

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R BT.1367-2
(10/2015)

Sistema de transmisión en serie por fibra digital para señales conformes a las Recomendaciones UIT-R BT.656, UIT-R BT.799, UIT-R BT.1120 y UIT-R BT.2077 (Parte 3)

Serie BT
Servicio de radiodifusión
(televisión)



Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en el Anexo 1 a la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

Series de las Recomendaciones UIT-R

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>)

Series	Título
BO	Distribución por satélite
BR	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
BS	Servicio de radiodifusión (sonora)
BT	Servicio de radiodifusión (televisión)
F	Servicio fijo
M	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
P	Propagación de las ondas radioeléctricas
RA	Radioastronomía
RS	Sistemas de detección a distancia
S	Servicio fijo por satélite
SA	Aplicaciones espaciales y meteorología
SF	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
SM	Gestión del espectro
SNG	Periodismo electrónico por satélite
TF	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
V	Vocabulario y cuestiones afines

Nota: Esta Recomendación UIT-R fue aprobada en inglés conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.

Publicación electrónica
Ginebra, 2017

© UIT 2017

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

RECOMENDACIÓN UIT-R BT.1367-2

Sistema de transmisión en serie por fibra digital para señales conformes a las Recomendaciones UIT-R BT.656¹, UIT-R BT.799², UIT-R BT.1120³ y UIT-R BT.2077 (Parte 3)⁴

(Cuestión UIT-R 42/6)

(1998-2007-2015)

Cometido

En la presente Recomendación se proporciona información sobre la utilización de cable de fibra óptica monomodo y multimodo para transportar en serie los datos definidos en las Recomendaciones UIT-R BT.656, UIT-R BT.799, UIT-R BT.1120 (270 Mbit/s a 2,97 Gbit/s) y UIT-R BT.2077 (Parte 3).

En la presente Recomendación se informa también sobre los conectores que deberían utilizarse.

Palabras clave

Fibra óptica, interfaz óptica, longitudes de onda óptica

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que el desarrollo de los medios de producción digitales ha dado lugar a un aumento de la utilización de las interfaces digitales en serie;
- b) que la adopción de un enfoque digital compatible en todo el mundo permitirá la fabricación de equipo con muchas características comunes, hará posible realizar economías de explotación y facilitará el intercambio internacional de programas;
- c) que, a fin de lograr los objetivos mencionados, se ha alcanzado un acuerdo sobre los parámetros fundamentales de codificación de televisión digital para estudios que se materializan en las Recomendaciones UIT-R BT.601, UIT-R BT.709, UIT-R BT.2020, UIT-R BT.1847 y UIT-R BT.1543;
- d) que, para conseguir los objetivos mencionados, se han concertado acuerdos sobre la transmisión de señales digitales eléctricas en serie, los cuales se plasman en las Recomendaciones UIT-R BT.656, UIT-R BT.799, UIT-R BT.1120 y UIT-R BT.2077 (Parte 3);
- e) que, en la aplicación práctica de las Recomendaciones UIT-R BT.656, UIT-R BT.799 y UIT-R BT.1120 conviene definir también las interfaces en forma de interfaz óptica;

¹ Recomendación UIT-R BT.656 – Interfaces para las señales de vídeo con componentes digitales en sistemas de televisión de 525 líneas y 625 líneas que funcionan en el nivel 4:2:2 de la Recomendación UIT -R BT.601.

² Recomendación UIT-R BT.799 – Interfaz para las señales de vídeo con componentes digitales en sistemas de televisión de 525 líneas y 625 líneas que funcionan en el nivel 4:4:4 de la Recomendación UIT-R BT.601.

³ Recomendación UIT-R BT.1120 – Interfaces digitales para las señales de estudio de TVAD.

⁴ Recomendación UIT-R BT.2077 – Interfaces digitales en serie y en tiempo real para señales de TVUAD.

f) que, en comparación con las interfaces eléctricas, las interfaces ópticas ofrecen una mayor inmunidad contra el ruido para las señales que han de transmitirse y permiten transmitir señales a distancias más largas,

recomienda

1 que en el caso en que las interfaces ópticas deban adaptarse a las disposiciones de las Recomendaciones UIT-R BT.656, UIT-R BT.799, UIT-R BT.1120 y UIT-R BT.2077 (Parte 3), se ajusten al Anexo 1.

Anexo 1

1 Introducción

El cumplimiento de la presente Recomendación es voluntario. No obstante, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para garantizar, por ejemplo, la compatibilidad o aplicabilidad) y el cumplimiento de la Recomendación se logra cuando se cumplen todas esas disposiciones obligatorias.

2 Referencias normativas

Las siguientes Normas/Recomendaciones contienen disposiciones que, mediante referencia en el presente texto, constituyen disposiciones de esta Recomendación:

- Recomendación UIT-R BT.656.
- Recomendación UIT-R BT.799.
- Recomendación UIT-R BT.1120.
- Recomendación UIT-R BT.2077 (Parte 3).
- CEI 61169-8 (2007-2) – Parte 8: *Sectional specification – RF coaxial connectors with inner diameter of outer conductor 6.5 mm (0.256 in) with bayonet lock-characteristic impedance 50 Ω (type BNC), Annex A (Normative) Information for interface dimensions of 75 Ω characteristic impedance connector with unspecified reflection factor*⁵.
- Recomendación UIT-T G.651 (2007) – Características de los cables de fibra óptica multimodo de índice gradual de 50/125 μm para la red de acceso óptico.
- Recomendación UIT-T G.652 (2009) – Características de las fibras y cables ópticos monomodo.
- IEC 60793-2 (2011) *Part 2: Product Specifications – General*;
- IEC 60825-1 (2014), ed. 3, *Safety of laser products – Part 1: Equipment classification and requirements*;
- IEC 61754-20 (2012), *Fibre Optic Connector Interfaces – Part 20: Type LC Connector Family*.
- IEC 60793-1-1 (2008), *Measurement methods and test procedures – General and guidance*.
- IEC 60793-1-40 (2001-07), *Optical fibres – Part 1-40: Measurement methods and test procedures – Attenuation*.

⁵ Hay que señalar que el título de esta referencia normativa puede inducir a error. La presente Recomendación hace necesario utilizar el conector de 75 Ω definido en esta referencia.

3 Especificaciones de sistemas de transmisión óptica

(En el Apéndice G se definen los términos relativos a la fibra utilizados en la presente Recomendación o las correspondientes referencias normativas.)

3.1 Montaje y conectores de las unidades transmisora y receptora

3.1.1 Los conectores del dominio óptico preferidos para las unidades Tx y Rx y sus correspondientes secciones de cable de entrada y salida deberán ser del tipo LC/PC, de conformidad con la Norma CEI 61754-20-1.

Opcionalmente, podría detallarse la aplicación de otros tipos de conectores específicos, tales como SC, ST, FC y MU.

3.1.2 El pulido del conector óptico preferido de las unidades Tx y Rx debe ser el tipo PC.

Opcionalmente, podría especificarse otro tipo de aplicación de pulidos para conectores específicos, tales como SPC, UPC y APC, siempre que el pulido se indique claramente en la etiqueta del caso, según se describe en los § 3.3.1 y 3.5.

En la documentación de producto correspondiente a las unidades Tx/Rx debería especificarse detalladamente el pulido requerido del conector óptico.

NOTA – Aunque los conectores con pulido en ángulo (esto es, APC) y los conectores con pulido en plano (esto es, PC, SPC, UPC) del mismo tipo (por ejemplo, LC) pueden acoplarse mecánicamente, no son ópticamente compatibles. Así pues, convendría que los diseñadores de sistemas y los instaladores de sistemas garanticen la compatibilidad del cable, del tipo del conector y del pulido en toda la instalación.

3.1.3 Un pequeño acoplamiento en espiral de fibra monomodo, según se especifica en la Recomendación UIT-T G.652, deberá utilizarse para conectar la fuente luminosa de la unidad Tx a su conector óptico de salida, si la fuente luminosa no se ha instalado e interconectado físicamente en un receptáculo.

Resulta aceptable recurrir a un pequeño acoplamiento en espiral de fibra monomodo de 50/125, según se especifica en la Recomendación UIT-T G.651, si la idea es destinar exclusivamente la unidad Tx a aplicaciones del enlace multimodo.

En la unidad Tx o en la correspondiente documentación de productos deberá indicarse el tipo de terminación helicoidal, de haberla, que se ha instalado.

3.1.4 Se utilizará un pequeño acoplamiento en espiral de fibra monomodo de 62,5/125, según se especifica en la Norma CEI 60793-2-10, para conectar la unidad de recepción óptica Rx a su conector de entrada óptica, si dicho receptor no se ha instalado y conectado físicamente en un receptáculo.

En la unidad Rx o en la correspondiente documentación de producto deberá indicarse el tipo de terminación helicoidal, de haberla, que se ha instalado.

3.2 Unidad de transmisión para enlaces de potencia baja (corto alcance), potencia media (alcance medio) o potencia elevada (gran alcance)

3.2.1 La unidad de transmisión deberá producir una señal de salida óptica que varíe respecto a la intensidad, con arreglo a los parámetros de enlace de potencia baja (corto alcance), potencia media (alcance medio) o potencia elevada (largo alcance) pertinentes, que se indican en el Cuadro 1, cuando sea modulada mediante una señal eléctrica definida en la Recomendación UIT-R BT.656 o la Recomendación, UIT-R BT.799, la Recomendación UIT-R BT.1120 y la Recomendación UIT-R BT.2077 (Parte 3).

En el informativo Apéndice D se consigna información y cálculos del balance de enlace.

CUADRO 1

Especificaciones de la señal a la salida de la unidad de transmisión

	Enlace de potencia elevada (largo alcance)	Enlace de potencia media (alcance medio)	Enlace de baja potencia (corto alcance)	
Fibra del circuito de transmisión ⁽¹⁾	SM (9,0/125 μm)	SM (9,0/125 μm)	SM (9,0/125 μm)	MM ⁽²⁾ (50,0/125 μm , 62,5/125 μm)
Tipo de fuente luminosa ^{(3), (4)}	Láser	Láser	Láser	Láser o diodo emisor de luz ^{(5), (6)}
Longitud de onda óptica	1 310 nm \pm 40 nm	1 310 nm \pm 40 nm	1 310 nm \pm 40 nm	1 310 nm \pm 40 nm
	1 550 nm \pm 40 nm	1 550 nm \pm 40 nm	1 550 nm \pm 40 nm	850 nm \pm 30 nm
Anchura máxima de la raya espectral entre puntos de potencia mitad para interfaces de hasta 3 Gbit/s	≤ 1 nm	≤ 2 nm	≤ 8 nm	≤ 30 nm
Anchura máxima de la raya espectral entre puntos de potencia mitad para interfaces de 6 y 12 Gbit/s	≤ 1 nm	≤ 2 nm	≤ 4 nm	≤ 30 nm
Anchura máxima de la raya espectral entre puntos de potencia mitad para interfaces de 24 Gbit/s	≤ 1 nm			
Potencia óptica máxima para interfaces de hasta 3 Gbit/s ⁽⁷⁾	+10 dBm	0 dBm	-3 dBm	
Potencia óptica mínima para interfaces de hasta 3 Gbit/s ⁽⁷⁾	0 dBm	-3 dBm	-12 dBm	
Potencia óptica máxima para interfaces de 6 y 12 Gbit/s	+10 dBm	+0.5 dBm	-3 dBm	
Potencia óptica máxima para interfaces de 24 Gbit/s	+10 dBm	+3 dBm	-3 dBm	
Potencia óptica mínima para interfaces de 6 y 12 Gbit/s	0 dBm	-3 dBm	-12 dBm	
Potencia óptica mínima para interfaces de 24 Gbit/s	0 dBm	-1 dBm	-12 dBm	
Tasa de extinción mínima ⁽⁸⁾	5:1 (10:1, preferida)			
Tiempos de subida y de caída para la Recomendación UIT-R BT.656, y la Recomendación UIT-R BT.799 ⁽⁹⁾	Según se define en las Recomendaciones UIT-R BT.656 y UIT-R BT.799 para la señal eléctrica < 1,5 ns (20% a 80%)			
Tiempo de subida y de caída para la Recomendación UIT-R BT.1120	Según se define en la Recomendación UIT-R BT.1120 para la señal eléctrica 1,5 Gbit/s < 270 ps (20% a 80%) y la señal eléctrica para 3,0 Gbit/s < 135 ps (20%-80%)			
Tiempos de subida y de caída para la Recomendación UIT-R BT.2077 (Parte 3)	Según se define en la Recomendación UIT-R BT.2077 (Parte 3) Para interfaz de 6G < 80 ps y no debería diferir más de 30 ps (20%-80%) Para interfaz de 12G < 45 ps y no debería diferir más de 18 ps (20%-80%) Para interfaz de 24G < 28 ps y no debería diferir más de 8 ps (20%-80%)			
Fluctuación de fase intrínseca máxima (óptica)	Según se especifica en las Recomendaciones UIT-R BT.656, UIT-R BT.799, UIT-R BT.1120 y UIT-R BT.2077 (Parte 3)			

CUADRO 1 (Fin)

	Enlace de potencia elevada (largo alcance)	Enlace de potencia media (alcance medio)	Enlace de baja potencia (corto alcance)
Potencia reflejada máxima	-14 dB		
Función de transferencia eléctrica/óptica	Intensidad máxima lógica «1»/intensidad mínima lógica «0»		

- (1) La especificación de fibra óptica se define en la Norma CEI 60793-2 (2011).
- (2) Véase la Recomendación UIT-T G.651 y la Norma CEI 60793-2-(2011) – Parte 2-10: *Product specifications – General*.
- (3) Todos los láseres son de clase 1, según se define en la Norma CEI 60825-1 (2014).
- (4) Durante las operaciones de mantenimiento, explotación y servicio deberá figurar de manera claramente visible en el equipo una etiqueta de alerta sobre el láser utilizado. En dicha etiqueta los bordes el texto y los símbolos deberán figurar en negro en fondo amarillo. En la etiqueta de alerta sobre el láser utilizado deberá tenerse en cuenta lo siguiente:
- (5) Los diodos emisores de luz pueden no funcionar de manera fiable a las velocidades binarias más elevadas que se especifican en las Recomendaciones UIT-R BT.656, UIT-R BT.799, UIT-R BT.1120 y UIT-R BT.2077 (Parte 3).
- (6) En las unidades Tx se señalará mediante marcado que deberán utilizarse únicamente en aplicaciones de enlaces de transmisión multimodo, si tal fuera el caso.
- (7) El término «potencia» permite a la potencia media medida con un medidor de potencia en el que se visualizan valores medios.
- (8) Se trata de la relación entre la potencia máxima y la mínima a la salida del transmisor.
- (9) Los tiempos de subida y de caída se miden utilizando filtros Bessel-Thompson de cuarto orden con un punto de 3 dB a $0,75 \times$ velocidad de datos en MHz, esto es $0,75 \times 270$ Mbit/s = 203 MHz.

NOTA – Para mayor información consúltese el Apéndice C.

3.3 Etiquetado de unidades transmisoras

3.3.1 Las unidades transmisoras deberán marcarse con etiquetas en que se indicarán la aplicación (potencia baja, potencia media, potencia elevada), el pulido del conector, los tipos de plataforma que dichas unidades soportan y la longitud de onda que utilizan. Las etiquetas deberían tener el siguiente formato: <aplicación>-<pulido>-<tipo de señal>-<longitud de onda>.

El elemento <aplicación> adoptará los siguientes valores:

- H, si se trata de aplicaciones de enlace de potencia elevada (largo alcance)
- M, si se trata de aplicaciones de enlace de potencia media (alcance medio)
- L, si se trata de aplicaciones de enlace de baja potencia (corto alcance)

El elemento <pulido> adoptará los siguientes valores:

- PC, tratándose de conectores de contacto físico (con pulido en plano) – preferidos
- SPC, tratándose de conectores de contacto superfísico (pulido en plano) – opcional
- UPC, tratándose de conectores de contacto ultrafísico (pulimiento en plano) – opcional
- APC, tratándose de conectores de contacto físico angular (pulimiento en ángulo) – opcional

Para cada tipo de señal soportada, el elemento <tipo de señal> adoptará los siguientes valores:

- S, para indicar que se soporta la Recomendación UIT -R BT.656
- P, para indicar que se soporta la Recomendación UIT-R BT.799
- H, para indicar que se soporta la Recomendación UIT-R BT.1120
- E, para indicar que se soporta la Recomendación UIT-R BT.2077 (Parte 3) señales 6G

- F, para indicar que se soporta la Recomendación UIT-R BT.2077 (Parte 3) señales 12G
- G, para indicar que se soporta la Recomendación UIT-R BT.2077 (Parte 3) señales 24G.

El elemento <longitud de onda> adoptará los siguientes valores:

- 850 para transmisores de 850 nm
- 1 310 para transmisores de 1 310 nm
- 1 550 para transmisores de 1 550 nm
- 1 310–1 550, para transmisores de 1 310-1 550 nm.

NOTA 1 – El equipo diseñado con arreglo a las anteriores revisiones de la presente Recomendación puede no ser conforme con el requisito de etiquetado reseñado.

3.4 Unidad de recepción

La unidad receptora deberá emitir una señal eléctrica conforme con las Recomendaciones UIT-R BT.656, UIT-R BT.799, UIT-R BT.1120 y UIT-R BT.2077 (Parte 3) al recibir una señal óptica como la especificada en el Cuadro 2.

CUADRO 2

Especificaciones de la señal óptica a la entrada del receptor

Fibra del circuito de transmisión	Monomodo	Multimodo ⁽¹⁾
Potencia de sobrecarga mínima a la entrada ^{(2), (3)}	–7,5 dBm, 0 dBm, valor preferido (270 Mb/s-3 Gbit/s) +0,5 dBm (6, 12 y 24 Gbit/s)	
Potencia mínima a la entrada	–20 dBm (270 Mbit/s–1,5 Gbit/s) –17 dBm (3 Gbit/s) –14 dBm (6 Gbit/s) –14 dBm (12 Gbit/s) –9 dBm (24 Gbit/s)	
Umbral de daños en el detector ⁽³⁾	+1 dBm (mínimo)	

⁽¹⁾ No se recomienda la fibra multimodo para las aplicaciones de enlace de potencia elevada (largo alcance) o potencia media (alcance medio) en el caso de la Recomendación UIT-R BT.1120.

⁽²⁾ Dentro de la gama de valores a la entrada del receptor, se recomienda un valor mínimo BER 10^{-12}. La meta deseada es una BER 10^{-14}.

⁽³⁾ Dependiendo de la implementación del producto, tal vez haya necesidad de utilizar atenuadores ópticos para atender a los niveles especificados de sobrecarga y de daño en el receptor. Para mayor información, véanse los informativos Apéndices E y F.

3.5 Etiquetado de la unidad de recepción

Los receptores deberán marcarse con etiquetas en que se indicarán el pulido del colector y los tipos de plataforma que soportan. El formato de las etiquetas deberá ser el siguiente: <pulido>-<tipo de señal>-<gama de longitud de onda>.

- a) El elemento <pulimiento> adoptará los siguientes valores:
- PC, tratándose de conectores de contacto físico (pulimiento en plano) – preferido
 - SPC, tratándose de conectores de contacto superfísico (pulimiento en plano) – opcional
 - UPC, tratándose de conectores de contacto ultrafísico (pulimiento en plano) – opcional
 - APC, tratándose de conectores de contacto físico angular (pulimiento en ángulo) – opcional.

- b) Para cada tipo de señal de soporte, el elemento <tipo de señal> adoptará los siguientes valores:
- S, para indicar que se soporta la Recomendación UIT-R BT.656
 - P, para indicar que se soporta la Recomendación UIT-R BT.799
 - H, para indicar que se soporta la Recomendación UIT-R BT.1120
 - E, para indicar que se soporta la Recomendación UIT-R BT.2077 (Parte 3) señales 6G
 - F, para indicar que se soporta la Recomendación UIT-R BT.2077 (Parte 3) señales 12G
 - G, para indicar que se soporta la Recomendación UIT-R BT.2077 (Parte 3) señales 24G.
- c) El elemento <gama de longitudes de onda> adoptará los siguientes valores:
- 850 para transmisores de 850 nm
 - 1 310 para transmisores de 1 310 nm
 - 1 550 para transmisores de 1 550 nm
 - 1 310-1 550 para transmisores de 1 310-1 550 nm.

Ejemplo: Un receptor pulido PC que soporte señales de la Recomendación UIT-R BT.656 sólo a una longitud de onda de 850 nm se marca con la etiqueta PC-S-850.

3.6 Especificaciones del circuito y del conector de fibra óptica

3.6.1 Opciones en cuanto al tipo de fibra óptica

El usuario puede utilizar fibra monomodo para aplicaciones de potencia media/alcance medio y fibra monomodo a multimodo para aplicaciones de enlace de baja potencia/corto alcance, si desea establecer un circuito óptico punto a punto entre los conectores ópticos del transmisor y el receptor. Un circuito punto a punto puede consistir en una o varias secciones interconectadas en serie del tipo seleccionado de fibra óptica y que formen parte de cables, puentes, y/o tramos de conexión provisional. La combinación de diferentes tipos de fibra en las múltiples secciones de un circuito punto a punto es físicamente posible, pero resulta inaceptable desde el punto de vista técnico y no es conforme con la presente Recomendación.

La fibra óptica monomodo deberá ser acorde con la Recomendación UIT-T G.652 (2009; Características del cable de fibra óptica monomodo).

La fibra óptica multimodo deberá ser conforme con la Norma CEI 60793-2-(2011) Fibras ópticas – Parte 2: *Product specifications – General*

NOTA – Tratándose de fibras multimodo, la distancia máxima puede venir limitada por la dispersión de la señal, lo que puede expresarse como producto de la velocidad binaria y la longitud. Por lo que hace a la fibra de 50/125, los valores típicos del producto de la velocidad binaria y la longitud se encuentran comprendidos en la gama de 500 MHz*km a 2 GHz*km y los valores típicos de la fibra de 62,5/125 en la gama de 200 MHz*km a 400 MHz*km, respectivamente. Estos valores pueden variar con la longitud de onda. Así pues, la dispersión de las fibras específicas multimodo puede optimizarse en relación con las diferentes longitudes de ondas que se consideren.

3.7 Pérdida de retorno del conector óptico

3.7.1 Los conectores ópticos deberán presentar las siguientes pérdidas ópticas de retorno y las medidas correspondientes habrán de efectuarse a $23^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$, de conformidad con la Norma CEI 60793-1-40 (2001-07) *Measurement methods and test procedures – Attenuation*.

CUADRO 3

Pérdida de retorno del conector óptico

Tipo de fibra	Pérdida de retorno mínima
Multimodo, 62,5/125 ó 50/125 micras	20 dB
Monomodo, 8-10/125 micras	26 dB

NOTA 1 – Los valores de la pérdida de retorno mínima se especifican de modo tal que se tomen en consideración múltiples reflexiones en línea.

Apéndice A (Informativo)

Definición de términos sobre el medio de transmisión óptica y los conectores

A.1 Montajes de fibra óptica y de cable

Los cables contienen una o más fibras ópticas dentro de una misma cubierta, dispuestas en configuración de haces o de cintas. El número de fibras para los cables de alta densidad lo decidirá el diseñador, teniendo en cuenta el espacio disponible en el conducto y la necesidad de una gestión adecuada al cable de fibra óptica.

Los puentes, cables de conexión y alargadores de los circuitos de fibra son cables de fibra óptica para fines especiales que contienen una o más fibras, envueltas cada una de ellas en una cubierta protectora.

Los cables híbridos ópticos/de cobre son montajes de una o más fibras multimodo y/o monomodo que van encubiertas, y de dos o más hilos o trenzados de cobre aislados eléctricamente. Se fabrican para aplicaciones especiales tales como la interconexión de cabezales de cámara y estaciones de base.

Las terminaciones helicoidales son fibras únicas revestidas de un material plástico, pero sin cubierta de protección. Se fabrican para instalarlas en equipos terminales con el fin de prolongar un circuito de fibra desde un receptáculo del panel de interconexión hasta un dispositivo óptico ubicado dentro de equipo. La terminación se verifica en el extremo del panel de interconexión en una interfaz conectora apropiada (véase los § 0.3 y 3.1.4).

A.2 Componentes de conexión óptica

Los conectores se instalan en ambos extremos de toda fibra, cable de conexión única, dúplex o múltiple y cable multifibra con cubierta. Los conectores se instalan también en un extremo de los terminales helicoidales, mientras que el otro extremo se fija físicamente a los dispositivos Tx y Rx ópticos ubicados en el interior del equipo del usuario.

Los adaptadores se instalan en los paneles de interconexión de bastidor o pared en armarios de telecomunicaciones y salas de equipo para la adaptación de fibras terminadas en conectores. Son el equivalente óptico de los conectores BNC de doble cara o de los adaptadores de panel utilizados para interconectar tramos en tándem de cable coaxial. Los adaptadores constituyen el medio mecánico que sirve para empalmar con precisión los manguitos de extensión de los conectores de fibra, y se utilizan para circuitos ya instalados compuestos de tramos conectados en serie de cables de fibra multimodo o monomodo o terminaciones helicoidales.

Los adaptadores permiten asimismo adaptar una fuente luminosa monomodo de un latiguillo helicoidal a una entrada de circuito de transmisión multimodo, y una salida de circuito de transmisión monomodo al terminal helicoidal de entrada de un receptor óptico multimodo. La práctica seguida por la industria de telecomunicaciones permite utilizar terminales helicoidales monomodo en una unidad Tx para la interfaz con los circuitos de fibra multimodo. En una unidad Rx los terminales helicoidales multimodo pueden utilizarse para recibir señales ópticas procedentes de circuitos de fibra monomodo.

Los receptáculos se instalan en el equipo terminal para establecer la interfaz entre el Tx y el Rx ópticos internos y circuitos de cableado de los locales (planta exterior). Un receptáculo puede ocupar físicamente la mitad de un adaptador, mientras que las fuentes luminosas o los fotodiodos se instalan físicamente en la otra mitad. Esos receptáculos pueden estar montados físicamente en las tarjetas de circuitos impresos del Tx o el Rx. Cuando se monta un transductor E/O u O/E multimodo o monomodo en una placa de circuito impreso que no pueda situarse físicamente en el tablero de interfaz, la interconexión con el receptáculo del tablero se efectúa mediante una terminación helicoidal (véase los § 3.1.3 y 3.1.4).

Apéndice B (Informativo)

Opciones de funcionamiento y de diseño del circuito de transmisión óptica

B.1 Criterios de selección de las unidades Tx y Rx

El balance de potencia de un enlace de transmisión de fibra óptica es la diferencia aritmética entre la potencia de salida mínima de la fuente óptica, que se indica en el Cuadro 1, y la potencia de entrada máxima al receptor óptico, que figura en el Cuadro 2. El balance de potencia mínimo necesario para la transmisión de una señal entre el equipo de origen y de destino es igual a la atenuación de la fibra a la longitud de onda de transmisión deseada, más la suma de las pérdidas evaluadas o especificadas en todos los puntos de empalme y en los conectores, suma que puede llegar hasta 0,5 dB por empalme o conexión. Se aconseja que el diseñador del sistema incluya una pérdida para casos imprevistos comprendida entre 3 dB y 6 dB al determinar el balance de pérdidas de un circuito multisección largo.

Los costes superiores de las unidades Tx y Rx monomodo necesarios para hacer frente a un balance de pérdidas específico puede equilibrarse utilizando fibra multimodo de menor coste en todo el circuito. No obstante, la «anchura de banda mínima» de las fibras multimodo (expresada como valor máximo de «anchura de banda-kilómetro» en la especificación de la fibra) obliga a la utilización de una fibra monomodo en cualquier enlace de potencia media/alcance medio que pueda requerirse para transportar las señales especificadas en la Recomendación UIT-R BT.1120. Esta opción requerida en cuanto al tipo de fibra no tiene equivalente en los cálculos de la pérdida en circuitos de transmisión coaxial.

La utilización de la fibra multimodo en circuitos de enlace de baja potencia (corto alcance) redundará, por otra parte, en una calidad de funcionamiento menor que la correspondiente a la fibra monomodo a estas velocidades.

B.2 Características de transmisión de las fibras multimodo y monomodo

Las distancias a las que puedan transmitirse sin errores señales digitales por fibras multimodo y monomodo presentan límites en cuanto a la longitud del circuito por causa del «efecto acantilado» debido a fenómenos de dispersión «modal» y «cromática», respectivamente. Las fibras multimodo aceptan entradas de rayos ópticos (modos) múltiples de fuentes luminosas con los ángulos máximos de incidencia definidos por el «cono de aceptación» (apertura numérica – NA) de la fibra. Los retardos de propagación de los rayos por impulsos reflejados entre un extremo y otro del núcleo aumentan con la distancia. La distancia de «efecto acantilado» de la fibra multimodo, calculada a partir de sus características de «anchura de banda-kilómetro» (véase lo anterior), es aquella a la que la señal deja de ser recuperable, debido al hecho de que el instante de llegada de los impulsos transportados por rayos múltiples oculta los puntos de transición de la señal o se superpone a los impulsos de intervalos unitarios de señales adyacentes.

Contrariamente a lo que piensa el público, incluso las fuentes luminosas de láser semiconductor más caras no emiten luz en una única longitud de onda. Cada rayo transmitido por el núcleo de 8,0 a 10,0 micras experimenta retardos de propagación en cada longitud de onda a la salida del láser comprendida en la anchura máxima de la raya espectral de 8 nm (Cuadro 1). El punto de «efecto acantilado» de la fibra monomodo, que se encuentra muchos kilómetros fibra abajo, está a la distancia a la que el instante de llegada de los impulsos transportados al extremo de la longitud de onda espectral oculta los puntos de transición de la señal, o se superpone a los impulsos de intervalos unitarios de señales adyacentes.

B.3 Limitación del procesamiento de la señal digital del transductor E/O

Los diseñadores deben ser conscientes de que las señales digitales en serie especificadas en las Recomendaciones UIT-R BT.656 y UIT-R BT.799 pueden contener una energía considerable de baja frecuencia.

Apéndice C (Informativo)

Información sobre seguridad del láser

Se considera que la radiación visible y no visible de los diodos de láser y los LED utilizados en los sistemas de comunicaciones de fibra óptica es una aplicación segura de la tecnología láser. La salida luminosa se limita exclusivamente al núcleo de la fibra interconectada, y no se filtra a través de la cubierta o la protección externa. Si se desconecta la terminación helicoidal de una fuente luminosa sólo hay una remota posibilidad de que la vista resulte dañada en el caso extremadamente improbable de que una persona mire directamente a la fibra a corta distancia durante un largo periodo de tiempo.

Las publicaciones de la CEI proporcionan orientación sobre las prácticas que deben seguirse en el trabajo con sistemas de comunicaciones de fibra óptica. Contienen asimismo información sobre los requisitos de etiquetado de módulos que contengan fuentes luminosas láser/diodo emisor de luz acopladas con el exterior a través de una terminación helicoidal o un conector óptico.

Apéndice D (Informativo)

Realización de balance del enlace

Al diseñar un enlace por fibra óptica para abarcar una distancia conocida hay dos factores que decidirán si un par transmisión-recepción particular será adecuado para transportar satisfactoriamente datos cumpliendo o mejorando los requisitos mínimos BER de la Recomendación UIT-R BT.1367.

Estos factores son el *balance de potencia* y la *tolerancia a la dispersión* del par Tx/Rx.

D.1 Balance de potencia

El balance de potencia se compone de dos elementos:

La **potencia de transmisión** – Es la potencia óptica de salida media garantizada a final de vida (EOL) del láser transmisor, expresada normalmente en mW o dBm. Los valores en el inicio de vida (SOL) suelen ser superiores, lo que permite cierto descenso de la potencia de salida a medida que el aparato envejece.

Sensibilidad del receptor – Es el nivel de potencia garantizado en el final de vida (EOL) al que puede obtenerse una característica de error satisfactoria con un patrón de datos conocido. Los niveles de sensibilidad para señales patológicas suelen ser peores que para las señales PRBS (secuencia binaria pseudoaleatoria).

Cuando se determina el alcance con pérdida limitada del sistema puede obtenerse el balance de potencia (a veces conocido como «balance del enlace») restando la sensibilidad del receptor de la potencia de transmisión.

CUADRO D-1

Cálculo del balance de potencia

TX Potencia de salida óptica	–7dBm a + 7dBm
Rx: Sensibilidad óptica	–11 dBm a –32 dBm
Balance de potencia	Tx-Rx

Puede obtenerse una estimación del alcance con pérdida limitada dividiendo el balance de potencia por una estimación de las pérdidas de la fibra a la longitud de onda en cuestión. Para una fuente FP centrada en 1 310 nm, puede estimarse una pérdida de cable de fibra óptica monomodo típica de 0,35 dB/km y, para una fuente DPB centrada en 1 550 nm, una pérdida de cable de fibra óptica monomodo típica de 0,25 dB/km.

También es importante considerar el número de puntos de conexión, puntos de empalme y dispositivos ópticos pasivos, como divisores y multiplexores ópticos que generarán pérdidas de potencia en el sistema. La pérdida en un conector se calcula en 0,5 dB, mientras que dispositivos como los multiplexores pueden generar una pérdida entre 1 y 12 dB dependiendo de la longitud de onda y el dispositivo en sí. Al hacer estos cálculos es conveniente tener en cuenta el margen del sistema antes de determinar el alcance con pérdida limitada para abarcar otros problemas del sistema como las pérdidas de la fibra por doblado, la deriva de la longitud de onda de la fuente, etc.

CUADRO D-2

Pérdida de potencia de dispositivo pasivo típica

Pérdida de fibra monomodo	
FP (1 310 nm)	0,35 dB/km
DFB (1 550 nm)	0,25 dB/km
Pérdida de inserción	
Conectores	0,5 dB
Empalmes	0,2 dB
Paneles parche	1 dB
Atenuación de dispositivo pasivo	
WDM	2 dB
CWDM 16	7 dB
DWDM 32	12 dB
Divisor 80%	2 dB
Divisor 20%	9 dB

Una forma de calcular de modo más preciso el alcance del sistema es medir las pérdidas de la fibra en la longitud de onda deseada antes de poner en marcha el enlace.

D.2 Dispersión

La dispersión cromática (CD) es el cambio en el índice efectivo de modo, es decir la velocidad de propagación de energía, en lo que respecta a la longitud de onda. Es decir, cada longitud de onda de luz que se propaga por una fibra óptica experimentará una velocidad de propagación diferente. La presencia de dispersión produce una «erosión» en el intervalo unitario ya que la energía de los pulsos colindantes se extiende hacia el periodo de bit actual. De modo similar, la energía de un periodo de bit actual se redistribuye hacia los bits anteriores y posteriores.

La tolerancia a la dispersión del par Tx/Rx se compone de varios elementos:

Anchura de línea de fuente – Depende mucho de la tecnología de láser utilizada en el transmisor. Las fuentes Fabry-Perot (FP) tienen una anchura de línea espectral muy amplia del orden de varios nanómetros. Los láseres de retroalimentación distribuida tienen una anchura de línea pequeña del orden de sólo unas decenas de nanómetros. Cuanto más amplia la anchura de línea del láser, más susceptible será la transmisión de datos a la dispersión.

Tipo de fibra y longitud de onda de fuente – Todos los diferentes tipos de fibras existentes tienen un punto de longitud de onda en el que la dispersión pasa por cero. Dependiendo del tipo de fibra y de la longitud de onda del transmisor, los datos están sujetos a una cierta cantidad de dispersión ya que se propaga por la fibra. El tipo de fibra monomodo más común es SMF28, el cual tiene una longitud de onda de dispersión nula centrada en 1 310 nm.

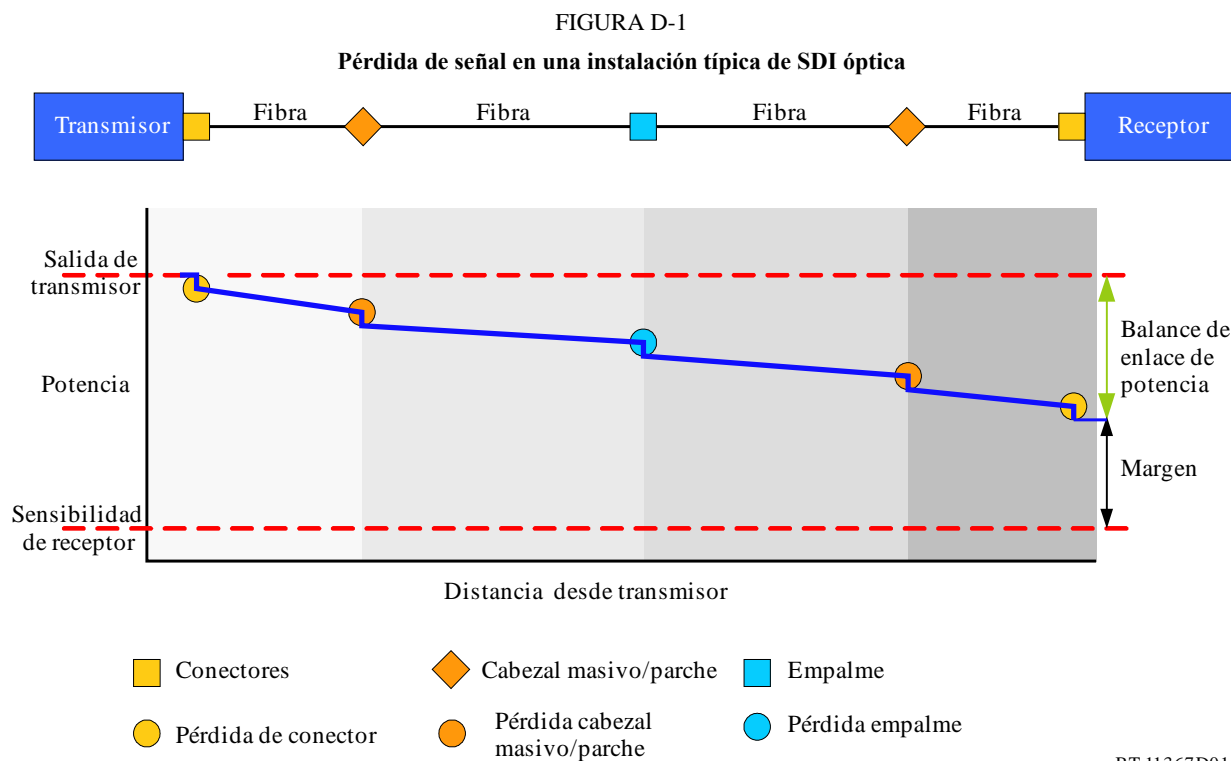
Tolerancia del receptor a interferencia entre símbolos (ISI) – Por lo general los receptores pueden tolerar una cantidad finita de interferencias de bits de subida/bajada en el periodo de bit actual. Un valor de diseño ISI típico es 49% del intervalo unitario, lo que ocasiona una reducción de 2 dB en la sensibilidad del receptor.

Velocidad de datos – Como la dispersión se manifiesta como un retraso en la señal entre el inicio y el final del pulso, se hace más problemática a velocidades de datos superiores donde el intervalo unitario es por lo tanto más corto.

D.3 Cálculo de la distancia de enlace

Para plantearse un diseño completo es necesario determinar si un par Tx/Rx estará limitado en potencia o en dispersión. Calcular un alcance para potencia y dispersión conllevará conocer la longitud de fibra a la que el sistema se ve limitado por uno de los dos fenómenos.

A modo de ejemplo se estudia la posibilidad de utilizar la siguiente red óptica para calcular la distancia de enlace.



D.4 Cálculo de distancia de enlace monomodo

Para este ejemplo se aplican las siguientes suposiciones:

Las pérdidas de la fibra monomodo son fijas en el caso uniforme más desfavorable 0,35 dB/km

Transmisor FP 1310 nm – potencia mínima de salida → -5 dBm, anchura espectral 4 nm

Receptor PIN – sensibilidad mínima (patológica) de -18 dBm

2 conectores con 0,5 dB pérdida/conector

2 pérdidas de parche con 1 dB pérdida/parche

1 pérdida de empalme con 0,3 dB pérdida/empalme

3 dB de margen de sistema añadidos.

En el caso más desfavorable el balance de potencia EOL en este ejemplo sería por lo tanto:

Potencia de transmisor	-5 dBm
Sensibilidad del receptor	-(-18 dBm)
Pérdida por conector (2 × 0,5 dB)	-1
Pérdida por parche (2 × 1 dB)	-2
Pérdida por empalme (0,3 dB)	-0,3

Margen de sistema	-3
Balance de potencia EOL	6,7 dB
El alcance estimado es $6,7/0,35 = 19,14$ km	

D.5 Dispersión

Para un SMF con longitud de onda de dispersión nula en 1 302 nm y longitud de onda óptica de láser de $1\,310 \text{ nm} \pm 40 \text{ nm}$, el coeficiente de dispersión puede calcularse utilizando el parámetro de pendiente de dispersión nula que puede obtenerse de la hoja de datos de fibra.

NOTA – La longitud de onda de dispersión nula y los parámetros de pendiente de dispersión nula suelen presentarse en la hoja de datos de la fibra óptica del fabricante.

Para este ejemplo se supone que se ha determinado una pendiente de dispersión nula de $0,092 \text{ ps}/(\text{nm.km})$.

Cálculo de dispersión a $1\,270 \text{ nm}$ ($1\,310 \text{ nm} - 40 \text{ nm}$) = $-2,94 \text{ ps}/\text{nm.km}$

Cálculo de dispersión a $1\,350 \text{ nm}$ ($1\,310 \text{ nm} + 40 \text{ nm}$) = $4,416 \text{ ps}/\text{nm.km}$

La longitud de enlace limitada por dispersión se determina con la siguiente ecuación:

$$L = \frac{0,491}{B.D.\Delta\lambda}$$

En la que B es la velocidad binaria, D la dispersión ($\text{ps}/\text{nm.km}$) y $\Delta\lambda$ la anchura de línea de fuente (nm).

Con una dispersión absoluta para el caso más desfavorable de $4,416/\text{nm.km}$ y con $1,5 \text{ Gbit/s}$ de datos obtenemos una longitud de enlace limitada por dispersión de $18,7 \text{ km}$, y la longitud se reduce a $9,3 \text{ km}$ a $3,0 \text{ Gbit/s}$.

En este ejemplo queda claro que el enlace está limitado por dispersión a $1,5 \text{ Gbit/s}$ y 3 Gbit/s .

D.6 Cálculo de distancia de enlace multimodo

En el caso de una fibra multimodo las distancias de enlace no suelen estar limitadas por el balance de potencia general sino por la dispersión intermodal.

Los fabricantes de fibras ópticas especifican el ancho de banda modal efectivo de la fibra multimodo para una longitud de onda determinada en unidades de MHz.km .

Hay varios tipos diferentes de fibra multimodo con diferentes anchos de banda modal y tamaños de núcleo. Es importante seleccionar la fibra apropiada para la aplicación requerida.

En el siguiente Cuadro B-3 figuran valores de atenuación y de ancho de banda modal mínimo para diferentes tipos de fibra. El fabricante de la fibra proporcionará los valores efectivos.

CUADRO D-3

Parámetros de fibra multimodo

Parámetros	50/125 um			62,5/125 um
	OM2	OM3	OM4	OM1
Categoría de rendimiento ISO/IEC 11801	OM2	OM3	OM4	OM1
Atenuación (dB/km) @ 850 nm @ 1 300 nm	<3,0 <1,0			<3,5 <1,0
Ancho de banda modal efectiva (MHz.km) @ 850 nm @ 1 300 nm	>500 >500	>1 500 >500	>3 500 >500	>200 >600

Para este ejemplo se aplican las siguientes suposiciones:

Las pérdidas de la fibra en el caso menos favorable en una fibra OM3 a 850 nm son 3 dB/km

Transmisor FP 850 nm – potencia de salida mínima → -5 dBm

Receptor PIN – sensibilidad mínima (patológica) de -18 dBm

2 conectores con ,5 dB pérdida/conector

2 pérdidas de parche con 1 dB pérdida/parche

1 pérdida por empalme con 0,3 dB pérdida/empalme

3 dB de margen de sistema añadidos.

En el caso más desfavorable el balance de potencia EOL en este ejemplo sería por lo tanto:

Potencia de transmisor	-5 dBm
Potencia de receptor	-(-18 dBm)
Pérdida por conector (2 × 0,5 dB)	-1
Pérdida por parche (2 × 1 dB)	-2
Pérdida por empalme (0,3 dB)	-0,3
Margen de sistema	-3
Balance de potencia EOL	6,7 dB
El alcance <i>estimado</i> es	6,7 dB/3 dB/km = 2,23 km

D.7 Dispersión intermodal

La fórmula para calcular la distancia de enlace máxima como una función de la velocidad de datos es la siguiente:

$$\text{Distancia máxima} = (\text{Ancho de banda modal de fibra}) / (\text{Velocidad de datos})$$

Para una fibra OM3 MM con 50 um de núcleo, el ancho de banda modal efectivo es 1 500 MHz.km a 850 nm.

Para 1,5 Gbit/s de datos obtenemos una longitud de enlace con dispersión limitada de 1 km.

A 3,0 Gbit/s la longitud se reduce a ~500 m.

Apéndice E (Informativo)

Umbrales de daño

Los umbrales de daño pueden calcularse restando el nivel de potencia a la entrada del receptor que daña su detector del nivel de potencia máximo a la entrada del transmisor.

Los Cuadros E-1 a E-3 revelan que el equipo diseñado para funcionar de conformidad con la Recomendación UIT-R BT.1367 será plenamente interoperable en todas las condiciones de explotación o combinaciones de aplicaciones de enlace de baja potencia, potencia media o elevada potencia, excepto cuando se trate de transmisores de elevada potencia (largo alcance) que funcionen con la potencia máxima a la salida. Como puede verse en el Cuadro E-3, en estas condiciones se requiere una atenuación mínima de 9 dB para evitar que se causen daños al detector.

Hay que señalar que las instalaciones típicas de sistemas presentarán al menos este grado de atenuación debida a la pérdida de fibra.

En caso de que exista el riesgo de que por causas accidentales se realice una transconexión inadecuada de transmisores de alta potencia (largo alcance) en circuitos diseñados para enlaces de baja potencia (corto alcance), deberían diseñarse en el sistema los correspondientes atenuadores o tampones ópticos.

CUADRO E-1

Aplicaciones de enlace de baja potencia (corto alcance) – Umbrales de daño en el detector

	Fibra monomodo		Fibra multimodo	
	Con potencia mínima a la salida	Con potencia máxima a la salida	Con potencia mínima a la salida	Con potencia máxima a la salida
Potencia a la salida (dBm)	-12	-3	-12	-3
Daños en el detector (dB)	1	1	1	1
Atenuación mínima requerida para evitar daños en el detector (dB)	0	0	0	0

CUADRO E-2

Aplicaciones de enlace de potencia media (alcance medio) – Umbrales de daño en el detector

	Fibra monomodo	
	Con potencia mínima a la salida	Con potencia máxima a la salida
Potencia a la salida (dBm)	-3	0
Daños en el detector (dB)	1	1
Atenuación mínima requerida para evitar daños en el detector (dB)	0	0

CUADRO E-3

**Aplicaciones de enlace de elevada potencia (largo alcance) –
Umbrales de daño en el detector**

	Fibra monomodo	
	Con potencia mínima a la salida	Con potencia máxima a la salida
Potencia a la salida (dBm)	0	10
Daños en el detector (dB)	1	1
Atenuación mínima requerida para evitar daños en el detector (dB)	0	9

**Apéndice F
(Informativo)**

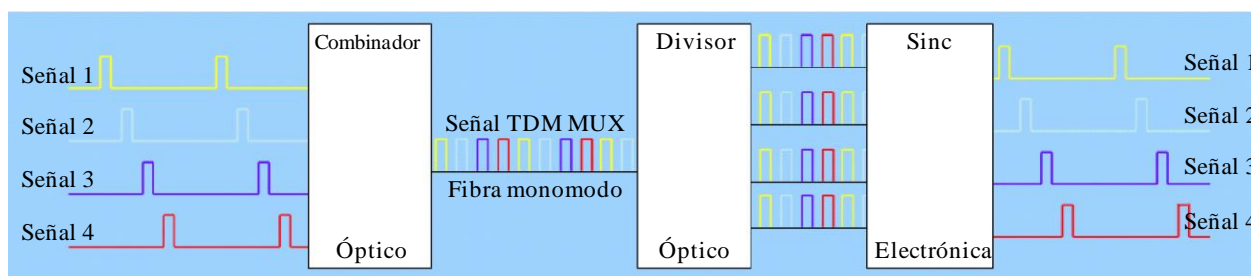
Multiplexación de fibra óptica

La fibra óptica tiene un gran ancho de banda y es capaz de transportar múltiples señales, pero para ello se requiere multiplexación. Las dos más utilizadas son la multiplexación por división en el tiempo y la multiplexación por división de longitud de onda.

F.1 Multiplexación por división en el tiempo (TDM)

La multiplexación por división en el tiempo (TDM) se controla en el dominio eléctrico y es sincrónica. En la Fig. F-1 se muestra un sistema típico TDM.

FIGURA F-1
Sistema TDM

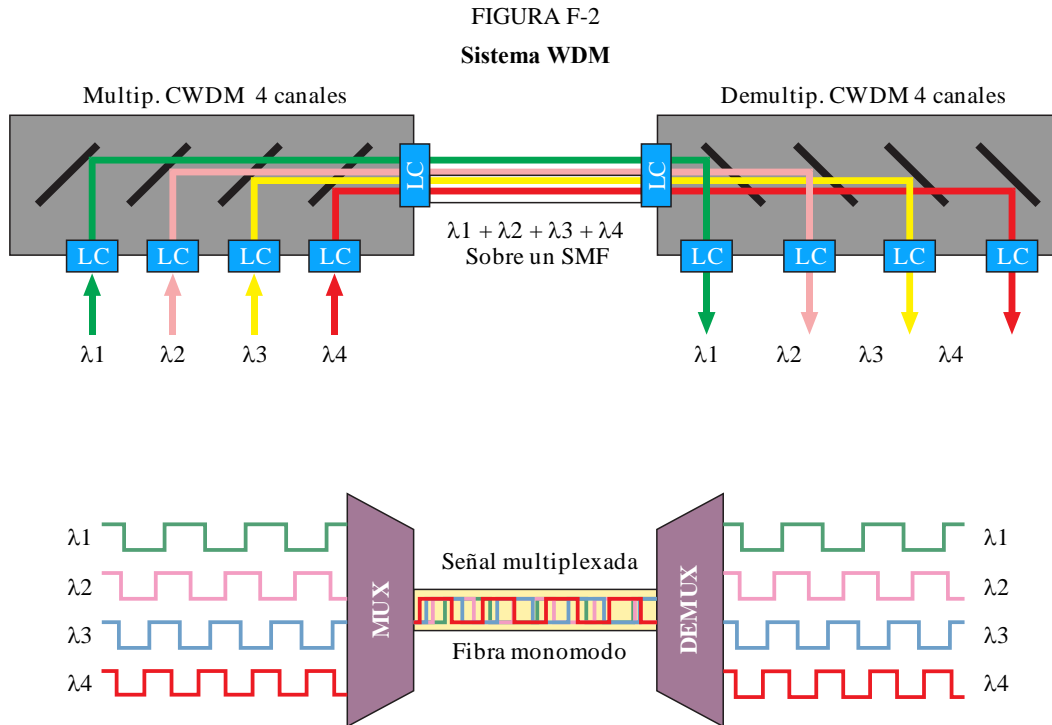


BT.11367F01

Los requisitos ópticos para un sistema TDM son económicos pero hay inconvenientes. El coste de sincronización es muy alto, el número de señales que pueden utilizarse basándose en la velocidad de enlace máxima es limitado, y la distancia también está limitada por la dispersión en la fibra.

F.2 Multiplexación por división de longitud de onda (WDM)

En la multiplexación por división de longitud de onda (WDM) se sintonizan múltiples láseres DFB a longitudes de onda concretas que se agrupan con filtros ópticos (MUX ópticos) y viajan a lo largo de la fibra independientemente. Al final de la fibra se utilizan filtros para separar (demultiplexación óptica) cada una de las longitudes de onda. En la Fig. F-2 se muestra un sistema típico WDM.



BT.11367F02

La multiplexación óptica y la demultiplexación óptica consisten en varios filtros ópticos pasivos hechos con prismas, filtros de capa fina, filtros dielectricos o filtros de interferencia.

Cada filtro refleja una longitud de onda única de luz y deja pasar todas las demás de modo casi transparente (pérdida media/filtro $\cong 0,5$ dB):

CWDM 4 canales \rightarrow Pérdida total multiplex.+demultiplex./canal $\cong 2$ dB

CWDM 8 canales \rightarrow Pérdida total multiplex.+demultiplex./canal $\cong 4$ dB

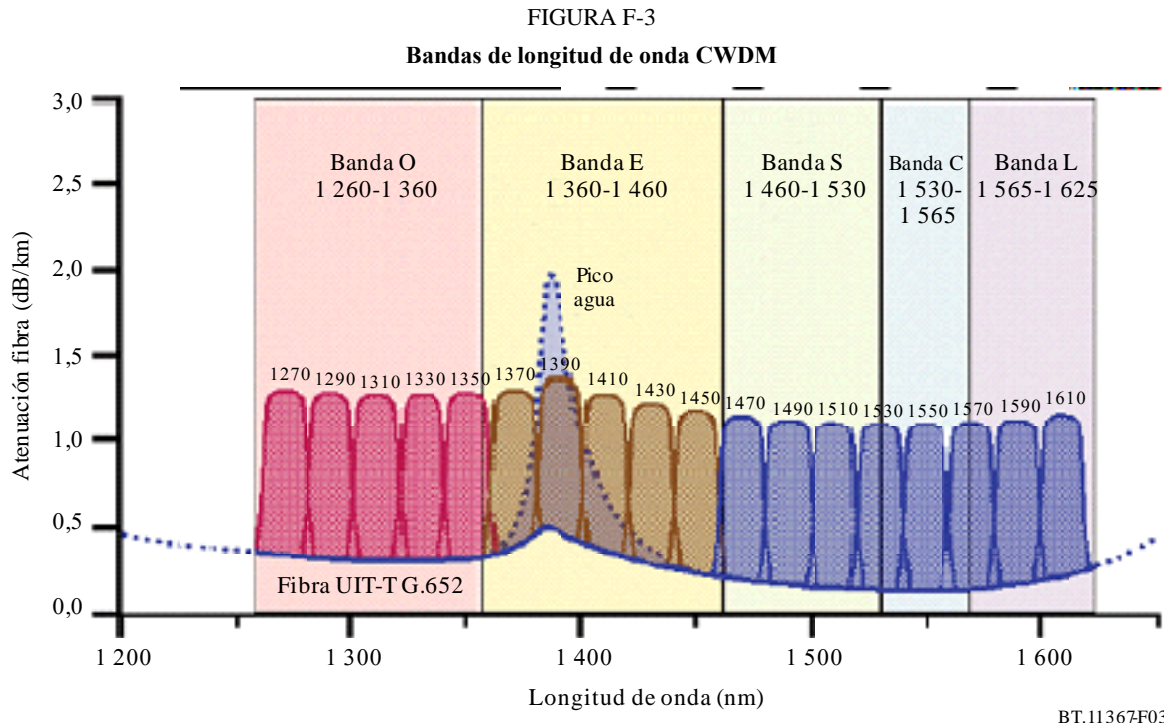
CWDM 16 canales \rightarrow Pérdida total multiplex.+demultiplex./canal $\cong 7$ dB

Es importante señalar que cada longitud de onda puede operar a una velocidad binaria independiente y no interferirá con ninguna otra señal. Esto permite que se transporten al mismo tiempo diferentes formatos de imagen y tipos de señales, como AES, MADI, DVB-ASI, 3G/HD/SD SDI o Ethernet por una única fibra.

La multiplexación por división aproximada de longitud de onda (CWDM) utiliza longitudes de onda separadas de 20 nm comenzando en 1 271 nm hasta 1 611 nm como se define en la UIT-T G.694.2 Planes espectrales para aplicaciones de multiplexación por división de longitud de onda: plan de longitud de onda de CWDM.

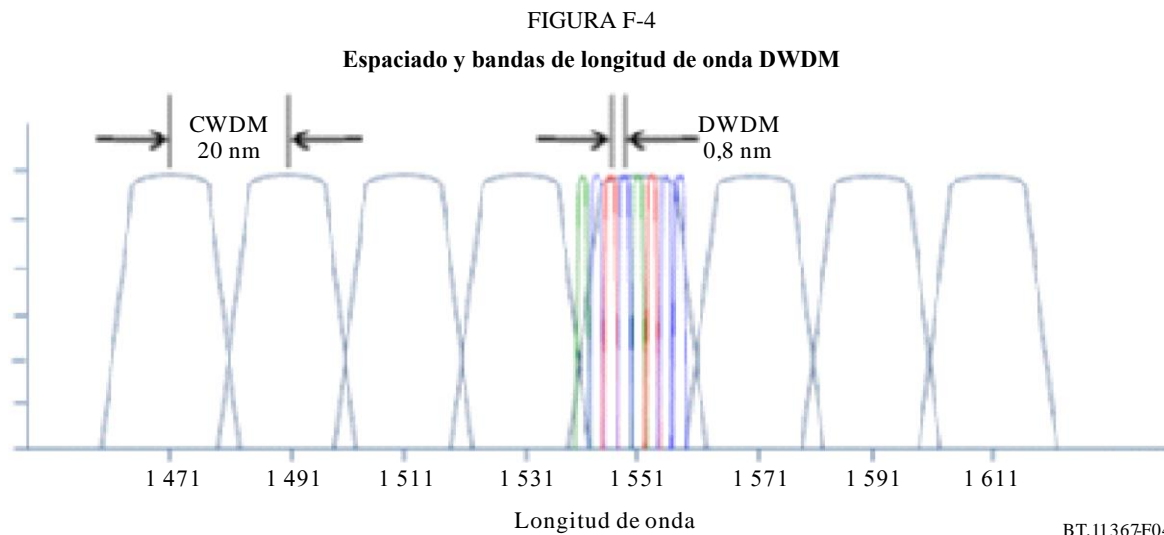
Hay un total de 18 longitudes de onda disponibles pero 2 de ellas (1 390 nm y 1 410 nm como se especifica en UIT-T G.652a/b) no se suelen utilizar porque se solapan al pico de absorción por vapor de agua.

Para utilizar las 18 longitudes de onda se necesita una UIT-T G.652c/d «fibra con baja atenuación por cresta de agua» especial. En la Fig. F-3 se muestran las bandas CWDM.



En un sistema de multiplexación por división de longitud de onda densa (DWDM) las longitudes de onda se separan en 0,2 nm a 3,2 nm, de 1 550 nm a 1 610 nm, como se define en la UIT-T G.694.1: Planes espectrales para aplicaciones de multiplexación por división de longitud de onda: plan de frecuencia DWDM.

Esto permite crear hasta 160 longitudes de onda por fibra. La estrecha separación requiere láseres de alta estabilidad y filtros más complejos para multiplexar y demultiplexar las señales, lo que produce unos costes de aplicación de sistema mucho más elevados. Esto hace que DWDM sea en general demasiado caro de aplicar para aplicaciones punto a punto y campus.



CWDM suele utilizarse en instalaciones regionales o metropolitanas con distancias de enlace inferiores a 60 km, mientras que DWDM se utiliza en aplicaciones de largo alcance.

Apéndice G (Informativo)

Glosario de términos de fibra óptica

(Los términos que aquí se definen se utilizan en la Recomendación y las referencias normativas afines.)

Absorción: La parte de la atenuación óptica en una fibra óptica resultante de la conversión de potencia óptica en calor. Ocasionada por impurezas presentes en una fibra tales como iones de hidroxil, la absorción sólo surte efectos con ciertas longitudes de onda. Junto con la dispersión, la absorción es la causa principal de la atenuación en un guiaondas óptico.

Acoplador (acoplador óptico): Un componente óptico que se utiliza para dividir o combinar potencias de señal óptica. Ejemplos de acoplador: «divisores», «acopladores-T», «2×2», o «1×2».

Acoplador T: Un acoplador con tres puertos.

Acoplador Y: Una variación en el acoplador T en la cual la luz entrante se divide en dos canales (típicamente un guiaondas plano) que se bifurca en forma de letra Y a partir de la entrada del acoplador.

Adaptador: Dispositivo mecánico diseñado para alinear y empalmar conectores ópticos de fibra. Suele denominarse también acoplador u obturador.

Anchura de banda: La frecuencia más baja posible a la cual la magnitud de la función de transferencia del guiaondas se reduce pasando a 3 dB (potencia óptica) por debajo de su valor de frecuencia cero. Esta reducción suele denominarse «anchura de banda 3 dB». Aunque la anchura de banda sea una función de la longitud del guiaondas, no puede ser directamente proporcional a dicha longitud.

Ángulo crítico: El ángulo mínimo con respecto al eje de la fibra al cual un rayo de luz puede quedar totalmente reflejado en la interfaz núcleo-revestimiento.

Ángulo de aceptación: La mitad del ángulo del cono dentro del cual toda la luz incidente es reflejada internamente por el núcleo de la fibra en la interfaz entre el núcleo y la cubierta. El ángulo de aceptación es igual a $\sin^{-1}(NA)$, donde NA es la apertura numérica.

Ángulo de incidencia: El ángulo formado por el rayo incidente y el perpendicular en una superficie reflectante.

Ángulo de lanzamiento: Ángulo comprendido entre la dirección de propagación de la luz incidente y el eje óptico de un guiaondas óptico.

APC: Abreviatura de «contacto físico angulado». Un tipo de conector de fibra óptica fabricado o pulido con un ángulo de 5° a 15° en la punta del conector para lograr el mínimo posible de retroreflexión.

Apertura numérica (NA): Medida de la gama de ángulos de la luz incidente transmitida a través de una fibra. La NA viene determinada por las diferencias del índice de refracción entre el núcleo y el revestimiento.

Atenuación: La reducción de la potencia óptica media en un guiaondas óptico. Las principales causas de la atenuación son la dispersión y la absorción, así como las pérdidas ópticas que se producen en los conectores y empalmes. Se expresa normalmente en decibelios dB. La atenuación (también conocida como pérdida) se formula de la siguiente forma: $x \text{ dB} = -10 \log_{10} (P_o/P_i)$, donde P_i es la potencia óptica medida a la entrada y P_o es la potencia óptica medida a la salida.

Como P_o es inferior a P_i , se coloca un signo negativo antes del número 10 para que x adopte signo positivo.

Atenuador: Un elemento óptico pasivo que reduce la intensidad de la señal óptica que pasa a través de dicho elemento, sin afectar por ello a la señal.

BALANCE de enlace (balance de enlace óptico, balance de pérdida de enlace, balance de potencia): La gama de potencias ópticas a lo largo de la cual un enlace de fibra óptica se explotará con las especificaciones de calidad de funcionamiento especificadas. Se calcula restando la potencia óptica lanzada en una fibra óptica de la sensibilidad mínima del receptor óptico en el punto de extremo del enlace. Un balance de enlace da cuenta típicamente de todos los paneles y puentes interconectados en el sistema considerado y permite que el diseñador verifique su calidad de funcionamiento antes de su instalación.

BER (proporción de bits erróneos): En las aplicaciones digitales, se trata de la tasa de bits recibidos de manera errónea en relación con los bits enviados. En los sistemas de fibra óptica resultan típicas tasas de errores en los bits de un error por mil millones de bits (1×10^{-9}) enviados.

Cable plenum: Se trata de un cable de interiores resistente contra el fuego por lo cual puede instalarse directamente sin necesidad de utilizar conductos en espacios por donde circula el aire, por ejemplo, los que se encuentran encima de techos falsos y por debajo de suelos elevados.

Circuitos integrados fotoelectrónicos (OEIC): Circuitos que combinan las funciones electrónicas y ópticas en una sola microplaqueta.

Coefficiente de atenuación: La tasa de pérdida de potencia óptica con respecto a la distancia recorrida a lo largo de la fibra óptica, que se mide normalmente en decibeles por kilómetro (dB/km) a una longitud de onda dada. Mientras más baja sea esta tasa la fibra será de mejor calidad.

Componentes/circuitos ópticos integrados (IOC): Dispositivos ópticos externos que procesan la señal en la luz transmitida a través de guíaondas. Los IOC contienen guíaondas que estructuran y confinan la luz que se propaga en una región de una o dos dimensiones muy reducidas, del orden de la longitud de onda de la luz. En la fabricación de un IOC un material frecuentemente utilizado es el niobato de litio (LiNbO_2).

Conector de contacto físico: Un tipo de conector óptico que mantiene contacto físico entre fibras montadas en latiguillos, con el fin de reducir a un mínimo los efectos de la reflexión de Fresnel en las caras externas del conector.

Conector SC: Un tipo de conector utilizado en cables de fibra óptica que emplea una sección rectangular que lleva una sección rectangular de plástico moldeado. Consta de un mecanismo de bloqueo «empujar para insertar» y «tirar para retirar» en lugar de un acoplamiento mediante rosca, lo que impide una alineación defectuosa rotacional. Un «click» audible indica que el conector se ha accionado.

Conector ST: Un tipo de conector que se emplea en cable de fibra óptico y permite un acoplamiento con torsión por resorte y bloqueo similar al de los conectores BNC que se utilizan en el cable coaxial.

Corriente fotoeléctrica: La corriente que fluye a través de un dispositivo fotosensible, por ejemplo, un fotodiodo, como resultado de la exposición de este dispositivo a una potencia óptica.

Corriente oscura: La corriente externa que, en condiciones de polarización inversa, fluye en un fotodetector cuando éste no recibe radiación incidente.

Corriente umbral: La corriente impulsora por encima de la cual la amplificación de la onda de luz en un diodo de láser sobrepasa las pérdidas ópticas, lo que hace que se inicie la emisión simulada. La corriente umbral depende en gran medida de la temperatura.

Cubierta primaria: La cubierta de plástico que se aplica directamente a la superficie de la vaina de la fibra durante la fabricación para preservar la integridad de dicha superficie.

Decibel (dB): La unidad de medida estándar que expresa la ganancia o pérdida relativas de potencia óptica o eléctrica en una escala logarítmica con arreglo a la fórmula $dB = 10 \log_{10}(P_1/P_2)$, donde el cociente entre P_1 y P_2 es la relación entre dos niveles de potencia.

Detector: Un transductor que proporciona una corriente eléctrica de salida en respuesta a una potencia óptica incidente. El nivel de la corriente de salida depende de la cantidad de luz recibida y del tipo de dispositivo que se utilice.

Diodo de láser (LD): Diodo semiconductor que emite luz coherente cuando se polariza de forma directa por encima de la corriente umbral.

Diodo de láser de inyección (ILD): Un diodo de láser en el cual la emisión simulada que caracteriza este tipo de dispositivos tiene lugar en una unión de semiconductor preferentemente con polarización directa, por lo cual inyecta electrones y hoyos en la unión.

Diodo emisor de luz (LED): Un dispositivo semiconductor que emite luz incoherente a partir de una unión $p-n$ cuando se polariza de forma directa. La luz puede salir del extremo de la tira de la unión o de su superficie, dependiendo de la estructura del dispositivo considerado.

Dispersión: La dispersión temporal de la señal en un guiaondas óptico. La dispersión está integrada por varios componentes: dispersión modal, dispersión material y dispersión de guiaondas. Como resultado de la dispersión del guiaondas óptico, éste filtra con paso bajo las señales transmitidas.

Dispersión cromática: Dispersión de un impulso de luz ocasionado por la diferencia entre índices de refracción a diferentes longitudes de onda. Esta dispersión reduce la anchura de banda efectiva de la fibra, haciendo variar los tiempos de subida/caída de las señales digitales en el receptor óptico.

Dispersión de Rayleigh: Dispersión debida a fluctuaciones del índice de refracción (por falta de homogeneidad en la densidad o composición del material), que son pequeñas si se comparan con la longitud de onda considerada.

Dispersión del guiaondas: El componente de dispersión cromática ocasionado por las diferentes velocidades a las que viaja la luz en el núcleo y el revestimiento de una fibra multimodo.

Dispersión material: Dispersión resultante de una variación de la velocidad de propagación como función de la longitud de onda en una fibra óptica.

Dispersión modal (dispersión multimodo): Dispersión del impulso debido a que los múltiples rayos de luz recorren diferentes distancias a distintas velocidades a lo largo de una fibra óptica.

Dispositivo fotoelectrónico: Cualquier aparato que funcione como un transductor eléctrico-óptico u óptico-eléctrico.

Distorsión intermodal: La distorsión de la forma de una onda en sistemas de fibras multimodo debido a la propagación de la luz en múltiples modos ópticos en tales sistemas y la subsiguiente dispersión temporal de la luz que se propaga en dichos modos.

Distorsión multimodo: La distorsión de la señal en un guiaondas óptico resultante de la superposición de modos con diferentes retardos.

Ducto interno: Un tubo de plástico flexible reforzado diseñado con la idea de:

- instalar conductos internos múltiples dentro de un conducto ancho,
- proteger físicamente un cable de fibra en una bandeja de cable o en una instalación subterránea, o

- conseguir la calificación de «plenum» para un cable de fibra óptica clasificado como «no plenum». El ducto interior es típicamente corrugado y tiene un color brillante para permitir una rápida detección ocular en una bandeja de cable o en una instalación subterránea.

Emisión espontánea: Emisión que se produce cuando hay demasiados electrones en la banda de conducción de un semiconductor. Estos electrones caen espontáneamente en lugares vacíos de la banda de valencia y emiten cada uno de ellos un fotón. La luz emitida es incoherente.

Emisión estimulada: Se trata de un fenómeno que se produce cuando los fotones en un semiconductor estimulan un exceso disponible de portadoras de carga, ocasionando así la emisión de más fotones. La luz emitida es idéntica en longitud de onda y fase a la luz coherente incidente.

Empalme: Unión permanente de dos guías ópticas.

Empalme de cabo: El resultado de acoplar dos fibras de manera permanente o semipermanente de extremo a extremo y sin utilizar para ello un conector.

Enlace de fibra óptica: Un cable de fibra óptica con conectores fijados a un transmisor (fuente) y un receptor (detector).

Factor de respuesta: La relación entre la salida y la entrada de un detector, relación que se mide normalmente en unidades de amperio por vatio (o microamperios por microvatio).

Fibra de compensación de la dispersión: Una fibra cuya dispersión es la opuesta a otras fibras en un sistema de transmisión, lo que compensa los efectos de dispersión de estas últimas fibras.

Fibra de dispersión desplazada: Un tipo de fibra monomodo diseñada para presentar una dispersión cero a proximidad del valor 1 550 nm. Este tipo de fibra se ajusta muy insuficientemente a las aplicaciones de DWDM, debido a su muy escasa linealidad en la longitud de onda con dispersión cero.

Fibra de índice escalonado: Una fibra que se caracteriza por un índice de refracción uniforme dentro del núcleo y una pronunciada reducción del índice de refracción en la interfaz núcleo/revestimiento.

Fibra de índice graduado: Una fibra óptica con un índice de refracción que es función parabólica de la distancia radial respecto al eje de la fibra y que decrece según se pasa del eje al revestimiento.

Fibra de lanzamiento: Una fibra que conecta un láser a un diodo emisor de luz a otra fibra, típicamente un cable puente.

Fibra de mantenimiento de la polarización: Fibra óptica monomodo que mantiene una sola polarización de la luz lanzada a lo largo de toda su longitud. Como este tipo de fibra no hace variar la polarización de la luz, presenta excelentes características de dispersión y resulta muy conveniente para transferir datos a velocidades muy elevadas.

Fibra monomodo: Fibra óptica con un pequeño diámetro nuclear en el cual un solo modo, el modo fundamental, es capaz de propagación. Ese tipo de fibra resulta particularmente adecuada para la transmisión en banda ancha a lo largo de grandes distancias, ya que su anchura de banda queda limitada únicamente por la dispersión cromática.

Fibra monomodo con dispersión desplazada no nula (NZDSF): Una fibra monomodo con dispersión desplazada que presenta un punto de dispersión cero a proximidad de la ventana de 1 550 nm y fuera de la ventana realmente utilizada para transmitir señales, lo que permite maximizar la anchura de banda de la fibra, minimizando al mismo tiempo los efectos no lineales de la fibra sobre la señal que se esté transmitiendo.

Fibra multimodo: Guía óptica cuyo diámetro nuclear es ancho en comparación con la longitud de onda óptica y en el cual más de un solo modo es capaz de propagación.

Fibra óptica: Cualquier filamento o fibra fabricado con materiales dieléctricos que guíe la luz.

Filtro modal: Utilizado en sistemas de fibra multimodo, un filtro modal extrae modos de orden elevado de la potencia en el extremo de lanzamiento, simulando así la distribución modal de la luz en una fibra, como sería el caso si se midiera a lo largo de cientos de metros en la fibra. Esta distribución modal se denomina «distribución modal de equilibrio» y resulta útil cuando se prueban receptores ópticos, ya que elimina la necesidad de utilizar largos tramos de fibra en el banco de prueba del receptor.

Fluctuación de longitud de onda: Desplazamiento de la longitud de onda central en un diodo de láser, como consecuencia de la conexión y desconexión de este dispositivo en sistemas ópticos de fibra digital.

Fotodiodo de avalancha (APD): Fotodiodo diseñado para aprovechar la multiplicación por avalancha de la corriente fotoeléctrica. Cuando la tensión con polarización inversa en la unión de los dos electrodos se aproxima al nivel de tensión de ruptura, los pares electrón-hueco generados por los fotones absorbidos adquieren el nivel suficiente de energía para crear por choque con los iones nuevos pares de electrón-hueco, por lo cual se logra una multiplicación o ganancia de la señal.

Fotodiodo: Un diodo semiconductor que produce corriente fotoeléctrica mediante absorción de la luz. Los fotodiodos se utilizan para detectar la potencia óptica y convertirla en corriente eléctrica.

Fotodiodo PIN: Un diodo con una gran región intrínseca situada entre dos regiones de semiconducción: una con carga positiva y la otra con carga negativa. Los fotones que entran a la región intrínseca mencionada crean pares de electrones-hoyos y son barridos por una corriente polarizada, lo que genera una corriente eléctrica en el circuito de carga que varía en función de la intensidad de la luz incidente en la región intrínseca del diodo.

Fotón: Quantum de energía electromagnética.

Fuente de luz coherente: Una fuente luminosa en que la amplitud y las fases de todas las ondas son exactamente idénticas. Los láseres son ejemplos de fuentes luminosas coherentes.

Fuente: Los medios (normalmente diodos emisores de luz o láser) que se utilizan para convertir una señal que transforma información eléctrica en la correspondiente señal óptica, con miras a su transmisión mediante un guíaondas óptico.

Guiaondas: Sustancia que confina y guía una onda electromagnética que se propaga.

Guiaondas de luz: Sinónimo de fibra óptica.

Hilo aramídico: Elemento que proporciona fuerza tensil, apoyo y protección adicional a un paquete de fibras ópticas. Kevlar™ es una marca de hilo de aramida muy utilizado.

Índice de refracción: La relación de la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la misma en un medio denso desde el punto de vista óptico.

Índice de refracción (índice refractivo): La relación entre la velocidad de la luz en el espacio libre y la velocidad de la luz en una fibra óptica. El índice de refracción siempre es mayor o igual a uno.

Intensidad: El cuadrado de la intensidad de campo eléctrico de una onda electromagnética. La intensidad es proporcional a la irradiancia.

Irradiancia: La densidad de potencia de una fuente luminosa en una superficie radiante o en una sección transversal de un guíaondas óptico. La radiación se mide normalmente en vatios por centímetro cuadrado (W/cm^2).

Longitud de onda central: La longitud de onda central nominal de un láser o el punto central entre las dos longitudes de ondas de amplitud mitad de un diodo emisor de luz.

Longitud de onda de corte: La menor longitud de onda a la cual puede funcionar como tal la fibra monomodo.

Longitud de onda de cresta: La longitud de onda a la cual la potencia óptica de una fuente adopta un valor máximo.

Longitud de onda de dispersión nula (punto de dispersión nulo): En una fibra óptica monomodo, la longitud de onda a la cual la dispersión material y la dispersión del guíaondas se cancelan recíprocamente, igualándose así al punto en que la anchura de banda de la fibra se maximiza.

Luz: En los campos de comunicación por láser y óptica, la parte del espectro electromagnético que puede explotarse mediante las técnicas ópticas básicas que se utilizan para el espectro visible, que se extiende desde la región de aproximadamente 0,3 micras próxima a la ultravioleta hasta la región del medio infrarrojo de unas 30 micras.

Luz incoherente: A diferencia de los diodos de láser, que emiten luz coherente, los diodos emisores de luz emiten luz incoherente.

Macropliegue: Desviaciones axiales macroscópicas de una fibra con respecto a una línea recta que hacen que la luz salga de la fibra, lo que redundará en una atenuación óptica.

Manguito: Componente de una conexión de fibra óptica que mantiene rígidamente una fibra en su lugar y contribuye a su alineación.

Material con índice adaptado: Material -a menudo un líquido o un gel- cuyo índice de refracción es prácticamente igual al índice del núcleo. Dicho material puede utilizarse para reducir las reflexiones de Fresnel en una cara externa de la fibra.

Micra: Micrómetro (mm). Una millonésima de metro (1×10^{-6} m).

Micropliegue: Curvaturas de la fibra que entrañan desplazamientos axiales de unos cuantos micrómetros y longitudes de onda espaciales de unos cuantos milímetros. Los micropliegues hacen que la luz salga de la fibra y, por tanto, aumentan la atenuación de la fibra.

Modo: Una sola onda electromagnética que se propaga en un guíaondas óptico.

Modo fundamental: El modo de orden más bajo de un guíaondas óptico.

Modulación en intensidad: Una modalidad en modulación según la cual la intensidad de la potencia óptica de una fuente varía en función de la señal moduladora. La modulación en intensidad se utiliza con frecuencia en los sistemas de transmisión digital en los que los «unos» y los «ceros» digitales se señalan encendiendo y apagando un láser o un diodo de emisión de luz.

Multiplexación por división aproximada de longitud de onda (CWDM): La CWDM combina hasta dieciocho frecuencias de portadora óptica muy espaciadas en una sola fibra y tiene normalmente un costo más bajo que la multiplexación densa por división de longitud de onda, debido a las tolerancias menos estrictas de los láseres y los acopladores WDM.

Multiplexación por división de la longitud de onda (WDM): Transmisión simultánea de varias señales en un guíaondas óptico a distintas longitudes de onda.

Multiplexación por división en longitud de onda densa (DWDM): La DWDM combina un gran número de longitudes de onda muy poco espaciadas en la región de 1 550 nm en una sola fibra óptica. El espaciamiento de las longitudes de onda se especifica en 100 GHz o 200 GHz.

Nanómetro (nm): Una mil millonésima de metro (1×10^{-9} m).

Núcleo: La región central de una fibra óptica a través de la cual se transmite la luz y que tiene un índice de reflexión más elevado que el revestimiento que la rodea.

Onda de luz: Ondas electromagnéticas en la región de las frecuencias ópticas que se propagan en un sentido perpendicular al frente de ondas ópticas.

Pérdida de acoplamiento: La pérdida de potencia que se produce cuando la luz que pasa por un dispositivo óptico se acopla a la de otro.

Pérdida de curvatura: La atenuación que se produce en el lugar en que las fibras se curvan en torno a un pequeño radio.

Pérdida de inserción: La atenuación ocasionada por la inserción de un componente óptico, por ejemplo a un conector o a un acoplador, en un sistema de transmisión.

Pérdida de retorno: Véase «Reflectancia».

Pérdida de transmisión: La pérdida total que se produce al transmitir a través de un sistema.

Pérdidas extrínsecas: Pérdidas ocasionadas por imperfecciones en el conector mecánico de dos fibras o por la división de una fibra. Véase «Pérdidas intrínsecas».

Pérdidas intrínsecas: Pérdidas inherentes a los empalmes de fibras ópticas que son ocasionados por las pequeñísimas diferencias entre las fibras empalmadas. Véase «Pérdidas extrínsecas».

Potencia equivalente de ruido (NEP): El valor cuadrático medio de la potencia óptica que se requiere para producir una relación señal-ruido con un valor cuadrático medio de 1. La potencia equivalente de ruido indica el nivel de ruido que define el nivel mínimo detectable de la señal.

Preforma: Una estructura de vidrio de la cual puede extraerse un guion de fibra óptica.

Producto anchura de banda-longitud: Este producto, que se utiliza con el fin de determinar la capacidad de la fibra para transferir una señal con una anchura de banda y a una distancia dadas, es igual al producto de la longitud de la fibra en kilómetros y la anchura de banda máxima 3 dB que la fibra puede sostener en MHz o GHz a una determinada longitud de onda óptica.

Puente: Cable de fibra óptica dotado con conectores y de longitud limitada. Los puentes se utilizan para interconectar equipos de fibra óptica y/o otros cables de fibra óptica.

Radiación monocromática: La radiación que consiste en una sola longitud de onda. En la práctica, la radiación nunca es perfectamente monocromática y en el mejor de los casos consiste en una banda estrecha de longitudes de onda.

Radio de curvatura: El radio más pequeño al cual puede curvarse la fibra óptica o el cable de fibra antes de que se produzca una atenuación excesiva o la fibra se rompa.

Rayo: Una representación geométrica del trayecto de la luz a través de un medio óptico; una línea perpendicular al frente de onda que indica la dirección del flujo de energía radiante.

Rayo axial: Un rayo de luz que pasa a lo largo del eje central de una fibra óptica.

Receptor: Un detector de circuitos electrónicos que transforma las señales ópticas en señales eléctricas.

Receptor PIN-FET: Receptor óptico con un fotodiodo PIN y un amplificador de ruido reducido con gran impedancia a su entrada, en cuya primera etapa se incorpora un transistor de efecto de campo (FET).

Reflectancia: La relación de la potencia retrorreflejada y la potencia incidente en la unión/interfaz de un conector u otro componente o dispositivo, y que se mide normalmente en decibelios (dB). La reflectancia adopta valores negativos, por ejemplo, -30 dB. Un conector con una mejor reflectancia adoptaría un valor inferior a los -30 dB mencionados, por ejemplo, -40 dB. En la industria se utilizan los términos «pérdida de retorno», retroREFLEXIÓN y «reflexibilidad» para describir las

reflexiones que se producen en un dispositivo, pero dichos términos se expresan en valores positivos.

Reflectómetro óptico temporal (OTDR): Dispositivo que prueba una fibra transmitiendo un impulso óptico a través de ésta y mide a su entrada la retrodispersión y las reflexiones resultantes en función del tiempo. Resulta útil estimar el coeficiente de atenuación en función de la distancia e identificar defectos y otras pérdidas localizadas.

Reflexión: El cambio abrupto de la dirección de un haz de luz que se produce en una interfaz entre dos medios diferentes, cambio que hace que el haz de luz regrese al medio en el que se originó.

Reflexión de Fresnel: La reflexión y la pérdida resultante, de una parte de la luz incidente en una superficie plana situada entre dos medios homogéneos con índices de refracción distintos. La reflexión de Fresnel se produce en las interfaces de aire/vidrio situadas en los extremos de entrada y salida de una fibra óptica. Las pérdidas máximas de reflexión de Fresnel en una interfaz aire/vidrio representa el 4% de la luz incidente.

Reflexión interna total: La reflexión total que se produce cuando la luz incide en una interfaz con ángulos de incidencia mayores que el ángulo crítico.

Refracción: La flexión de un rayo de luz en una interfaz situada entre dos medios distintos o un medio cuyo índice de refracción sea una función continua de la posición (medio con índice graduado).

Relación de acoplamiento: La relación percentual de la potencia óptica de un puerto a la salida de un acoplador óptico en relación con la potencia total prevaleciente a la salida del acoplador óptico.

Relación de extinción: Por lo que hace a los diodos emisores de luz y a los diodos de láser, la relación de extinción es el cociente entre la potencia emitida por el diodo cuando envía una señal de nivel bajo (potencia mínima) y la potencia transmitida cuando el diodo envía una señal de nivel elevado (potencia máxima).

Repetidor: Un dispositivo o módulo electrónico que recibe una señal óptica, la convierte en forma eléctrica, la amplifica o la reconstruye, y la retransmite en forma óptica.

Retrodispersión: Proceso en virtud del cual una pequeña parte de la luz que se dispersa y es desviada de la dirección original de propagación en el guíaondas óptico experimenta una inversión de su sentido y se propaga directamente hacia atrás en dirección al transmisor.

Revestimiento: El material dieléctrico que rodea el núcleo de una fibra óptica. El revestimiento se caracteriza por un índice de refracción más reducido que el del material del núcleo, por lo cual atrapa la luz en el núcleo y hace que ésta pase a lo largo de la fibra.

Revestimiento AR: Recubrimiento contra la reflexión de la luz. Una película delgada dieléctrica o metálica que se aplica a una superficie óptica para reducir su reflectancia y, por tanto, aumentar su transmitancia.

Ruido modal: Perturbación producida por diodos de láser en fibras multimodo. Esta perturbación se produce cuando las fibras contienen elementos que presentan atenuación modal, debida, por ejemplo, a empalmes imperfectos, y varía en función de la coherencia de la luz del láser.

Sensibilidad del receptor: La potencia óptica mínima que se requiere en un receptor para obtener tasas aceptables de errores en los bits. Tratándose de la transmisión de la señal digital, la potencia óptica media se expresa normalmente en vatios o dBm (decibelios respecto a un milivatio).

Separador: Material utilizado con propósitos de aislamiento mecánico de la fibra óptica y para proteger a ésta de daños físicos. Entre las técnicas de fabricación que cabe citar en este sentido figura la separación mediante entubado ceñido o amplio así como la aplicación de varias capas de separación.

Separador de haz: Dispositivo que se utiliza para dividir o separar un haz óptico en dos o más haces.

Sobrecarga del receptor: La potencia óptica máxima permitida en un receptor para obtener tasas aceptables de errores en los bits. En el caso de la transmisión de una señal digital, la potencia óptica media se expresa normalmente en vatios o dBm (decibelios respecto a un milivatio).

Terminación helicoidal: Un tramo corto de fibra óptica que se utiliza para acoplar componentes ópticos. Por regla general, uno de sus extremos se fija al componente de que se trate y el otro a un conector.

Transmisor: Dispositivo y fuente de utilizar para transformar señales eléctricas en señales ópticas.

Umbral de daño en el detector: El nivel de potencia máxima garantizado que puede recibir el detector sin ser dañado.

UPC/SPC: Abreviatura de «contacto ultra físico/contacto súper físico». Se trata de un tipo de conector de fibra óptica fabricado o pulido con un acabado redondeado convexo, que permite que las fibras toquen un punto elevado cerca del núcleo de la fibra por donde pasa la luz.

Velocidad de datos: El número máximo de bits de información que puede transmitirse por segundo a través de un enlace de transmisión de datos. Suele expresarse en Megabits por segundo (Mbit/s) o Gigabits por segundo (Gbit/s).

Ventana: Término que remite a las gamas de longitudes de onda que satisfacen las propiedades de la fibra óptica. La gama de ventanas para las fibras ópticas son las siguientes: Primera ventana: de 820 a 850 nm, segunda ventana: 1 300 a 1 310 nm, tercera ventana: 1 550 nm.
