

Unión Internacional de Telecomunicaciones

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**Serie J**  
**Suplemento 11**  
(04/2021)

SERIE J: REDES DE CABLE Y TRANSMISIÓN DE  
PROGRAMAS RADIOFÓNICOS Y TELEVISIVOS,  
Y DE OTRAS SEÑALES MULTIMEDIOS

---

**Directrices para instalar un servicio de  
televisión digital para redes de cable basadas  
en Recomendaciones UIT-T**

Recomendaciones UIT-T de la serie J – Suplemento 11

UIT-T





## Suplemento 11 a las Recomendaciones UIT-T de la serie J

### Directrices para instalar un servicio de televisión digital para redes de cable basadas en Recomendaciones UIT-T

#### Resumen

Varios países en desarrollo están planeando desplegar instalaciones de fibra óptica y sistemas avanzados de transmisión digital por sistemas híbridos de fibra óptica y cable coaxial (HFC) con el objetivo de introducir servicios de televisión digital por cable por sus infraestructuras. El Suplemento 11 a las Recomendaciones UIT-T de la serie J ofrece directrices para su consideración por parte de los países que desarrollen sus sistemas basadas en Recomendaciones UIT-T.

#### Historia

Edición	Recomendación	Aprobación	Comisión de estudio	ID único*
1.0	UIT-T J Suppl. 11	2021-04-28	9	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/14640">11.1002/1000/14640</a>

#### Palabras clave

Despliegue, fibra óptica, implementación, Redes de cable, HFC, sistemas híbridos de fibra y cable coaxial, televisión digital.

---

\* Para acceder a la Recomendación, sírvase especificar la URL <http://handle.itu.int> en el campo de dirección de su navegador web, seguida del ID único de la Recomendación en cuestión. Por ejemplo, <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-es>.

## PREFACIO

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones y de las tecnologías de la información y la comunicación. El Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

## NOTA

Esta publicación del UIT-T es de carácter informativo. Disposiciones obligatorias tales como las que se encuentran en las Recomendaciones UIT-T quedan fuera del alcance de esta publicación. La presente publicación sólo debe referenciarse bibliográficamente en las Recomendación del UIT-T.

## PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB en la dirección <https://www.itu.int/es/UIT-T/ipr/Pages/default.aspx>.

© UIT 2021

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

# Índice

	<b>Página</b>
1 Alcance .....	1
2 Referencias .....	1
3 Definiciones .....	1
3.1 Términos definidos en otros documentos .....	1
3.2 Términos definidos en el presente Suplemento .....	2
4 Abreviaturas y siglas .....	2
5 Convenios .....	3
6 Recomendaciones UIT-T sobre redes de TV digital por cable .....	3
6.1 Resumen de Recomendaciones .....	5
6.2 Selección de Recomendaciones .....	6
Apéndice I – Sistema óptico para la transmisión de señales digitales de radiodifusión de vídeo .....	9
I.1 Introducción .....	9
I.2 Modelo de referencia del sistema óptico .....	9
I.3 Puntos y elementos de medición .....	12
I.4 Especificación del sistema óptico para la transmisión de la señal de radiodifusión .....	13
I.5 Normas CEI .....	14
I.6 Programa de países afiliados de la CEI .....	15
Apéndice II – Televisión con protocolo Internet (IPTV) por HFC y FTTH .....	16
II.1 Introducción .....	16
II.2 Clasificación de la IPTV .....	16
II.3 Sistema de IPTV por PON .....	16
II.4 IPTV por DOCSIS .....	17
II.5 Otras opciones de transmisión de la IPTV .....	18
Apéndice III – Servicios UHD TV (4K/8K) .....	21
III.1 Transmisión del servicio UHD TV de 4K/8K UHD TV por líneas de acceso HFC .....	21
III.2 Transmisión de un servicio de UHD TV de 4K/8K por líneas de acceso de fibra óptica/FTTH .....	22
III.3 STB de 4K .....	22
Bibliografía .....	23

## **Introducción**

Muchos países en desarrollo se encuentran inmersos en un proceso de despliegue de fibra óptica, y, por lo tanto, se contempla el despliegue de sistemas digitales de televisión (TV) por fibra óptica. Las señales de TV digital transportadas por fibra óptica se ajustarían a las Recomendaciones UIT-T J.185, J.186, J.83 y J.382, entre otras, pero es indispensable elegir adecuadamente las Recomendaciones para cumplir los requisitos de cada país.

## Suplemento 11 a las Recomendaciones UIT-T de la serie J

### Directrices para instalar un servicio de televisión digital para redes de cable basadas en Recomendaciones UIT-T

#### 1 Alcance

Este Suplemento presenta una relación de las Recomendaciones existentes y de su empleo en ayuda del despliegue de servicios de televisión digital por redes de cable basadas en fibra óptica y redes híbridas de fibra óptica y cable coaxial (HFC).

#### 2 Referencias

- [UIT-T J.83] Recomendación UIT-T J.83 (2007), *Sistemas digitales multiprogramas para servicios de televisión, sonido y datos de distribución por cable.*
- [UIT-T J.94] Recomendación UIT-T J.94 (2016), *Información de servicio para difusión digital en sistemas de televisión por cable.*
- [UIT-T J.183] Recomendación UIT-T J.183 (2016), *Multiplexación por división en el tiempo de trenes de transporte MPEG-2 múltiples y formatos genéricos de trenes de transporte por sistemas de televisión por cable.*
- [UIT-T J.185] Recomendación UIT-T J.185 (2012), *Equipo de transmisión para la transferencia de señales de televisión multicanal en redes de acceso óptico mediante conversión de modulación de frecuencia.*
- [UIT-T J.186] Recomendación UIT-T J.186 (2008), *Equipo de transmisión para señales de televisión multicanal en redes de acceso óptico mediante multiplexación de subportadora.*
- [UIT-T J.288] Recomendación UIT-T J.288 (2019), *Encapsulado de paquetes tipo-longitud-valor (TLV) para sistemas de transmisión por cable.*
- [UIT-T J.382] Recomendación UIT-T J.382 (2018), *Sistemas digitales avanzados de transmisión descendente para la distribución por cable de servicios de televisión, sonido y datos.*
- [UIT-R BT.1869] Recomendación UIT-R BT.1869 (2010), *Esquema de multiplexación de paquetes de longitud variable en los sistemas de radiodifusión de multimedios digitales.*
- [CEI 60728-x] CEI 60728 (todas las partes), *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services.*
- [ISO/CEI/IEEE 8802-3] ISO/CEI/IEEE 8802-3:2021, *Telecommunications and exchange between information technology systems – Requirements for local and metropolitan area networks – Part 3: Standard for Ethernet.*

#### 3 Definiciones

Ninguna.

##### 3.1 Términos definidos en otros documentos

Ninguno.

### 3.2 Términos definidos en el presente Suplemento

Ninguno.

## 4 Abreviaturas y siglas

El presente Suplemento utiliza las abreviaturas y siglas siguientes:

ADSL	línea de abonado digital asimétrica ( <i>asymmetric digital subscriber line</i> )
CAS	sistema de acceso condicional ( <i>conditional access system</i> )
CATV	televisión por cable ( <i>cable television</i> )
CM	módem de cable ( <i>cable modem</i> )
CMTS	sistema de terminación con módem de cable ( <i>cable modem terminating system</i> )
CPE	equipo en las instalaciones del cliente ( <i>customer premises equipment</i> )
DOCSIS	especificación de interfaz del servicio de datos por cable ( <i>data-over-cable service interface specification</i> )
DVB	radiodifusión de vídeo digital ( <i>digital video broadcasting</i> )
END	degradación de ruido equivalente ( <i>equivalent noise degradation</i> )
EPON	red óptica pasiva Ethernet ( <i>Ethernet passive optical network</i> )
EVM	magnitud del vector error ( <i>error vector magnitude</i> )
FDM	multiplexación por división de frecuencia ( <i>frequency division multiplexing</i> )
FEC	corrección de errores en recepción ( <i>forward error correction</i> )
FM	modulación de frecuencia ( <i>frequency modulation</i> )
FTTH	fibra hasta el hogar ( <i>fibre to the home</i> )
GPON	red óptica pasiva con capacidad de gigabits ( <i>gigabit passive optical network</i> )
GSE	encapsulado genérico de trenes ( <i>generic stream encapsulation</i> )
HD	alta definición ( <i>high definition</i> )
HFC	híbrido fibra/coaxial
IF	frecuencia intermedia ( <i>intermediate frequency</i> )
IM	modulación de intensidad ( <i>intensity modulation</i> )
IP	protocolo Internet ( <i>Internet Protocol</i> )
IPTV	televisión IP ( <i>Internet protocol television</i> )
IPVB	radiodifusión de vídeo IP ( <i>IP video broadcasting</i> )
LDPC	comprobación de paridad de baja densidad ( <i>low density parity check</i> )
MDU	unidad multivivienda ( <i>multi-dwelling units</i> )
MER	tasa de errores de modulación ( <i>modulation error ratio</i> )
MPEG	grupo de expertos de imágenes en movimiento ( <i>moving picture experts group</i> )
NM	margen de ruido ( <i>noise margin</i> )
OFDM	múltiplex por división de frecuencia ortogonal ( <i>orthogonal frequency division multiplex</i> )
ONT/ONU	terminación/unidad de red óptica ( <i>optical network termination/unit</i> )

OTT	servicios superpuestos ( <i>over the top</i> )
PD	fotodetector ( <i>photo detector</i> )
PON	red óptica pasiva ( <i>passive optical network</i> )
QAM	modulación de amplitud en cuadratura ( <i>quadrature amplitude modulation</i> )
RF	radiofrecuencia
SCM	multiplexación de subportadora ( <i>sub-carrier multiplexing</i> )
SI	información de servicio ( <i>service information</i> )
STB	adaptador multimedios ( <i>set top box</i> )
TDM	multiplexación por división en el tiempo ( <i>time division multiplexing</i> )
TLV	tipo-longitud-valor ( <i>type length value</i> )
TS	tren de transporte ( <i>transport stream</i> )
UDP	protocolo de datagrama de usuario ( <i>user datagram protocol</i> )
UHD	ultra alta definición ( <i>ultra-high definition</i> )
VOD/VoD	vídeo a la carta ( <i>video on demand</i> )
V-ONT	terminal de red óptica para señales vídeo ( <i>optical network terminal for video signals</i> )
VSF	banda lateral residual ( <i>vestigial sideband</i> )
WDM	multiplexación por división de la longitud de onda ( <i>wavelength division multiplexing</i> )

## 5 Convenios

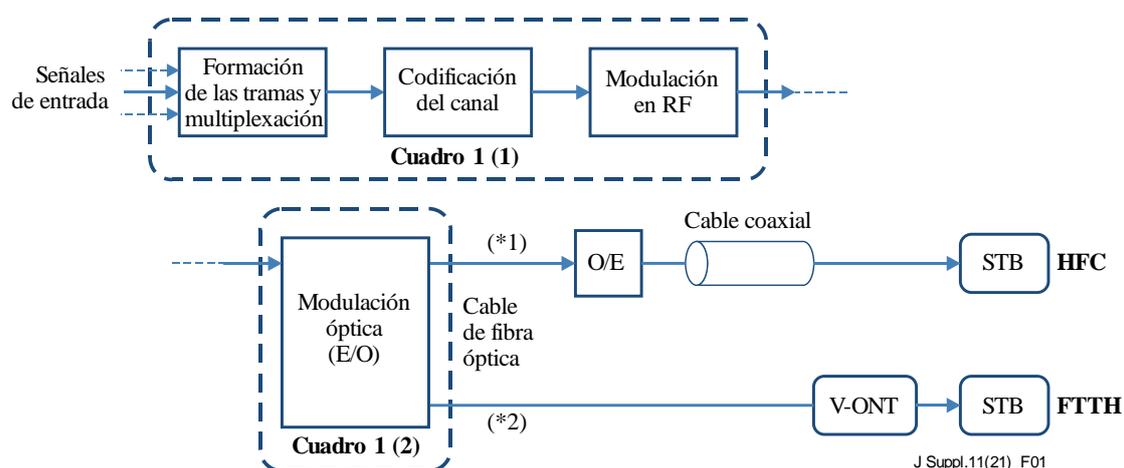
Ninguno.

## 6 Recomendaciones UIT-T sobre redes de TV digital por cable

Las señales de TV digital por cable se transportan o bien por instalaciones híbridas de fibra óptica y cable coaxial (HFC) o por instalaciones puramente ópticas tales como las de fibra hasta el hogar (FTTH). La Figura 1 ilustra los componentes que constituyen dichas instalaciones.

Tanto en el extremo de cabecera de la HFC como en el de la fibra óptica, una o más señales de TV digital por cable, normalmente con formato de tren de transporte (TS) MPEG-2, se multiplexan en una estructura de tramas, y a continuación modulan una señal de radiofrecuencia (RF) cuya frecuencia suele ser inferior a 770 MHz, dependiendo del reglamento de cada país. Varias señales de RF de diferente frecuencia se multiplexan por división de la frecuencia (FDM) y este conjunto de señales de RF se convierten en una señal óptica para transmitirse por cables de fibra óptica.

En el sistema HFC, esta señal óptica se convierte de nuevo en una señal eléctrica que se transmite por los cables coaxiales que cubren los últimos kilómetros de la línea de acceso del abonado. En las instalaciones que sólo utilizan fibra óptica, tales como las FTTH, la señal óptica original se introduce directamente en las instalaciones del cliente.



NOTA – El cable de fibra óptica en (\*1) y (\*2) utiliza longitudes de onda distintas.

**Figura 1 – Instalaciones de televisión por cable HFC y FTTH**

El Cuadro 1 muestra una relación de Recomendaciones UIT-T aplicables a estas instalaciones que pueden clasificarse en dos categorías. La primera de ellas tratan de las funciones que van desde la formación de las tramas hasta la modulación en RF, mientras que la segunda trata de la modulación óptica de la señal de RF.

**Cuadro 1 – Recomendaciones UIT-T aplicables a los servicios digitales de televisión por cable que utilizan redes de fibra óptica y HFC**

(1) Del entramado a la modulación de RF

	<b>Título</b>	<b>Descripción</b>
UIT-T J.83	Sistemas digitales multiprogramas para servicios de televisión, sonido y datos de distribución por cable	Un solo tren de transporte MPEG-2 por un canal QAM
UIT-T J.183	Multiplexación por división en el tiempo de trenes de transporte MPEG-2 múltiples y formatos genéricos de trenes de transporte por sistemas de televisión por cable	TDM de varios trenes de transporte y estructuras de tramas para su transmisión en alta velocidad con agrupación de canales
UIT-T J.288	Encapsulado de paquetes tipo-longitud-valor (TLV) para sistemas de transmisión por cable	Encapsulado de TLV por un canal de cable UIT-T J.83 y UIT-T J.183 para transmitir paquetes de longitud variable tales como los paquetes IP
UIT-T J.382	Sistemas digitales avanzados de transmisión descendente para la distribución por cable de servicios de televisión, sonido y datos	Sistema digital avanzado de transmisión por cable con alta eficiencia espectral que utiliza OFDM y LDPC, denominado también DVB-C2

## (2) Modulación óptica

	<b>Título</b>	<b>Descripción</b>
UIT-T J.185	Equipo de transmisión para la transferencia de señales de televisión multicanal en redes de acceso óptico mediante conversión de modulación de frecuencia	Modulación de frecuencia seguida de modulación de intensidad
UIT-T J.186	Equipo de transmisión para señales de televisión multicanal en redes de acceso óptico mediante multiplexación de subportadora	Modulación de intensidad

Además, las señales de la televisión digital pueden transmitirse como paquetes IP por las redes HFC utilizando el sistema de datos por cable (DOCSIS) o el sistema de red óptica pasiva (PON) con FTTH. Aunque este caso de utilización no constituye el principal tema del presente Suplemento, se presenta una breve descripción del DOCSIS y la PON en el Apéndice I.

### 6.1 Resumen de Recomendaciones

#### (1) Recomendación UIT-T J.83

[UIT-T J.83] contiene la definición de la estructura de tramas, la codificación del canal y la modulación de señales multiprograma de servicios de televisión, sonido y datos distribuidos por redes de cable.

Esta Recomendación consta de cuatro anexos (Anexos A, B, C y D) que presentan las especificaciones de los cuatro sistemas digitales de televisión por cable utilizados en las diversas regiones. Los Anexos A, B y C tratan de los sistemas de cable que llevan un solo tren de transporte MPEG-2 por un canal QAM, mientras que el Anexo D trata de la transmisión digital en 16-VSB. Esta Recomendación aconseja a quienes implementen nuevos servicios digitales multiprograma en redes de cable existentes y futuras que utilicen uno de los sistemas cuya estructura de tramas, codificación de canal y modulación se especifican en los Anexos A, B, C y D.

#### (2) Recomendación UIT-T J.183

[UIT-T J.183] describe un formato de multiplexación por división en el tiempo (TDM) para la transmisión de varios trenes de transporte MPEG-2 y/o trenes de transporte en formatos genéricos utilizando una implementación sencilla de interfaz física de sistemas MPEG-2 en sistemas de televisión por cable. La trama TDM encapsula los trenes de transporte MPEG-2 y/o los trenes de transporte en formatos genéricos, con una longitud de paquete de 188 bytes antes de la transmisión. Se describe además la estructura de tramas para la transmisión a alta velocidad mediante la tecnología de agrupación de canales.

El formato de trama permite que un operador de televisión por cable empaquete varios TS en un solo canal o en varios canales. La explotación de la red de distribución por cable ganaría en flexibilidad si los servicios pudieran integrarse por TS.

#### (3) Recomendación UIT-T J.288

[UIT-T J.288] propone un esquema de encapsulación de tipo-longitud-valor (TLV) especificado en la Recomendación UIT-R BT.1869 para sistemas de transmisión por cable diseñados conforme a [UIT-T J.83].

Muchos de los sistemas de radiodifusión digital existentes transfieren TS MPEG-2 como formato de trenes de entrada. Por el contrario, formatos de paquetes de longitud variable, como TLV, se especifican para la transmisión eficiente de paquetes IP por canales de radiodifusión como combinaciones de paquetes de longitud variable. Para transmitir TLV con el sistema de

transmisión UIT-T J.83 existente es necesario fragmentar los paquetes TLV de longitud variable y encapsularlos en paquetes de longitud fija de 188 bytes.

(4) Recomendación UIT-T J.382

[UIT-T J.382] proporciona especificaciones que pueden aplicarse a las tecnologías avanzadas de transmisión digital por cable en sentido descendente, con el fin de ofrecer planes de elevada eficiencia espectral que permitan ahorrar recursos de transmisión en sentido descendente en redes basadas en cables híbridos de fibra/coaxiales (HFC). En esta Recomendación figura la definición de la estructura de trama, la codificación de canal y la modulación de servicios de televisión, sonido y datos, incluidos los servicios de difusión y multidifusión de alta calidad, distribuidos por redes basadas en HFC.

[UIT-T J.382] es equivalente a DVB-C2, segunda generación del sistema digital de transmisión multiprograma por cable desarrollado por el proyecto de radiodifusión de vídeo digital (DVB) para Europa. Aumenta la capacidad de transmisión del canal de cable gracias a la utilización del potente código de corrección de errores en recepción (FEC) denominado comprobación de paridad de baja densidad (LDPC), la modulación con multiplexación ortogonal por división en frecuencia (OFDM). Soporta TS, tanto formatos de entrada en paquetes como continuos así como encapsulado genérico de trenes (GSE).

(5) Recomendación UIT-T J.186

[UIT-T J.186] describe un método de transmisión para señales de televisión multicanal en redes de acceso óptico. El equipo de transmisión UIT-T J.186 puede transmitir señales de vídeo multicanal 64 QAM, 256 QAM y otras señales de vídeo mediante multiplexación de subportadora (SCM).

En la técnica SCM, la portadora principal es la portadora de la señal de frecuencia óptica, y las subportadoras transfieren las señales de vídeo FDM multiplexadas eléctricamente en la banda lateral óptica. El formato de las señales presentadas a la salida del fotodetector (PD) de la terminal de red óptica (ONT) es el mismo que el de las señales introducidas en el modulador del transmisor óptico. El método SCM se utiliza en la línea troncal de los sistemas híbridos de fibra óptica/cable coaxial (HFC).

(6) Recomendación UIT-T J.185

[UIT-T J.185] describe un método de transmisión para transferir señales de televisión multicanal por redes de acceso óptico. Los equipos de transmisión UIT-T J.185 pueden realizar la transmisión de señales de vídeo multicanal 64 QAM, 256 QAM y otras señales de vídeo mediante la utilización de la conversión por modulación de frecuencia (FM).

En este sistema de transmisión en FM, las señales de televisión multicanal con multiplexación por división de frecuencia (FDM) se convierten simultáneamente en una sola señal FM de banda ancha, que se transmite entonces a través de la red de acceso óptico gracias a la técnica de modulación de intensidad. El terminal de red óptica para señales de vídeo (V-ONT) en las instalaciones del cliente convierte la señal FM única recibida en las señales de vídeo FDM multicanal originales, es decir, en señales de televisión por cable (CATV) coaxial. La interfaz para este sistema de transmisión en FM es idéntica a la del sistema de multiplexación de subportadora con modulación de amplitud (AM-SCM) definido en [UIT-T J.186].

## 6.2 Selección de Recomendaciones

(1) Multiplexación de señales digitales de televisión multiprograma

Para transmitir señales digitales de televisión multiprograma por un canal QAM de cable, se utiliza [UIT-T J.83] o [UIT-T J.183] dependiendo de la composición de la señal multiprograma.

[UIT-T J.83] toma un solo tren de transporte (TS) MPEG-2 como señal de entrada y lo envía por un solo canal QAM. Este TS contiene uno o varios programas de televisión y sonido digital. Cada programa se distingue por un ID de servicio que es uno de los elementos de la información de servicio

(SI) contenida en las tramas de [UIT-T J.83]. Para más información sobre la información de servicio puede consultar la Recomendación UIT-T J.94 "Información de servicio para difusión digital en sistemas de televisión por cable".

Cuando los trenes de transporte MPEG-2 proceden de fuentes distintas tales como estaciones de televisión diversas, tendrán ID de TS diferentes entre sí. Cuando cada tren sea del tamaño (velocidad binaria) que ocupa un solo canal QAM, se utilizará [UIT-T J.83]. Sin embargo, si la velocidad binaria total de dos o más trenes de transporte combinados es menor o igual de la que puede enviarse por un solo canal QAM, lo razonable es multiplexarlas juntas, utilizando [UIT-T J.183], para ocupar un solo canal QAM. [UIT-T J.183] define la "trama de multiplexación de trenes de transporte (TSMF)" que multiplexa dos o más trenes de transporte MPEG-2 para formar un solo tren y transmitirlo por un solo canal QAM.

[UIT-T J.83] tiene cuatro anexos. El Anexo A se utiliza sobre todo en Europa, Asia, África y América del Sur, el Anexo B en América del Norte, y el Anexo C en Japón. El Anexo D está reservado para 16-VSB en América del Norte, pero no se utiliza. La idoneidad de la elección del anexo aplicable es necesaria por consideraciones de interoperabilidad de los diferentes operadores de la zona, entre otros factores.

## (2) Sistemas de transmisión óptica

Para transmitir una señal de RF modulada en QAM por un tramo de fibra de una red HFC o FTTH, debe convertirse de eléctrica a óptica por medio de [UIT-T J.186] o de [UIT-T J.185].

[UIT-T J.186] lleva por título "Equipo de transmisión para señales de televisión multicanal en redes de acceso óptico mediante multiplexación de subportadora". El término "multiplexación de subportadora" se utiliza aquí para describir un sistema de multiplexación por división de frecuencia (FDM) de varias señales de RF de televisión por cable (subportadoras) que a continuación son moduladas en intensidad por una señal óptica de una sola longitud de onda.

Por otra parte, [UIT-T J.185] modula en frecuencia (FM) la señal FDM antes de que sea modulada en intensidad por la señal óptica de una sola longitud de onda como en [UIT-T J.186].

En el Cuadro 2 se comparan las características de la IM (UIT-T J.186) y la FM (UIT-T J.185). En resumidas cuentas, la utilización de la modulación de frecuencia añade complejidad a los equipos y aumenta los costos, pero reduce la degradación del ruido y la distorsión. La decisión final sobre utilizar [UIT-T J.186] o [UIT-T J.185] debe tomarse tras comparar estos factores.

**Cuadro 2 – Comparación de UIT-T J.186 y UIT-T J.185**

	<b>UIT-T J.186</b>	<b>UIT-T J.185</b>
Modulación	Modulación de intensidad (IM)	Modulación de frecuencia (FM) previa a la IM
Complejidad de los dispositivos	Baja	Alta
Susceptibilidad o resiliencia al ruido	Susceptible al ruido, por lo que <ul style="list-style-type: none"> <li>– requiere una mayor intensidad de señal en el receptor</li> <li>– requiere más repetidores</li> </ul>	Resiliente al ruido, por lo que <ul style="list-style-type: none"> <li>– requiere menos intensidad de la señal en el receptor</li> <li>– requiere menos repetidores para grandes distancias de transmisión</li> </ul>
Susceptibilidad a la distorsión	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Susceptible a la distorsión</li> <li>– Requiere una mayor calidad del amplificador óptico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– No es susceptible a la distorsión</li> <li>– Se pueden utilizar amplificadores óptimos de calidad normal</li> </ul>
Ancho de banda	Hasta 3,2 GHz	Hasta 1,0 GHz

Para diseñar y desplegar un sistema de transmisión óptico basado en UIT-T J.186, la serie de normas internacionales CEI 60728 ofrece información práctica tal como la configuración del sistema, los parámetros básicos del sistema, los métodos de medición, etc. En el Apéndice I se resumen estos documentos. Obsérvese que aunque [UIT-T J.186] sea aplicable tanto a señales de vídeo analógicas como a las digitales, el Apéndice I trata exclusivamente de las normas CEI 60728 para señales moduladas digitalmente.

## Apéndice I

### Sistema óptico para la transmisión de señales digitales de radiodifusión de vídeo (Serie CEI 60728)

#### I.1 Introducción

La serie de normas internacionales [CEI 60728-x], "Redes de cable para señales de televisión, señales sonoras y servicios interactivos", describen la configuración de los sistemas, las especificaciones de los sistemas, los métodos de medición y las consideraciones de diseño para sistemas de servicios prácticos que se diseñen y desplieguen con los equipos de transmisión definidos en [UIT-T J.186].

Algunas de estas normas, entre ellas la Parte 113 y la Parte 115, son aplicables a los sistemas ópticos de transmisión de señales de radiodifusión que constan de equipos de cabecera, líneas de transmisión óptica, instalaciones de cableado de interiores y conectores de salida del sistema. A diferencia de [UIT-T J.186] que trata tanto de las señales de vídeo analógicas como de las digitales, las normas CEI más recientes se han elaborado principalmente para las señales de televisión que sólo utilizan tecnologías de transmisión digitales. También especifican los parámetros básicos del sistema entre el equipo de cabecera y los conectores de salida del sistema con el fin de evaluar la calidad de funcionamiento del sistema y sus límites de calidad de funcionamiento. En estas normas, la frecuencia superior de la señal está limitada a 3 300 MHz aproximadamente.

Estas normas describen la transmisión en RF para señales de radiodifusión y de difusión restringida (limitadas a una pequeña zona de radiodifusión) totalmente digitales por FTTH e introduce el sistema xPON como medio de la capa física. La descripción detallada de la capa física queda fuera del alcance de estas normas. El alcance se limita a la transmisión de la señal de RF por FTTH, por lo que no se incluyen las tecnologías de transporte IP tales como la multidifusión IP y los protocolos asociados, pero también son aplicables a la transmisión de señales de radiodifusión que utilizan una red de telecomunicación si satisfacen la sección óptica de estas normas.

#### I.2 Modelo de referencia del sistema óptico

La Figura I.1 muestra el modelo de referencia del sistema FTTH para la transmisión de señales de radiodifusión. Aunque el número de amplificadores ópticos y divisores ópticos depende de la escala del sistema óptico o del número de abonados que haya que conectar, la configuración fundamental de la red se ajustará al modelo de referencia del sistema. Además, como los niveles ópticos requeridos para el funcionamiento del sistema son relativamente altos, deberá prestarse una atención especial a la seguridad, de conformidad con [CEI 60825-1], [CEI 60825-2] y [CEI 60825-12].

Por lo general, existen dos soluciones para la construcción de un sistema de transmisión óptica: las de una fibra y las de dos fibras. El modelo de referencia que se muestra en la Figura I.1 incluye el sistema de transmisión de señales de radiodifusión y el sistema de transmisión de señales de datos. Un sistema de transmisión de señales de datos utiliza ambos modos de transmisión por la fibra óptica con diferentes longitudes de onda. Los dos sistemas se combinan con filtros de multiplexación por división de la longitud de onda (WDM) a la entrada y la salida de la red de distribución, a título de ejemplo. La red de distribución consta de componentes ópticos pasivos tales como fibras ópticas y divisores de potencia óptica, por razones de mantenimiento y de la ampliación del sistema en el futuro.

A veces, se utiliza una unidad de red óptica (ONU) triple (ONU para V-ONU, ONU de datos y terminal telefónico) con la solución de una fibra. En otros las ONU se sitúan en el exterior de la vivienda del abonado (Nota – En las normas CEI se habla de ONU/unidad de red óptica en vez de ONT/terminal de red óptica que se utiliza en las Recomendaciones del UIT-T).

Hay varios modos de conectar unidades multivivienda (MDU) a sistemas FTTH (véase la Figura I.1). Uno de ellos consiste en conectar la MDU a un puerto eléctrico detrás de la salida de la V-ONU y otro en conectar la MDU a un puerto óptico de la planta exterior.

En la solución de una fibra, se requiere evitar la diafonía óptica y eléctrica.

La diafonía óptica entre la señal de datos descendente en la longitud de onda de 1 490 nm y la señal de televisión por cable (CATV) descendente se genera si la WDM a 1 550 nm no proporciona el aislamiento suficiente de la señal de 1 490 nm.

La diafonía eléctrica entre la señal de excitación de datos de 1 310 nm y la señal a la entrada del receptor del PD de CATV a 1 550 nm se produce debido a la radiación electromagnética en el interior de la caja del triplexor que es muy compacta.

Las longitudes de onda ópticas y las bandas de frecuencias eléctricas que se enumeran en el Cuadro I.1 y en Cuadro I.2 son las consideradas para ser utilizadas.

**Cuadro I.1 – Longitudes de onda ópticas para los sistemas FTTH**

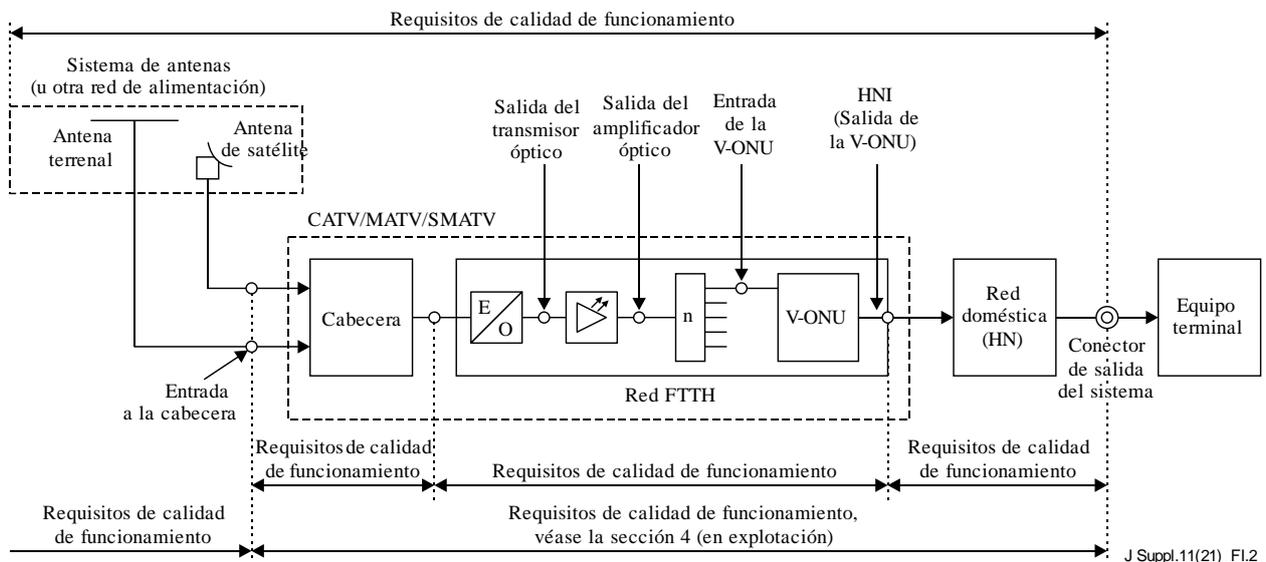
<b>Señal óptica</b>	<b>Longitud de onda</b>	<b>Documento</b>
Transmisión de vídeo	1 550 nm	[CEI 60728-113]
Retorno de RF (RFoG)	1 610 nm	[CEI 60728-14]
Datos (enlace descendente)	1 490 nm/1 577 nm	[ISO/CEI/IEEE 8802-3]
Datos (enlace ascendente)	1 310 nm/1 270 nm	[ISO/CEI/IEEE 8802-3]

**Cuadro I.2 – Gama de frecuencias**

<b>Banda de frecuencias</b>	<b>Documento</b>
47 MHz a 862 MHz (únicamente señales con modulación digital)	[CEI 60728-101], [CEI 60728-113] [CEI 60728-115]
950 MHz a 3 300 MHz (transmisión de señales de satélite)	[CEI 60728-13-1], [CEI 60728-115]

NOTA – [CEI 60728-113 Ed.1] (Gama de frecuencias: de 47 MHz a 862 MHz) y [CEI 60728-13-1 Ed.2] (Gama de frecuencias: de 950 MHz a 3 300 MHz) se refundirán dentro de algunos años en [CEI 60728-113 Ed.2] (Gama de frecuencias: de 47 MHz a 3 300 MHz).





**Figura I.2 – Puntos de especificación de la calidad de funcionamiento del sistema FTTH**

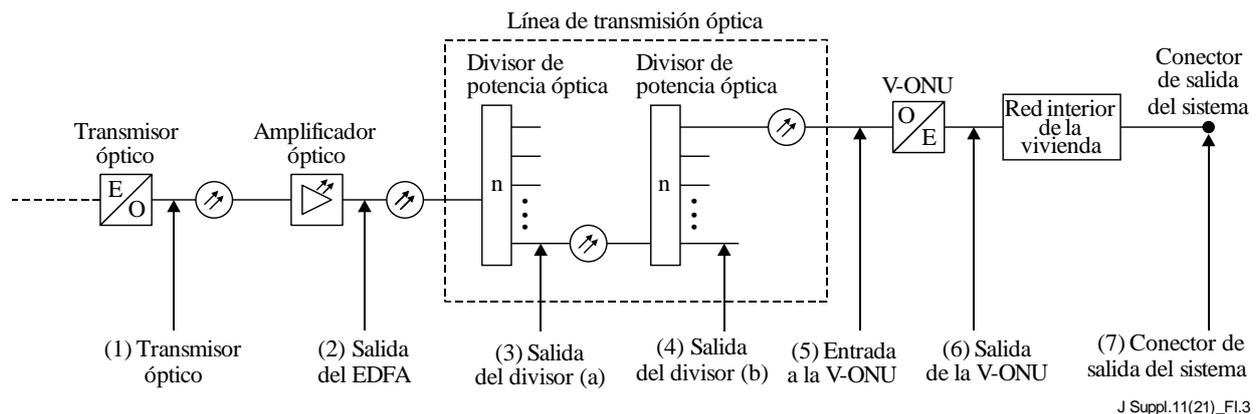
### I.3 Puntos y elementos de medición

En esta cláusula se describen los métodos de medición diseñados específicamente para el sistema FTTH.

Los puntos de medición descritos en el presente Suplemento se limitan a la parte del sistema que va del terminal de salida del transmisor óptico al conector de salida del sistema.

#### I.3.1 Puntos de medición

Es necesario medir la potencia óptica en los puntos (1) a (5), y el nivel de la señal eléctrica en los puntos (6) y (7) de la Figura I.3 para garantizar la calidad de funcionamiento del sistema total. Deberán medirse los puntos (5), (6) y (7) para garantizar la calidad de funcionamiento del sistema en el punto extremo de la sección óptica y en el punto de la interfaz con la instalación del cliente. Debe medirse el RIN (ruido de intensidad relativo) en los puntos (1) a (5) y la S/N (relación señal/ruido de la señal eléctrica) en los puntos (6) y (7).



**Figura I.3 – Puntos de medición del sistema de distribución de vídeo**

#### I.3.2 Elementos de medición

En el Cuadro I.3 se resumen los puntos de medición y los parámetros medidos.

La medición en los puntos (5), (6) y (7) tiene carácter obligatorio, pero la medición en otros puntos es necesaria para garantizar la calidad de funcionamiento del sistema.

**Cuadro I.3 – Puntos de medición y parámetros medidos**

Parámetros medidos (Ejemplos)	Puntos de medición						
	(1) Salida del transmisor	(2) Salida del EDFA	(3) Salida (a) del divisor de potencia	(4) Salida (b) del divisor de potencia	(5) Entrada a la V-ONU	(6) Salida de la V-ONU	(7) Conector de salida del sistema
Potencia óptica	○	○	○	○	○	–	–
S/N (eléctrica)	–	–	–	–	–	○	○
S/N (RIN) (véase la Nota)	○	○	Δ	Δ	Δ	–	–
BER, MER	–	–	–	–	–	○	○

○ Estos puntos son susceptibles de medición.  
 Δ Estos puntos son susceptibles de medición cuando la potencia óptica supera –3 dB (mW).  
 NOTA – La estimación teórica de la S/N en (6), a la salida de la V-ONU, se basa en los resultados de las mediciones de los componentes individuales del equipo.

#### I.4 Especificación del sistema óptico para la transmisión de la señal de radiodifusión

Para servicios de radiodifusión por redes ópticas se utilizan principalmente los métodos de modulación 64/256 QAM o la OFDM con 256/1 024/4 096 QAM. En la Figura I.2 se representan los puntos específicos de calidad de funcionamiento de un sistema FTTH característico. También se representan los puntos de medición (idénticos a los puntos específicos de calidad de funcionamiento) y los puntos de medición adicionales para verificar la calidad de funcionamiento del sistema óptico en condiciones de explotación. En el Cuadro I.4 se muestran la relación S/N mínima a la salida de la cabecera, en la línea de transmisión, a la salida de la V-ONU, en la interfaz con la red doméstica y en el conector de salida del sistema (corresponde al caso de SDU, pero en CEI 60728-113 hay otro cuadro para MDU).

Para las señales con modulación digital se utilizará la tasa de errores en los bits (BER) como parámetro de especificación sólo a la entrada de la cabecera. Se requiere  $1 \times 10^{-4}$  para las señales de radiodifusión con modulación digital antes de la FEC en el caso de RS (204, 188). En el caso de otros métodos de FEC se requiere  $1 \times 10^{-11}$  después de la FEC. Como parámetros suplementarios a la entrada de la cabecera pueden utilizarse la degradación de ruido equivalente (END), el margen de ruido (NM), la tasa de errores de modulación (MER) y la magnitud del vector error (EVM).

**Cuadro I.4 – Requisitos mínimos de la S/N en explotación (47 MHz – 1 000 MHz para SDU)**

Señal de radiodifusión			S/N a la salida de la cabecera	S/N en la línea de transmisión óptica	S/N a la salida de la V-ONU	S/N en la interfaz con la red doméstica	S/N en el conector de salida del sistema
Sistema	Modulación	Subportadora		(5)	(6)		(7)
			dB	dB	dB	dB	dB
ISDB-T	OFDM	64 QAM	27	30	25	45	24
ISDB-C	64 QAM	–	35	28	27	45	26
[UIT-T J.83]	256 QAM	–	43	37	36	51	32

**Cuadro I.4 – Requisitos mínimos de la S/N en explotación (47 MHz – 1 000 MHz para SDU)**

Señal de radiodifusión			S/N a la salida de la cabecera	S/N en la línea de transmisión óptica (5)	S/N a la salida de la V-ONU (6)	S/N en la interfaz con la red doméstica	S/N en el conector de salida del sistema (7)
Sistema	Modulación	Subportadora					
			dB	dB	dB	dB	dB
ISDB-C2 [UIT-T J.382]	OFDM	256 QAM	35	28	27	45	26
		1 024 QAM	42	36	35	51	33
		4 096 QAM(4/5)	46	39	38	53	37
		4 096 QAM(5/6)	49	42	41	55	40
DVB-T	COFDM	64 QAM	27	–	25	–	24
DVB-T2	COFDM	256 QAM	33	–	31	–	30
DVB-C	64 QAM	–	36	–	29	–	28
	256 QAM	–	42	–	35	–	34
DVB-C2	COFDM	256 QAM	35	–	29	–	28
		1 024 QAM	42	–	35	–	34
		4 096 QAM(5/6)	46	–	38	–	37
		4 096 QAM(9/10)	49	–	41	–	40

NOTA – Los valores de estas especificaciones corresponden a una unidad de vivienda única (SDU) con una gama de frecuencias de 1 GHz o menos.

## I.5 Normas CEI

A continuación se presenta una relación de normas CEI de interés para la construcción y explotación de un sistema FTTH. No obstante, la mayor parte de la información de este apéndice figura en [CEI 60728-113] y [CEI 60728-13-1].

Para las referencias fechadas, se aplica únicamente la edición citada. Para las que no llevan fecha se aplicará la edición más reciente del documento referenciado (incluidas las posibles modificaciones).

CEI 60728-13-1:2017, Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 13-1: Bandwidth expansion for broadcast signal over FTTH system

CEI 60728-101:2016, Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 101: System performance of forward paths loaded with digital channels only

CEI 60728-106 (under development), Optical equipment for systems loaded with digital channels only

CEI 60728-113:2018, Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 113: Optical systems for broadcast signal transmissions loaded with digital channels only

CEI 60728-115:2021, Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 115: In-Building Optical systems for broadcast signal transmission

CEI 60068-1:1988, Environmental testing – Part 1: General and guidance

CEI 60825-1, Safety of laser products – Part 1: Equipment classification and requirements

CEI 60825-2, Safety of laser products – Part 2: Safety of optical fibre communication systems (OFCS)

CEI 60825-12, Safety of laser products – Part 12: Safety of free space optical communication systems used for transmission of information

CEI 61755-1:2005, Fibre optic connector optical interfaces – Part 1: Optical interfaces for single mode non-dispersion shifted fibres – General and guidance

CEI TR 61930, Fibre optic graphical symbology

CEI TR 61931:1998, Fibre optic – Terminology

NOTA 1 – CEI 60728-113 Ed.2, cuya terminación se prevé en 2022, incluirá una banda de frecuencias de hasta 3,3 GHz para transmitir señales de IF por satélite, pero [CEI 60728-13] y [CEI 60728-13-1] para la transmisión de señales analógicas se mantendrán sin cambios.

NOTA 2 – CEI 60728-115 se encuentra actualmente en fase de preparación. Se prevé que este trabajo se complete a finales de 2021.

NOTA 3 – CEI 60728-106 se encuentra actualmente en fase de preparación. Se prevé que este trabajo se complete a finales de 2022.

## **I.6 Programa de países afiliados de la CEI**

El Programa de países afiliados de la CEI es un sistema que permite la participación en la CEI de los afiliados que no son socios.

La CEI puso en marcha el Programa de países afiliados en 2001 con el objetivo de animar a los países en desarrollo a participar en los trabajos de la CEI y a proporcionar los beneficios de la tecnología a los países en desarrollo con eficiencia y al menor costo posible. En 2019, ya eran miembros 86 países. Desde enero de 2018, su líder es el Sr. Rojas Manyame (Namibia).

Entre los beneficios que conlleva la participación en este Programa, figuran los siguientes:

- obtener la versión electrónica de los documentos de la CEI (además, puede conseguir más normas CEI gratuitamente si se asocia a "Affiliate Plus");
- instalación y utilización de la biblioteca de la CEI;
- método de adopción más sencillo que la norma CEI;
- exención de tasas, etc.

## Apéndice II

### Televisión con protocolo Internet (IPTV) por HFC y FTTH

#### II.1 Introducción

La mayor parte de estas directrices tratan de la TV digital transportada por redes unidireccionales de televisión por cable tradicionales de fibra óptica y HFC. Sin embargo, las redes de cable están migrando a infraestructuras bidireccionales basadas en IP, ya sea implementando DOCSIS por HFC o sistemas PON por fibra, y la denominada "IPTV" se transporta por esas redes. Este apéndice describe a grandes rasgos la televisión con protocolo Internet (IPTV) por PON FTTH con DOCSIS.

#### II.2 Clasificación de la IPTV

La IPTV adopta diversos formatos. Puede tratarse de un servicio lineal o en tiempo real, o de un servicio no lineal tal como el vídeo a la carta (VoD). Los servicios pueden llevarse a cabo o bien sin garantías, por la Internet abierta, o bien por una red IP gestionada. Esta clasificación se muestra en la Figura II.1.

Los servicios no lineales siempre utilizan unidifusión o conexión de uno a uno. La mayoría de los servicios lineales utilizan actualmente unidifusión, pero a efectos de la eficiencia del ancho de banda, la multidifusión o la conexión punto a multipunto es una tecnología más adecuada a este fin.

	Servicios lineales	Servicios no lineales
Red IP gestionada	Multidifusión	VoD
Internet abierta (sin garantías)	Unidifusión • Tal como DAZN (deportes)	VoD (Unidifusión) • Tal como Netflix y Amazon

J Suppl.11(21)\_FIL.1

Figura II.1 – Clasificación de la IPTV

#### II.3 Sistema de IPTV por PON

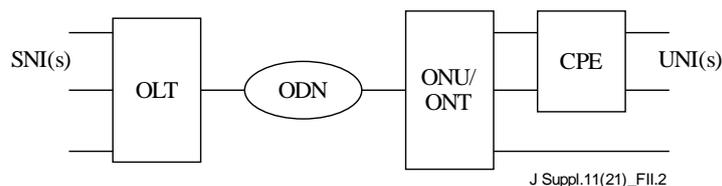
Se entiende por red óptica pasiva (PON) toda red óptica que consta de dispositivos pasivos, aunque en el presente contexto se refiera tanto a la GPON como a la E-PON.

Se denomina GPON a las redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits definidas en la serie de Recomendaciones [b-UIT-T G.984.x] que se utilizan como tecnología de red de acceso para interconectar a los usuarios de cable o telecomunicaciones con la red central. La GPON tiene una velocidad binaria en el enlace descendente de 2,4 Gbit/s y una velocidad binaria en el enlace ascendente de 1,2 o 2,4 Gbit/s (normalmente 1,2 Gbit/s). Suele dar servicio a un máximo de 64 abonados a una distancia física de entre 10 y 20 km.

La E-PON es la "PON Ethernet" definida en [b-IEEE 802.3ah]. Atiende al mismo fin que la GPON, pero las velocidades binarias del enlace descendente y del enlace ascendente son 1,2 Gbit/s para un máximo de 32 abonados.

Tanto la GPON como la E-PON tienen versiones para 10 Gbit/s de las normas y productos disponibles hoy en día. Por ejemplo, las especificaciones de la G-PON de 10 Gigabits, denominada XG-PON, figuran en la serie de Recomendaciones [b-UIT-T G.987.x], y la E-PON de 10 Gigabits se define en [b-IEEE 802.3av].

Los sistemas GPON y E-PON de las redes de cable se componen de un sistema de terminación de línea óptica (OLT) en la cabecera del cable, y de una unidad de red óptica (ONU) en las instalaciones del abonado, interconectados por una red de distribución óptica (ODN) pasiva. Esta estructura genérica se ilustra en la Figura II.2.



**Figura II.2 – Sistema GPON genérico (de UIT-T G.983)**

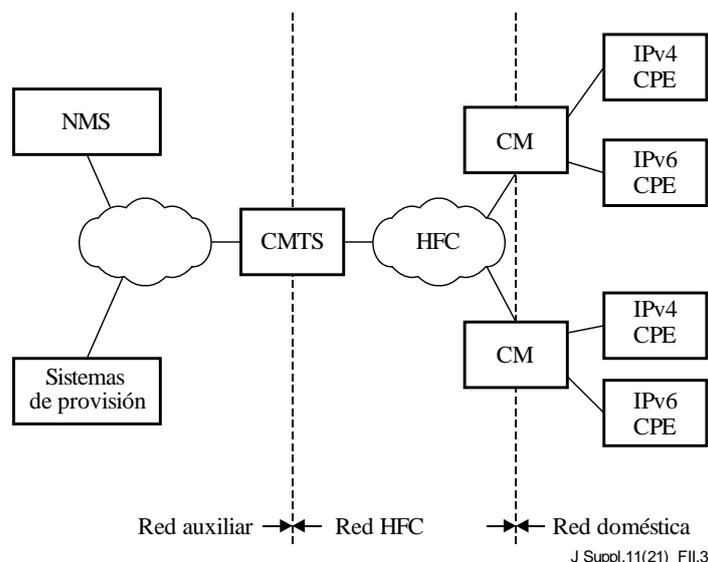
La forma más corriente de IPTV consiste en el envío de un tren de transporte MPEG-2 (denominado MPEG2-TS) utilizando el protocolo IP mediante la adición de un encabezamiento IP a cada uno de los paquetes TS. Este sistema se denomina MPEG2-TS por IP.

Tanto en los sistemas GPON como en los E-PON, los abonados comparten el ancho de banda del enlace descendente y ascendente. Si todos los abonados utilizan el enlace descendente al mismo tiempo, cada uno de ellos dispondrá de una velocidad binaria media de 30 Mbit/s aproximadamente. Ésta es suficiente para transmitir la IPTV con buena calidad, pero la utilización de la multidifusión reducirá el ancho de banda total necesario.

#### **II.4 IPTV por DOCSIS**

Las especificaciones de la interfaz de servicio de datos por cable (DOCSIS) están siendo desarrolladas por CableLabs, como tecnología de red de acceso para transmitir y recibir datos por una red de cable HFC. DOCSIS ha sido revisada varias veces, y la última Recomendación aprobada es UIT-T H.224 que especifica la quinta generación de sistemas de datos sobre cable de alta velocidad. Los sistemas de transmisión de la quinta generación introducen varias características nuevas que se basan en las anteriores Recomendaciones UIT-T, entre ellas las de la serie UIT-T J.222.x (DOCSIS 3.0) y UIT-T J.225 (DOCSIS 3.1). [b-UIT-T J.224] incluye nuevas características fundamentales para la capa física (PHY) y establece un modo de explotación de DOCSIS en dúplex completo (FDX).

La relación y la correspondencia entre las múltiples generaciones de especificaciones DOCSIS de CableLabs y las Recomendaciones UIT-T de la serie J basadas en DOCSIS figuran en [b-UIT-T J series Sup 10].



**Figura II.3 – Red DOCSIS (de [b-UIT-T J.222.1])**

Como puede verse en la Figura II.3, el sistema DOCSIS se compone de un sistema de terminación de módem de cable (CMTS) en la cabecera del cable, de un módem de cable (CM) en las instalaciones del usuario, y de una red HFC que interconecta el CMTS y el CM.

La IPTV por DOCSIS se transporta de la misma manera que en los sistemas de IPTV por PON.

## II.5 Otras opciones de transmisión de la IPTV

### (1) IPTV por ADSL

La línea digital de abonado asimétrica (ADSL) es una tecnología de red de acceso por líneas de abonado metálicas (de cobre). La velocidad binaria del enlace descendente es mayor que la del ascendente, de ahí el calificativo de asimétrica.

La primera Recomendación UIT-T sobre ADSL, [b-UIT-T G.992.1], se aprobó en 1999. Esta versión permite aproximadamente 6 Mbit/s en el enlace descendente y 640 kbit/s en el enlace ascendente, aunque las velocidades de datos reales dependen de factores tales como la distancia entre la central telefónica y el abonado, etc.

La ADSL se ha perfeccionado y ahora soporta velocidades más altas, como se muestra en el Cuadro II.2.

**Cuadro II.2 – Evolución de la tecnología ADSL**

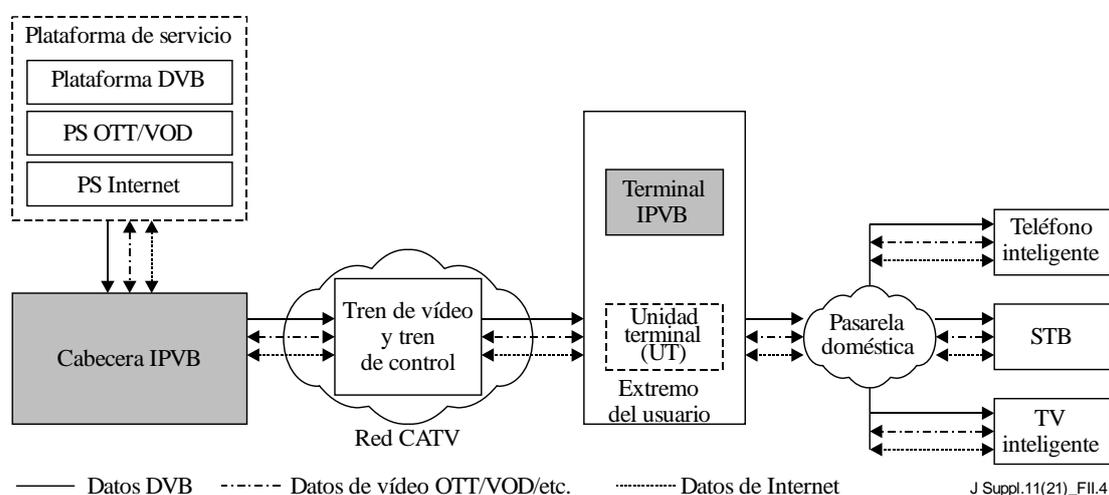
	<b>Recomendación UIT-T</b>	<b>Aprobada en</b>	<b>Velocidad de datos</b>
ADSL	[b-UIT-T G.992.1]	1999	6M/640 kbit/s
ADSL 2+	[b-UIT-T G.992.5]	2009	16M/800 kbit/s
VDSL	[b-UIT-T G.993.1]	2004	52M/2,3 Mbit/s
VDSL 2	[b-UIT-T G.993.2]	2019	100 Mbit/s
G.fast	[b-UIT-T G.9701]	2019	1 Gbit/s (total del enlace ascendente y del descendente)

Incluso la primera versión de la ADSL tiene una velocidad binaria suficiente para transportar el vídeo de alta definición (HD) codificado por UIT-T H.265/HEVC con una velocidad binaria de entre 4 y 6 Mbit/s aproximadamente. Sin embargo, no es suficiente para transportar varios canales al mismo tiempo o transmitir vídeo de mayor resolución tal como el 4K. Por ello, la ADSL se considera una solución provisional cuando no se dispone aún de líneas de acceso totalmente FTTH o HFC.

## (2) Radiodifusión de vídeo IP (IPVB)

La IPVB es un sistema de transmisión que soporta servicios de vídeo IP para redes de CATV, que se define en [b-UIT-T J.1210] y [b-UIT-T J.1211]. Consiste simplemente en la adición de un sistema de radiodifusión unidireccional de vídeo IP a una red de CATV bidireccional existente de bajo costo. Se combina con el canal del enlace ascendente de la red de acceso bidireccional actual, y presta el servicio de transmisión de vídeo IP de alta velocidad binaria por las redes de CATV hasta el hogar.

En la Figura II.4 se muestra la arquitectura de la IPVB. El sistema IPVB consta principalmente de dos partes: la cabecera IPVB y el terminal IPVB. Entre la cabecera IPVB y el terminal IPVB se utilizan redes de CATV en el enlace descendente para transportar exclusivamente señales de vídeo con formatos IP.



**Figura II.4 – Arquitectura IPVB (de UIT-T J.1210)**

La plataforma de servicio encapsula los programas DVB, las tablas de información de servicios (SI), y otros datos asociados (por ejemplo, información CA) en paquetes con protocolo de datagrama de usuario/protocolo Internet (UDP/IP), después agrupa los datos basados en IP, les asigna canales de vídeo y los entrega a la cabecera IPVB.

La cabecera IPVB recibe los paquetes IP, por ejemplo, los trenes de vídeo de la plataforma de servicio de un sistema DTV, convierte las direcciones de unidifusión de los paquetes en direcciones de multidifusión (en el caso de que paquetes de los trenes tengan direcciones de unidifusión, como ocurre con el VOD, los servicios OTT y otros trenes de servicios a la carta), y a continuación transmite los datos IP agrupados por el canal de radiodifusión del enlace descendente de la red CATV hacia los terminales IPVB.

El terminal IPVB suele estar integrado en el terminal del usuario. Recibe los paquetes multidifusión UDP transmitidos por las redes CATV, selecciona los paquetes de servicio y los distribuye a los equipos en las instalaciones de cliente (CPE) distinguiendo las distintas direcciones IP multidifusión y números de puerto de destino UDP con arreglo a uno o más requisitos del usuario.

Una aplicación característica es la utilización de sistemas IPVB por una red de transmisión óptica con capa física 10GE, donde el ancho de banda de radiodifusión de IPVB en el canal descendente sea 10 Gbit/s.

Cuando el sistema IPVB se combina con una red óptica pasiva de Ethernet (EPON) o una red óptica pasiva con capacidad de Gigabits (GPON), puede soportar servicios interactivos tales como VOD o vídeo OTT de mayor capacidad. Este sistema puede transmitir sin problemas vídeo de 4K, 8K, VR y otros vídeos de alta velocidad en directo o a la carta.

## Apéndice III

### Servicios UHDTV (4K/8K)

El servicio de televisión de ultra alta definición (UHDTV) de 4K proporciona mejor calidad de vídeo que el servicio de televisión de alta definición (HDTV) de 2K. Ya se ha desplegado en los países de Europa, América del Norte y Asia mediante redes de radiodifusión por satélite, terrenales y por cable, así como en una diversidad de mercados de medios de comunicación tales como el cine, las comunicaciones móviles y las computadoras personales.

El servicio 4K suele utilizar un nuevo método de codificación de vídeo denominado HEVC [b-UIT-T H.265]. Esta tecnología llega a proporcionar el doble de la eficiencia de compresión que AVC [b-UIT-T H.264], y suele permitir la transmisión de trenes de vídeo 4K de alta velocidad binaria utilizando los medios de radiodifusión existentes.

En el presente apéndice se describen casos de utilización de servicios UHDTV (4K/8K) en infraestructuras HFC y FTTH (RF), haciendo referencia a [UIT-T J.83] (256 QAM) y [UIT-T J.183] (agrupación de canales), [UIT-T J.186], así como a [b-UIT-T J.297] (STB 4K).

El soporte de decodificación de vídeo HEVC para dispositivos terminales de televisión con protocolo Internet y resolución de 4K se especifica en [b-UIT-T H.721].

#### III.1 Transmisión del servicio UHDTV de 4K/8K UHDTV por líneas de acceso HFC

Debe escogerse un método de transmisión adecuado para transmitir un canal de UHDTV de 4K codificado en HEVC que tenga una velocidad binaria de entre 15 y 35 Mbit/s, dependiendo de la calidad de imagen deseada. La Figura III.1 ilustra la máxima velocidad binaria disponible para distintos métodos de transmisión. Por ejemplo, si un canal de 4K tiene una velocidad binaria de 35 Mbit/s, puede transportarse por un solo canal 64 QAM basado en los Anexos A y B de [UIT-T J.83], pero para los sistemas que utilizan el Anexo C (Japón), tendrá que utilizarse o bien un canal 256 QAM o bien una agrupación de canales 64 QAM basada en [UIT-T J.183].

Línea de acceso (RF o IP)	Velocidad de transmisión		
	29,16 Mbit/s 26,97 Mbit/s	38,88 Mbit/s 38,81 Mbit/s	
RF	64 QAM <span style="color: red;">UIT-T J.83 Anexo C</span>	256 QAM	Múltiple 64/256 QAM (Agrupación) <span style="color: red;">UIT-T J.183</span> OFDM 1024 QAM ~ 4096 QAM UIT-T J.382 (DVB-C2)
IP (HFC)	DOCSIS 2.0 (64 QAM)	DOCSIS 2.0 (256 QAM)	Múltiple 64/256 QAM (Agrupación de canales) <span style="color: red;">UIT-T J.222.0 (DOCSIS 3.0)</span> OFDM 1024 QAM ~ 4096 QAM <span style="color: red;">UIT-T j.docsis31 (DOCSIS 3.1)</span>
IP (FTTH)	E-PON (IEEE) G-PON (UIT-T)		

J Suppl.11(21)\_FIII.1

NOTA – Para UIT-T J.83 Anexo A, la velocidad de transmisión es 8/6 de (+33%) de las cifras anteriores.

**Figura III.1 – Tecnología de acceso por cable y velocidad de transmisión**

Para transmitir un canal de 8K, que suele tener una velocidad binaria de 100 Mbit/s, se necesita una agrupación de canales 64/256 QAM o un canal OFDM basado en [UIT-T J.382].

### III.2 Transmisión de un servicio de UHDTV de 4K/8K por líneas de acceso de fibra óptica/FTTH

Los servicios 4K/8K prestados por canales de satélite o terrenales pueden (re)transmitirse por líneas de acceso de cable de fibra óptica/FTTH utilizando multiplexación de subportadora (SCM) y modulación de intensidad (IM) tomando como base [UIT-T J.186].

La frecuencia de la señal de un enlace descendente de satélite DTH (directo al hogar) suele estar en torno a 12 GHz. Para transmitir esta señal por una línea de acceso de cable de fibra óptica, se suele reducir por conversión a una frecuencia intermedia (IF) de entre 1 GHz y 3,2 GHz a la salida de la antena parabólica receptora de la señal del satélite. Esta señal de IF que es eléctrica se convierte de nuevo en señal óptica mediante [UIT-T J.186], se transmite por la línea de acceso de fibra óptica, se convierte una vez más en señal eléctrica y se inyecta en los STB de 4K/8K, o directamente en los televisores. Para prestar este servicio, se necesita un sistema de RF por fibra basado en [UIT-T J.186] que soporte la máxima gama de frecuencias de la señal de IF del satélite.

Como la mayor parte de los canales terrenales utilizan la banda de ondas decimétricas, pueden transportarse por las líneas de acceso FTTH de cable sin conversión de frecuencia.

### III.3 STB de 4K

Para recibir el servicio de 4K, se necesita un STB de 4K compatible tal como el definido en [b-UIT-T J.297]. La Figura III.2 es un ejemplo de diagrama de bloques de un STB de cable de 4K. Una de las partes más importantes de este STB es el decodificador de vídeo UIT-T H.265 y la interfaz de salida de vídeo HDMI de conformidad con HDCP2.2 (interfaz de multimedia de alta definición) que protege los contenidos 4K frente a la piratería.

El sistema de acceso condicional (CAS) es otra importante característica del STB de 4K. Debe utilizar un algoritmo AES de 128 bits o superior, para cumplir la especificación de MoviesLabs (Estados Unidos) y poder mejorar la protección de los contenidos (ECP).

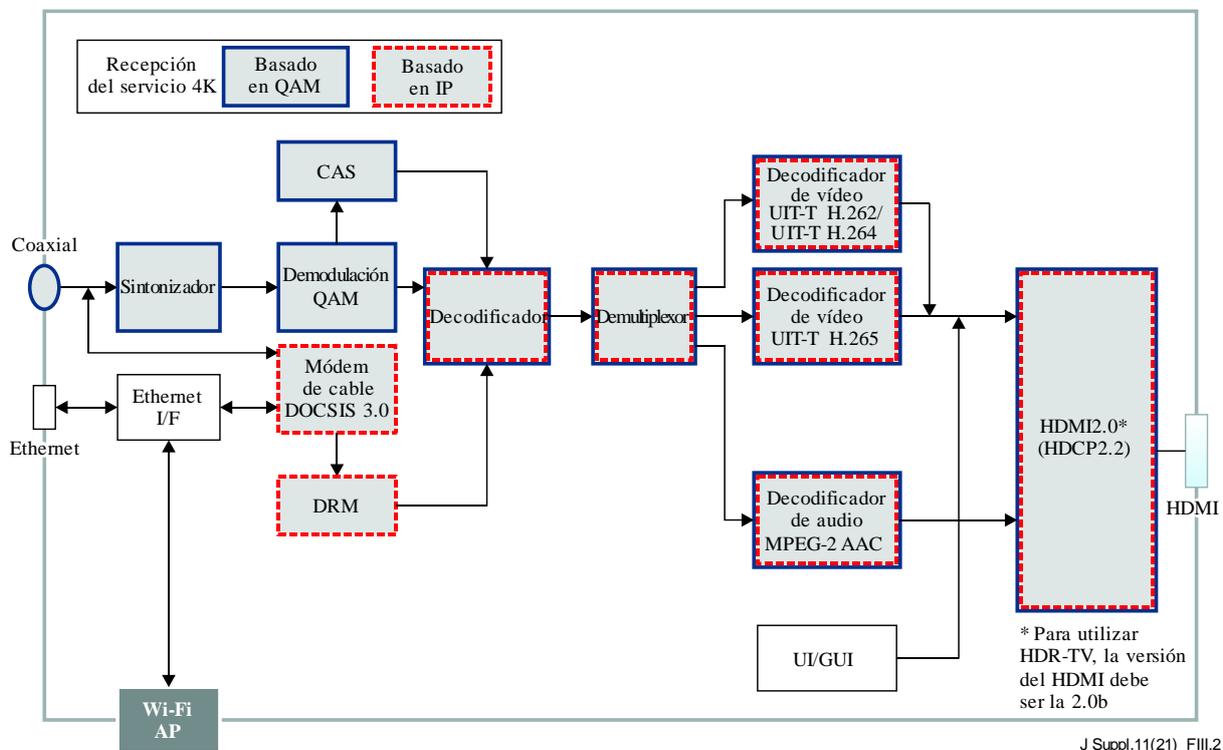


Figura III.2 – Ejemplo de diagrama de bloques de un STB de cable de 4K (de [b-UIT-T J.297])

## Bibliografía

- [b-UIT-T G.984.1] Recomendación UIT-T G.984.1 (2012), *Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales.*
- [b-UIT-T G.987] Recomendación UIT-T G.987 (2012), *Sistema de red óptica pasiva con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON): Definiciones, abreviaturas y siglas.*
- [b-UIT-T G.992.1] Recomendación UIT-T G.992.1 (1999), *Transceptores de línea de abonado digital asimétrica.*
- [b-UIT-T G.992.5] Recomendación UIT-T G.992.5 (2009), *Transceptores para línea de abonado digital asimétrica – Línea de abonado digital asimétrica 2 de anchura de banda ampliada (ADSL2plus).*
- [b-UIT-T G.993.1] Recomendación UIT-T G.993.1 (2004), *Transceptores de línea de abonado digital de velocidad muy alta.*
- [b-UIT-T G.993.2] Recomendación UIT-T G.993.2 (2019), *Transceptores de línea de abonado digital de velocidad muy alta 2 (VDSL2).*
- [b-UIT-T G.9701] Recomendación UIT-T G.9701 (2019), *Acceso rápido a terminales de abonado (G.fast) – Especificación de la capa física.*
- [b-UIT-T H.264] Recomendación UIT-T H.264 (2019), *Codificación de vídeo avanzada para los servicios audiovisuales genéricos.*
- [b-UIT-T H.265] Recomendación UIT-T H.265 (2019), *Codificación de vídeo muy eficiente.*
- [b-UIT-T H.721] Recomendación UIT-T H.721 (2015), *Dispositivos terminales de TVIP: Modelo básico.*
- [b-UIT-T J.122] Recomendación UIT-T J.122 (2007), *Sistemas de transmisión de segunda generación para los servicios interactivos de televisión por cable – Módems de cable para protocolo Internet.*
- [b-UIT-T J.222.0] Recomendación UIT-T J.222.0 (2007), *Sistemas de transmisión de tercera generación para servicios interactivos de televisión por cable – Módems de cable IP: Consideraciones generales.*
- [b-UIT-T J.222.1] Recomendación UIT-T J.222.1 (2007), *Sistemas de transmisión de tercera generación para servicios interactivos de televisión por cable – Módems de cable IP: Especificación de capa física.*
- [b-UIT-T J.222.2] Recomendación UIT-T J.222.2 (2007), *Sistemas de transmisión de tercera generación para servicios interactivos de televisión por cable – Módems de cable IP: Protocolos de control de acceso al medio y de capas superiores.*
- [b-UIT-T J.222.3] Recomendación UIT-T J.222.3 (2007), *Sistemas de transmisión de tercera generación para servicios interactivos de televisión por cable – Módems de cable IP: Servicios de seguridad.*
- [b-UIT-T J.224] Recomendación UIT-T J.224 (2020), *Sistemas de transmisión de quinta generación para servicios de televisión por cable interactivos – Módems de cable IP.*

- [b-UIT-T J.225] Recomendación UIT-T J.225 (2020), *Sistemas de transmisión de cuarta generación para servicios de televisión por cable interactivos – Módems de cable IP.*
- [b-UIT-T J series Sup 10] Recomendaciones UIT-T serie J – Suplemento 10, *Correspondencia entre las especificaciones DOCSIS de CableLabs y las Recomendaciones UIT-T serie J.*
- [b-UIT-T J.297] Recomendación UIT-T J.297 (2018), *Requisitos y especificación funcional del descodificador de cable para televisión de ultra alta definición de 4K.*
- [b-UIT-T J.1210] Recomendación UIT-T J.1210 (2019), *Requisitos de radiodifusión de vídeo por IP (IPVB) para redes de televisión por cable.*
- [b-UIT-T J.1211] Recomendación UIT-T J.1211 (2020), *Especificaciones de la radiodifusión de vídeo IP (RVIP) para la red de televisión por cable.*
- [b-IEEE 802.3ah] b-IEEE 802.3ah (2004), *Gigabit Ethernet-Passive Optical Network.*
- [b-IEEE 802.3av] b-IEEE 802.3av (2009), *10 Gbit/s Ethernet Passive Optical Network.*



## SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie D	Principios de tarificación y contabilidad y cuestiones económicas y políticas de las telecomunicaciones/TIC internacionales
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedia
Serie I	Red digital de servicios integrados
<b>Serie J</b>	<b>Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedia</b>
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Medio ambiente y TIC, cambio climático, ciberdesechos, eficiencia energética, construcción, instalación y protección de los cables y demás elementos de planta exterior
Serie M	Gestión de las telecomunicaciones, incluida la RGT y el mantenimiento de redes
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de la transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes de líneas locales
Serie Q	Conmutación y señalización, y mediciones y pruebas asociadas
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos, comunicaciones de sistemas abiertos y seguridad
Serie Y	Infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo Internet, redes de próxima generación, Internet de las cosas y ciudades inteligentes
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación