cerámico.

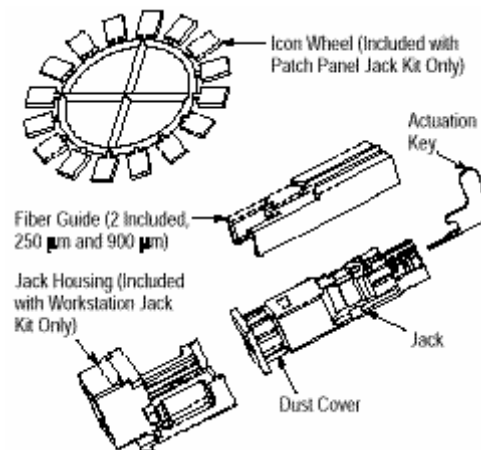


Otros

Pueden existir otros conectores como los SC-Dúplex, los FDDI, los ESCON (registrados por IBM), aparte de los bicónicos, SMA's, mini BNC etc..



MT-RJ



Los más utilizados son el ST y el SC que cumplen las normativas EIA/TIA e ISO 11801. Aunque las normativas recomienden la utilización del conector SC para las instalaciones nuevas, este no es muy apreciado por los instaladores y los fabricantes de productos de red.

El comité EIA/TIA TR-41.8.1 trabaja para la validación de un nuevo conector FO que vendría a substituir los conectores ST y SC.

Los conectores dúplex permiten conectar dos fibras a otras dos fibras (ex: FDDI o ESCON).

Los cables "laighRay" pueden ser conectados mediante conectores rectangulares del tipo MT que permiten conectar varias fibras en una única operación.

La realización de conexiones de fibra óptica es ahora fácil con la utilización de conectores preencolados, (quickshot o Hot-Melt), por la utilización de pinzas para engastar (LightCrimp) que evitan la manipulación de pegamentos, jeringuillas, etc.

Características de los conectores

Bajas pérdidas si:

- Buen alineamiento

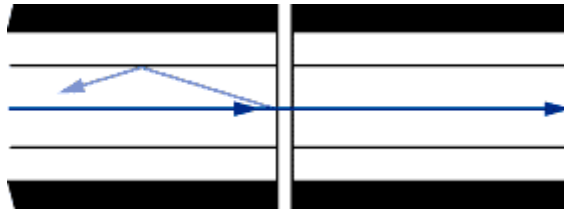
- Tolerancia en el conector
- Tolerancia en la fibra (excentricidad)
- Diferentes tipos de fibras
- Pulido correcto. Reflexión

Pérdidas de inserción:

$$P_i = 10 \log (P_{\text{salida}}/P_{\text{entrada}})$$

Pérdidas de reflexión:

$$R = 10 \log (P_{\text{reflejada}}/P_{\text{emitida}})$$



Tipos de pulido

Existen distintos tipos de pulido :

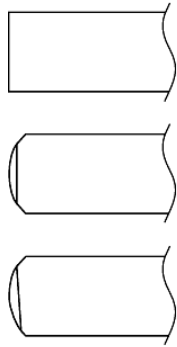
- Plano
- PC: (Physical contact). El ferrule viene con un prepulido esférico convexo
- SPC: Pulido super PC para fibras ópticas monomodo
- APC: Pulido angular. El eje está desviado un ángulo de 8° con objeto de aumentar las pérdidas de retorno.

Los pulidos más usuales en fibras ópticas multimodo son: Plano y PC

Los pulidos más utilizados en monomodo son: PC, SPC y APC

Pérdidas de retorno en los distintos tipos de pulidos:

- PC: >-30dB
- SPC: >-40dB
- Ultra PC >-50dB
- APC >-60 dB



Pulido
Plano

Pulido
PC

Pulido
APC

Tipos de conectorización directa

- Con epoxi
- Crimpado con pulido. Mejores prestaciones (Ej: Light Crimp)
- Crimpado sin pulido.(Ej: Light Crimp Plus)

Conectorización en fábrica

Conectorización en laboratorio:

Requiere máquina de pulido automático para dar el acabado adecuado a los conectores.

Tipos de pulido PC, SPC,UPC, APC.



Adaptadores de fibra óptica

- Se emplean para las transiciones entre dos conectores
 - Del mismo tipo.

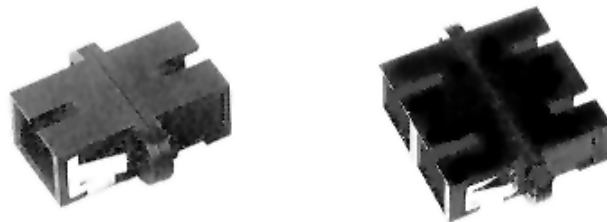
- Diferente tipo: Híbridos.
- Se deben apuntar conectores con igual tipo de pulido.
- Requieren una tolerancia reducida (sobre todo en monomodo) para evitar pérdidas:
 - Tolerancia en su diámetro.
 - Tolerancia en distancia entre ferrules.

Tipos de adaptadores

Existe un tipo específico de adaptador en función del conector que se pretende conectar.

No se debe utilizar un adaptador multimodo para fibra monomodo. (Tolerancias pueden ocasionar pérdidas de inserción elevadas)

SC/SC



Simple

Duplex

FC/FC



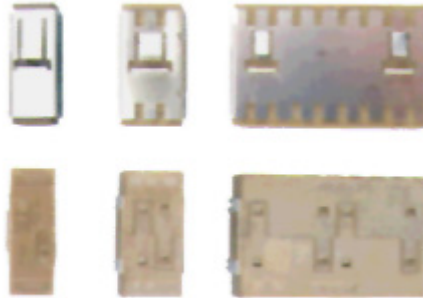
ST/ST



LC/LC



MU/MU



Híbridos



Pérdidas en adaptadores

Son originadas por:

- Salto entre terminaciones.
 - La luz se pierde por el "gap" entre terminaciones aumentando las pérdidas de inserción y las pérdidas de retorno.
- Mal alineamiento angular:
 - El ángulo de entrada del rayo incide en la fibra contraria originando una dispersión de la señal.
- Mal alineamiento lateral:
 - Ocasiona unas altas pérdidas que en el caso de monomodo pueden suponer unas pérdidas críticas.
- Suciedad:
 - Es crítica la limpieza de la ferrule y si es necesario conviene usar un kit de limpieza de los mismos.
- Diferente tamaño de los núcleos enfrentados:
 - Se deben enfrentar núcleos de igual diámetro ya que distintos diámetros pueden generar pérdidas o "ganancias".

Códigos de colores para conectores y adaptadores

- Beige: Se emplea normalmente para conectores y adaptadores multimodo SC.
- Negro: Se emplea normalmente para conectores y adaptadores monomodo FC, con pulido PC, SPC y UPC.
- Azul: Se emplea para pulidos PC, SPC y UPC, para conectores y adaptadores monomodo SC
- Verde: Se emplea para pulido APC en conectores y adaptadores monomodo SC.

Conectores AMP LightCrimp ST y SC sin Epoxy y con pulido

Características generales:

- Conforme con TIA/EIA-568-B.3.
- Para uso con fibra monomodo y multimodo.
- Simplemente crimpar la fibra y pulir.
- Sin epoxy ni adhesivos.
- Tiempo de ensamblaje corto, terminación en 2 minutos.
- Reducido tiempo de pulido.
- Bajo costo de instalación.
- Ninguna necesidad de curar en horno o de suministro eléctrico.
- Funcionamiento óptimo sobre una gama amplia de temperaturas.

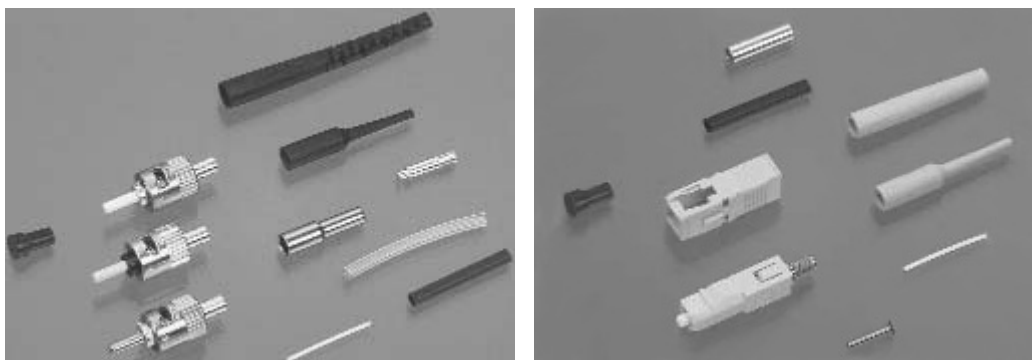
Características específicas:

- Pérdida de inserción (Insertion Loss) 0.4 dB Típica.
- Rango de temperatura -40° a 65° C.
- Durabilidad 500 ciclos.

Hojas de instrucciones

SC	408-4066
ST	408-9860

Conectores



Estilo	Tipo de Fibra	Ferrule	Código AMP
--------	---------------	---------	------------

ST	Multimodo	Polímero	492168-1
ST	Multimodo	Acero inoxidable	504034-1
ST	Multimodo	Cerámico	504001-1
ST	Monomodo	Cerámico	504000-1
SC Simple	Multimodo	Cerámico	503692-1
SC Doble	Multimodo	Cerámico	503693-1

Equipos de terminación



Equipos de terminación LightCrimp para ST		
Descripción		Código AMP
Equipo de terminación	sin microscopio	503330-1
	con microscopio Premium	503330-2
	con microscopio de bolsillo	503330-3
Mini-equipo de herramientas		492322-1

Equipos de terminación LightCrimp para SC		
Descripción		Código AMP
Equipo de terminación	sin microscopio	503706-1
	con microscopio Premium	503706-2

Equipos de terminación combinados LightCrimp ST y SC		
Descripción		Código AMP
Equipo de la terminación	sin microscopio	503957-1
	con microscopio Premium	503957-2

	con microscopio de bolsillo	503957-3
Equipo de terminación Mini-Combo		492543-1
Herramienta universal de corte LightCrimp		503705-1

Equipos de terminación AMP LightCrimp

Equipo de terminación para ST (503330)

Maleta de transporte	-
Placa de pulido	501197-1
Crimpadora XTC/NeXTC	492623-1
Pelacable	1278531-1
Cortafibra universal	503705-1
Tijeras	501014-1
Peladora combinada (cable/fibra)	1278947-1
Pelafibra de 203 um (0,008 pulgadas)	492109-2
Hoja de pulido de 0,3um (10)	228433-5
Hoja de pulido de 5um (10)	228433-8
Diagrama de partes (2 hojas)	905105-1
Platillo de pulido metálico	503337-1
Almohadilla de pulido redonda	501523-1
Almohadilla de pulido rectangular	504584-1
Platillo de pulido plástico blanco	503304-1
Platillo de pulido plástico beige	503304-2
Plantilla de preparación XTC/NeXTC	503574-1
Trípode	502965-1
Microscopio W/10X	502978-1

Mini-equipos de terminación para ST (492322)

Almohadilla de pulir blanca	501523-2
Maletín flexible de nailon negro	492323-1
Crimpadora W/DIESET	492623-1
Plantilla	503574-1
Platillo de pulido	503337-1

Cortafibra universal	503705-1
Almohadilla de pulir negra	504584-2
Placa de pulido	501197-3

Equipo de terminación para SC (503706)

Maletín de transporte	-
Platillo de pulido	501197-1
Crimpadora W/DIESET	492782-1
Pelacable	1278531-1
Cortafibra universal	503705-1
Tijeras	-
Plantilla de preparación	503694-1
Almohadilla de pulido	504584-1
Hoja de pulido de 0,3um (10)	228433-5
Hoja de pulido de 5um (10)	228433-8
Platillo de pulido de plástico	502631-1
Platillo de pulido de metal	503787-1
Peladora combinada (cable/fibra)	1278947-1
Pelafibra de 203 um (0,008 pulgadas)	492109-2
Cinta del maletín	19036-2
Microscopio W/10X	502978-1

Equipo de terminación combinado ST y SC (503957)

Maletín "PREMIUM"	1278540-1
Placa de pulido	501197-1
Crimpadora SC AMP W/DIESET	492782-1
Juego de dientes ST	492622-1
Tijeras de kevlar	1278637-1
Cortafibra universal	503705-1
Llave inglesa (WRENCH, 1/4 OPEN END)	1278422-1
Peladora combinada (cable /fibra)	1278947-1
Hoja de pulido 0.3um (10)	228433-5

Hoja de pulido 5um (10)	228433-8
Platillo de pulido de plástico SC	502631-1
Almohadilla de pulido circular	501523-1
Platillo de pulido de plástico negro	503304-1
Platillo de pulido de metal ST	503337-1
Platillo de pulido de metal SC	503787-1
Almohadilla de pulido rectangular	504584-1
Plantilla de preparación AMP LC SC	503694-1
Plantilla de preparación XTC/NeXTC	503574-1
Microscopio W/10X	502978-1
Microscopio de bolsillo	1278132-1
Alcohol limpiador de fibra	501857-2

Mini-equipos de terminación combinado ST y SC (492543)

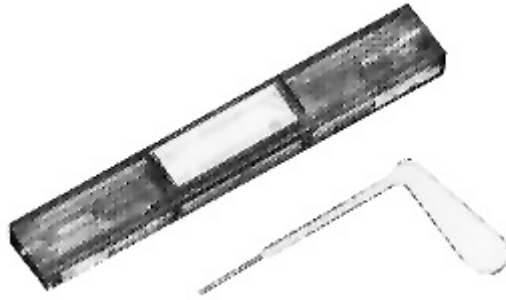
Platillo de pulido SC	503787-1
Plantilla de preparación SC	503694-1
Almohadilla de pulido blanco	501523-2
Juego de dientes XTC/NeXTC	492622-1
Maletín de nailon negro	492323-1
Crimpadora W/DIESET SC	492782-1
Plantilla de preparación XTC/NeXTC	503574-1
Platillo de pulido XTC/NeXTC	503304-2
Cortafibra universal	503705-1
Almohadilla de pulido negra	504584-2
Placa de pulido	501197-3

Empalmes de fibra óptica

Permiten conectar dos fibras simples llamadas "brizna", de manera definitiva. Se puede realizar la junta por yuxtaposición (junta mecánica) o con fusión de las dos fibras.

Empalmes mecánicos

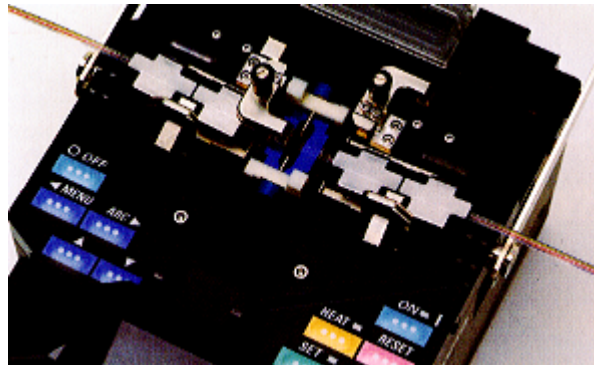
- Las fibras a empalmar se mantienen unidas mediante un crimpado mecánico siguiendo diferentes sistemas que dependen de cada fabricante.
- Emplean un gel igualador de índice para asegurar la continuidad de la trx a lo largo del interfaz.
- Son de rápida utilización.
- Tienen alto precio unitario.
- Tienen muy poca robustez mecánica.



Empalmadoras por fusión

Mediante un arco voltaico producen la fusión de la fibra sin aporte de material.

Son imprescindibles para una conectorización mecánica en campo de fibra monomodo (salvo Corelink).



Existen diferentes tipos de empalmadoras en función del procedimiento para la alineación de las fibras:

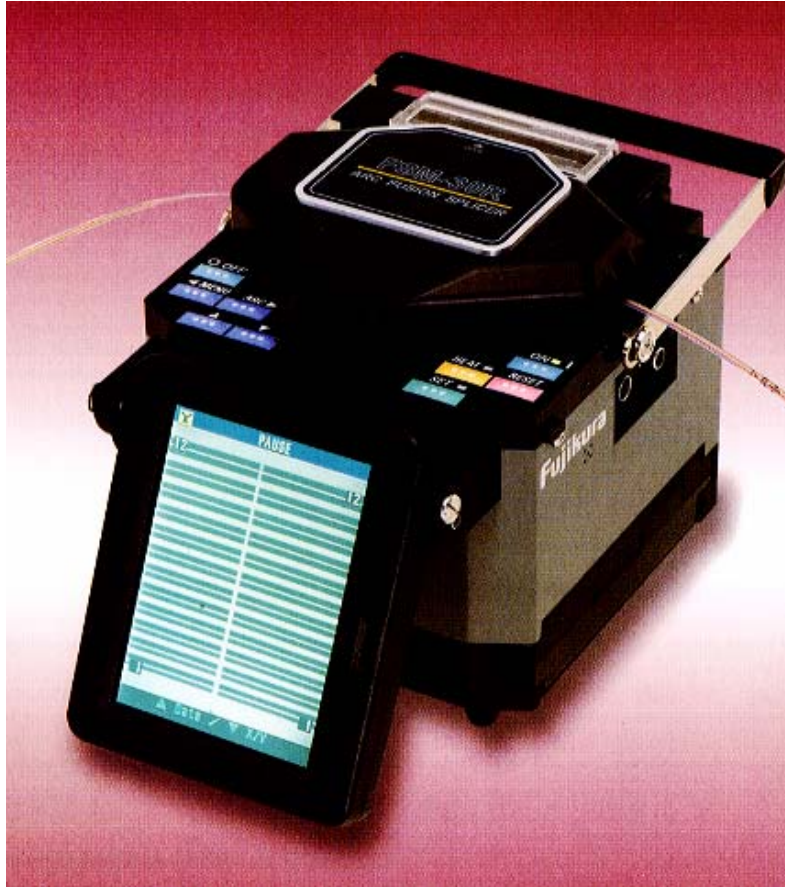
- Manuales.
- Semiautomáticas.
- Automáticas.



Existen diferentes tipos de empalmadoras en función del número de fibras que pueden fusionar:

- Monofibra.
- Multifibra.





Parámetros típicos de una empalmadora:

- Tipo de fibras empalmables.
- Número de fibras empalmables.
- Pérdidas en el empalme.
- Pérdidas de retorno.
- Memoria: Número de resultados que puede memorizar.
- Tipo de visualización.
- Peso.
- Tamaño.
- Número de empalmes por carga de batería.

Empalmes por fusión: Proceso.

- Seleccionar los cables de fibras a empalmar y proceder a eliminar la cubierta exterior en tanta longitud como sea necesaria para empalme y "coca" a dejar en el sistema de organización.
- Eliminar el tubing, si procede, y limpiar el gel (petrolato) con alcohol isopropílico.
- Colocar el tubo termorretractil de protección (SMOUV) en el pigtail.
- Eliminar la cubierta del pigtail, en su caso, y cortar las hiladuras de aramida con unas tijeras especiales en la longitud necesaria para hacer la "coca" que permita el almacenamiento en el sistema de organización correspondiente.
- Extraer con la peladora de 250 o 900 micras la protección del cable.

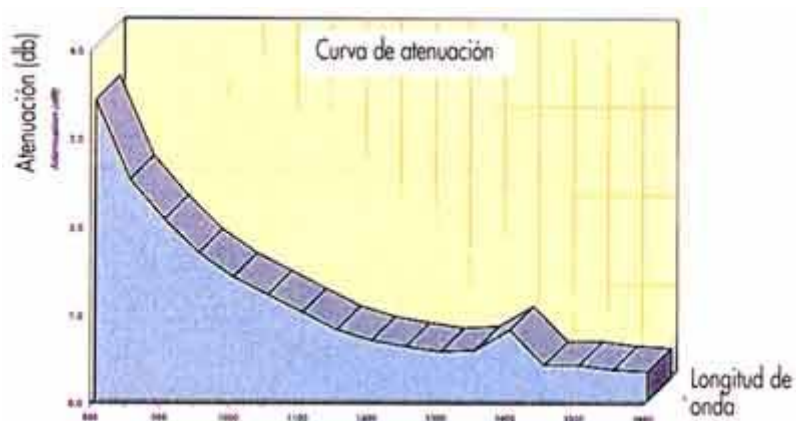
- Proceder a la limpieza de la fibra, 125 micras, con alcohol isopropílico.
- Cortar uno de los extremos pelados de la fibra con la cortadora de precisión a la distancia adecuada. Este corte es crítico.
- Posicionar la fibra en el soporte de la empalmadora de fusión a la distancia adecuada.
- Cortar el otro extremo de la fibra y proceder de modo análogo.
- Cerrar el cortavientos de la empalmadora y proceder al empalme.
- Tras la realización del empalme posicionar el Smouv y efectuar el retráctilado en el calentador de la máquina.
- Extraer el tubo termorretráctil del calentador y dejar en la bandeja hasta su enfriamiento.
- Proceder a la organización de la fibra y fijación del Smouv en el soporte al efecto.

Atenuación de empalmes

Atenuación de empalmes				
	Multimodo		Monomodo	
	Nominal	Máxima	Nominal	Máxima
Fusión	0.1dB	0.15dB	0.15dB	0.3dB
Mecánica	0.15dB	0.3dB	0.2dB	0.3dB

Atenuación y ventanas de utilización

La atenuación se debe a la difusión y la absorción de los materiales utilizados y, eventualmente, a unas malas condiciones de instalación (radio de curvatura).



Expresada en decibelios /km, es la relación entre la potencia emitida y la potencia recibida.

Atenuaciones características de fibras ópticas		
	Atenuación a 850nm	Atenuación a 1300nm

Fibra 62.5 μm	3.5 dB/Km	1.5 dB/Km
Fibra 50 μm	2.7 dB/Km	1.0 db/Km

Un debilitamiento de 3 dB corresponde a una pérdida del 50% de la señal. La atenuación varía en función de la longitud de onda. Se utilizan tres "ventanas" ópticas: 850, 1300 y 1550nm. Las longitudes de onda generalmente utilizados en los equipos corresponden a las longitudes de ondas 850nm y 1300nm.

Para la transmisión de luz por fibras ópticas se utilizan tres rangos de frecuencias, aquellos en los que las fibras muestran menor absorción (mayor 'transparencia'). Son bandas situadas alrededor de 0,85, 1,30 y 1,55 micras, y se encuentran por tanto en la zona infrarroja del espectro (la parte visible está entre 0,4 y 0,7 micras); se conocen como primera, segunda y tercera ventana, respectivamente. La primera ventana tiene mayor atenuación y es poco utilizada. La segunda ventana, que tiene una anchura de 18 THz (THz = 1 TeraHertzio = 10^{12} Hz), es la que más se utiliza. La tercera ventana tiene una anchura de 12,5 THz y es la que presenta menor atenuación y se utiliza en fibra monomodo cuando se quiere cubrir una gran distancia sin repetidores (por ejemplo la fibra Valencia-Mallorca funciona actualmente en tercera ventana sin repetidores). Suponiendo una eficiencia de 1 bps/Hz la segunda y tercera ventanas suministrarían un ancho de banda de 30 Tbps!. El pico a 1,4 micras que separa ambas ventanas se debe a la presencia de cantidades residuales de agua en el vidrio. Es de esperar que la continua mejora de las técnicas de fabricación de fibras ópticas amplíe estas ventanas con lo que en el futuro se dispondrá de un ancho de banda aún mayor.

A modo de ejemplo damos a continuación las características de atenuación de los tipos de fibra más comunes.

Atenuación de diferentes tipos de fibra en las diversas ventanas:

Tipo de fibra	Diámetro del núcleo (mm)	Diámetro de la funda (mm)	Atenuación (dB/Km)		
			850 nm	1300 nm	1500 nm
Monomodo	5,0	85 o 125	2,3	-	-
Monomodo	8,1	125	-	0,5	0,25
Multimodo	50	125	2,4	0,6	0,5
Multimodo	62,5	125	3,0	0,7	0,3
Multimodo	100	140	3,5	1,5	0,9

Cuando se interconectan dos equipos mediante un par de fibras ópticas multimodo es posible averiguar cuál es el lado transmisor simplemente mirando el extremo de ambas fibras y viendo cuál de ellas emite luz. Esto nunca debe hacerse con fibras monomodo ya que la luz láser es perjudicial para la vista, y

además al tratarse de emisión infrarroja el ojo no aprecia luz alguna, con lo que el daño puede ser aún mayor.

Para aprovechar mejor las fibras ópticas de largo alcance actualmente se utilizan varias longitudes de onda por fibra en cada una de estas ventanas, mediante lo que se conoce como multiplexación por división en longitud de onda de banda ancha (wideband WDM, Wavelength Division Multiplexing). Se espera que la WDM en banda estrecha permita extraer aún más capacidad de una sola fibra, pudiendo llegar a compartir una misma fibra varias empresas portadoras, cada una con uno o varios haces transportando la información a diferentes frecuencias. En una experiencia hecha en 1996 Fujitsu consiguió transmitir 55 canales (haces) independientes por una fibra monomodo a una distancia de 150 Km utilizando tercera ventana y 2 repetidores intermedios; cada canal tenía una anchura de 0,6 nm (equivalente a 75 GHz) y transportaba una señal de 20 Gbps, con lo que la capacidad total de la fibra era de 1,1 Tbps. Para poder utilizar WDM de banda estrecha el emisor debe ajustarse con mucha precisión, los amplificadores han de actuar sobre todo el rango de longitudes de onda de la manera mas lineal posible, y en el lado receptor se ha de descomponer la señal en los canales originales, también de forma muy precisa.

Reserva de potencia

En una comunicación por fibra óptica el emisor transmite con una potencia constante y el receptor tiene una sensibilidad mínima para captar la señal de manera fiable. Dicha potencia y sensibilidad suelen medirse en una unidad llamada dBm, que se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Potencia (dBm)} = 10 \log (P)$$

Donde P es la potencia en milivatios. Así, un emisor con una potencia de 1 milivatio equivale a 0 dBm, con un microvatio a -30 dBm, y así sucesivamente.

Un emisor LED tiene una potencia típica entre -10 y -25 dBm, y uno láser entre 0 a -13 dBm. Por otro lado, la sensibilidad (potencia mínima que un receptor debe recibir para poder detectar la señal sin errores) es de -20 a -35 dBm en detectores LEDs y de -20 a -45 dBm en láser.

Cuando una señal viaja por una fibra se produce una atenuación debido a los empalmes y conectores, y a la absorción de la luz por la fibra; por ejemplo en segunda ventana la pérdida es de aproximadamente 1 dB/Km en fibras multimodo y de 0,4 dB/Km en fibras monomodo. Al valor así obtenido se debe añadir 1,5 dB debido a otros factores que no detallaremos. Con estos datos y sabiendo la longitud de fibra y el número de conectores y empalmes es posible calcular la pérdida de señal que se producirá en un trayecto determinado; si conocemos la potencia del emisor y la sensibilidad del receptor podremos calcular la distancia máxima a la que la señal llegará de manera fiable.

Por ejemplo, si utilizamos fibra multimodo, emisores LED de -15 dBm de potencia, y receptores de sensibilidad mínima de -25 dBm y tenemos dos parejas de conectores en el trayecto (0,5 dB cada una) podremos resistir una

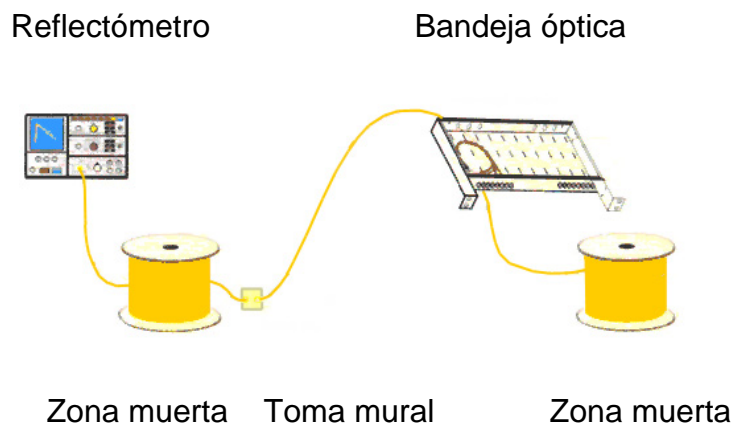
pérdida de 7,5 dB en la fibra, equivalente a una distancia de 7,5 Km. Conviene mencionar que esta sería la distancia máxima teórica; en la práctica se suele añadir un factor de seguridad a estos cálculos reduciendo los valores al menos en un 30% para tomar en cuenta los efectos de cambios de temperatura, envejecimiento del material, defectos en la instalación mecánica, etc.

La reserva de potencia expresa el capital de debilitamiento de una conexión óptica, es decir la pérdida de potencia máxima autorizada para la conexión.

El debilitamiento total de la señal que atraviesa la fibra debe siempre situarse por debajo de la reserva de potencia. Al debilitamiento del cable se añaden las pérdidas que corresponden a los conectores y empalmes realizados

La medida del debilitamiento de una conexión de fibra óptica es indispensable antes de su puesta en servicio. Se hace con la ayuda de una fuente óptica adaptada o la longitud de onda de utilización (850nm, 1300nm) y de un medidor de potencia.

Es indispensable una relectura reflectométrica al final si queremos asegurar la calidad de la conexión.



Los principales parámetros que deben verificarse son:

- Longitud de la conexión.
- Localización de las tensiones experimentadas por la fibra.
- Debilitamiento global de la conexión.
- Debilitamiento de cada componente.
- Reflectancia de algunos componentes.

Cuando se transmite un pulso por una fibra multimodo los rayos se reflejan múltiples veces antes de llegar a su destino, con ángulos diversos (todos por encima del ángulo límite, pues de lo contrario se perderían) lo cual hace que la longitud del trayecto seguido por los rayos que forman el pulso no sea exactamente igual para todos ellos; esto produce un ensanchamiento del pulso recibido, conocido como dispersión, que limita la velocidad de transferencia, ya que el emisor no puede enviar los pulsos con la rapidez que en principio podría; la dispersión es función de dos factores: el ancho de banda y la longitud de la fibra, y se calcula como el producto de ambas magnitudes, así por ejemplo una

fibra de 2 Km que transmita a 155 Mbps (equivalente a 155 MHz) tendrá una dispersión de 310 MHz Km. Con las fibras, emisores y receptores actuales la dispersión máxima tolerable es de 500 MHz Km; por ejemplo, si se transmite con fibras multimodo a 622 Mbps (que es la velocidad máxima que suele utilizarse con este tipo de fibras) la distancia máxima que puede utilizarse viene limitada a 800 metros por el efecto de dispersión. A 155 Mbps esta distancia es de 3,2 Km, y a 100 Mbps de 5 Km. Es fácil comprender por que en distancias grandes se utiliza fibra monomodo. En ocasiones se habla con demasiada alegría de la capacidad de gigabits de las fibras ópticas; conviene destacar que dicha capacidad solo es posible, al menos hoy en día, con fibras monomodo. Actualmente se esta trabajando en el desarrollo de pulsos con una forma especial de manera que los efectos de dispersión se cancelen mutuamente. Estos pulsos se llaman solitones y son un campo muy activo de investigación.

A menudo los fabricantes dan cifras orientativas del alcance de sus equipos, como por ejemplo que la distancia máxima en fibra multimodo es de 2 Km o en monomodo de 15 a 30 Km. Estos valores suelen ser muy conservadores y no dar problemas, pero en casos que haya muchos conectores o empalmes, o que queramos superar las distancias que da el fabricante, deberemos proceder a hacer los cálculos detallados para asegurarnos que no superamos la atenuación máxima recomendable; para los cálculos deberemos conocer la potencia del emisor y la sensibilidad del receptor.

En redes locales, donde las distancias son pequeñas, se suele utilizar emisores LED y fibras multimodo, ya que son mas baratos que los láser, tienen una vida mas larga, son menos sensibles a los cambios de temperatura y son mas seguros. En cambio las compañías telefónicas, que normalmente necesitan largas distancias y altas velocidades, utilizan casi exclusivamente emisores láser y fibras monomodo.

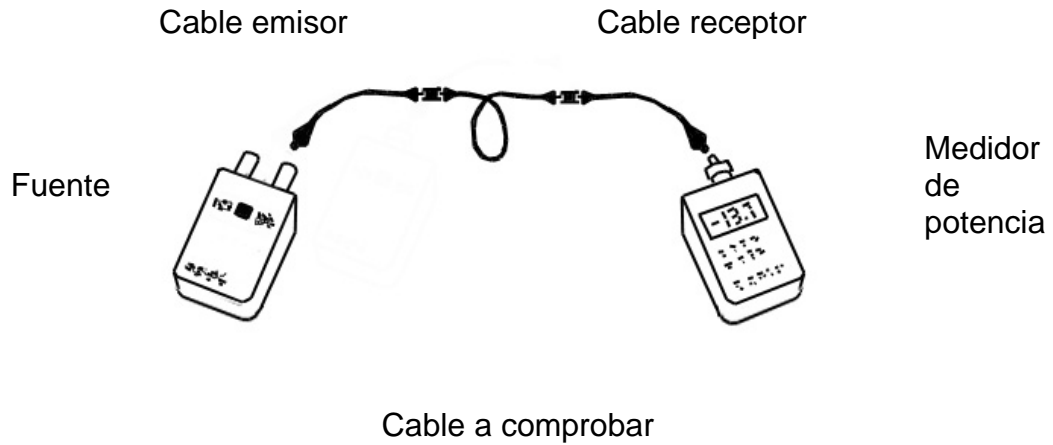
Mediciones sobre fibra óptica

Dos tipos de medidas sobre fibra óptica:

- Fuente de luz (led o láser) y un medidor de potencia óptica.
- OTDR : Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo

Medida de pérdida de Potencia:

- Imperfecciones: luz reflejada (pérdida de luz)
- Pérdida (dB)=10 log P_{sal}/P_{ent}
- Herramientas:
 - Medidor de potencia+fuentes de luz
 - OTDR



Tipos de Fuentes y Medidores de Potencia

- Fuentes de luz:
 - Led: 850, 1310 nm.
 - Láser: 1310, 1550 nm.
- Medidores de potencia:
 - Diferentes ventanas en un solo equipo.



Tipos de reflectómetros

- OTDR: Reflectómetros de laboratorio
- MiniOTDR: Reflectómetros de campo



Fundamento de un OTDR

- Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo (OTDR)
- Se basa en una fuente de luz que emite un pulso que viaja a través de la fibra a medir. Cualquier defecto, impureza, conector y, en general, cualquier evento, produce una reflexión de luz que retorna al origen siendo analizada y representada.
- Luz reflejada:
 - Convierte el tiempo en distancia
 - La información recibida se presenta en pantalla (dB frente a distancia)

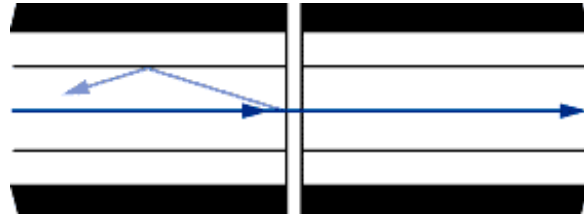


Interpretación de la traza de un OTDR

- La traza del OTDR nos proporciona información sobre las características de un tendido de fibra óptica.
- Nos indica la longitud del tendido, así como las pérdidas debidas a la manipulación de la fibra en forma de empalmes, conectores, microcurvaturas, etc.
- Es un método adecuado para largos enlaces ya que para cortos enlaces existe una zona muerta en la que el equipo no puede medir.
- Sección de cable que no incluye empalmes ni conectores-> Retroreflexión Rayleigh (genera en pantalla traza con pendiente uniforme)
- Unión vidrio/aire->Reflexión Fresnel (genera picos con amplitud variable)

Reflectancia (o pérdida de retorno)

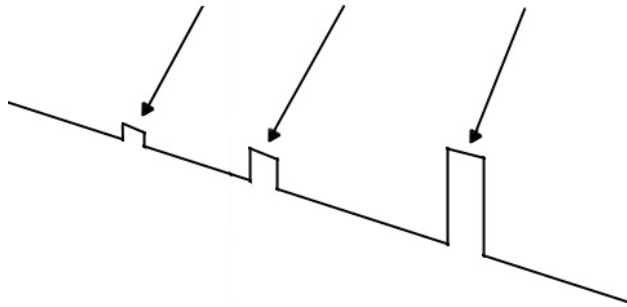
Variación en dB entre la potencia de entrada y la reflejada. (P_{refl}/P_{ent})



APC

PC

PULIDO PLANO

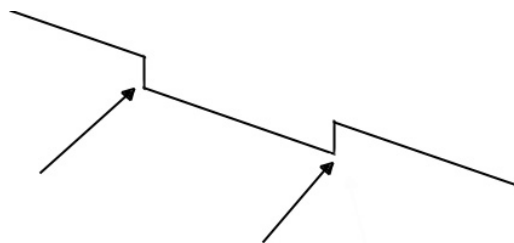


Tipos de pulido

Empalmes de fusión

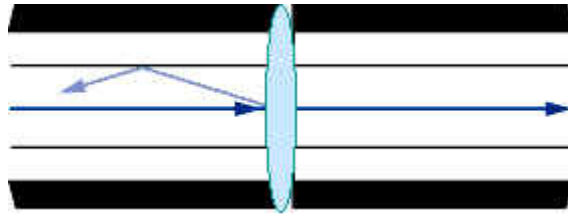
Pérdidas: 0.02 a 0.2

Ganancia: Cuando hay un aumento del tamaño del núcleo y/o índice de reflexión.



Pérdida"

Ganancia"



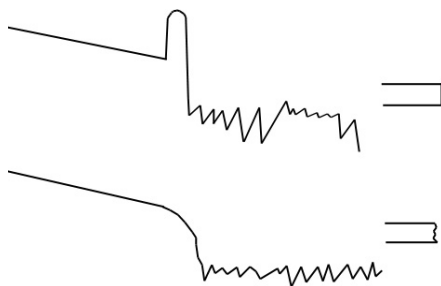
Macrocurvas

- La luz escapa de la fibra debido a las curvaturas cerradas
- Principalmente detectables con OTDR a 1550nm o con fuentes de luz visible (laser rojo)
- La traza es una curva abrupta

Microcurvas

- Provocadas por un defecto en la fibra durante su fabricación
- En la pantalla del OTDR se asemeja a un empalme de fusión con muy pocas pérdidas

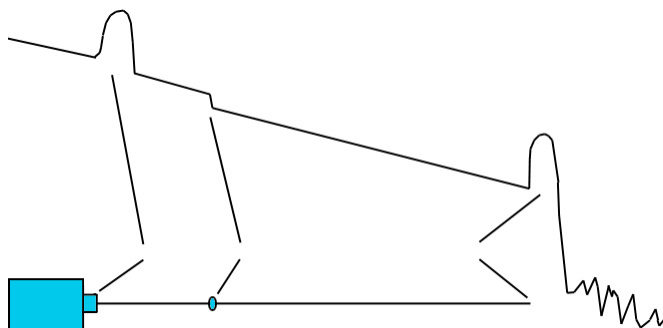
Final de fibra



Final
cortado
o pulido
Mayor
reflexión

Final
partido
Menor
reflexión

Resumen de presentaciones



OTDR Conector Empalme

Fin de fibra

Parámetros básicos de un OTDR

- Anchura de pulso
- Promediado
- Zona muerta de evento
- Zona muerta de pérdidas/atenuación
- Rango dinámico

Gestión de cables en sistemas de organización

Repartidores ópticos:

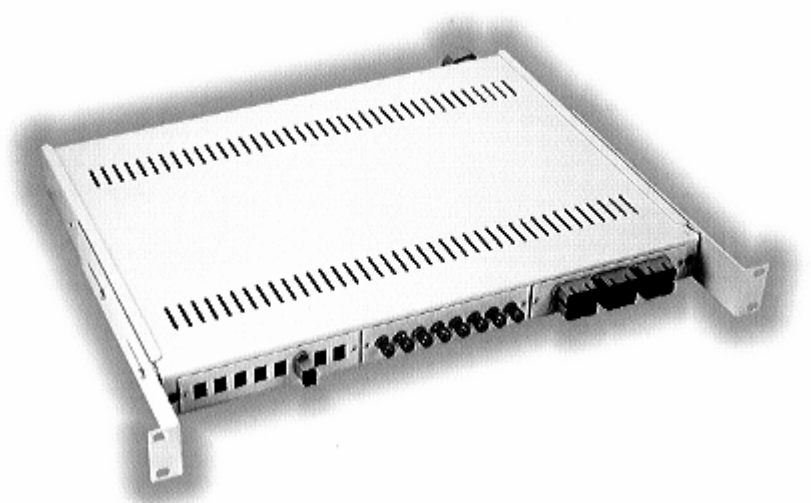
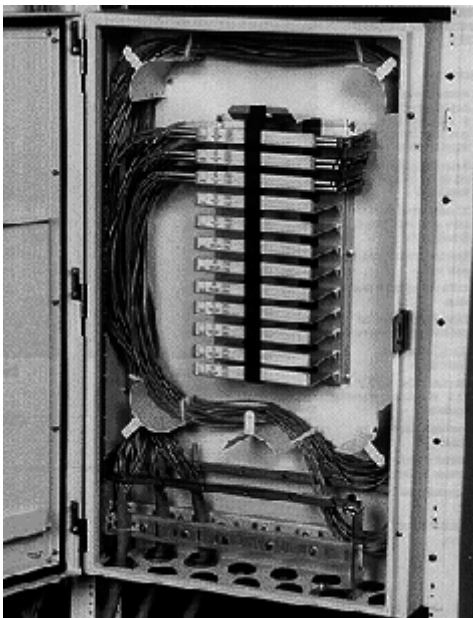
- Alta capacidad
- Media capacidad.
- Baja capacidad.

Repartidores ópticos:

- Murales.
- Para bastidor de 19 o 23 pulgadas

Utilidad de los repartidores ópticos:

- Se emplean a final de fibra, normalmente en interior para asignación de servicios o salida desde cabecera.
- También se emplean en puntos intermedios (casetas) para segregación de servicios.



Bandeja de fibra óptica de 1U 19 "

Comparación de fibra óptica y cable de cobre

A menudo en el diseño del cableado de una red local es necesario elegir entre fibra óptica o cable de cobre, ya que la mayoría de los sistemas de red local admiten el uso de ambos medios. En la mayoría de los casos las únicas opciones que vale la pena considerar son el cableado de cobre UTP ó FTP categoría 5 ó 5E y la fibra óptica multimodo 62,5/125 (salvo que por distancia tuviéramos que usar fibra monomodo); el cable de cobre permite llegar a 155 Mbps hasta 100m y la fibra a 622 Mbps hasta 800 m, o 155 Mbps hasta 3 Km. Así pues, si la distancia a cubrir es superior a 100 metros es preciso usar fibra. Además se recomienda utilizar fibra cuando se da alguna de las siguientes circunstancias:

- El cableado une edificios diferentes; en este caso el uso de cable de cobre podría causar problemas debido a posibles diferencias de potencial entre las tierras de los edificios que podrían provocar corrientes inducidas en el cable.
- Se prevé pasar a velocidades superiores a 155 Mbps más adelante; si la distancia es superior a 500-800 metros se debería además considerar la posibilidad de instalar fibra monomodo.
- Se desea máxima seguridad en la red (el cobre es más fácil de interceptar que la fibra).
- Se atraviesan atmósferas que pueden resultar corrosivos para los metales.
- Se sospecha que puede haber problemas de interferencia eléctrica por proximidad de motores, luces fluorescentes, o equipos de alta tensión (por ejemplo, equipos de laboratorio).

Para evaluar la necesidad o no de instalar fibra para evitar las interferencias producidas por la red eléctrica existe una serie de recomendaciones sobre la distancia mínima a mantener que hemos recopilado la siguiente tabla.

Separación mínima recomendada entre líneas de alimentación eléctrica y cables de datos UTP. Se supone que la tensión en las líneas eléctricas es menor de 480 voltios:

	Potencia (en KVA)		
	Menos de 2	Entre 2 y 5	Más de 5
Líneas de corriente o equipos eléctricos no apantallados.	13 cm	30 cm	60 cm
Líneas de corriente o equipos no apantallados pero próximos a cables de tierra.	6 cm	15 cm	30 cm
Líneas apalladas (por ej. dentro de tubo metálico con toma de tierra).	0 cm	15 cm	30 cm
Transformadores y motores eléctricos.	1 m	1 m	1 m

Luces fluorescentes.	30 cm	30 cm	30 cm
----------------------	-------	-------	-------

Cuando no se requiere fibra es recomendable utilizar cobre, ya que es más barato el material, la instalación y las interfaces de conexión de los equipos; además es más fácil realizar modificaciones en los paneles de conexión, empalmes, etc. A título ilustrativo damos a continuación algunos precios de instalación de cableado de diversos tipos:

Coste aproximado (sin IVA) de cableados UTP, FTP, STP y de fibra óptica. Precios del cable al instalador. Año 2003.

	UTP categoría 5E	FTP categoría 5E	STP categoría 5E	Fibra (1)
Costo material	0,17 €/m	0,25 €/m	0,40 €/m	1,50 €/m
Mano de obra	0,56 €/m	0,60 €/m	0,64 €/m	0,64 €/m
Total cableado	0,73 €/m	0,85 €/m	1,04 €/m	2,14 €/m
Electrónica	115 € (2)	115 € (2)	115 € (2)	114 € (3)

(1) Cable de 4 fibras multimodo 62.5/125 para exterior reforzado.

(2) Switch 16 puertos 10/100BASE-TX 19".

(3) Conversor UTP-FO 10/100BASE-TX 100BASE-FX (SC)

No obstante al diseñar una nueva instalación es importante prever futuras modificaciones o ampliaciones que se puedan producir y que requieran el uso de un cableado diferente.

En general en una instalación grande se utiliza fibra para los tendidos principales (uniones entre edificios y probablemente distribución por plantas dentro del edificio) y cobre para la distribución de red a los despachos.

Fibra óptica y redes

Los principales estándares de redes que se refieren a la fibra óptica son el IEEE802.3 (10BaseF), el IEEE802.5 (Token Ring/J) y el ANSI X3T9.5 (FDDI).

Fibras preconectorizadas

Estándar	IEEE 802.3	IEEE 802.5	ANSI X3T9.5
Tipo	10BaseF	J	FDDI

Fibra	62,5/125 μm	62,5/125 μm	62,5/125 μm
Abertura numérica	0.275	0.275	0.275
Ventana de utilización	850nm	850nm	1300nm
Devilitamiento en la ventana	<3.75 dB /Km	<3.75 dB /Km	<2.5 dB /Km
Ancho de banda en la ventana	>160 MHz.Km	>160 MHz.Km	>160 MHz.Km

Especificaciones de los equipos de la red

Estándar	IEEE 802.3	IEEE 802.5	ANSI X3T9.5
Tipo	10BaseF	J	FDDI
Conector de salida	ST	FSD	FSD
Ventana de emisión	800 nm - 910 nm	800 nm - 910 nm	1240 nm - 1380 nm
Emisión Pot. Acoplada máx. Pot. Acoplada mín.	-12 dBm -20 dBm	-13 dBm -20 dBm	-14 dBm -20 dBm
Recepción Pot. máx. adm. Sensibilidad	-12 dBm -32.5 dBm	-12 dBm -32 dBm	-14 dBm -31 dBm
Res. de Pot. óptica mínimo	0 dB	0 dB	0 dB
Res. de Pot. óptica maxi.	-12 dB	-12 dB	-11 dB
Error en caso de utilización de una fibra: 50/125 μm NA=0.20	6 dB max.	6 dB max.	2.2 dB