

RECOMENDACIÓN UIT-R BT.1367*

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

(Cuestión UIT-R 42/6)

(1998)

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, permitirá realizar economías de explotación y facilitará el intercambio internacional de programas;
- c) que, a fin de poner en práctica los objetivos mencionados, se ha alcanzado un acuerdo sobre los parámetros fundamentales de codificación de televisión digital para estudios que se materializa en las Recomendaciones UIT-R BT.601, UIT-R BT.799 y UIT-R BT.1120;
- d) que, para cumplir los objetivos mencionados, se han concluido 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 y UIT-R BT.1120;
- 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;
- f) que las interfaces ópticas ofrecen una inmunidad mayor contra el ruido para las señales a transmitir y para la transmisión de señales a distancias mayores que las interfaces eléctricas,

recomienda

1 que en los casos en que las interfaces ópticas deban adaptarse a las disposiciones de las Recomendaciones UIT-R BT.656, UIT-R BT.799 y UIT-R BT.1120, se ajusten a la descripción siguiente.

1 **Ámbito**

1.1 La presente Recomendación define los sistemas de fibra óptica para la transmisión de señales digitales binarias en serie. Su finalidad concreta es la transmisión de las señales especificadas por las Recomendaciones del UIT-R BT.656, UIT-R BT.799 y UIT-R BT.1120 (270 Mbit/s hasta 1,485 Gbit/s). En lo que respecta a las aplicaciones de señales de estudio de TVAD, se utiliza únicamente una fibra monomodo como la especificada en la Recomendación del UIT-R BT.1120.

* La Comisión de Estudio 6 de Radiocomunicaciones efectuó modificaciones de redacción en esta Recomendación 2003 de conformidad con la Resolución UIT-R 44.

1.2 En estas Recomendaciones, el término «deberá» hace referencia a una disposición preceptiva de la Recomendación; el término «debería» se utiliza en relación con una disposición no preceptiva; y «puede» hace referencia a características comprendidas en la opción del diseñador cuya incorporación hace que el funcionamiento del sistema, su coste y/o conveniencia de instalación sean más atractivas para el usuario.

2 Referencias normativas

Las normas que se exponen a continuación contienen disposiciones que, mediante referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación.

- Recomendación UIT-R BT.656;
- Recomendación UIT-R BT.799;
- Recomendación UIT-R BT.1120;
- IEC 169-8 (1978) Parte 8: R.F. Conectores coaxiales para frecuencias radioeléctricas con un diámetro interior del conductor exterior de 6,5 mm con cierre de bayoneta - Impedancia característica 50 ohmios (Tipo BNC) y apéndice A (1993), Información sobre las dimensiones de la interfaz de los conectores de impedancia característica de 75 ohmios con factores no especificados de reflexión;
- IEC 874-7 (1990), Parte 7: Conector de fibra óptica del tipo SC/PC;
- ANSI/EIA/TIA-455-107-1989 (Pruebas en fábrica), pérdidas en concepto de componentes de fibra óptica;
- ANSI/EIA/TIA-455-108-1989 (Pruebas sobre el terreno), pérdidas en concepto de componentes de fibra óptica;
- ANSI/EIA/TIA-492AAAA-1989, Especificaciones detalladas correspondientes al diámetro del núcleo de 62,5 um, 125 um, Diámetro del revestimiento, multimodo clase Ia, fibras de guiaondas óptico de índice gradual;
- ANSI/EIA/TIA-492BAAA, Especificaciones detalladas de fibras de guiaondas óptico monomodo sin desplazamiento y con dispersión de clase IVa utilizadas en sistemas de comunicaciones;
- ANSI/EIA/TIA-604-3-1993, Normas de acoplamiento de conectores de fibra óptica.

3 Especificaciones de sistemas de transmisión óptica

(En el Apéndice A figuran definiciones de ciertos términos de fibra óptica.)

3.1 Montaje y conectores de las unidades transmisora y receptora

El transmisor (Tx) y el receptor (Rx) pueden ser unidades individuales o formar parte de otro equipo de televisión. En caso necesario, los conectores de interfaz eléctrico del Tx y del Rx deberán ser del tipo hembra BNC de 75 ohmios según la Norma IEC 169-8. Los conectores ópticos del Tx y del Rx y sus secciones de cable correspondientes de entrada y salida deberán ser del tipo SC/PC conformes a la Norma IEC 847-7.

La fuente luminosa de la unidad Tx deberá conectarse a su conector óptico de salida de tipo SC/PC a través de un pequeño acoplamiento en espiral de fibra monomodo que se especifica en la Norma ANSI/EIA/TIA-492BAAA, si no va físicamente instalada e interconectada a dicho conector en un receptáculo (véase el apéndice A.1.4). Puede utilizarse una terminación helicoidal de fibra

multimodo como la especificada en la Norma ANSI/EIA/TIA-492AAAA si la unidad Tx se destina exclusivamente a aplicaciones de enlace multimodo. La etiqueta de la unidad Tx deberá indicar el tipo de terminación helicoidal, de haberla, que se instala.

El receptor óptico de la unidad Rx deberá conectarse a su conector óptico de entrada de tipo SC/PC a través de un pequeño latiguillo de fibra multimodo como el especificado en la Norma ANSI/EIA/TIA-492AAAA, si no está físicamente instalada e interconectada a ese conector en un receptáculo (véase el Apéndice A.1.4).

3.2 Unidad de transmisión

La unidad de transmisión deberá producir una señal de salida óptica de intensidad variable como la especificada en el Cuadro 1 modulada por una señal eléctrica conforme a las Recomendaciones UIT-R BT.656, UIT-R BT.799 y UIT-R BT.1120.

3.3 Unidad de recepción

La unidad de recepción deberá emitir una señal eléctrica conforme a las Recomendaciones UIT-R BT.656, UIT-R BT.799 y UIT-R BT.1120 al recibir una señal óptica como la especificada en el Cuadro 2.

3.4 Especificaciones del circuito y del conector de fibra óptica

3.4.1 Opciones en cuanto a tipo de fibra óptica

Para establecer un circuito óptico punto a punto puede utilizarse fibra monomodo o multimodo entre el transmisor y el receptor y los conectores ópticos SC/PC. Un circuito punto a punto puede estar compuesto de una o múltiples secciones interconectadas en serie del tipo seleccionado de fibra óptica, formando parte de cables, puentes y/o tramos de conexión, ensamblados conforme a la Norma ANSI/EIA/TIA-568-A (en el Apéndice A figura la definición de los términos). La combinación de tipos de fibra en las múltiples secciones de un circuito punto a punto es físicamente posible, pero técnicamente no es aceptable.

NOTA – Para las señales de estudio de TVAD especificadas en la Recomendación UIT-R BT.1120 se permite únicamente una fibra monomodo.

3.4.1.1 La fibra óptica monomodo deberá cumplir con la Norma ANSI/EIA/TIA-492BAAA (fibra sin desplazamiento y con dispersión, de clase IVa e índice escalonado [SI] de 9/125 micras), y presentar una atenuación máxima de 1,0 dB por kilómetro a 1 310 nm.

3.4.1.2 La fibra óptica multimodo deberá cumplir con la Norma ANSI/EIA/TIA-492AAAA (fibra de índice gradual [GI] de 62,5/125 micras), y presentar una atenuación máxima de 1,5 dB por km a 1 310 nm.

3.4.1.3 El diseñador del sistema puede decidir utilizar circuitos con fibra ya montada de fibra de índice gradual de 50/125 micras. Ello permitirá reducir las pérdidas en unos 3 dB respecto a las calculadas para circuitos de fibra de 62,5/125 micras.

CUADRO 1

Especificaciones de la señal de salida del transmisor óptico

Fibra del circuito de transmisión	Monomodo (multimodo opcional)	multimodo (62,5/125 μm) ¹
Tipo fuente luminosa	Láser	Láser o LED ^{2,3}
Longitud de onda óptica	1 310 nm \pm 40 nm	1 310 nm \pm 40 nm
Anchura máxima de la raya espectral entre puntos de potencia mitad	10 nm	30 nm
Salida máxima de potencia	-7,5 dBm	-7,5 dBm
Salida mínima de potencia	-12 dBm	-12 dBm
Coefficiente de extinción	mínimo 5:1, máximo 30:1	mínimo 5:1
Tiempos de subida y de caída	véase la Nota 4	véase la Nota 4
Fluctuación de fase	véase la Nota 4	véase la Nota 4
Potencia máxima reflejada	4%	4%
Función de transferencia eléctrica/óptica	Intensidad máxima del "1" lógico Intensidad mínima del "0" lógico	

NOTA 1 – Para el tipo de fibra multimodo opcional véase el § 3.4.1.3.

NOTA 2 – Los diodos luminiscentes pueden no funcionar fiablemente a velocidades binarias mayores que las especificadas en las Recomendaciones UIT-R BT.656/799.

NOTA 3 – Las unidades Tx que estén únicamente destinadas a aplicaciones de enlaces de transmisión multimodo deberán ir marcadas al efecto.

NOTA 4 – Los tiempos de subida y de caída y la fluctuación de fase de la interconexión óptica se especifican en cada documento de señal eléctrica.

CUADRO 2

Especificaciones de la señal de entrada del receptor óptico

Fibra del circuito de transmisión	Monomodo	Multimodo
Potencia máxima de entrada	-7,5 dBm	-7,5 dBm
Potencia mínima de entrada	-20 dBm	-20 dBm
Umbral del detector de daños	+1 dBm mínimo	-4 dBm mínimo
Fluctuación de fase	véase la Nota 1	véase la Nota 1

NOTA 1 – La fluctuación de fase de la interconexión óptica se especifica en cada documento de señal eléctrica.

3.5 Especificaciones del conector óptico (extraídas de la Norma ANSI/EIA/TIA-586-A)

3.5.1 Tipo (véanse las definiciones de los términos que figuran en el Apéndice A)

En los cables, tramos de conexión, y/o terminaciones helicoidales de interconexión de las unidades Tx y Rx a las fibras multimodo o monomodo que constituyen el primero y el último de los segmentos de un circuito de transmisión de sección múltiple se utilizarán los conectores ópticos, adaptadores y receptáculos SC/PC de la industria de telecomunicaciones. El diseñador o el instalador de un circuito de transmisión pueden decidir utilizar otros tipos de conectores, adaptadores y receptáculos en los puntos de conexión.

NOTA – En los diseños de interfaz óptica Tx/Rx, los fabricantes de enlaces de transmisión óptica pueden justificar el cumplimiento de la presente Recomendación incorporando puentes o adaptadores físicos para interconectar otros conectores de equipo terminal a conectores, adaptadores o receptáculos SC/PC.

Las dimensiones de los conectores y adaptadores SC/PC símplex, comprendidos los cierres y los enganches, deberán cumplir las especificaciones de la Norma IEC 874-7. Los conectores y adaptadores multimodo y monomodo deberán tener esas mismas dimensiones para permitir la interconexión de dos tipos de fibras ópticas mediante adaptadores. El diseñador deberá adoptar un método obvio y coherente que permita diferenciar visualmente los dos tipos. Tal como especifica la Norma ANSI/EIA/TIA-586-A, el conector y el adaptador multimodo pueden ser de color beige y el conector y el adaptador monomodo azul. También pueden ponerse etiquetas de texto en el equipo a fin de especificar el tipo de fibra que debe utilizarse en el circuito de transmisión.

3.5.2 Pérdida de retorno

Los conectores del tipo SC/PC deberán tener las siguientes pérdidas de retorno ópticas, efectuándose las mediciones a $23^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$ de conformidad con la Norma ANSI/EIA/TIA-455-107 (pruebas en fábrica) y ANSI/EIA/TIA-455-108 (pruebas en el terreno);

Tipo de fibra	Pérdidas mínimas de retorno
multimodo de 62,5/125 micras	20 dB
monomodo de 8-10/125 micras	26 dB

Apéndice A

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

A.1 Montajes de fibra óptica y de cable

A.1.1 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 del cable de fibra óptica.

A.1.2 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.

A.1.3 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. Sus especificaciones se definirán en una Recomendación distinta.

A.1.4 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 del equipo. La terminación en el extremo del panel de interconexión será un conector de tipo SC/PC. La otra terminación se ajustará a las prácticas pertinentes recomendadas en las industrias de telecomunicaciones.

A.2 Componentes de conexión óptica de tipo SC/PC

Los conectores, adaptadores y receptáculos SC/PC han evolucionado a lo largo de tres decenios de desarrollo de dispositivos de conexión de fibra óptica en la industria mundial de telecomunicaciones. La familia SC se diseñó e instaló por primera vez en 1984, y actualmente es la preferida o la que se especifica para toda nueva instalación en prácticamente todas las organizaciones de elaboración de normas del mundo.

A.2.1 Los conectores se instalan en ambos extremos de toda fibra, cable de conexión único, dúplex o múltiple, y cable multifibra con cubierta. Los conectores se instalan también en un extremo de los terminales helicoidales, estando el otro fijado físicamente a los dispositivos Tx y Rx ópticos, ubicados en el interior del equipo del usuario.

A.2.2 Los adaptadores se instalan en los paneles de interconexión de bastidores y de paredes 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 son el medio mecánico para empalmar con precisión los manguitos de extensión de los conectores de fibra. 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.

A.2.3 Los receptáculos van instalados en el equipo terminal para establecer la interfaz entre el Tx y el Rx ópticos internos y los circuitos de cableado de los locales (planta exterior). Un receptáculo puede ocupar físicamente la mitad de un adaptador, estando las fuentes luminosas o los fotodiodos instalados físicamente en la otra mitad. Esos receptáculos pueden estar montados físicamente en las tarjetas de circuito impreso 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 el § 3.1).

Apéndice B

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 una longitud de onda de transmisión de 1 310 nm, más la suma de las pérdidas evaluadas o especificadas en todos los puntos de empalme y en los conectores, que puede llegar hasta 1 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 necesarias para hacer frente a un balance de pérdidas específico pueden 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 todo circuito que tenga que transportar señales de TVAD de 1,3 Gbit/s a 1,5 Gbit/s.

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 tienen límites en cuanto a longitud del circuito por el «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. Las demoras 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 en la que la señal deja de ser recuperable, porque 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.

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 a 10 micras experimenta diferentes demoras de propagación en cada longitud de onda en la salida del láser de anchura máxima de raya espectral de 10 nm (Cuadro 1). El punto de “efecto acantilado” de la fibra monomodo, muchos kilómetros más alejado que el de la fibra multimodo, 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 por las Recomendaciones del UIT-R pueden contener una energía considerable de baja frecuencia. Por tanto, los transductores utilizados en la transmisión de señales deben emplear constantes de tiempo de acoplamiento, fijaciones y bucles de control de energía adecuados. Puede verificarse el funcionamiento correcto mediante la transmisión experimental de las señales de pruebas SDI especificadas en la Norma SMPTE RP 178 «1996 – Interfaz digital serie Prueba para la componente 4:2:2 de 10 bits y las señales digitales compuestas 4 fsc» («1996 – Serial Digital Interface Chekfield for 10-Bit 4:2:2 Component and 4 fsc Composite Digital Signals») para la SDTV y en la SMPTE RP 198 «Prueba digital de bits en serie para su utilización en interfaces de alta definición» (198 «Bit-Serial Digital Ckekfield for Use in High-Definition Interfaces») para la TVAD.

Apéndice C

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 IEC 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/LED acopladas con el exterior a través de una terminación helicoidal o un conector óptico.
