

Unión Internacional de Telecomunicaciones

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**G.698.3**

(02/2012)

SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN,  
SISTEMAS Y REDES DIGITALES

Características de los medios de transmisión y de los  
sistemas ópticos – Características de los sistemas ópticos

---

**Aplicaciones multicanal de la DWDM generadas  
e interfaces ópticas monocanal**

Recomendación UIT-T G.698.3



RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G

**SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES**

Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN Y DE LOS SISTEMAS ÓPTICOS	G.600–G.699
Generalidades	G.600–G.609
Cables de pares simétricos	G.610–G.619
Cables terrestres de pares coaxiales	G.620–G.629
Cables submarinos	G.630–G.639
Sistemas ópticos en el espacio libre	G.640–G.649
Cables de fibra óptica	G.650–G.659
Características de los componentes y los subsistemas ópticos	G.660–G.679
<b>Características de los sistemas ópticos</b>	<b>G.680–G.699</b>
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999
CALIDAD DE SERVICIO Y DE TRANSMISIÓN MULTIMEDIOS – ASPECTOS GENÉRICOS Y ASPECTOS RELACIONADOS AL USUARIO	G.1000–G.1999
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.6000–G.6999
DATOS SOBRE CAPA DE TRANSPORTE – ASPECTOS GENÉRICOS	G.7000–G.7999
ASPECTOS RELATIVOS A LOS PROTOCOLOS EN MODO PAQUETE SOBRE LA CAPA DE TRANSPORTE	G.8000–G.8999
REDES DE ACCESO	G.9000–G.9999

Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.

## Recomendación UIT-T G.698.3

### Aplicaciones multicanal de la DWDM generadas e interfaces ópticas monocanal

#### Resumen

La Recomendación UIT-T G.698.3 proporciona valores de parámetros ópticos para interfaces de capa física de sistemas de multiplexación por división en longitud de onda densa (DWDM) destinados principalmente a aplicaciones en áreas metropolitanas. Las aplicaciones se definen utilizando parámetros de la interfaz óptica y valores para interfaces monocanal y multicanal de sistemas ópticos multicanal de la DWDM generados en aplicaciones punto a punto. En esta Recomendación se utiliza una arquitectura de sistema compuesta por un extremo frontal, que se conecta al equipo en el extremo de cola (TEE) mediante un enlace negro. El extremo frontal dispone de una serie de transmisores y receptores y de un multiplexor y un demultiplexor óptico (OD/OM), además de la fuente de la señal simiente. Para conectar el extremo frontal al OD/OM pasivo se recurre a una sola fibra bidireccional. La conexión entre OD/OM y el TEE distante también es bidireccional. En el extremo de cola, todos los transmisores emplean una señal simiente para engancharse a la longitud de onda de transmisión deseada. La primera versión de esta Recomendación incluye aplicaciones DWDM generadas a 1,25 Gbit/s con una separación de frecuencia entre canales de 100 GHz.

#### Historia

Edición	Recomendación	Aprobación	Comisión de Estudio	ID único*
1.0	ITU-T G.698.3	2012-02-13	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/11484">11.1002/1000/11484</a>

---

\* Para acceder a la Recomendación, sírvase digitar el URL <http://handle.itu.int/> en el campo de dirección del navegador, seguido por el identificador único de la Recomendación. Por ejemplo, <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

## 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

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

## 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 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 <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2015

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 Términos y definiciones .....	2
3.1 Términos definidos en otros documentos.....	2
3.2 Términos definidos en esta Recomendación .....	2
4 Abreviaturas, siglas o acrónimos .....	2
5 Clasificación de interfaces ópticas.....	3
5.1 Aplicaciones .....	3
5.2 Puntos de referencia .....	4
5.3 Nomenclatura .....	4
5.4 Interfaces en los puntos de referencia MPI-S <sub>M</sub> , MPI-R <sub>M</sub> , S <sub>S</sub> y R <sub>S</sub> .....	5
6 Compatibilidad transversal .....	5
7 Definiciones de los parámetros.....	6
7.1 Información general.....	7
7.2 Interfaz en el punto S <sub>S</sub> o MPI-SM .....	7
7.3 Parámetros del trayecto óptico del punto MPI-S <sub>M</sub> al R <sub>S</sub> o del S <sub>S</sub> al MPI-RM.....	10
7.4 Interfaz en el punto R <sub>S</sub> o MPI-RM .....	11
8 Valores de los parámetros.....	12
9 Consideraciones relativas a la seguridad óptica .....	14
Apéndice I – Determinación de frecuencias de canal fuera de la red .....	15
Bibliografía .....	16



## Recomendación UIT-T G.698.3

### Aplicaciones multicanal de la DWDM generadas e interfaces ópticas monocanal

#### 1 Alcance

El objetivo de la presente Recomendación es proporcionar especificaciones de interfaces ópticas para realizar sistemas de multiplexación por división en longitud de onda densa (DWDM, *dense wavelength division multiplexing*) generados con compatibilidad transversal destinados primordialmente a aplicaciones en áreas metropolitanas.

Esta Recomendación define y proporciona valores para parámetros de interfaces ópticas de aplicaciones de la DWDM generadas punto a punto (con una distancia de transmisión máxima de unos 40 km) en fibras ópticas monomodo utilizando el método del "enlace negro".

Las aplicaciones que contienen amplificadores en el enlace negro quedan fuera del alcance de la presente Recomendación.

Esta Recomendación describe sistemas de la DWDM generados con las siguientes características:

- separación de frecuencias entre canales: 100 GHz;
- velocidad binaria de canal de señalización: hasta 1,25 Gbit/s.

Las especificaciones están organizadas de acuerdo con los códigos de aplicación.

#### 2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes. En esta Recomendación, la referencia a un documento, en tanto que autónomo, no le otorga el rango de una Recomendación.

- [UIT-T G.652] Recomendación UIT-T G.652 (2005), *Características de las fibras y cables ópticos monomodo*.
- [UIT-T G.664] Recomendación UIT-T G.664 (2006), *Procedimientos y requisitos de seguridad óptica para sistemas ópticos de transporte*.
- [UIT-T G.671] Recomendación UIT-T G.671 (2009), *Características de transmisión de los componentes y subsistemas ópticos*.
- [UIT-T G.691] Recomendación UIT-T G.691 (2006), *Interfaces ópticas para los sistemas monocanal STM-64 y otros sistemas de la jerarquía digital síncrona con amplificadores ópticos*.
- [UIT-T G.694.1] Recomendación UIT-T G.694.1 (2002), *Planes espectrales para aplicaciones de multiplexación por división de longitud de onda: Plan de frecuencias con multiplexación por división de longitud de onda densa*.
- [UIT-T G.698.1] Recomendación UIT-T G.698.1 (2009), *Aplicaciones multicanal de multiplexación por división en longitud de onda densa con interfaces ópticas monocanal*.

- [UIT-T G.709] Recomendación UIT-T G.709/Y.1331 (2009), *Interfaces para la red óptica de transporte*.
- [UIT-T G.957] Recomendación UIT-T G.957 (2006), *Interfaces ópticas para equipos y sistemas relacionados con la jerarquía digital síncrona*.
- [UIT-T G.959.1] Recomendación UIT-T G.959.1 (2009), *Interfaces de capa física de red óptica de transporte*.
- [CEI 60825-1] CEI 60825-1 (2007), *Safety of laser products – Part 1: Equipment classification and requirements*.
- [CEI 60825-2] CEI 60825-2 (2010), *Safety of laser products – Part 2: Safety of optical fibre communication systems (OFCS)*.

### 3 Términos y definiciones

#### 3.1 Términos definidos en otros documentos

En esta Recomendación se utilizan los términos definidos en otros documentos:

##### 3.1.1 Términos definidos en [UIT-T G.671]:

- pérdida de inserción de canal
- espaciamiento de canal o separación entre canales
- multiplexación por división en longitud de onda densa (DWDM)
- retardo de grupo diferencial
- reflectancia
- rizado

##### 3.1.2 Término definido en [UIT-T G.694.1]:

- plan de frecuencias

##### 3.1.3 Término definido en [UIT-T G.709]:

- OTUk completamente normalizada

##### 3.1.4 Términos definidos en [UIT-T G.957]:

- ingeniería conjunta
- sensibilidad del receptor
- compatibilidad transversal

##### 3.1.5 Términos definidos en [UIT-T G.959.1]:

- señal afluyente óptica
- clase de señal afluyente óptica NRZ 1,25G

#### 3.2 Términos definidos en esta Recomendación

En esta Recomendación no se define ningún término.

### 4 Abreviaturas, siglas o acrónimos

En esta Recomendación se utilizan las siguientes abreviaturas, siglas o acrónimos:

- BER Tasa de errores en los bits (*bit error ratio*)
- BLS Fuente luminosa de banda ancha (*broadband light source*)

DOP	Grado de polarización ( <i>degree of polarization</i> )
DWDM	Multiplexación por división en longitud de onda densa ( <i>Dense Wavelength Division Multiplexing</i> )
MPI-R <sub>M</sub>	Punto de referencia multicanal en la entrada compuesta del extremo frontal ( <i>Multichannel reference point at the head-end aggregate input</i> )
MPI-S <sub>M</sub>	Punto de referencia multicanal en la salida compuesta del extremo frontal ( <i>Multichannel reference point at the head-end aggregate output</i> )
MWS	Fuente de múltiples longitudes de onda ( <i>multi-wavelength source</i> )
NA	No aplicable ( <i>not applicable</i> )
NRZ	Sin retorno a cero ( <i>non-return to zero</i> )
OD	Demultiplexor óptico ( <i>optical demultiplexer</i> )
OM	Multiplexor óptico ( <i>optical multiplexer</i> )
OTUk	Unidad k de transporte de canal óptico completamente normalizada ( <i>completely standardized optical channel transport unit – k</i> )
RIN	Ruido de intensidad relativa ( <i>relative intensity noise</i> )
R <sub>S</sub>	Punto de referencia monocanal en la salida afluyente del elemento de red DWDM ( <i>single channel reference point at the DWDM network element tributary output</i> )
SLED	Diodo fotoemisor superluminescente ( <i>super-luminescent light emitting diode</i> )
S <sub>S</sub>	Punto de referencia monocanal en la entrada afluyente del elemento de red DWDM ( <i>single channel reference point at the DWDM network element tributary input</i> )
TEE	Equipo en el extremo de cola ( <i>tail-end equipment</i> )
WDM	Multiplexación por división en longitud de onda ( <i>wavelength division multiplexing</i> )

## 5 Clasificación de interfaces ópticas

### 5.1 Aplicaciones

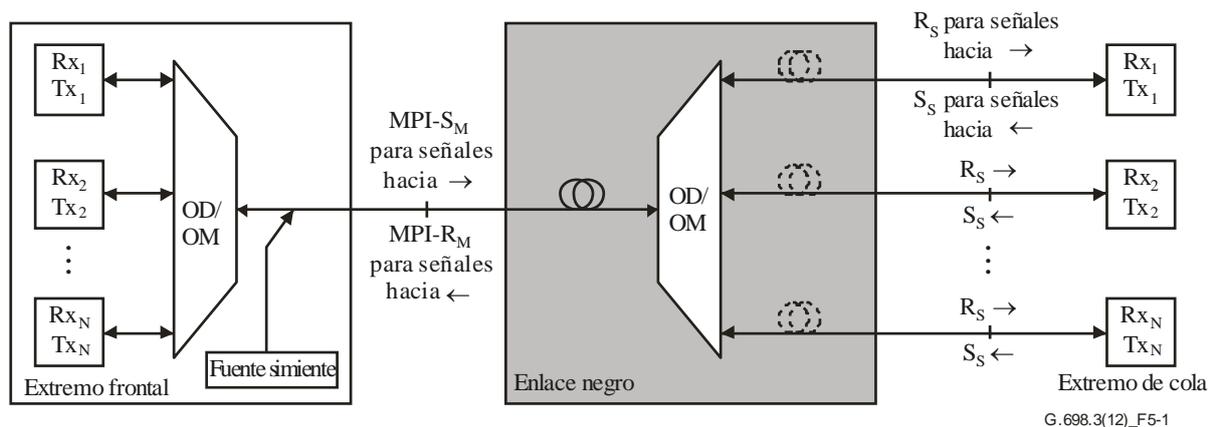
Esta Recomendación proporciona los parámetros y valores de capa física para interfaces monocanal y multicanal de sistemas ópticos multicanal de la DWDM generados en aplicaciones físicas punto a punto. Estos sistemas DWDM están diseñados principalmente para ser utilizados por una variedad de clientes, servicios y protocolos en redes de áreas metropolitanas.

El método de especificación utilizado en la presente Recomendación es el llamado "enlace negro", lo que significa que se especifican parámetros de interfaz óptica solamente para señales afluentes ópticas (monocanal) en el equipo en el extremo de cola (TEE). Se proporcionan otras especificaciones para los parámetros del enlace negro, tales como atenuación máxima, dispersión cromática, rizado y dispersión por modo de polarización. Este método hace posible la compatibilidad transversal en el punto monocanal utilizando una configuración de multiplexación en longitud de onda directa y también la compatibilidad transversal en el punto multicanal del extremo frontal, como se observa en la Figura 5-1.

En la presente Recomendación se consideran únicamente las aplicaciones DWDM en las que el enlace negro no contiene amplificadores ópticos.

## 5.2 Puntos de referencia

La Figura 5-1 muestra un conjunto de puntos de referencia que se definen en esta Recomendación.



**Figura 5-1 – Diagrama de referencia**

La arquitectura del sistema está compuesta por un extremo frontal, que se conecta al TEE mediante un enlace negro. El extremo frontal dispone de una serie de transmisores y receptores y de un OD/OM, además de la fuente de la señal simiente. La fuente simiente puede implementarse en numerosas formas, entre ellas, la fibra dopada con erbio por bombeo, un diodo fotoemisor superluminiscente (SLED) o una fuente láser con múltiples longitudes de onda. Para conectar el extremo frontal al OD/OM pasivo se recurre a una sola fibra bidireccional. La conexión entre OD/OM y el TEE distante también es bidireccional. El OD/OM se considera parte del enlace negro. El enlace negro no incluye ningún amplificador óptico. En el extremo de cola, todos los transmisores utilizan una señal simiente para engancharse a la longitud de onda de transmisión deseada.

Los puntos de referencia de la Figura 5-1 se definen del modo siguiente:

- MPI-S<sub>M</sub> es un punto de referencia multicanal en la salida compuesta del extremo frontal;
- MPI-R<sub>M</sub> es un punto de referencia multicanal en la entrada compuesta del extremo frontal;
- S<sub>S</sub> es un punto de referencia monocanal en la salida del TEE;
- R<sub>S</sub> es un punto de referencia monocanal en la entrada del TEE.

En la interfaz MPI-S<sub>M</sub>, las señales de datos multicanal y una señal simiente de banda ancha son transmitidas por el extremo frontal.

En la interfaz R<sub>S</sub>, dos tipos de señales monocanal se dirigen hacia el TEE; una señal de datos y una señal simiente se acoplan a la transmisión en el sentido extremo de cola-extremo frontal.

En la interfaz S<sub>S</sub>, una señal monocanal es transmitida por el TEE, cuya longitud de onda se acopla a la señal simiente entrante.

En la interfaz MPI-R<sub>M</sub>, una señal multicanal es recibida por el extremo frontal.

## 5.3 Nomenclatura

El código de la aplicación identifica la red, la implementación y las características arquitecturales de una aplicación.

La notación del código de aplicación se construye como sigue:

SDcW-ytz

donde:

**SD** es el indicador de las aplicaciones DWDM generadas.

- c** es la separación entre canales en GHz.
- W** es una letra que indica la distancia del tramo. En la presente versión de la Recomendación, el único valor utilizado es:  
**S**, que indica corto alcance;
- y** indica la clase más alta de señal afluente óptica soportada. En la presente versión de la Recomendación, el único valor que se emplea es:  
0, que indica NRZ 1,25G;
- t** indica la configuración soportada por el código de aplicación. En la presente versión de la Recomendación, el único valor que se emplea es:  
**D**, que indica que el "enlace negro" no contiene amplificadores ópticos.
- z** indica los tipos de fibra. En la presente versión de la Recomendación, el único valor utilizado es:  
2, que indica fibra UIT-T G.652;

#### 5.4 Interfaces en los puntos de referencia MPI-S<sub>M</sub>, MPI-R<sub>M</sub>, S<sub>S</sub> y R<sub>S</sub>

Las interfaces descritas en los Cuadros 8-1 a 8-2 tienen por objeto permitir la compatibilidad transversal en las interfaces monocanal y multicanal en los puntos ingreso/egreso del enlace DWDM generado (OM, fibra y OD), como se muestra en la Figura 5-1.

En la cláusula 6 figuran otros requisitos relacionados con la compatibilidad transversal.

En el Cuadro 5-1 se resumen los códigos de aplicación, estructurados de acuerdo con la nomenclatura indicada en la cláusula 5.3.

Aplicación	Corto alcance (S)
Tipo de fibra	UIT-T G.652
Clase de señal afluente óptica NRZ 1,25G	SD100S-0D2

En esta Recomendación, las aplicaciones no amplificadas se especifican en los Cuadros 8-1 a 8-2.

## 6 Compatibilidad transversal

Esta Recomendación especifica parámetros que permiten la existencia de sistemas de línea compatibles transversalmente (es decir, de varios fabricantes) para aplicaciones punto a punto en los puntos de referencia monocanal S<sub>S</sub> y R<sub>S</sub> y en los puntos de referencia multicanal MPI-S<sub>M</sub> y MPI-R<sub>M</sub> de sistemas DWDM generados según el método del enlace negro.

Los puntos de referencia monocanal S<sub>S</sub> y R<sub>S</sub> están previstos para hacer compatibles transversalmente múltiples interfaces afluentes de los TEE de DWDM generados. En este caso, los pares transmisor (Tx λ<sub>i</sub>) y receptor (Rx λ<sub>i</sub>) de señales afluentes pueden proceder de diferentes fabricantes. Del mismo modo, los puntos de referencia multicanal MPI-S<sub>M</sub> y MPI-R<sub>M</sub> están previstos para hacer compatibles transversalmente el enlace negro y el equipo del extremo frontal. Por tanto, el TEE, el enlace negro y los proveedores del equipo del extremo frontal no son necesariamente los mismos.

La compatibilidad transversal (de varios fabricantes) se habilita para los puntos de referencia MPI-S<sub>M</sub> a R<sub>S</sub> y S<sub>S</sub> a MPI-R<sub>M</sub> de sistemas DWDM generados según el método del enlace negro que tengan exactamente el mismo código de aplicación.

La coexistencia de interfaces de afluentes con códigos de aplicación diferentes en el mismo enlace negro es una cuestión de ingeniería conjunta. Hay que prestar una atención particular a los parámetros críticos de las interfaces que deben ser coherentes, por ejemplo, la potencia de salida en el punto S<sub>S</sub>

y la potencia de entrada en el punto MPI-R<sub>M</sub>, la velocidad binaria/codificación de línea del punto S<sub>S</sub> y la velocidad binaria/codificación de línea del punto MPI-R<sub>M</sub>, etc.

## 7 Definiciones de los parámetros

Los parámetros del Cuadro 7-1 se definen en los puntos de interfaz y las definiciones figuran en las cláusulas que siguen.

**Cuadro 7-1 – Parámetros de capa física para aplicaciones DWDM generadas**

Parámetro	Unidades	Definido en el Cuadro 8-1	Definido en el Cuadro 8-2
<b>Información general</b>			
Separación mínima entre canales	GHz	Cláusula 7.1.1	Cláusula 7.1.1
Velocidad binaria/codificación de línea de señales afluentes ópticas	–	Cláusula 7.1.2	Cláusula 7.1.2
Tasa máxima de errores en los bits	–	Cláusula 7.1.3	Cláusula 7.1.3
Tipo de fibra	–	Cláusula 7.1.4	Cláusula 7.1.4
<b>Interfaz en el punto S<sub>S</sub> o MPI-S<sub>M</sub></b>			
Potencia media de salida de canal máxima	dBm	Cláusula 7.2.1	Cláusula 7.2.1
Potencia media de salida de canal mínima	dBm	Cláusula 7.2.1	Cláusula 7.2.1
Frecuencia central mínima	THz	Cláusula 7.2.2	Cláusula 7.2.2
Frecuencia central máxima	THz	Cláusula 7.2.2	Cláusula 7.2.2
Desviación espectral máxima	GHz	Cláusula 7.2.3	
Relación de extinción de canal mínima	dB	Cláusula 7.2.4	Cláusula 7.2.4
Plantilla del diagrama en ojo	–	Cláusula 7.2.5	Cláusula 7.2.5
Tipo de señal simiente		Cláusula 7.2.6	
Densidad espectral de potencia máxima de la señal simiente	dBm/nm	Cláusula 7.2.7	
Densidad espectral de potencia mínima de la señal simiente	dBm/nm	Cláusula 7.2.7	
Potencia media de salida de canal máxima de la señal simiente	dBm	Cláusula 7.2.7	
Potencia media de salida de canal mínima de la señal simiente	dBm	Cláusula 7.2.7	
Longitud de onda máxima de la señal simiente	nm	Cláusula 7.2.8	
Longitud de onda mínima de la señal simiente	nm	Cláusula 7.2.8	
Grado de polarización máxima de la señal simiente	%	Cláusula 7.2.9	
<b>Trayecto óptico del punto MPI-S<sub>M</sub> al R<sub>S</sub> o del S<sub>S</sub> al MPI-R<sub>M</sub></b>			
Pérdida de inserción de canal máxima	dB	Cláusula 7.3.1	Cláusula 7.3.1
Pérdida de inserción de canal mínima	dB	Cláusula 7.3.1	Cláusula 7.3.1
Rizado máximo	dB	Cláusula 7.3.2	Cláusula 7.3.2
Anchura mínima de la mitad de canal	GHz		Cláusula 7.3.3
Dispersión cromática máxima	ps/nm	Cláusula 7.3.4	Cláusula 7.3.4
Pérdida de retorno óptica mínima en MPI-S <sub>M</sub> o S <sub>S</sub>	dB	Cláusula 7.3.5	Cláusula 7.3.5

**Cuadro 7-1 – Parámetros de capa física para aplicaciones DWDM generadas**

Parámetro	Unidades	Definido en el Cuadro 8-1	Definido en el Cuadro 8-2
Reflectancia discreta máxima entre MPI-S <sub>M</sub> y R <sub>S</sub> o entre S <sub>S</sub> y MPI-R <sub>M</sub>	dB	Cláusula 7.3.6	Cláusula 7.3.6
Retardo diferencial de grupo máximo	ps	Cláusula 7.3.7	Cláusula 7.3.7
Diafonía intercanal máxima en R <sub>S</sub>	dB	Cláusula 7.3.8	
<b>Interfaz en el punto R<sub>S</sub> o MPI-R<sub>M</sub></b>			
Potencia media de entrada de canal máxima	dBm	Cláusula 7.4.1	Cláusula 7.4.1
Potencia media de entrada de canal mínima	dBm		Cláusula 7.4.1
Potencia media de entrada de canal máxima de la señal simiente	dBm	Cláusula 7.4.2	
Potencia media de entrada de canal mínima de la señal simiente	dBm	Cláusula 7.4.2	
Ruido de intensidad relativa máximo	dBc/Hz		Cláusula 7.4.3
Sensibilidad del receptor	dBm	Cláusula 7.4.4	
Sensibilidad equivalente mínima	dBm		Cláusula 7.4.5
Penalización del trayecto óptico máxima	dB	Cláusula 7.4.6	Cláusula 7.4.6
Reflectancia máxima del receptor o del elemento de red óptica	dB	Cláusula 7.4.7	Cláusula 7.4.7

## **7.1 Información general**

### **7.1.1 Separación mínima entre canales**

Diferencia de frecuencia nominal mínima entre dos canales adyacentes. Las posibles tolerancias de frecuencias reales se consideran en la cláusula 7.2.3.

### **7.1.2 Velocidad binaria/codificación de línea de señales afluente ópticas**

La clase de señal afluente óptica NRZ 1,25G se aplica a señales digitales continuas con codificación de línea sin retorno a cero, de 622 Mbit/s nominales a 1,25 Gbit/s nominales.

### **7.1.3 Tasa de errores en los bits máxima**

La tasa de errores en los bits máxima se define en [UIT-T G.698.1].

### **7.1.4 Tipo de fibra**

Actualmente, el tipo de fibra óptica monomodo corresponde únicamente al definido en [UIT-T G.652].

## **7.2 Interfaz en el punto S<sub>S</sub> o MPI-S<sub>M</sub>**

### **7.2.1 Potencia media de salida de canal máxima y mínima**

La potencia media de salida de cada canal óptico en el punto de referencia MPI-S<sub>M</sub> es la potencia media de una secuencia de datos pseudoaleatoria acoplada al enlace negro. Se indica como una gama (máxima y mínima) para optimizar los costos en cierta medida y cubrir márgenes de explotación en condiciones de funcionamiento, degradaciones de los conectores, tolerancias de medición y efectos de envejecimiento normales.

La potencia media de salida de cada canal óptico en el punto de referencia  $S_s$  es la potencia media de una secuencia de datos pseudoaleatoria acoplada al enlace negro y medida en el punto  $MPI-R_M$  corregido para el valor mínimo de la pérdida de inserción del enlace negro real en la gama de frecuencias de la frecuencia central nominal del canal  $\pm$  la anchura mínima de la mitad de canal. Se indica como una gama (máxima y mínima) para optimizar los costos en cierta medida y cubrir márgenes de explotación en condiciones de funcionamiento, degradaciones de los conectores, tolerancias de medición y efectos de envejecimiento normales.

### **7.2.2 Frecuencia central mínima y máxima**

La frecuencia central es la frecuencia monocanal nominal a la que es modulada la información codificada digitalmente del canal óptico considerado, utilizando el código de línea NRZ.

Las frecuencias centrales de todos los canales en el sentido extremo de cola-extremo frontal se basan en el plan de frecuencias para la separación mínima entre canales indicado en [UIT-T G.694.1]. Las frecuencias centrales de todos los canales en el sentido extremo frontal-extremo de cola no se basan en el plan de frecuencias para la separación mínima entre canales indicado en [UIT-T G.694.1] sino que están determinados por el segmento espectral libre del dispositivo OD/OM cíclico.

Las frecuencias centrales nominales de todos los canales deberán ser superiores o iguales a la frecuencia central mínima, e inferiores o iguales a la frecuencia central máxima.

Hay que señalar que el valor de "c" (velocidad de la luz en el vacío) que debe ser utilizado para la conversión entre frecuencia y longitud de onda es  $2,99792458 \times 10^8$  m/s.

### **7.2.3 Desviación espectral máxima**

La desviación espectral máxima se define en [UIT-T G.698.1].

### **7.2.4 Relación de extinción de canal mínima**

La relación de extinción de canal mínima se define en [UIT-T G.698.1].

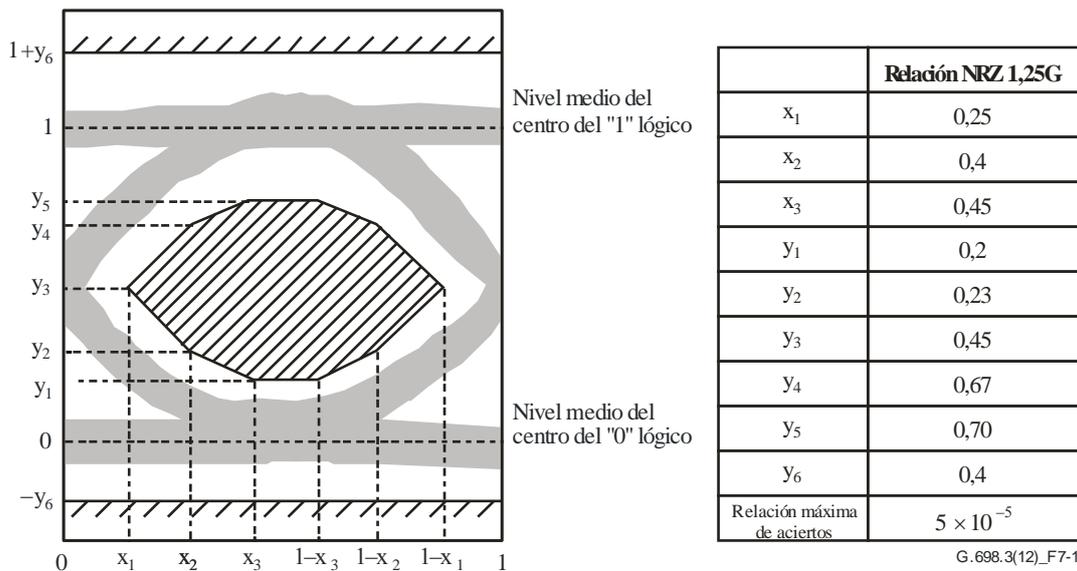
### **7.2.5 Plantilla del diagrama en ojo**

La definición y los límites de este parámetro en el sentido extremo frontal-extremo de cola figuran en [UIT-T G.959.1].

En el sentido extremo de cola-extremo frontal, las características generales de la forma del impulso del transmisor, incluido el tiempo de establecimiento, el tiempo de caída, el sobreimpulso, la suboscilación y la sobreoscilación, que deben ser controladas para evitar una degradación excesiva de la sensibilidad del receptor, se especifican en forma de plantilla del diagrama en ojo del transmisor en el punto de referencia  $S_s$ .

En la Figura 7-2 se observan los parámetros que especifican la plantilla del diagrama en ojo del transmisor. Para la plantilla de esta "relación", debe cumplirse la relación aceptable de muestras dentro y fuera de la zona rayada (la "relación de aciertos").

En el Anexo A de [UIT-T G.691] se especifican el dispositivo de prueba y las tolerancias del filtro para STM-64.



**Figura 7-1 – Plantilla del diagrama en ojo en el sentido extremo de cola-extremo frontal**

### 7.2.6 Tipo de señal simiente

El extremo frontal dispone de una fuente de la señal simiente. Esas posibles fuentes se dividen en dos categorías: BLS y MWS. Fuentes tales como la fibra dopada con erbio por bombeo y el diodo fotoemisor superluminiscente (SLED) se clasifican en categorías de fuentes luminosas de banda ancha (BLS). Se necesita una BLS para satisfacer la densidad espectral de potencia máxima y mínima de los parámetros de la señal simiente. Las fuentes de múltiples longitudes de onda (MWS) que producen una línea discreta por canal son necesarias para satisfacer la potencia media de salida de canal mínima de los parámetros de la señal simiente.

### 7.2.7 Densidad espectral de potencia máxima y mínima y potencia de la señal simiente

En una fuente luminosa de banda ancha (BLS), se entiende por densidad espectral de potencia de la señal simiente, la potencia media de la señal simiente por nm de anchura de banda en la interfaz MPI-S<sub>M</sub>. Se indica como una gama (máxima y mínima) para optimizar los costos de la fuente en cierta medida y cubrir márgenes de explotación en condiciones de funcionamiento, degradaciones de los conectores, tolerancias de medición y efectos de envejecimiento normales. La anchura de banda de resolución para la medición será entre una y dos veces la separación mínima entre canales. La potencia medida será corregida en la anchura de banda de resolución de la medición para cualquier anchura de banda de resolución distinta de 1 nm.

En una fuente de múltiples longitudes de onda (MWS), la potencia media de salida de canal máxima y mínima de la señal simiente de cada canal óptico en el punto de referencia MPI-S<sub>M</sub> es la potencia media acoplada en el enlace negro. Se indica como una gama (máxima y mínima) para optimizar los costos en cierta medida y cubrir márgenes de explotación en condiciones de funcionamiento, degradaciones de los conectores, tolerancias de medición y efectos de envejecimiento normales.

### 7.2.8 Longitud de onda máxima y mínima de la señal simiente

Las longitudes de onda máxima y mínima de la señal simiente definen la gama de longitudes de onda en las que deben cumplirse los demás requisitos de la señal simiente.

### 7.2.9 Grado de polarización máxima de la señal simiente

El grado de polarización (DOP) es una cantidad utilizada para describir la parte de una señal óptica que está polarizada. Se indica mediante la relación entre la potencia de la parte polarizada de la señal y la potencia total. Una señal perfectamente polarizada tiene un DOP del 100% en tanto que una señal

no polarizada tiene un DOP del 0%. Una señal que está parcialmente polarizada, y que puede en consecuencia ser representada por una superposición de un componente polarizado y no polarizado, tendrá un DOP comprendido entre 0% y 100%. Se debe satisfacer este parámetro canal por canal utilizando el filtro de referencia indicado en el Anexo B de [UIT-T G.959.1].

### **7.3 Parámetros del trayecto óptico del punto MPI-S<sub>M</sub> al R<sub>S</sub> o del S<sub>S</sub> al MPI-R<sub>M</sub>**

#### **7.3.1 Pérdida de inserción de canal máxima y mínima**

La pérdida de inserción de canal máxima y mínima en el sentido extremo frontal-extremo de cola se define en [UIT-T G.698.1].

En el sentido extremo de cola-extremo frontal, la pérdida de inserción de canal se define en G.671. Para cualquier canal óptico, es la reducción mínima (o máxima) de la potencia óptica entre los puertos de entrada y de salida del enlace negro para ese canal en la gama de frecuencias de la frecuencia central del canal  $\pm$  anchura mínima de la mitad de canal.

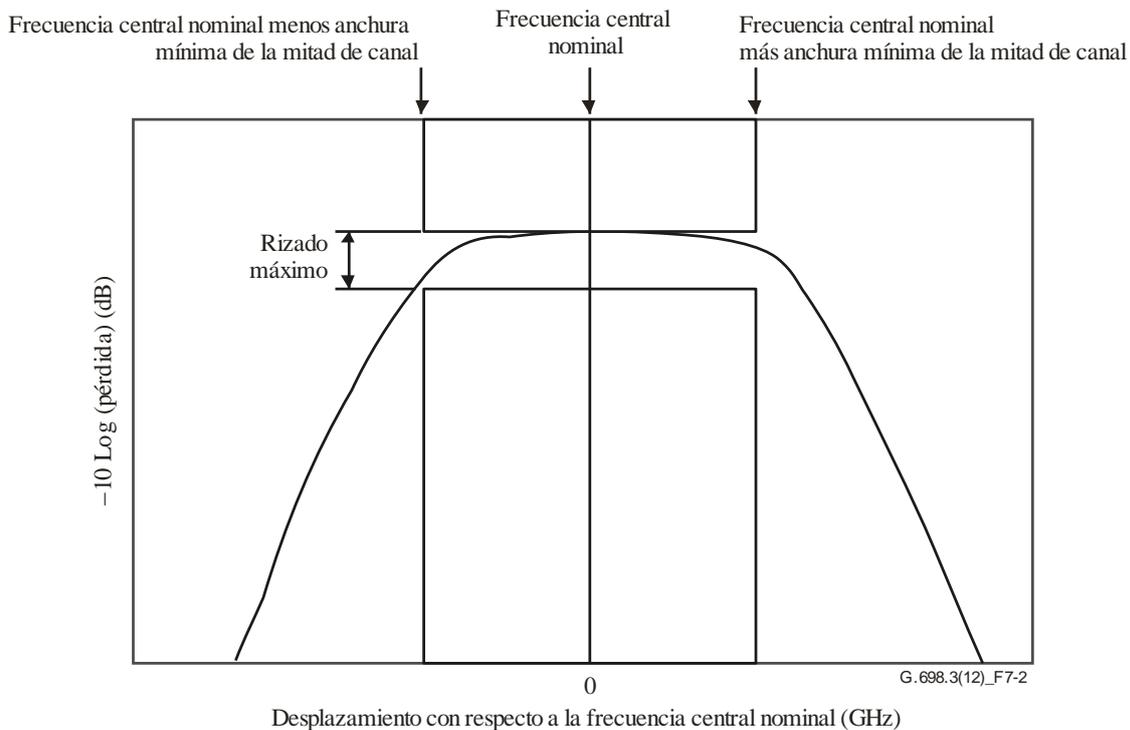
Las especificaciones de pérdida de inserción corresponden teóricamente a los valores del caso más desfavorable que comprenden las pérdidas debidas a los empalmes OD/OM, a los conectores, a los atenuadores ópticos (llegado el caso) u a otros dispositivos ópticos pasivos, así como todo margen adicional del cable destinados a tener en cuenta:

- 1) futuras modificaciones de la configuración del cable (empalmes adicionales, aumento de la longitud del cable, etc.);
- 2) variaciones del rendimiento de los cables de fibra óptica debidas a factores medioambientales; y
- 3) degradación de conectores, atenuadores ópticos u otros dispositivos ópticos pasivos entre los puntos S<sub>S</sub> y MPI-R<sub>M</sub>, llegado el caso.

#### **7.3.2 Rizado máximo**

El rizado máximo en el sentido extremo frontal-extremo de cola se define en [UIT-T G.698.1].

En el sentido extremo de cola-extremo frontal, el rizado (de un dispositivo DWDM) se define en [UIT-T G.671]. Se aplica a todo el enlace negro del punto de referencia S<sub>S</sub> al punto de referencia MPI-R<sub>M</sub>. Para cualquier canal óptico, el rizado es la diferencia cresta a cresta de pérdida de inserción entre los puertos de entrada y de salida del enlace negro para ese canal en la gama de frecuencias de la frecuencia central nominal del canal  $\pm$  anchura mínima de la mitad de canal. Véase la Figura 7-2.



**Figura 7-2 – Ilustración del máximo rizado en el sentido extremo de cola-extremo frontal**

### 7.3.3 Anchura mínima de la mitad de canal

Este parámetro define la gama de frecuencias en la que deben satisfacerse las especificaciones de pérdida de inserción de canal y rizado en el sentido extremo de cola a extremo frontal. (Véanse las cláusulas 7.3.1 y 7.3.2).

### 7.3.4 Dispersión cromática máxima

La dispersión cromática máxima se define en [UIT-T G.698.1].

### 7.3.5 Pérdida de retorno óptica mínima en MPI-S<sub>M</sub> o S<sub>S</sub>

La pérdida de retorno óptica mínima en MPI-S<sub>M</sub> o S<sub>S</sub> se define en [UIT-T G.698.1].

### 7.3.6 Reflectancia discreta máxima entre MPI-S<sub>M</sub> y R<sub>S</sub> o entre S<sub>S</sub> y MPI-R<sub>M</sub>

La reflectancia discreta máxima entre MPI-S<sub>M</sub> y R<sub>S</sub> o entre S<sub>S</sub> y MPI-R<sub>M</sub> se define en [UIT-T G.698.1].

### 7.3.7 Retardo diferencial de grupo máximo

El retardo diferencial de grupo máximo se define en [UIT-T G.698.1].

### 7.3.8 Diafonía intercanal máxima

La diafonía intercanal máxima se define en [UIT-T G.698.1].

## 7.4 Interfaz en el punto R<sub>S</sub> o MPI-R<sub>M</sub>

### 7.4.1 Potencia media de entrada de canal máxima y mínima

Es el valor máximo y mínimo de la potencia promedio de una secuencia de datos pseudoaleatorios recibida en el punto MPI-R<sub>M</sub> o R<sub>S</sub> para alcanzar la BER máxima especificada del código de aplicación.

NOTA – La potencia media de entrada de canal mínima en MPI-R<sub>M</sub> debe ser superior a la sensibilidad equivalente mínima por el valor de la penalización máxima del trayecto óptico.

#### **7.4.2 Potencia media de entrada de canal máxima y mínima de la señal simiente**

La potencia de entrada de canal de la señal simiente es la potencia media de la señal simiente recibida en  $R_s$ . Se indica como una gama (máxima y mínima) para tener en cuenta el funcionamiento, optimizar los costos en cierta medida y cubrir márgenes de explotación en condiciones de funcionamiento, degradaciones de los conectores, tolerancias de medición, pérdida en las fibras y efectos de envejecimiento normales.

#### **7.4.3 Ruido de intensidad relativa máximo**

Se entiende por ruido de intensidad relativa (RIN) la relación entre el ruido en amplitud de una fuente óptica y la potencia óptica promedio producida por esa fuente. La unidad de RIN es dBc/Hz y se mide con el filtro de referencia descrito en el Anexo B de [UIT-T G.959.1] con todas las referencias a la desviación espectral máxima sustituida por la anchura mínima de la mitad de canal.

#### **7.4.4 Sensibilidad de receptor**

La sensibilidad de receptor se define en [UIT-T G.698.1].

#### **7.4.5 Sensibilidad equivalente mínima**

La sensibilidad equivalente mínima se define en [UIT-T G.959.1].

#### **7.4.6 Penalización del trayecto óptico máxima**

La penalización del trayecto óptico máxima se define en [UIT-T G.698.1].

#### **7.4.7 Reflectancia máxima del receptor o del elemento de red óptica**

La reflectancia máxima del receptor se define en [UIT-T G.698.1].

La reflectancia máxima del elemento de red óptica se define en [UIT-T G.959.1].

### **8 Valores de los parámetros**

Los parámetros y valores de la capa física se indican en los Cuadros 8-1 y 8-2.

**Cuadro 8-1 – Parámetros y valores de la capa física para aplicaciones de la Clase NRZ 1,25G con una separación de 97,15 GHz (extremo frontal a extremo de cola)**

Parámetro	Unidades	SD100S-0D2	
<b>Información general</b>			
Separación mínima entre canales	GHz	97,15	
Velocidad binaria/codificación de línea de señales afluentes ópticas	–	NRZ 1,25G	
Tasa máxima de errores en los bits	–	10 <sup>-12</sup>	
Tipo de fibra	–	UIT-T G.652	
<b>Interfaz en el punto MPI-S<sub>M</sub></b>			
Potencia media de salida de canal máxima	dBm	–7	
Potencia media de salida de canal mínima	dBm	–13	
Frecuencia central mínima	THz	186,143	
Frecuencia central máxima	THz	190,70905	
Desviación espectral máxima	GHz	±20	
Relación de supresión de canal mínima	dB	10	
Plantilla del diagrama en ojo	–	NRZ 10G Relación según [UIT-T G.959.1]	
Tipo de fuente simiente		BLS	MWS
Densidad de potencia espectral máxima de la señal simiente	dBm/nm	4	–
Densidad de potencia espectral mínima de la señal simiente	dBm/nm	–0,5	–
Potencia media de salida de canal máxima de la señal simiente	dBm	–	1
Potencia media de salida de canal mínima de la señal simiente	dBm	–	–4
Longitud de onda máxima de la señal simiente	nm	1566	
Longitud de onda mínima de la señal simiente	nm	1527	
Grado de polarización máxima de la señal simiente	%	10	
<b>Trayecto óptico del punto MPI-S<sub>M</sub> al R<sub>S</sub></b>			
Pérdida de inserción de canal máxima	dB	14	
Pérdida de inserción de canal mínima	dB	3	
Rizado máximo	dB	2	
Dispersión cromática máxima	ps/nm	883	
Pérdida de retorno óptica mínima en MPI-S <sub>M</sub>	dB	32	
Reflectancia discreta máxima entre MPI-S <sub>M</sub> y R <sub>S</sub>	dB	–35	
Retardo diferencial de grupo máximo	ps	NA	
Diafonía intercanal máxima	dB	–15	
<b>Interfaz en el punto R<sub>S</sub></b>			
Potencia media de entrada de canal máxima	dBm	–10	
Potencia media de entrada de canal máxima de la señal simiente	dBm	–2	
Potencia media de entrada de canal mínima de la señal simiente	dBm	–18	
Sensibilidad del receptor	dBm	–28	
Penalización máxima del trayecto óptico	dB	1	
Reflectancia máxima del receptor	dB	–27	

**Cuadro 8-2 – Parámetros y valores de la capa física para aplicaciones de la Clase NRZ 1,25G con una separación de 100 GHz (extremo frontal a extremo de cola)**

Parámetros	Unidades	SD100S-0D2
<b>Información general</b>		
Separación mínima entre canales	GHz	100
Velocidad binaria/codificación de línea de señales afluentes ópticas	–	NRZ 1,25 G
Tasa máxima de errores en los bits	–	10 <sup>-12</sup>
Tipo de fibra	–	G.652
<b>Interfaz en el punto S<sub>s</sub></b>		
Potencia media de salida de canal máxima	dBm	2,5
Potencia media de salida de canal mínima	dBm	–2,5
Frecuencia central mínima	THz	191,5
Frecuencia central máxima	THz	196,2
Tasa de extinción de canal mínima	dB	10
Plantilla del diagrama en ojo	–	NRZ 1,25G Relación
<b>Trayecto óptico del punto S<sub>s</sub> al MPI-R<sub>M</sub></b>		
Pérdida de inserción de canal máxima	dB	14
Pérdida de inserción de canal mínima	dB	3
Rizado máximo	dB	2
Anchura mínima de la mitad de canal	GHz	20
Dispersión cromática máxima	ps/nm	773
Pérdida de retorno óptica mínima en S <sub>s</sub>	dB	32
Reflectancia discreta máxima entre S <sub>s</sub> y MPI-R <sub>M</sub>	dB	–35
Retardo diferencial de grupo máximo	ps	NA
<b>Interfaz en el punto MPI-R<sub>M</sub></b>		
Potencia media de entrada de canal máxima	dBm	–0,5
Potencia media de entrada de canal mínima	dBm	–16,5
Ruido de intensidad relativa máximo	dBc/Hz	–111
Sensibilidad equivalente mínima	dBm	–18,5
Penalización máxima del trayecto óptico	dB	2,0
Reflectancia máxima del elemento de red óptica.	dB	–27

## 9 Consideraciones relativas a la seguridad óptica

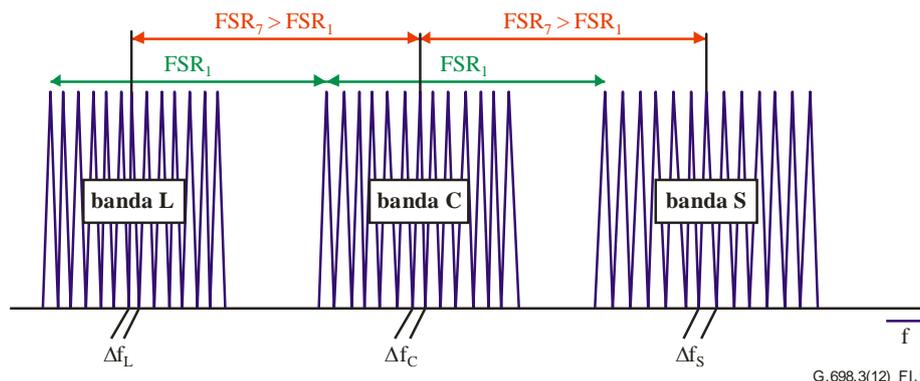
Para las consideraciones relativas a la seguridad óptica, véanse [UIT-T G.664], [CEI 60825-1] y [CEI 60825-2].

## Apéndice I

### Determinación de frecuencias de canal fuera de la red

(Este Apéndice no forma parte de la presente Recomendación.)

Una de las características de un AWG es la periodicidad de las frecuencias encaminadas del puerto común a un puerto de salida dado. Esta periodicidad se conoce como segmento espectral libre (FSR, *free spectral range*). El FSR se especifica habitualmente para un canal central del AWG. Debido a que la separación entre canales varía en las bandas adyacentes, el FSR es diferente en función del número de puerto de salida, como se observa en la Figura I.1, donde las separaciones entre canales son  $\Delta f_L < \Delta f_C < \Delta f_S$ .



G.698.3(12)\_FI.1

Figura I.1 – Ilustración del FSR y separación entre canales en un AWG cíclico

El canal de referencia en el orden  $M$  se define en  $f_{0,M} = 193,9 \text{ THz} + M \times \text{FSR}$ .  $M$  es un entero positivo o negativo, incluido 0. La frecuencia central del canal 'n' en el orden de refracción  $M$  para una separación entre canales nominal  $CS$ , que cambia (linealmente) con orden de refracción, se define como:

$$f_{n,M} = 193,9 \text{ THz} + M \times \text{FSR} + n \times CS$$

siendo 'n' un entero positivo o negativo, incluido 0. Debido a los segmentos espectrales limitados de cada orden de refracción,  $n$  es limitado. En la presente Recomendación se utiliza  $-24 \leq n \leq 23$  para los códigos de aplicación con una separación de 100 GHz. El FSR utilizado en esta Recomendación corresponde a 5425,4 GHz, medido en los canales con frecuencias nominales 193,9 THz y 188,4746 THz.

El canal de referencia principal se define en el centro del orden de refracción  $M=0$  en  $f_{0,0} = 193,9 \text{ THz}$ . En esta Recomendación se utiliza un orden de refracción 0 para el sentido extremo de cola-extremo frontal y un orden de refracción  $-1$  para el sentido extremo frontal-extremo de cola. Por consiguiente, el canal de referencia en el orden  $-1$  está en  $f_{0,-1} = 188,4746 \text{ THz}$ . Teniendo en cuenta una separación mínima entre canales de 100 GHz, la frecuencia central mínima en el sentido extremo de cola-extremo frontal corresponde a  $f_{-24,0} = 191,5 \text{ THz}$  y la frecuencia central máxima corresponde a  $f_{23,0} = 196,2 \text{ THz}$ . Teniendo en cuenta una separación mínima entre canales (o sea,  $CS(M=-1)$ ) de 97,15 GHz, la frecuencia central mínima en el sentido extremo frontal-extremo de cola corresponde a  $f_{-24,-1} = 186,143 \text{ THz}$  y la frecuencia central máxima corresponde a  $f_{23,-1} = 190,70905 \text{ THz}$ .

El  $\text{FSR}(n=0)$  es una función de la relación de contraste de índice del material utilizado en la construcción del AWG. El valor de  $\text{FSR}(n=0) = 5425,4 \text{ GHz}$  se basa en el índice de la relación de contraste de 1,5%.

## **Bibliografía**

- [b-UIT-T G-Sup.39]      Recomendaciones UIT-T de la serie G – Suplemento 39 (2008),  
*Consideraciones sobre diseño e ingeniería de sistemas ópticos.*

## SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
<b>Serie G</b>	<b>Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales</b>
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedia
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedia
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	Terminales y métodos de evaluación subjetivos y objetivos
Serie Q	Conmutación y señalización
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 y Redes de la próxima generación
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación