

Unión Internacional de Telecomunicaciones

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

G.957

(03/2006)

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

Secciones digitales y sistemas digitales de línea –
Sistemas de línea digital

**Interfaces ópticas para equipos y sistemas
relacionados con la jerarquía digital síncrona**

Recomendación UIT-T G.957

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G
SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES

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 SATELITE 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	G.600–G.699
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999
Generalidades	G.900–G.909
Parámetros para sistemas en cables de fibra óptica	G.910–G.919
Secciones digitales a velocidades binarias jerárquicas basadas en una velocidad de 2048 kbit/s	G.920–G.929
Sistemas digitales de transmisión en línea por cable a velocidades binarias no jerárquicas	G.930–G.939
Sistemas de línea digital proporcionados por soportes de transmisión MDF	G.940–G.949
Sistemas de línea digital	G.950–G.959
Sección digital y sistemas de transmisión digital para el acceso del cliente a la RDSI	G.960–G.969
Sistemas en cables submarinos de fibra óptica	G.970–G.979
Sistemas de línea óptica para redes de acceso y redes locales	G.980–G.989
Redes de acceso	G.990–G.999
CALIDAD DE SERVICIO Y DE TRANSMISIÓN – 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 AL PROTOCOLO ETHERNET 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.957

Interfaces ópticas para equipos y sistemas relacionados con la jerarquía digital síncrona

Resumen

Esta Recomendación especifica los parámetros de las interfaces ópticas para equipos y sistemas basados en la jerarquía digital síncrona para permitir la compatibilidad transversal.

Orígenes

La Recomendación UIT-T G.957 fue aprobada el 29 de marzo de 2006 por la Comisión de Estudio 15 (2005-2008) del UIT-T por el procedimiento de la Recomendación UIT-T A.8.

PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) 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.

© UIT 2006

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

ÍNDICE

		Página
1	Alcance	1
2	Referencias	1
3	Términos y definiciones	2
	3.1 Definiciones.....	2
	3.2 Términos definidos en otras Recomendaciones	2
4	Abreviaturas, siglas o acrónimos	2
5	Clasificación de las interfaces ópticas	3
6	Definiciones de los parámetros.....	8
	6.1 Gama de longitudes de onda de funcionamiento del sistema.....	8
	6.2 Transmisor.....	9
	6.3 Trayecto óptico.....	12
	6.4 Receptor.....	14
7	Valores de los parámetros ópticos para aplicaciones de SDH.....	15
8	Método de ingeniería óptica	15
	8.1 Hipótesis de diseño.....	15
	8.2 Método de diseño del caso más desfavorable.....	16
	8.3 Método de diseño estadístico.....	16
	8.4 Consideraciones para potenciar el sistema	17
	8.5 Ingeniería conjunta	17
Anexo A – Consideraciones sobre la longitud de onda de funcionamiento del sistema		18
	A.1 Gamas de longitud de onda de funcionamiento determinadas por la atenuación de la fibra.....	18
	A.2 Gamas de longitud de onda de funcionamiento determinadas por la dispersión de la fibra	19
Anexo B – Medición de la plantilla del diagrama en ojo de la señal óptica transmitida.....		21
	B.1 Montaje de medición	21
	B.2 Función de transferencia del receptor óptico de referencia.....	22
Apéndice I – Métodos de medición de las reflexiones		24
	I.1 Reflectómetro óptico de onda continua.....	24
	I.2 Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo	25
Apéndice II – Implementación de la medición de inmunidad a los dígitos idénticos consecutivos (CID, <i>consecutive identical digit</i>)		26
	II.1 Introducción.....	26
	II.2 Método.....	27
Apéndice III – Posible método para evaluar la contribución del margen de envejecimiento en las especificaciones de sensibilidad del receptor		28
	III.1 Sensibilidad del receptor y apertura del ojo	28
	III.2 Método de prueba <i>S/X</i>	29

	Página
Apéndice IV – Ejemplos de mejora del sistema	31
IV.1 Ejemplo 1.....	31
IV.2 Ejemplo 2.....	31

Recomendación UIT-T G.957

Interfaces ópticas para equipos y sistemas relacionados con la jerarquía digital síncrona

1 Alcance

La presente Recomendación se refiere a las especificaciones de los parámetros de la interfaz óptica para los equipos y sistemas que soportan la jerarquía digital síncrona (SDH, *synchronous digital hierarchy*) definida en la Rec. UIT-T G.707/Y.1322 y que funcionan en fibras ópticas monomodo conformes a las Recs. UIT-T G.652, G.653 y G.654.

El propósito de esta Recomendación es suministrar las especificaciones de interfaces ópticas de los equipos de SDH, descritos en la Rec. UIT-T G.783, para lograr la compatibilidad transversal (multivendedor) en secciones de cable elementales, es decir, la posibilidad de combinar en una sola sección de fibra óptica equipos procedentes de diversos fabricantes. Sin embargo, también se pretende que las especificaciones de la presente Recomendación estén conformes con la Rec. UIT-T G.955 que prevé la compatibilidad longitudinal de equipos de nivel jerárquico y aplicación comparables.

Esta Recomendación se basa en el uso de una fibra óptica para cada dirección. Cualquier otra disposición óptica puede exigir especificaciones diferentes y queda en estudio.

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.

- Recomendación UIT-T G.652 (2005), *Características de las fibras y cables ópticos monomodo.*
- Recomendación UIT-T G.653 (2003), *Características de los cables y fibras ópticas monomodo con dispersión desplazada.*
- Recomendación UIT-T G.654 (2004), *Características de los cables de fibra óptica monomodo con corte desplazado.*
- Recomendación UIT-T G.655 (2006), *Características de fibras y cables ópticos monomodo con dispersión desplazada no nula.*
- Recomendación UIT-T G.707/Y.1322 (2003), *Interfaz de nodo de red para la jerarquía digital síncrona.*
- Recomendación UIT-T G.783 (2006), *Características de los bloques funcionales del equipo de la jerarquía digital síncrona.*
- Recomendación UIT-T G.826 (2002), *Parámetros y objetivos de las características de error de extremo a extremo para conexiones y trayectos digitales internacionales de velocidad binaria constante.*
- Recomendación UIT-T G.955 (1996), *Sistemas de línea digital basados en las jerarquías de 1544 kbit/s y 2048 kbit/s en cables de fibra óptica.*

- Recomendación UIT-T I.432.2 (1999), *Interfaz usuario-red de la red digital de servicios integrados de banda ancha (RDSI-BA) – Especificación de la capa física: Explotación a 155 520 kbit/s y 622 080 kbit/s*.
- CEI 60825-1 (2001), *Safety of laser products – Part 1: Equipment classification, requirements and user's guide*.
- CEI 60825-2 (2005), *Safety of laser products – Part 2: Safety of optical fibre communication systems (OFCS)*.

3 Términos y definiciones

3.1 Definiciones

En esta Recomendación se definen los términos siguientes.

3.1.1 compatibilidad transversal: Capacidad de combinar equipos de diversos fabricantes en una sola sección óptica.

3.1.2 ingeniería conjunta: Proceso mediante el cual las Administraciones/operadores alcanzan un acuerdo acerca de un conjunto de características de interfaz de un enlace óptico que cumple características de calidad de funcionamiento del enlace acordadas cuando las especificaciones de interfaz disponibles en Recomendaciones UIT-T son insuficientes para garantizar el nivel de calidad de funcionamiento.

3.2 Términos definidos en otras Recomendaciones

Esta Recomendación utiliza los siguientes términos definidos en las Recomendaciones UIT-T que se indican a continuación:

- puntos de referencia S/R: véase la Rec. UIT-T G.955;
- jerarquía digital síncrona (SDH): véase la Rec. UIT-T G.707/Y.1322;
- módulo de transporte síncrono (STM): véase la Rec. UIT-T G.707/Y.1322;
- compatibilidad longitudinal: véase la Rec. UIT-T G.955.

4 Abreviaturas, siglas o acrónimos

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

BER	Tasa de errores en los bits (<i>bit error ratio</i>)
EX	Tasa de extinción (<i>extinction ratio</i>)
LED	Diodo fotoemisor (<i>light-emitting diode</i>)
MLM	Modo multilongitudinal (<i>multi-longitudinal mode</i>)
NA	No aplicable
NRZ	No retorno a cero (<i>non-return to zero</i>)
ORL	Pérdida de retorno óptica (<i>optical return loss</i>)
RMS	Valor cuadrático medio (<i>root-mean-square</i>)
SDH	Jerarquía digital síncrona (<i>synchronous digital hierarchy</i>)
SLM	Modo monolongitudinal (<i>single-longitudinal mode</i>)
STM	Módulo de transporte síncrono (<i>synchronous transport module</i>)

UI	Intervalo unitario (<i>unit interval</i>)
WDM	Multiplexación por división en longitud de onda (<i>wavelength-division multiplexing</i>)

5 Clasificación de las interfaces ópticas

Cabe esperar que se utilicen cables de fibra óptica en los sistemas basados en la SDH para el transporte intercentrales entre estaciones y en las operaciones intracentrales para la conexión de los diversos equipos ubicados en una misma estación. Mediante la adecuada combinación de transmisores y receptores pueden obtenerse balances de potencia para los sistemas de línea de fibra óptica optimizados, en términos de atenuación/dispersión y costes con respecto a las diversas aplicaciones. Sin embargo, para simplificar el desarrollo de los sistemas con compatibilidad transversal, conviene limitar el número de categorías de aplicaciones y los correspondientes conjuntos de especificaciones de interfaces ópticas para la normalización.

Como se muestra en el cuadro 1, en la presente Recomendación se contemplan tres amplias categorías de aplicación:

- intracentrales, correspondiente a distancias de interconexiones inferiores a 2 km aproximadamente;
- intercentrales a corta distancia, correspondiente a distancias de interconexión de 15 km aproximadamente;
- intercentrales a larga distancia, correspondiente a distancias de interconexión de 40 km aproximadamente en la ventana de 1310 nm y de 80 km aproximadamente en la ventana de 1550 nm.

Cuadro 1/G.957 – Clasificación de las interfaces ópticas basada en la aplicación e indicando los códigos de aplicación

Aplicación		Intracentrales	Intercentrales				
			Corta distancia		Larga distancia		
Longitud de onda nominal de la fuente (nm)		1310	1310	1550	1310	1550	
Tipo de fibra		G.652	G.652	G.652	G.652	G.652 G.654	G.653
Distancia (km) ^{a)}		≤ 2	~ 15		~ 40	~ 80	
Nivel STM	STM-1	I-1	S-1.1	S-1.2	L-1.1	L-1.2	L-1.3
	STM-4	I-4	S-4.1	S-4.2	L-4.1	L-4.2	L-4.3
	STM-16	I-16	S-16.1	S-16.2	L-16.1	L-16.2	L-16.3
^{a)} Estas distancias objetivo se utilizan a efectos de clasificación y no de especificación. La designación de los tipos de fibra en los códigos de aplicación, no anulará la posibilidad de aplicar el conjunto de parámetros ópticos de esta Recomendación a los sistemas monocanales de la fibra G.655.							

Dentro de cada categoría es posible considerar la utilización de fuentes de 1310 nm nominales en fibras ópticas conformes a la Rec. UIT-T G.652 o fuentes de 1550 nm en fibras ópticas conformes a las Recs. UIT-T G.652, G.653 o G.654. La presente Recomendación trata ambas posibilidades para las dos aplicaciones intercentrales y considera únicamente las fuentes de 1310 nm nominales para la aplicación intracentrales en fibras ópticas conformes a la Rec. UIT-T G.652. Dado que las características globales del sistema y los valores especificados de los parámetros ópticos dependen generalmente de la velocidad binaria del sistema, conviene clasificar las interfaces ópticas de la

SDH basadas en las aplicaciones consideradas en esta Recomendación, utilizando el conjunto de códigos de aplicación mostrado en el cuadro 1. El código de aplicación se establece de la forma siguiente:

Aplicación-Nivel STM. Número de sufijo

siendo las designaciones de aplicación: I (intracentrales), S (corta distancia) o L (larga distancia); y siendo el número de sufijo uno de los siguientes:

- (en blanco) o 1 para indicar fuentes de longitud de onda nominal de 1310 nm en fibras ópticas G.652;
- 2 para indicar fuentes de longitud de onda nominal de 1550 nm en fibras ópticas G.652 para aplicaciones de corta distancia y en fibras G.652 o G.654 para aplicaciones de larga distancia;
- 3 para indicar fuentes de longitud de onda nominal de 1550 nm en fibras ópticas G.653.

NOTA – El empleo del término intracentrales no significa que se excluya cualesquiera otras aplicaciones coherentes con el conjunto de parámetros ópticos especificados (por ejemplo, la interfaz de usuario-red de la RDSI de banda ancha – especificación de la capa física definida en la Rec. UIT-T I.432.2).

Las distancias elegidas para los códigos de aplicación del cuadro 1 se basan en valores de parámetros que puedan obtenerse con la tecnología actual y que se estima que se adaptan a las necesidades de la red. Los códigos de aplicación intracentrales e intercentrales a corta distancia se han propuesto como implementaciones de equipos de bajo coste. Los códigos de aplicación para larga distancia propuestos tienen por objeto lograr la máxima distancia entre repetidores manteniéndose siempre dentro de los límites establecidos por la tecnología actual y por el objetivo de compatibilidad transversal. Las distancias propuestas permiten potenciar los actuales sistemas explotando la región de 1550 nm. Las distancias que figuran en el cuadro 1 representan las distancias máximas aproximadas entre repetidores. Pueden obtenerse límites de distancia específicos que concuerdan con los límites de atenuación que aparecen en los cuadros 2 a 4, pero que incluyen las asignaciones correspondientes para conectores adicionales u otros márgenes considerando los valores máximos de atenuación y dispersión de la fibra para cada aplicación mostrada en los cuadros 2 a 4.

Cuadro 2/G.957 – Parámetros especificados para las interfaces ópticas STM-1

	Unidad	Valores									
Señal digital		STM-1 de acuerdo con la Rec. UIT-T G.707/Y.1322									
Velocidad binaria nominal	kbit/s	155 520									
Código de aplicación (cuadro 1)		I-1	S-1.1	S-1.2		L-1.1	L-1.2	L-1.3			
Gama de longitudes de onda de funcionamiento	nm	1260 ^{a)} -1360	1261 ^{a)} -1360	1430-1576	1430-1580	1263 ^{a)} -1360	1480-1580	1534-1566/ 1523-1577	1480-1580		
Transmisor en el punto de referencia S		MLM	LED	MLM	MLM	SLM	MLM	SLM	SLM	MLM	SLM
Tipo de fuente											
Características espectrales:											
– anchura RMS máxima (σ)	nm	40	80	7,7	2,5	–	3	–	–	3/2,5	–
– anchura a –20 dB máxima	nm	–	–	–	–	1	–	1	1	–	1
– relación de supresión de modo lateral mínima	dB	–	–	–	–	30	–	30	30	–	30
Potencia inyectada media:											
– máxima	dBm	–8	–8	–8	–8	0	0	0	0	0	0
– mínima	dBm	–15	–15	–15	–15	–5	–5	–5	–5	–5	–5
Relación de extinción mínima	dB	8,2	8,2	8,2	8,2	10	10	10	10	10	10
Trayecto óptico entre S y R											
Gama de atenuación ^{b)}	dB	0-7	0-12	0-12	0-12	10-28	10-28	10-28	10-28	10-28	10-28
Dispersión máxima	ps/nm	18 25	96	296	NA	246	NA	NA	NA	246/296	NA
Pérdida de retorno óptico mínima de la planta de cable en el punto S, incluidos todos los conectores	dB	NA	NA	NA	NA	NA	20	NA	NA	NA	NA
Reflectancia discreta máxima entre S y R	dB	NA	NA	NA	NA	NA	–25	NA	NA	NA	NA
Receptor en el punto de referencia R											
Sensibilidad mínima ^{b)}	dBm	–23	–28	–28	–28	–34	–34	–34	–34	–34	–34
Sobrecarga mínima	dBm	–8	–8	–8	–8	–10	–10	–10	–10	–10	–10
Penalización máxima en el trayecto óptico	dB	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Reflectancia máxima del receptor medida en el punto R	dB	NA	NA	NA	NA	NA	–25	NA	NA	NA	NA
^{a)} Algunas Administraciones pueden requerir un límite de 1270 nm. ^{b)} Véase la cláusula 6.											

Cuadro 3/G.957 – Parámetros especificados para las interfaces ópticas STM-4

	Unidad	Valores						
Señal digital Velocidad binaria nominal	kbit/s	STM-4 de acuerdo con la Rec. UIT-T G.707/Y.1322 622 080						
Código de aplicación (cuadro 1)		I-4	S-4.1	S-4.2	L-4.1		L-4.2	L-4.3
Gama de longitudes de onda de funcionamiento	nm	1261 ^{a)} -1360	1293-1334/ 1274-1356	1430-1580	1300-1325/ 1296-1330	1280-1335	1480-1580	1480-1580
Transmisor en el punto de referencia S		MLM	LED	MLM	SLM	MLM	SLM	SLM
Tipo de fuente		MLM	LED	MLM	SLM	MLM	SLM	SLM
Características espectrales:								
– anchura RMS máxima (σ)	nm	14,5	35	4/2,5	–	2,0/1,7	–	–
– anchura a –20 dB máxima	nm	–	–	–	1	–	1	< 1 ^{b)}
– relación de supresión demodo lateral mínima	dB	–	–	–	30	–	30	30
Potencia inyectada media:								
– máxima	dBm	–8	–8	–8	–8	+2	+2	+2
– mínima	dBm	–15	–15	–15	–15	–3	–3	–3
Relación de extinción mínima	dB	8,2	8,2	8,2	8,2	10	10	10
Trayecto óptico entre S y R								
Gama de atenuación ^{b)}	dB	0-7	0-12	0-12	0-12	10-24	10-24	10-24
Dispersión máxima	ps/nm	13	14	46/74	NA	92/109	NA	1600
Pérdida de retorno óptico mínima de la planta de cable en el punto S, incluidos todos los conectores	dB	NA	NA	24	24	20	24	20
Reflectancia discreta máxima entre S y R	dB	NA	NA	–27	–27	–25	–27	–25
Receptor en el punto de referencia R								
Sensibilidad mínima ^{b)}	dBm	–23	–28	–28	–28	–28	–28	–28
Sobrecarga mínima	dBm	–8	–8	–8	–8	–8	–8	–8
Penalización máxima en el trayecto óptico	dB	1	1	1	1	1	1	1
Reflectancia máxima del receptor medida en el punto R	dB	NA	NA	–27	–27	–14	–27	–14
^{a)} Algunas Administraciones pueden requerir un límite de 1270 nm.								
^{b)} Véase la cláusula 6.								

Cuadro 4/G.957 – Parámetros especificados para las interfaces ópticas STM-16

	Unidad	Valores					
Señal digital Velocidad binaria nominal	kbit/s	STM-16 de acuerdo con la Rec. UIT-T G.707/Y.1322 2 488 320					
Código de aplicación (cuadro 1)		I-16	S-16.1	S-16.2	L-16.1	L-16.2	L-16.3
Gama de longitudes de onda de funcionamiento	nm	1266 ^{a)} -1360	1260 ^{a)} -1360	1430-1580	1280-1335	1500-1580	1500-1580
Transmisor en el punto de referencia S							
Tipo de fuente		MLM	SLM	SLM	SLM	SLM	SLM
Características espectrales:							
– anchura RMS máxima (σ)	nm	4	–	–	–	–	–
– anchura a –20 dB máxima	nm	–	1	< 1 ^{b)}	1	< 1 ^{b)}	< 1 ^{b)}
– relación de supresión de modo lateral mínima	dB	–	30	30	30	30	30
Potencia inyectada media:							
– máxima	dBm	–3	0	0	+3	+3	+3
– mínima	dBm	–10	–5	–5	–2	–2	–2
Relación de extinción mínima	dB	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2
Trayecto óptico entre S y R							
Gama de atenuación ^{b)}	dB	0-7	0-12	0-12	12-24 ^{d)}	12-24 ^{d)}	12-24 ^{d)}
Dispersión máxima en el límite superior de la longitud de onda	ps/nm	12 ^{c)}	NA	800 ^{c)}	NA	1600 ^{c)}	450 ^{c)}
Dispersión máxima en el límite inferior de la longitud de onda	ps/nm	12 ^{c)}	NA	420 ^{c)}	NA	1200 ^{c)}	450 ^{c)}
Pérdida de retorno óptico mínima de la planta de cable en el punto S, incluidos todos los conectores	dB	24	24	24	24	24	24
Reflectancia discreta máxima entre S y R	dB	–27	–27	–27	–27	–27	–27
Receptor en el punto de referencia R							
Sensibilidad mínima ^{b)}	dBm	–18	–18	–18	–27	–28	–27
Sobrecarga mínima	dBm	–3	0	0	–9	–9	–9
Penalización máxima en el trayecto óptico	dB	1	1	1	1	2	1
Reflectancia máxima del receptor medida en el punto R	dB	–27	–27	–27	–27	–27	–27

a) Algunas Administraciones pueden requerir un límite de 1270 nm.

b) Véase la cláusula 6.

c) Para longitudes de onda situadas entre los límites superior e inferior de la longitud de onda, la dispersión máxima se interpola linealmente entre los valores dados para ambos extremos. De ser ambos valores máximos idénticos, dicho valor debe aplicarse a todo el intervalo.

d) Algunas Administraciones pueden requerir una atenuación mínima de 10 dB en lugar de 12 dB, para lo cual es necesario disminuir la potencia de salida máxima del transmisor, o aumentar la sobrecarga mínima del receptor, o una combinación de ambos métodos.

6 Definiciones de los parámetros

A efectos de la presente Recomendación, las interfaces del sistema de línea de fibra óptica pueden representarse como se indica en la figura 1. En la figura 1, el punto S es un punto de referencia de la fibra óptica situado inmediatamente después del conector óptico del transmisor (C_{TX}) y el punto R es un punto de referencia situado en la fibra óptica inmediatamente antes del conector óptico del receptor (C_{RX}). Si se utilizan conectores adicionales en un repartidor, se considera que forman parte del enlace de fibra óptica y que están situados entre los puntos S y R. En la presente Recomendación, se especifican los parámetros ópticos para el transmisor en el punto S, para el receptor en el punto R y para el trayecto óptico entre los puntos S y R.

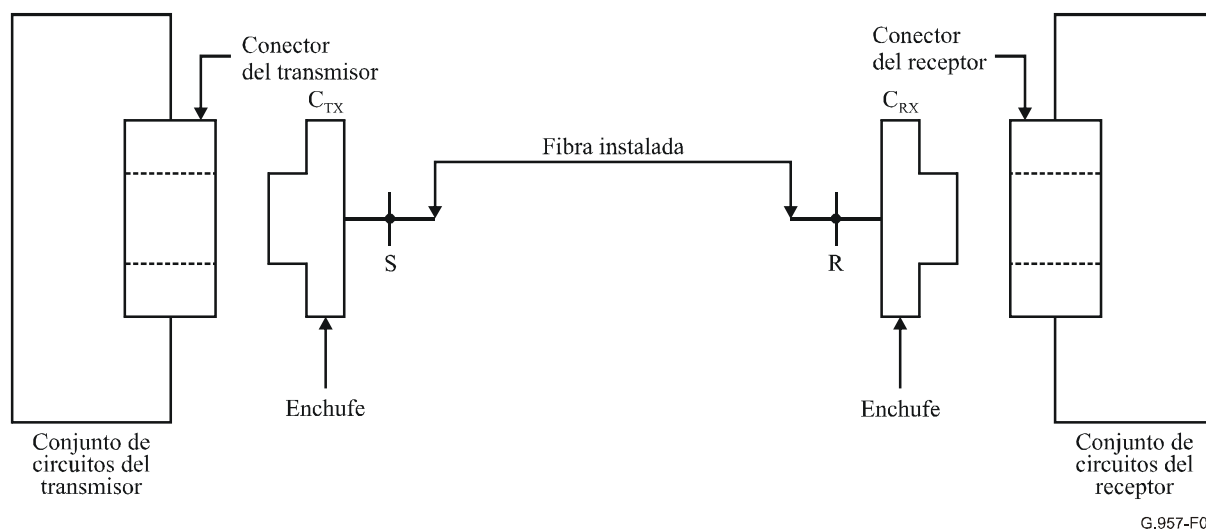


Figura 1/G.957 – Representación de las interfaces del sistema de línea de fibra óptica

Todos los valores de parámetros especificados son valores del caso más desfavorable que se supone se cumplen en toda la gama de condiciones de funcionamiento normalizado (es decir, gamas de temperatura y humedad) e incluyen los efectos de envejecimiento. Deben realizarse más estudios sobre estas condiciones y efectos. Los parámetros se especifican con respecto a un objetivo de diseño de sección óptica de una tasa de errores en los bits (BER, *bit error ratio*) no superior a 1×10^{-10} para el caso extremo de las condiciones de atenuación y dispersión del trayecto óptico en cada aplicación del cuadro 1. Para sistemas con calidad de funcionamiento mejorada (por ejemplo, BER de 10^{-12} o mejor conforme a la Rec. UIT-T G.826) se puede requerir sensibilidad del receptor mejorada o gama de atenuación reducida para las aplicaciones del cuadro 1.

La codificación de línea óptica utilizada para todas las interfaces del sistema es binaria no retorno a cero (NRZ, *non-return to zero*), aleatorizada conforme a la Rec. UIT-T G.707/Y1322.

6.1 Gama de longitudes de onda de funcionamiento del sistema

Para proporcionar flexibilidad en la implementación de sistemas con compatibilidad transversal y hacer posible una futura utilización de multiplexación por división en longitud de onda (WDM, *wavelength-division multiplexing*), conviene admitir una gama lo más amplia posible de longitudes de onda de funcionamiento del sistema. La elección de la gama de longitud de onda de funcionamiento para cada una de las aplicaciones que figuran en el cuadro 1 depende de diversos factores, incluido el tipo de fibra, las características de la fuente, la gama de atenuación del sistema y la dispersión del trayecto óptico. En la presente Recomendación, la especificación de las gamas de longitud de onda de funcionamiento es afectada por las siguientes consideraciones generales. En el anexo A figuran más detalles sobre la descripción de los aspectos de los sistemas utilizados para

establecer los requisitos de la gama de longitudes de onda de funcionamiento en la presente Recomendación.

La gama de longitudes de onda de funcionamiento es la gama admisible máxima de longitudes de onda de la fuente. En esta gama, las longitudes de onda de la fuente pueden seleccionarse para diferentes degradaciones relacionadas con la libra (y diferentes implementaciones de amplificador, si se incluyen). El receptor debe tener la gama mínima de longitudes de onda de funcionamiento que corresponda a la gama máxima admisible de longitudes de onda de la fuente. Para las redes SDH que utilizan amplificadores de fibra óptica, podría ser necesario limitar la gama de longitudes de onda de funcionamiento.

Las regiones de longitud de onda que permiten el funcionamiento del sistema son parcialmente determinadas por los valores de longitud de onda de corte de la fibra o del cable de fibra. Para las fibras G.652 y G.653 estos valores se han elegido de tal forma que permitan el funcionamiento monomodo del cable de fibra para longitudes de onda de 1270 nm y superiores, si bien algunas Administraciones permiten valores tan bajos como 1260 nm. Para los cables de fibra G.654, se han aceptado los valores de longitud de onda de corte para el funcionamiento monomodo en 1530 nm y superior.

Las regiones de longitud de onda admisibles vienen definidas además por la atenuación de la fibra. Si bien la atenuación por dispersión intrínseca disminuye normalmente al aumentar la longitud de onda, puede aparecer la absorción OH-iónica alrededor de 1385 nm y, en menor medida, alrededor de 1245 nm. Por consiguiente, estas crestas de absorción y la longitud de onda de corte definen una región de longitudes de onda centrada alrededor de 1310 nm. Las fibras con dispersión no desplazada conformes a la Rec. UIT-T G.652 están optimizadas para su utilización en esta región de longitudes de onda. Para longitudes de onda mayores, la atenuación por flexión aparece para valores de 1600 nm o superiores y la absorción infrarroja aparece más allá de 1600 nm. Por consiguiente, estas atenuaciones y la cresta de absorción de vapor de agua que aparece a 1385 nm definen una segunda región de longitudes de onda de funcionamiento alrededor de 1550 nm. La Rec. UIT-T G.654 para fibras con corte desplazado se limita únicamente a esta región. Sin embargo, las fibras G.652 y las fibras con dispersión desplazada G.653 pueden utilizarse en esta región.

Además de los valores de longitud de onda de corte y de atenuación que determinan las regiones de longitudes de onda de funcionamiento de un modo general, las gamas de longitudes de onda permisibles son determinadas por la interacción de la dispersión de la fibra con las características espectrales del transmisor. Parte de esta gama puede encontrarse dentro o fuera de la gama de longitudes de onda determinada por la atenuación. La superposición de ambas gamas es la gama de longitudes de onda admisibles para el funcionamiento del sistema.

6.2 Transmisor

6.2.1 Tipo de fuente nominal

Dependiendo de las características de atenuación/dispersión y del nivel jerárquico de cada aplicación del cuadro 1, los posibles dispositivos transmisores son los diodos fotoemisores (LED, *light emitting diode*), los láseres de modo multilongitudinal (MLM, *multi-longitudinal mode*) y los láseres de modo monolongitudinal (SLM, *single-longitudinal mode*). Para cada una de las aplicaciones, la presente Recomendación señala un tipo de fuente nominal. Queda entendido que la indicación de un tipo de fuente nominal en esta Recomendación no constituye una exigencia; que los dispositivos SLM pueden emplearse en sustitución en cualquier aplicación que tenga como tipo de fuente nominal un LED o un MLM y que los dispositivos MLM pueden emplearse en cualquier aplicación que tenga como tipo de fuente nominal un LED sin que se produzca ninguna degradación en el comportamiento del sistema.

6.2.2 Características espectrales

Para los LED y los láseres MLM, la anchura espectral viene especificada por el valor cuadrático medio (RMS, *root-mean-square*) máximo de la anchura en condiciones de funcionamiento normalizado. Se entiende por valor o anchura RMS la desviación típica (σ) de distribución espectral. El método de medición del valor RMS de la anchura debería tener en cuenta todos los modos que se encuentran a no más de 20 dB por debajo del modo de cresta.

Para láseres SLM, la anchura espectral máxima viene especificada por la anchura total máxima de la cresta de la longitud de onda central, medida 20 dB por debajo de la amplitud máxima de la longitud de onda central en condiciones de funcionamiento normalizado. Además, para el control del ruido de partición de modo en los sistemas SLM, se especifica un valor mínimo para la relación de supresión de modo lateral del láser.

En la actualidad no hay ningún método fiable acordado para la estimación de las penalizaciones de dispersión causadas por la fluctuación del láser y la relación de supresión de modo lateral finito para los láseres SLM. Debido a esta circunstancia, las anchuras espectrales del láser SLM para las aplicaciones L-4.2, S-16.1, S-16.2, L-16.1, L-16.2 y L-16.3 quedan en estudio.

Las indicaciones actuales apuntan a que las definiciones de anchura espectral basadas en mediciones espectrales promediadas en el tiempo no están suficientemente bien adecuadas a las penalizaciones de trayecto como para permitir su uso a los efectos de lograr una calidad de funcionamiento adecuada.

Se admite la necesidad de especificar con mayor exactitud las características dinámicas del láser, especialmente en sistemas de larga distancia. Actualmente, el mejor método disponible es una prueba de transmisión de fibra cuya configuración consiste en el transmisor que está siendo probado, las fibras de prueba con una dispersión máxima especificada para la longitud máxima del sistema y un receptor de referencia. Las características dinámicas del transmisor se evalúan seguidamente mediante una medición de la tasa de errores en los bits.

Este método se utiliza también a efectos de prueba de aceptación del láser. De este modo, el láser se evalúa por incorporación en el transmisor de un sistema de transmisión emulado. Los láseres con características espectrales aceptables se identifican en base a unas características de error satisfactorias del sistema emulado. Otros métodos de caracterización del funcionamiento dinámico del láser quedan en estudio.

En el caso de redes de SDH que utilizan amplificadores ópticos, es necesario disponer de un transmisor con características espectrales apropiadas para alcanzar distancias objetivas que superen las definidas para aplicaciones de larga distancia.

6.2.3 Potencia inyectada media

La potencia inyectada media en el punto de referencia S es la potencia media de una secuencia de datos pseudoaleatorios acoplada a la fibra mediante el transmisor. Se expresa como una gama para permitir una cierta optimización de los costes y tener en cuenta los márgenes de explotación en condiciones de funcionamiento normalizadas, las degradaciones del conector del transmisor, las tolerancias en las mediciones y los efectos de envejecimiento. Estos valores permiten determinar los valores de sensibilidad y el punto de sobrecarga para el receptor en el punto de referencia R.

Quedan en estudio la posibilidad de obtener diseños de sistemas económicos para aplicaciones de larga distancia que utilizan láseres no refrigerados con valores máximos de la potencia inyectada media que rebasan los que figuran en los cuadros 2 a 4 y que requieren atenuadores ópticos externos eliminables en secciones de bajas pérdidas.

En caso de que se produzca una avería en el equipo transmisor, por consideraciones de seguridad de la fibra óptica y del láser de acuerdo con CEI 60825, debe limitarse la potencia inyectada y el máximo tiempo de exposición posible del personal.

6.2.4 Tasa de extinción

El convenio adoptado para el nivel lógico óptico es el siguiente:

- la emisión de luz se representa por un "1" lógico;
- la ausencia de emisión se representa por un "0" lógico.

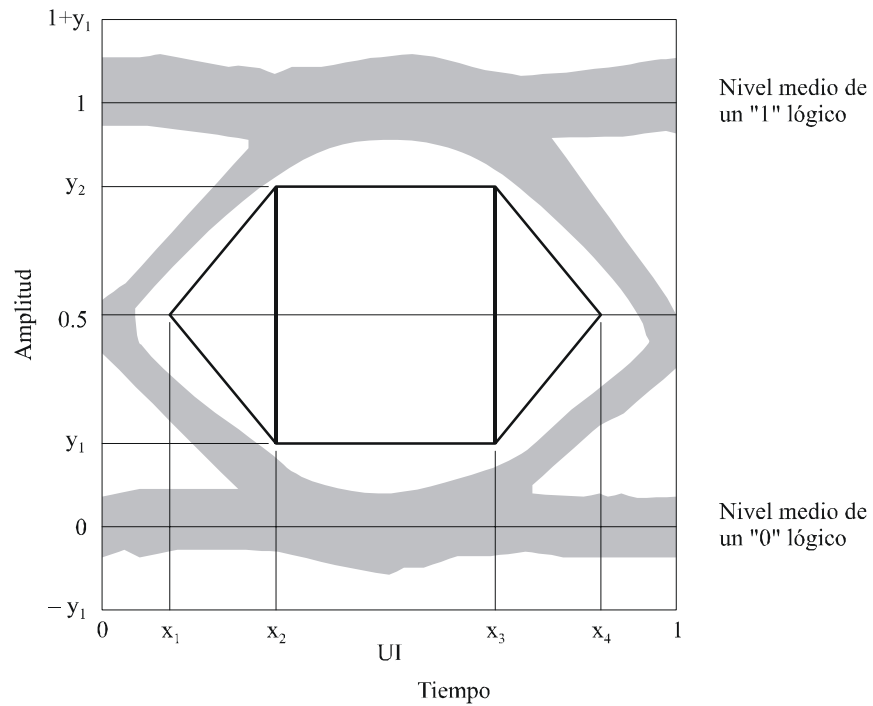
La tasa de extinción (EX) se define como:

$$EX = 10 \log_{10} \left(\frac{A}{B} \right)$$

donde A es el nivel medio de potencia óptica en el centro de un "1" lógico y B es el nivel medio de potencia óptica en el centro de un "0" lógico. Los métodos de medición de la tasa de extinción están en estudio.

6.2.5 Plantilla del diagrama en ojo

En la presente Recomendación, 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 se especifican en forma de plantilla del diagrama en ojo del transmisor en el punto S, todas estas características deben controlarse para evitar una degradación excesiva de la sensibilidad del receptor. Para evaluar la señal transmitida, es importante considerar además de la apertura del ojo, las limitaciones de sobreimpulso y suboscilación. En la figura 2 aparecen los parámetros que especifican la plantilla del diagrama en ojo del transmisor. En el anexo B se consideran los montajes de medida para determinar la plantilla del diagrama en ojo de la señal óptica transmitida.



	STM-1	STM-4
x_1/x_4	0,15/0,85	0,25/0,75
x_2/x_3	0,35/0,65	0,40/0,60
y_1/y_2	0,20/0,80	0,20/0,80

	STM-16
x_3-x_2	0,2
y_1/y_2	0,25/0,75

G.957_F02

NOTA – En el caso de STM-16, x_2 y x_3 de la plantilla rectangular del diagrama en ojo no tienen que ser por fuerza equidistantes de los ejes verticales respectivos a 0 UI y 1 UI. La desviación posible debe ser objeto de estudio. Dada las frecuencias utilizadas en los sistemas STM-16 y la consiguiente dificultad en realizar este filtro, puede ser necesario revisar ligeramente los valores de los parámetros de STM-16 de acuerdo con la experiencia obtenida.

Figura 2/G.957 – Plantilla del diagrama en ojo de la señal óptica transmitida

6.3 Trayecto óptico

Para asegurar el adecuado comportamiento del sistema en cada una de las aplicaciones consideradas en el cuadro 1 es necesario especificar las características de atenuación y dispersión del trayecto óptico entre los puntos de referencia S y R.

6.3.1 Atenuación

En la presente Recomendación, la atenuación para cada aplicación se especifica como una gama, característica de las distancias de aplicación indicadas en términos generales en el cuadro 1. Sin embargo, para proporcionar flexibilidad en la implementación de sistemas con compatibilidad transversal, en la presente Recomendación se admite una cierta superposición en las gamas de atenuación entre aplicaciones intracentrales y aplicaciones intercentrales de corta distancia y entre aplicaciones intercentrales de corta distancia y aplicaciones intercentrales de larga distancia. Se supone que las especificaciones de atenuación son los valores del caso más desfavorable incluidas las pérdidas de los empalmes, los conectores, atenuados ópticos (de ser necesarios) o de otros dispositivos ópticos pasivos, así como todo margen del cable adicional para tener en cuenta:

- 1) las futuras modificaciones en la configuración del cable (empalmes adicionales, aumento de la longitud del cable, etc.);
- 2) las variaciones en el comportamiento del cable de fibra debido a factores del entorno; y
- 3) la degradación de algún conector, atenuador óptico (de ser necesarios) o de otro dispositivo óptico pasivo entre los puntos S y R, en caso de existir.

6.3.2 Dispersión

En los cuadros 2 a 4 se especifican los valores máximos de dispersión (ps/nm) para los sistemas que se consideran limitados por este parámetro. Estos valores concuerdan con las penalizaciones de trayecto óptico máximas especificadas (por ejemplo, 2 dB para la aplicación L-16.2 y 1 dB para el resto de las aplicaciones). En dichos valores se tiene en cuenta el tipo de transmisor especificado y el coeficiente de dispersión de la fibra en toda la gama de longitudes de onda de funcionamiento.

Para los sistemas que se consideran limitados por la atenuación no se han especificado valores de dispersión máxima y se indican en los cuadros 2 a 4 con la inscripción NA (no aplicable).

6.3.3 Reflexiones

Las reflexiones están causadas por las discontinuidades del índice de refracción a lo largo del trayecto óptico. Si no se controlan, pueden degradar el comportamiento del sistema mediante su efecto perturbación sobre el funcionamiento del láser o mediante reflexiones múltiples que provocan ruido interferométrico en el receptor. En la presente Recomendación, las reflexiones en el trayecto óptico se controlan especificando:

- la pérdida de retorno óptica (ORL, *optical return loss*) mínima de la planta de cable en el punto S, incluidos todos los conectores, y
- la reflectancia discreta máxima entre los puntos S y R.

Los posibles efectos de las reflexiones en el funcionamiento de fibras únicas que emplean acopladores direccionales no se han considerado en la presente Recomendación y quedan aún en estudio.

En el apéndice I se describen los métodos de medición de las reflexiones. Para medir la reflectancia y las pérdidas de retorno, se hace coincidir a los puntos S y R con la cara exterior de cada enchufe del conector (véase la figura 1). Es sabido que esto no incluye la característica real de reflexión de los conectores respectivos en el sistema operacional. Se supone que estas reflexiones tienen el valor nominal de la reflexión para el tipo específico de conector utilizado.

El número máximo de conectores o de otros puntos de reflexión discreta que pueden incluirse en el trayecto óptico (por ejemplo, para repartidores o componentes de WDM) debe ser tal que permita obtener el valor especificado de pérdidas de retorno óptico globales. Si esto no puede lograrse utilizando conectores con la reflexión discreta máxima indicada en los cuadros 2 a 4, deben utilizarse conectores con una mejor característica de reflexión. Como otra posibilidad, debe reducirse el número de conectores. También puede que sea necesario limitar el número de conectores o utilizar conectores con una característica de reflectancia mejorada para evitar

degradaciones inaceptables debido a reflexiones múltiples. Tales efectos pueden ser particularmente significativos en los sistemas de larga distancia STM-16 y STM-4.

En los cuadros 2 a 4, el valor de -27 dB de reflectancia discreta máxima entre los puntos S y R tiene por objeto reducir al mínimo los efectos de las reflexiones múltiples (por ejemplo, el ruido interferométrico). En los cuadros 3 y 4, el valor de -27 dB para la reflectancia del receptor máxima asegurará unas penalizaciones aceptables debido a reflexiones múltiples en todas las configuraciones del sistema similares que incorporen conectores múltiples, etc. Los sistemas que utilizan menor número de conectores o conectores de calidad superior producen menos reflexiones múltiples y, en consecuencia, pueden tolerar el funcionamiento con receptores que tengan una mayor reflectancia. Como ejemplo extremo, puede indicarse que si en el sistema existen sólo dos conectores, es aceptable un valor de pérdida de retorno en el receptor de 14 dB.

En los sistemas en que se consideran que los efectos de reflexión no limitan el comportamiento, no se especifican valores para los parámetros de reflexión asociados y esta circunstancia aparece indicada en los cuadros 2 a 4 por la inscripción NA (no aplicable). Sin embargo, cuando se haga uso de la presente Recomendación para una aplicación en particular, cabe señalar que si se contempla la posibilidad de mejorar el sistema para utilizarlo en otras aplicaciones que tengan requisitos más estrictos, deben utilizarse dichos requisitos más estrictos.

Aún debe estudiarse la posible necesidad de elaborar una especificación de la relación señal/ruido del transmisor en las condiciones más desfavorables de pérdida de retorno óptica para las aplicaciones previstas en los cuadros 2 a 4.

6.4 Receptor

El funcionamiento adecuado del sistema requiere la especificación de la sensibilidad mínima del receptor y del nivel de potencia de sobrecarga mínimo. Esos valores deben ser coherentes con las gamas de potencia inyectada media y de atenuación especificadas para cada aplicación.

Adicionalmente, el funcionamiento adecuado del sistema requiere que el receptor tolere las regiones de velocidad de transición relativamente baja dentro de la señal SDH, debido a la estructura del formato de trama SDH (Rec. UIT-T G.707/Y.1322). En el apéndice II se presenta un posible método para evaluar la inmunidad a los dígitos idénticos consecutivos del subsistema receptor.

6.4.1 Sensibilidad del receptor

La sensibilidad del receptor se define como el valor mínimo de la potencia media recibida en el punto R para lograr una BER de 1×10^{-10} . Este requisito se ha de cumplir para un transmisor con los valores más desfavorables de la plantilla en ojo del transmisor, la relación de extinción, las pérdidas de retorno ópticas en el punto S, las degradaciones en el conector del receptor y las tolerancias en la medición. La sensibilidad del receptor no tiene por qué cumplirse cuando haya dispersión o reflexiones en el trayecto óptico; estos efectos se especifican de forma separada en la atribución de la penalización máxima del trayecto óptico.

NOTA – La sensibilidad del receptor no tiene por qué cumplirse cuando haya una fluctuación de fase del transmisor superior al correspondiente límite de generación de fluctuación de fase (por ejemplo, para señales afluente ópticas de la SDH de la Rec. UIT-T G.783).

Los efectos de envejecimiento no se especifican por separado puesto que normalmente es un asunto que ha de tratarse entre el suministrador de la red y el fabricante del equipo. La gama de márgenes típicos deseable, entre la temperatura nominal del receptor al principio de la vida útil y la correspondiente al caso más desfavorable al final de ésta es de 2 a 4 dB. En el apéndice III figura un ejemplo de un método de medición para determinar los efectos del envejecimiento sobre la sensibilidad del receptor. La sensibilidad del receptor especificada en los cuadros 2 a 4 son valores del caso más desfavorable, al final de la vida útil.

6.4.2 Sobrecarga del receptor

La sobrecarga del receptor es el máximo valor aceptable de la potencia media recibida en el punto R para una BER de 1×10^{-10} .

6.4.3 Reflectancia del receptor

Las reflexiones procedentes del receptor y dirigidas a la planta de cable se especifican mediante la máxima reflectancia permitida del receptor medida en el punto de referencia R.

6.4.4 Penalización de potencia en el trayecto óptico

El receptor debe tolerar cualquier penalización en el trayecto óptico que no exceda de 1 dB (2 dB en el caso de L-16.2) para tener en cuenta la degradación total debida a las reflexiones, a la interferencia entre símbolos, el ruido de partición de modos y a la fluctuación del láser.

7 Valores de los parámetros ópticos para aplicaciones de SDH

Los valores de los parámetros ópticos para las aplicaciones del cuadro 1 figuran en el cuadro 2 para STM-1, en el cuadro 3 para STM-4 y en el cuadro 4 para STM-16. Los parámetros que definen la plantilla del diagrama en ojo del transmisor en el punto de referencia S para cada uno de los tres niveles jerárquicos, se proporcionan en la figura 2. Estos cuadros no excluyen la utilización de sistemas que satisfagan los requisitos de más de una aplicación para cualquier velocidad binaria determinada.

8 Método de ingeniería óptica

La selección de las aplicaciones y el conjunto de parámetros ópticos considerados en la presente Recomendación han sido elegidos de tal forma que se mantenga un equilibrio entre las consideraciones de tipo económico y técnico que permita obtener sistemas con compatibilidad transversal que utilizan la jerarquía digital síncrona (SDH). En esta cláusula se describe la utilización de los parámetros de los cuadros 2 a 4 para obtener un método de diseño de sistema común para la ingeniería de enlaces ópticos de la SDH.

8.1 Hipótesis de diseño

Para abarcar el mayor número de posibilidades de aplicación con el menor número de especificaciones de componentes de interfaz óptica, se suponen tres categorías de interfaz para cada nivel de la SDH. Estas categorías se distinguen más bien por los distintos regímenes de atenuación/dispersión que por limitaciones de distancia explícitas para obtener una mayor flexibilidad en el diseño de la red teniendo en cuenta las restricciones tecnológicas y de coste de las diversas aplicaciones.

En la presente Recomendación se especifican valores de parámetro para el caso más desfavorable, al final de la vida útil, con el fin de proporcionar directrices de diseño sencillas a los planificadores de la red, así como especificaciones explícitas de los componentes a los fabricantes. En consecuencia, no se especifican márgenes de sistemas no asignados ni márgenes de equipos y además se supone que los transmisores, receptores y planta de cable cumplen individualmente las especificaciones y condiciones de funcionamiento normalizado. Es sabido que en algunos casos ello puede resultar en diseños de sistemas más conservadores que los que podrían obtenerse mediante la ingeniería conjunta del enlace óptico, la utilización de métodos de diseño estadísticos, o en aplicaciones y entornos más limitados que los permitidos en condiciones de funcionamiento normalizado.

8.2 Método de diseño del caso más desfavorable

Para un método de diseño del caso más desfavorable, los parámetros ópticos de los cuadros 2 a 4 están relacionados como se muestra en la figura 3. En aplicaciones con pérdidas limitadas, un integrador de sistema puede determinar el código de aplicación adecuado y el conjunto correspondiente de parámetros ópticos, fijando en primer lugar la atenuación del trayecto óptico total que incluirá todas las fuentes de pérdida de potencia ópticas y todo margen de diseño del cable especificado por el integrador de sistema. En situaciones en que la atenuación del sistema cae en el interior de la zona de superposición de atenuación de dos aplicaciones, puede aplicarse cualquier conjunto de parámetros ópticos. Los diseños más económicos corresponden por regla general al código de aplicación que tiene una gama de atenuación más estrecha. Para cada instalación, debe verificarse que la penalización del trayecto óptico total, que incluye las degradaciones por dispersión y reflexión combinadas, no rebasa el valor indicado en 6.4.4 y en los cuadros 2 a 4, puesto que valores más elevados pueden provocar un rápido deterioro del funcionamiento del sistema.

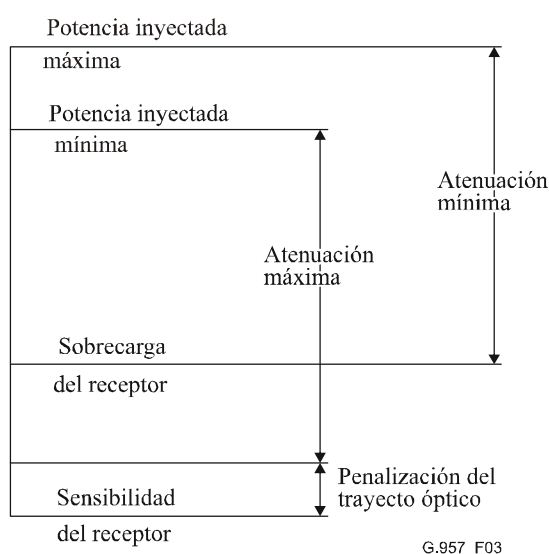


Figura 3/G.957 – Relación entre los parámetros ópticos

Para sistemas con dispersión limitada, el integrador de sistema puede seleccionar un código de aplicación adecuado y el correspondiente conjunto de parámetros ópticos determinando la dispersión total (ps/nm) prevista para la sección de cable elemental que debe diseñarse. Los diseños más económicos corresponden por regla general a la selección de la aplicación que tiene el valor de dispersión máximo más pequeño que rebasa el valor de dispersión determinado para el diseño del sistema. También en este caso debe verificarse la penalización del trayecto óptico total como se ha indicado anteriormente.

8.3 Método de diseño estadístico

El método estadístico se basa en el diseño de una sección de cable elemental mejorada, que excede posiblemente de la longitud de la sección obtenida mediante un diseño del caso más desfavorable. Admitiendo cierta probabilidad de que la atenuación o la dispersión entre los puntos S y R sea mayor que los valores especificados para los sistemas, o que no pueda obtenerse un diseño con compatibilidad transversal, pueden lograrse economías en los sistemas ópticos de larga distancia y elevada velocidad binaria reduciendo el número de repetidores.

Al utilizar el método estadístico, los parámetros del subsistema se expresan en términos de distribuciones estadísticas, cuyas características se supone que deben proporcionar los fabricantes.

Tales distribuciones pueden tratarse numéricamente (por ejemplo, mediante el método de Monte Carlo) o analíticamente (por ejemplo, medias gaussianas y desviaciones típicas).

Como ejemplos de parámetros que pueden considerarse de naturaleza estadística cabe citar los siguientes:

- atenuación del cable;
- longitud de onda de dispersión nula y pendiente de dispersión nula del cable;
- pérdidas en empalmes y conectores;
- características espectrales del transmisor (longitud de onda central, anchura espectral, etc.);
- ganancia disponible del sistema entre los puntos S y R (por ejemplo, potencia óptica disponible en el punto S y sensibilidad del receptor en el punto R. Puede que sea necesario tratar estos parámetros separadamente para considerar la compatibilidad transversal).

De acuerdo con las prácticas de diseño, cada uno de los anteriores parámetros puede considerarse estadístico o del caso más desfavorable. En un método semiestadístico, a los parámetros supuestamente determinísticos puede considerárseles una distribución de anchura nula alrededor del valor de caso más desfavorable. En la Rec. UIT-T G.955 se dan detalles al respecto.

8.4 Consideraciones para potenciar el sistema

Para potenciar el sistema existen dos posibilidades:

- 1) Puede ser conveniente potenciar el sistema del método plesiócrono existente al método de SDH (por ejemplo, pasar de un sistema a 139 264 kbit/s compatible con las especificaciones de la Rec. UIT-T G.955 a un sistema STM-1 basado en la presente Recomendación).
- 2) Puede ser conveniente potenciar el sistema de un nivel de la SDH a otro (por ejemplo, de STM-1 a STM-4).

No siempre es posible satisfacer ambas posibilidades simultáneamente para las aplicaciones de larga distancia y hay diversidad de opiniones en cuanto al método más adecuado que debe utilizarse para potenciar el sistema. Por ejemplo, para mantener la compatibilidad con los sistemas a 139 264 kbit/s y $4 \times 139\ 264$ kbit/s conformes a la Rec. UIT-T G.955, en la presente Recomendación se toman valores de 28 dB y 24 dB, respectivamente, como valores de atenuación máxima para aplicaciones de larga distancia de STM-1 y STM-4. La diferencia de atenuación máxima para estos dos niveles refleja la amplia disponibilidad actual de receptores STM-4 que cumplen los requisitos de sensibilidad del valor de atenuación inferior en comparación con los receptores STM-4 de coste relativamente alto que cumplen los requisitos de sensibilidad del valor de atenuación más elevado.

En el apéndice IV se describen dos ejemplos para potenciar el sistema.

8.5 Ingeniería conjunta

En un número limitado de casos la ingeniería conjunta puede enfocarse a satisfacer los requisitos de las secciones ópticas en las cuales se demuestren inadecuadas las especificaciones de esta Recomendación. Esto sucederá probablemente cuando las pérdidas de sección requeridas sean superiores (por ejemplo, 2 dB) al valor especificado en esta Recomendación, pero puede también tenerse en cuenta para otros parámetros.

En tales casos corresponde a las Administraciones/operadores afectados especificar exactamente los aspectos del sistema en los cuales no resultan satisfactorias las especificaciones de esta Recomendación. Es importante resaltar que las situaciones que precisen "ingeniería conjunta" serán probablemente distintas – careciendo, por tanto, de sentido intentar normalizar los valores de los parámetros para estos sistemas. En su lugar, corresponde a las Administraciones/operadores

afectados alcanzar un acuerdo sobre lo que se necesita, y negociar entonces con los fabricantes acerca de lo que sea realmente realizable. Este proceso desembocará probablemente en que los dos extremos de un enlace de transmisión deban ser suministrados por el mismo fabricante, el cual cumplirá la calidad de funcionamiento requerida mediante la optimización conjunta de los transmisores y los receptores.

Debe señalarse que, a pesar de la inutilidad de especificar valores de parámetros para sistemas tratados con "ingeniería conjunta, sería aconsejable que las Administraciones/operadores o los fabricantes involucrados siguieran las directrices generales y el método de ingeniería de sistemas utilizado en esta Recomendación. En particular, sería útil aplicar las mismas definiciones de parámetros (por ejemplo, sensibilidad del receptor en el punto de referencia R que incluya todos los efectos de temperatura y envejecimiento).

Anexo A

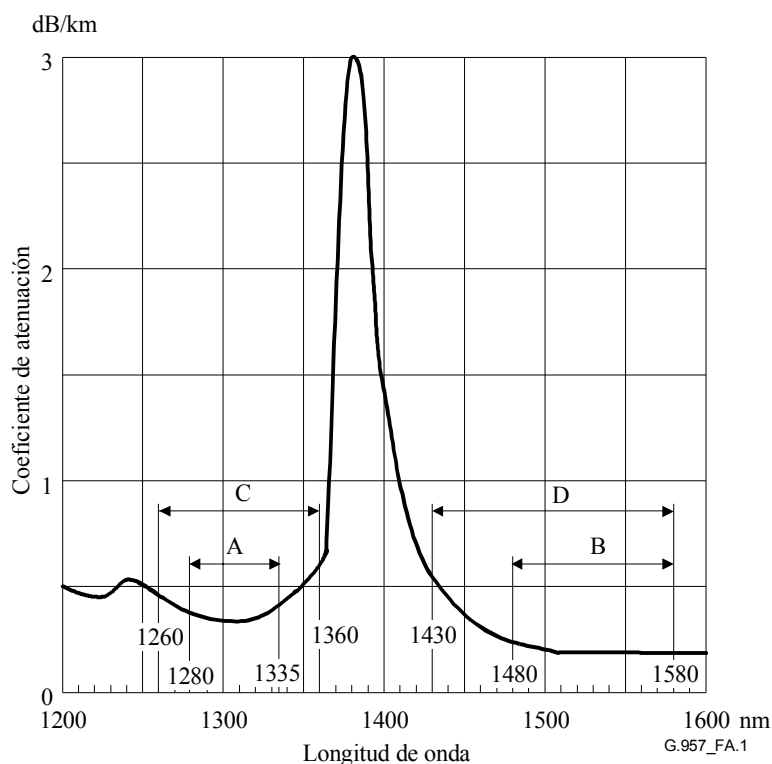
Consideraciones sobre la longitud de onda de funcionamiento del sistema

En el presente anexo aparece información más detallada sobre la elección de la gama de longitudes de onda de funcionamiento especificada en los cuadros 2 a 4.

A.1 Gamas de longitud de onda de funcionamiento determinadas por la atenuación de la fibra

En la figura A.1 se muestra la forma general del coeficiente de atenuación utilizado en la presente Recomendación para el cable de fibra instalado. Se incluyen las pérdidas debidas a los empalmes de instalación, los empalmes de reparaciones y la gama de temperaturas de funcionamiento. En la Rec. UIT-T G.652 se indica que se han obtenido valores de atenuación del orden de 0,3-0,4 dB/km en la región de 1310 nm y de 0,15-0,25 dB/km en la región de 1550 nm.

Las gamas de longitudes de onda indicadas en los cuadros 2 a 4 han sido confirmadas por los datos de los fabricantes de fibras en combinación con hipótesis respecto a un margen total en el que se tienen en cuenta el cableado, los empalmes de instalación, los empalmes de reparación y la gama de temperaturas de funcionamiento. Por ello se consideran apropiados, sólo para cálculos de los sistemas, los siguientes valores del coeficiente de atenuación máxima de referencia: 3,5 dB/km en aplicaciones intracentrales, 0,8 dB/km en aplicaciones de corto alcance, 0,5 dB/km en aplicaciones de largo alcance en 1310 nm y 0,3 dB/km en aplicaciones de largo alcance en 1550 nm. Se indica que, utilizando estos valores del coeficiente de atenuación, pueden alcanzarse las distancias objetivo aproximadas del cuadro 1.



Las gamas A y B son adecuadas para aplicaciones de larga distancia (L-N.x) y las C y D, para aplicaciones de corta distancia (S-N.x) e intracentrales (I-N).

Figura A.1/G.957 – Coeficiente de atenuación espectral típico para el cable de fibra instalado entre S y R

A.2 Gamas de longitud de onda de funcionamiento determinadas por la dispersión de la fibra

En fibras G.652 la longitud de onda de dispersión nula se encuentra comprendida entre 1300 nm y 1324 nm, de tal forma que desde el punto de vista de la dispersión, la optimización de la fibra se logra en la región de 1310 nm. Estas longitudes de onda y los correspondientes requisitos de pendiente de dispersión nula dan origen al valor absoluto máximo permitido del coeficiente de dispersión (indicado en la figura A.2-a coeficiente determinado por las fibras con las longitudes de onda de dispersión nula mínimas y máximas). Sin embargo, las fibras G.652 pueden utilizarse también en la región de 1550 nm para la cual el coeficiente de dispersión máximo es comparativamente elevado, como muestra la figura A.2-b.

Para fibras G.653, la gama permitida de longitudes de onda de dispersión nula se encuentra comprendida entre 1500 nm y 1600 nm, por consiguiente, desde el punto de vista de la dispersión la optimización de la fibra se logra en la región de 1550 nm. De las expresiones analíticas para el coeficiente de dispersión se obtienen los valores permitidos máximos indicados en la figura A.3. Las fibras G.653 también pueden utilizarse en la región de 1310 nm para la cual el coeficiente de dispersión es comparativamente elevado. Sin embargo, esta posible aplicación no se considera actualmente en la Rec. UIT-T G.957.

Para las fibras G.654 en la región de 1550 nm, el coeficiente de dispersión es similar pero ligeramente superior al de las fibras G.652. Este parámetro se encuentra aún en estudio y no se ha tenido en cuenta en los cuadros 2 a 4.

Para las fibras G.652 en la región de 1310 nm y para las fibras G.653 en la región de 1550 nm, la gama de longitudes de onda limitada por la dispersión se elige de tal forma que los valores absolutos del coeficiente de dispersión en las longitudes de onda límite sean aproximadamente

iguales. Como puede observarse en los perfiles que aparecen en la figura A.2-a y en la figura A.3, los valores absolutos de la dispersión son inferiores dentro de la gama de longitudes de onda de funcionamiento.

Para fibras G.654 y también para fibras G.652 en la región de 1550 nm, puede observarse en la figura A.2-b que la dispersión limita la longitud de onda de funcionamiento superior y la atenuación limita la longitud de onda de funcionamiento inferior.

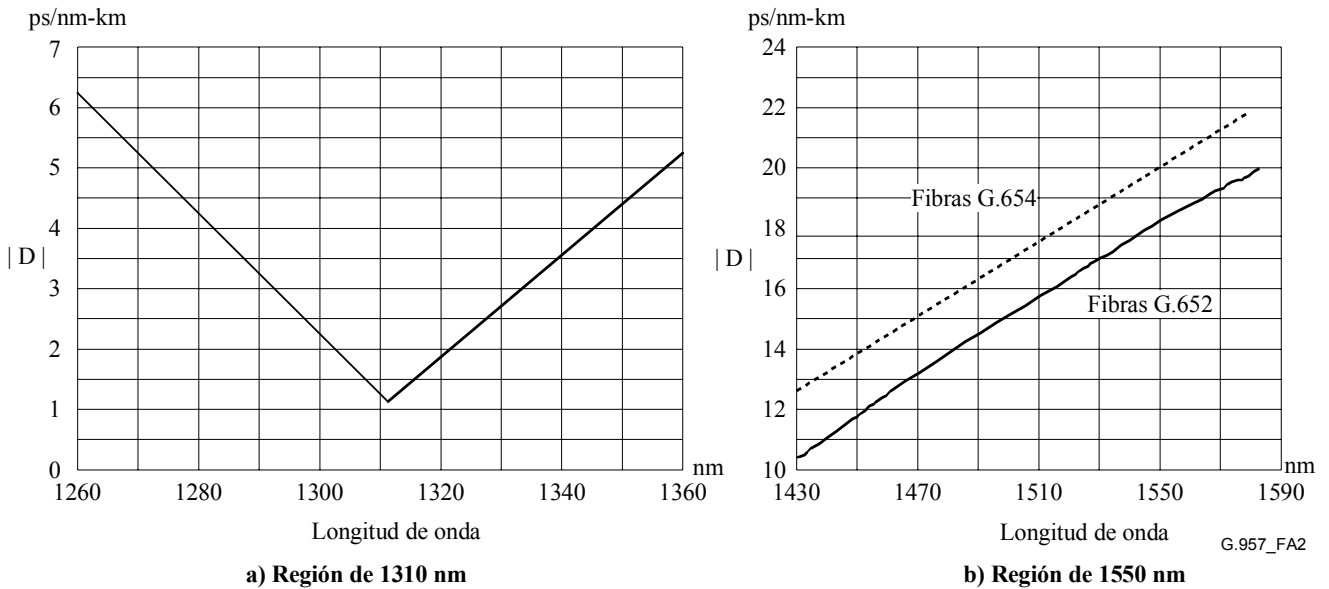


Figura A.2/G.957 – Valor absoluto máximo, $|D|$, del coeficiente de dispersión para las fibras G.652 (—) y G.654 (----)

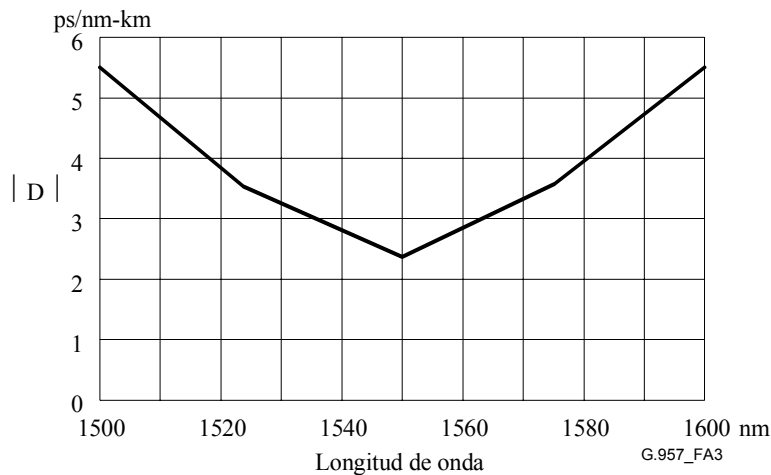


Figura A.3/G.957 – Valor absoluto máximo, $|D|$, del coeficiente de dispersión para las fibras G.653

La interacción entre el transmisor y la fibra se tiene en cuenta mediante un parámetro ϵ . Dicho parámetro se define como el producto de 10^{-6} por la velocidad binaria (en Mbit/s) por la dispersión del trayecto (en ps/nm) y por el valor eficaz de la anchura espectral (en nm). Para una penalización de potencia de 1 dB debido a la dispersión, ϵ presenta un valor máximo. Para LED y láseres SLM se ha aplicado un valor de 0,306 únicamente en el caso de interferencia entre símbolos. La anchura de 20 dB para láseres SLM es 6,07 veces el valor eficaz de la anchura. (Para la aplicación L-16.2 únicamente, es necesario aumentar el valor de ϵ a 0,491, lo que corresponde a una penalización de potencia de 2 dB.) En los láseres MLM se aplica un valor máximo de 0,115 en el caso de interferencia entre símbolos añadida al ruido de partición de modos. (Para I-1 e I-4, las grandes anchuras espectrales pueden no registrarse a menudo, pero se mantienen aquí teniendo en cuenta la posible reducción de los costos.) Para la fluctuación de la longitud de onda no se aplica ningún valor conocido a los láseres SLM.

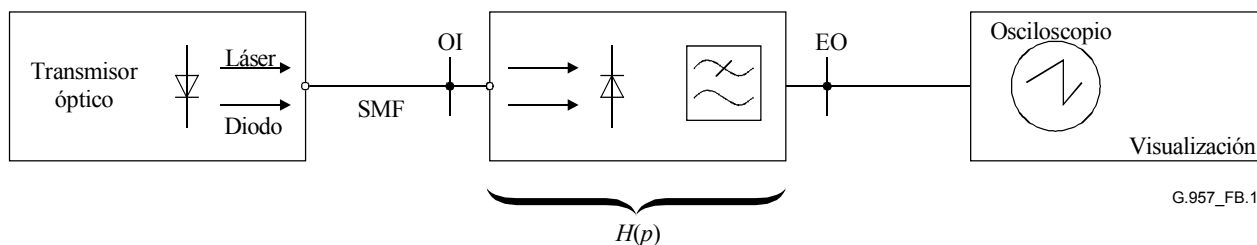
Para una anchura espectral determinada, la dispersión del trayecto óptico viene fijada para un código de aplicación concreto. Tomando la distancia de propagación adecuada que figura en el cuadro 1 se deduce el coeficiente de dispersión máximo permitido. La dependencia espectral del coeficiente de dispersión determina la gama de longitudes de onda limitada por la dispersión. (Deben realizarse más estudios sobre la utilización del coeficiente de dispersión más allá de las gamas de longitud de onda indicadas en las Recs. UIT-T G.652, G.653 o G.654.)

Anexo B

Medición de la plantilla del diagrama en ojo de la señal óptica transmitida

B.1 Montaje de medición

Para asegurar que la señal óptica transmitida se adapta al comportamiento del receptor, se recomienda establecer el montaje de medición que aparece en la figura B.1 con el fin de determinar el diagrama en ojo de la señal óptica transmitida. Para la adaptación del nivel puede utilizarse un atenuador óptico en el punto de referencia OI, mientras que para la adaptación de ese mismo nivel en el punto de referencia EO puede utilizarse un amplificador eléctrico. Los valores de la plantilla del diagrama en ojo de la figura 2 incluyen errores de medición tales como el ruido de muestreo del osciloscopio y las desviaciones introducidas en la fabricación del filtro paso bajo.



G.957_FB.1

- $H(p)$ Función de transferencia del receptor óptico de referencia incluidas las funciones de transferencia del diodo fotodetector y del filtro paso bajo
 SMF Menos de 10 m de fibra óptica monomodo de acuerdo con las Recs. UIT-T G.652, G.653 o G.654
 OI, EO Puntos de referencia para la entrada óptica (OI, *optical input*) y la salida eléctrica (EO, *electrical output*)

Figura B.1/G.957 – Montaje de medición del diagrama en ojo del transmisor

B.2 Función de transferencia del receptor óptico de referencia

La función nominal de transferencia del receptor óptico de referencia se caracteriza por una respuesta Bessel-Thomson de cuarto orden, de acuerdo con la expresión:

$$H(p) = \frac{1}{105} (105 + 105y + 45y^2 + 10y^3 + y^4)$$

con:

$$p = j \frac{\omega}{\omega_r}$$

$$y = 2,1140p$$

$$\omega_r = 1,5\pi f_0$$

$$f_0 = \text{velocidad binaria}$$

La frecuencia de referencia es $f_r = 0,75 f_0$. La atenuación nominal a dicha frecuencia es de 3 dB, de donde se desprende que la atenuación a $0,03 f_r$ es de 0 dB. En el cuadro B.1 aparecen los valores correspondientes de atenuación y distorsión por retardo de grupo para diversas frecuencias. En la figura B.2 se muestra un diagrama de circuitos simplificado del filtro paso bajo utilizado para medir la plantilla del diagrama en ojo de la señal óptica transmitida.

NOTA – Este diagrama no está destinado a representar el filtro de ruido utilizado en un receptor óptico.

Cuadro B.1/G.957 – Valores nominales de la atenuación y de la distorsión por retardo de grupo de receptor óptico de referencia

f/f_0	f/f_r	Atenuación (dB)	Distorsión por retardo de grupo (UI)
0,15	0,2	0,1	0
0,3	0,4	0,4	0
0,45	0,6	1,0	0
0,6	0,8	1,9	0,002
0,75	1,0	3,0	0,008
0,9	1,2	4,5	0,025
1,0	1,33	5,7	0,044
1,05	1,4	6,4	0,055
1,2	1,6	8,5	0,10
1,35	1,8	10,9	0,14
1,5	2,0	13,4	0,19
2,0	2,67	21,5	0,30

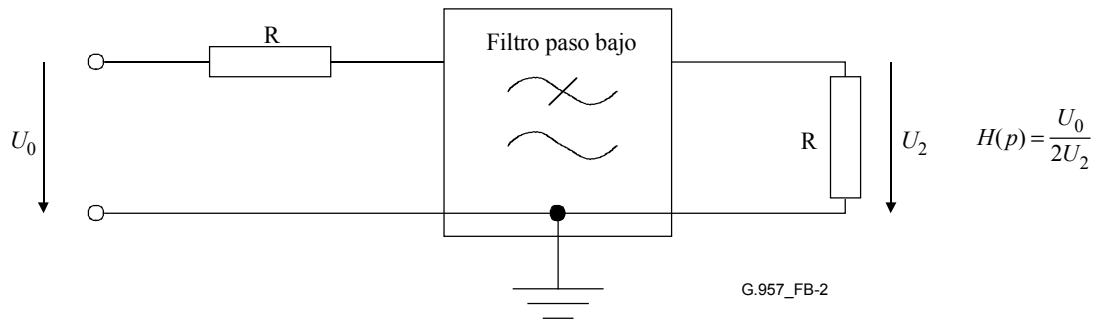


Figura B.2/G.957 – Filtro receptor paso bajo para la medición del diagrama en ojo del transmisor

Para tener en cuenta las tolerancias de los componentes del receptor óptico de referencia incluido el filtro paso bajo, los valores de atenuación real y atenuación nominal no deben diferir en un valor superior al especificado en el cuadro B.2. Debe comprobarse la uniformidad del retardo de grupo en la banda de frecuencias inferiores a la frecuencia de referencia. La desviación admisible queda en estudio.

Cuadro B.2/G.957 – Valores de tolerancia de la atenuación del receptor óptico de referencia

f/f_r	Δa (dB) ^{a)}		
	STM-1	STM-4	STM-16
0,001 .. 1	±0,3	±0,3	±0,5
1 .. 2	±0,3 ... ±2,0	±0,3 ... ±2,0	±0,5 ... ±3,0

a) Valores provisionales.
 NOTA – Los valores intermedios de Δa deben interpolarse linealmente en una escala de frecuencia logarítmica.

Apéndice I

Métodos de medición de las reflexiones

Se utilizan generalmente dos métodos. El reflectómetro óptico de onda continua (OCWR, *optical continuous-wave reflectometer*) emplea una fuente de luz estable continua o modulada, con un medidor de potencia óptica promediada en el tiempo de alta sensibilidad. Este método es adecuado para medir la pérdida de retorno óptico de la planta de cable en el punto S o la reflectancia del receptor en el punto R. El reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (OTDR, *optical time-domain reflectometer*) hace uso de una fuente de impulsos con un ciclo de trabajo reducido así como de un receptor óptico sensible con resolución temporal. Este último método es adecuado para medir reflectancias discretas entre los puntos S y R o la reflectancia del receptor en el punto R.

Ambos instrumentos utilizan acopladores ópticos 2×1 , que están disponibles en el mercado. Las instrucciones contenidas en el instrumento pueden sustituir a las que figuran a continuación. Además, se están desarrollando procedimientos de prueba.

A efectos de calibración puede utilizarse un puente de conexión con un reflector terminal conocido. El valor de la reflectancia puede ser casi 0 (obtenida mediante una cuidadosa adaptación del índice y una flexión tensa en la fibra) o aproximadamente $-14,5$ dB (con un buen corte) o alguna otra reflectancia conocida R_0 (como la obtenida con un corte imperfecto o la aplicación de un recubrimiento de película fina). La conexión entre el puente de conexión y el instrumento debe presentar una reflectancia baja.

I.1 Reflectómetro óptico de onda continua

En la figura I.1 aparece la nomenclatura del acoplador; las siguientes mediciones de calibración deben llevarse a cabo una sola vez. La potencia P_S se mide conectando directamente la fuente óptica al medidor de potencia. A continuación se conecta la fuente al puerto de salida 3 del acoplador y el medidor de potencia mide el valor de P_{32} en el puerto de entrada 2. Luego se conecta la fuente al puerto de entrada 1 y el medidor de potencia mide el valor de P_{13} en el puerto 3. Por último, se conecta el puente de conexión no reflectante al puerto 3 y en el puerto 2 se mide el valor de la potencia P_0 .

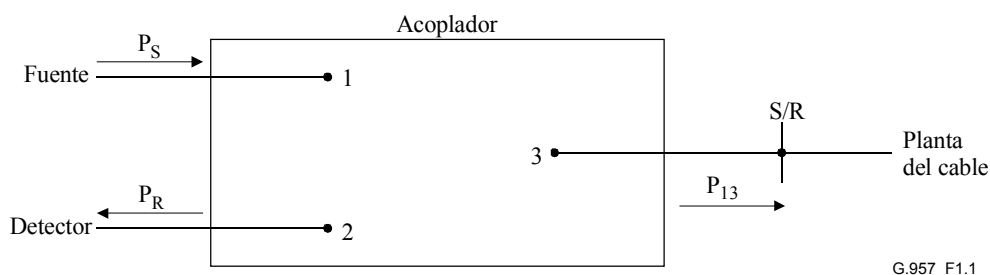


Figura I.1/G.957 – Disposición del acoplador para el OTDR y el OCWR

Para medir la reflectancia del detector, se conecta al puerto 3 el conector del punto R; para medir la pérdida de retorno total de la planta de cables, se conecta al puerto 3 el conector del punto S. En ambos casos el medidor de potencia mide el valor de P_R en el puerto 2. La reflectancia del detector es:

$$R = 10 \log_{10} \frac{P_S (P_R - P_0)}{P_{13} P_{32}}$$

La pérdida de retorno total de la planta de cables es:

$$ORL = -R$$

I.2 Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo

En este caso el acoplador normalmente está incorporado en el instrumento. Se suministra un atenuador óptico variable y un rabillo de fibra de longitud superior a la de la zona inactiva del instrumento, si no se encuentran incorporados al mismo. La siguiente medición de calibración debe ser realizada una sola vez. Se acopla un puente de conexión de reflectancia conocida R_0 obteniéndose la traza del OTDR que aparece esquemáticamente en la figura I.2. Se ajusta el atenuador óptico hasta que la cresta de reflexión caiga inmediatamente por debajo del nivel de saturación del instrumento y se anota la altura de la cresta H_0 . A continuación se calcula el factor de calibración.

$$F = R_0 - 10 \log_{10} \left(10^{\frac{H_0}{5}} - 1 \right)$$

(midiendo la duración temporal D del impulso, el coeficiente de retroesparcimiento de la fibra es $B = F - 10 \log_{10} D$. Si D se expresa en ns, B es aproximadamente -80 dB.)

Para medir la reflectancia discreta máxima entre los puntos S y R, se conecta el OTDR a los puntos S o R. Se anota la altura de la cresta H para una reflectancia en particular. El valor resultante es:

$$R = F + 10 \log_{10} \left(10^{\frac{H}{5}} - 1 \right)$$

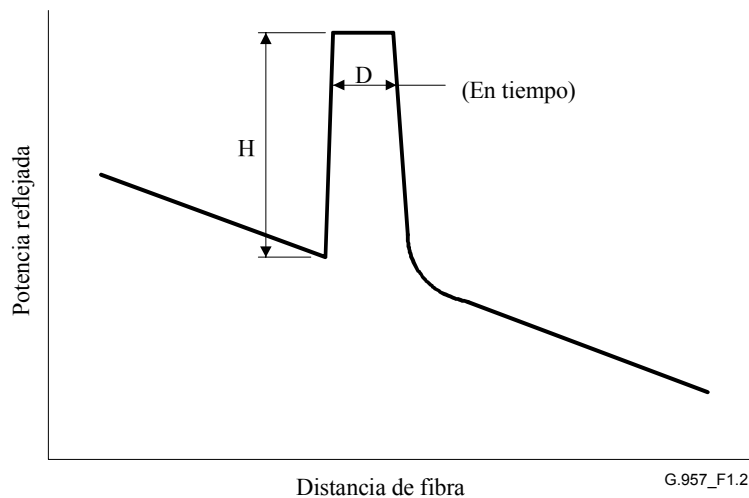


Figura I.2/G.957 – Traza del OTDR en un reflector discreto

Apéndice II

Implementación de la medición de inmunidad a los dígitos idénticos consecutivos (CID, *consecutive identical digit*)

II.1 Introducción

Las señales STM-N contienen regiones dentro del tren de datos en las cuales la posibilidad de introducción de errores de bit es superior como consecuencia de la estructura de los datos dentro de las mismas.

Se pueden identificar tres casos en particular:

- 1) errores resultantes del cierre de ojo debido a la tendencia que tiene el nivel medio de la señal dentro del equipo a variar con la densidad del diagrama a causa de los acoplamientos de corriente alterna ("fluctuación lenta de fase de c.c.");
- 2) errores producidos por fallo del enlace del circuito de recuperación de la temporización con regiones de datos que contienen muy poca información de temporización en forma de transiciones de datos;
- 3) errores debidos a fallo del circuito de recuperación de la temporización como en el caso 2) anterior, pero combinados con la ocurrencia de la primera línea de los octetos de encabezamiento de la sección STM-N precediendo un periodo de bajo contenido de temporización (estos octetos tienen un contenido de datos pequeño, en especial para N grande).

Con el fin de verificar la capacidad del equipo STM-N para funcionar sin errores en las condiciones anteriores, se presenta un método posible de evaluación de la inmunidad a los dígitos idénticos consecutivos (CID) de un bloque de circuitos.

Este método puede emplearse en la fase de diseño del equipo y en los puntos apropiados del proceso de montaje de la producción.

Pueden utilizarse patrones de señales digitales alternativas para verificar la adecuación de la recuperación de la temporización y la característica de baja frecuencia de los equipos STM-N.

A continuación, y en la figura II.1, se definen secuencias apropiadas del patrón.

Esta prueba no pretende simular las condiciones que se pueden dar en condiciones de funcionamiento anómalo a las que el equipo puede estar sujeto.

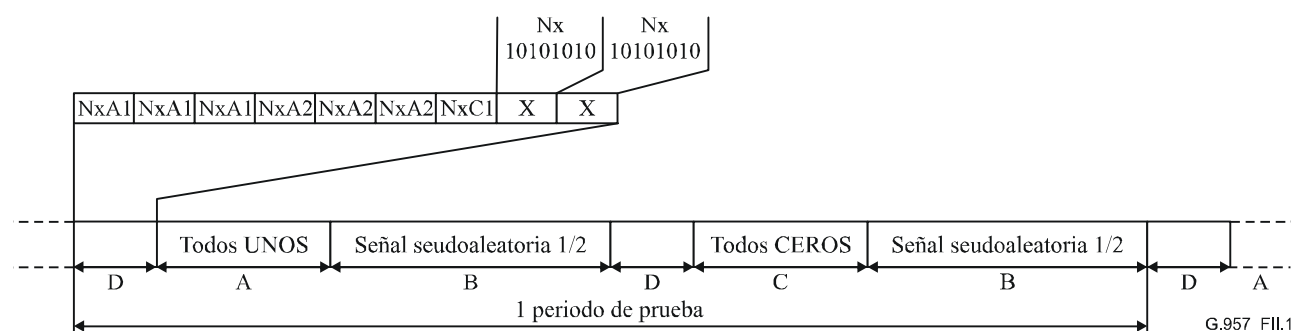


Figura II.1/G.957 – Secuencia de prueba según el patrón STM-N

II.2 Método

Los patrones de prueba específicos están formados por bloques consecutivos de datos de cuatro tipos:

- a) todo unos (contenido de temporización cero, amplitud media de la señal alta);
- b) datos pseudoaleatorios con una relación marca-densidad de 1/2;
- c) todo ceros (contenido de temporización cero, amplitud media de la señal baja);
- d) bloque de datos constituido por la primera línea de octetos de encabezamiento de sección del sistema STM-N sometido a prueba.

En la figura II.1 se muestra el patrón de prueba, donde se identifican las regiones A, B, C y D.

La duración de los periodos A y C de contenido de temporización cero se hace igual a las secuencias de elementos iguales más largas esperadas en la señal STM-N. Para esta duración se propone provisionalmente un valor de nueve octetos (72 bits).

La duración de los periodos pseudoaleatorios deberá permitir recuperar el desplazamiento de la línea de base cero de la señal y del circuito de recuperación de la temporización que sigue a la ocurrencia de los periodos A y C. Por consiguiente, esta duración debe ser mayor que la constante de tiempo más larga en el subsistema receptor. En el caso de una extracción de reloj basada en PLL (bucle de enganche de fase), ésta puede arrojar un valor del orden de 10 000 bits. Teniendo en cuenta las posibles limitaciones del equipo de prueba, se considera aceptable un valor mínimo de 2000 bits.

El contenido de la sección pseudoaleatoria debe ser generado por un aleatorizador con el mismo polinomio definido en la Rec. UIT-T G.707/Y.1322. En el caso ideal, el aleatorizador debe "funcionar libremente", es decir el principio del patrón no debe estar correlacionado con la sección de alineación de trama. Esta disposición asegurará que el sistema experimente la puesta en fase más desfavorable posible de la secuencia binaria pseudoaleatoria (PRBS, *pseudo-random binary sequence*) en algún punto durante la ejecución de la prueba. Sin embargo, se reconoce que las limitaciones del equipo de prueba pueden impedir el uso de un aleatorizador de funcionamiento libre. En consecuencia, puede ser necesario especificar una puesta en fase del caso más desfavorable de la PRBS. Este asunto queda en estudio.

El periodo D se define como la primera fila del encabezamiento de la sección de la señal STM-N, incluidos los octetos C1 válidos (números binarios consecutivos) como se describe en 9.2/G.707/Y.1322.

Se recomienda que esta prueba se aplique a los sistemas SDH en cualquier momento apropiado durante la fase de diseño o de producción. Esto debe realizarse para demostrar la capacidad de los circuitos de decisión y recuperación de la temporización para tratar adecuadamente señales SDH del caso más desfavorable.

Debe hacerse hincapié en que el patrón de prueba puede ser rechazado por, o a causa de, el incorrecto funcionamiento de determinados equipos, debido, por ejemplo, a la aparición de los octetos de alineación de trama dentro del patrón. La prueba debe por tanto utilizarse solamente para agrupaciones no afectadas por lo anterior, tales como las unidades de recuperación de la temporización, las cadenas de amplificadores del receptor, etc.

Sin embargo, la prueba puede ser aplicable en determinados casos en los puertos de usuario disponibles. No se propone como prueba de aceptación general que pueda requerir puertos de acceso definidos y disposiciones especiales de conexión dentro del equipo.

Apéndice III

Posible método para evaluar la contribución del margen de envejecimiento en las especificaciones de sensibilidad del receptor

El presente apéndice trata de un posible método para determinar los efectos del envejecimiento en las especificaciones de la sensibilidad del receptor utilizadas en esta Recomendación.

III.1 Sensibilidad del receptor y apertura del ojo

En la figura III.1 está representada la apertura del ojo en el receptor en función de la potencia óptica recibida. El valor de la apertura del ojo E , es el determinado por el diseñador del sistema para que éste funcione con una BER de 10^{-10} . La potencia recibida P_2 corresponde a la necesaria para la máxima apertura del ojo en el receptor. Para un funcionamiento estable del sistema, la potencia óptica recibida se establece normalmente a un nivel superior a P_1 , tal que, al final de la vida útil del sistema, se siga satisfaciendo la apertura del ojo especificada, E . Así pues, P_1 es la sensibilidad del receptor al final de la vida útil y P_0 es la sensibilidad al comienzo de la vida útil. M es el margen entre P_1 y P_0 con el que se tienen en cuenta los efectos del envejecimiento del receptor. El margen para el ojo depende de las características del receptor y sus valores, por ejemplo, pueden ser $E_1 - E$ y $E_2 - E$ para receptores diferentes (por ejemplo, de tipo I o de tipo II). No puede obtenerse un margen de ojo apropiado si la potencia recibida es P_0 .

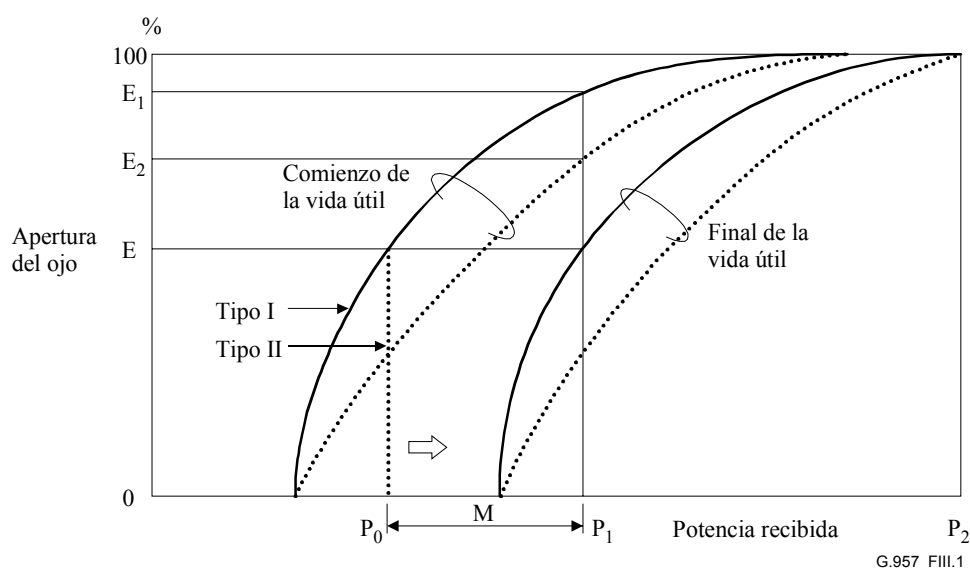


Figura III.1/G.957 – Características de la apertura del ojo

Con respecto a los efectos del envejecimiento sobre el comportamiento del receptor, puede suponerse que la gráfica que relaciona la apertura del ojo con la potencia óptica recibida se desplaza paralelamente a las características iniciales, como indica la figura III.2. Con objeto de simular los efectos de envejecimiento, también puede suponerse que puede obtenerse la curva desplazada añadiendo una cierta cantidad de ruido de interferencia entre símbolos a la señal correspondiente al valor inicial del margen de ojo. El método de prueba propuesto para evaluar la apertura del ojo mediante esta técnica es la prueba S/X .

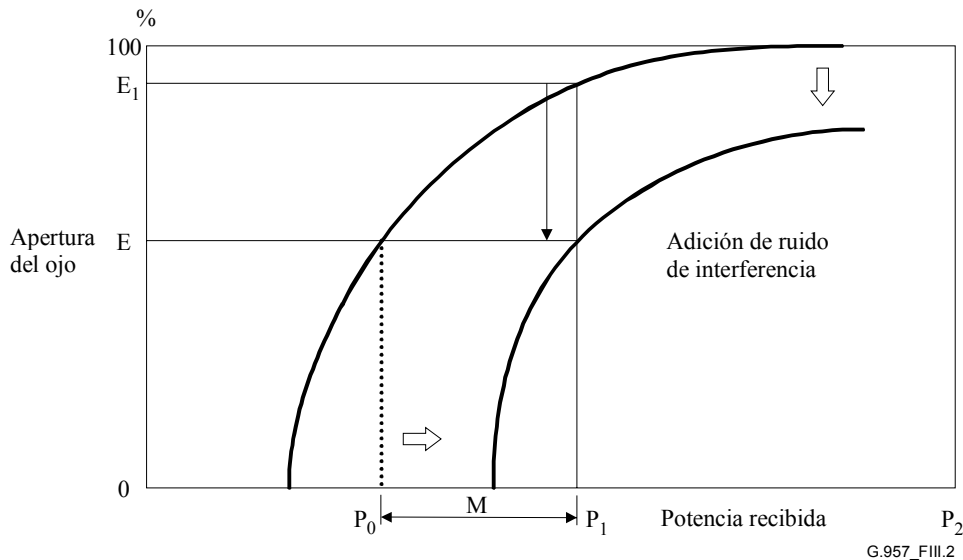


Figura III.2/G.957 – Apertura del ojo debida a la interferencia entre símbolos

III.2 Método de prueba S/X

Para simular el ruido de interferencia entre símbolos, se realiza la prueba S/X utilizando una señal NRZ modulada a baja frecuencia en comparación con la velocidad binaria de funcionamiento del sistema. Esta señal interferente se combina ópticamente con una señal óptica normal y se aplica al receptor probado.

En la prueba S/X, la potencia óptica normal de la señal se ajusta normalmente a P_1 . La potencia óptica del ruido de interferencia, X , puede determinarse por la relación existente entre la apertura del ojo y la relación S/X cuyas características aparecen en la figura III.3. A partir de dicha figura, puede calcularse la relación S/X como $(S/X)_E$ por la relación entre E_1 y E . El margen de envejecimiento M y $(S/X)_E$ vienen dados por:

$$M = P_1 - P_0$$

$$(S/X)_E = \frac{P_1}{X}$$

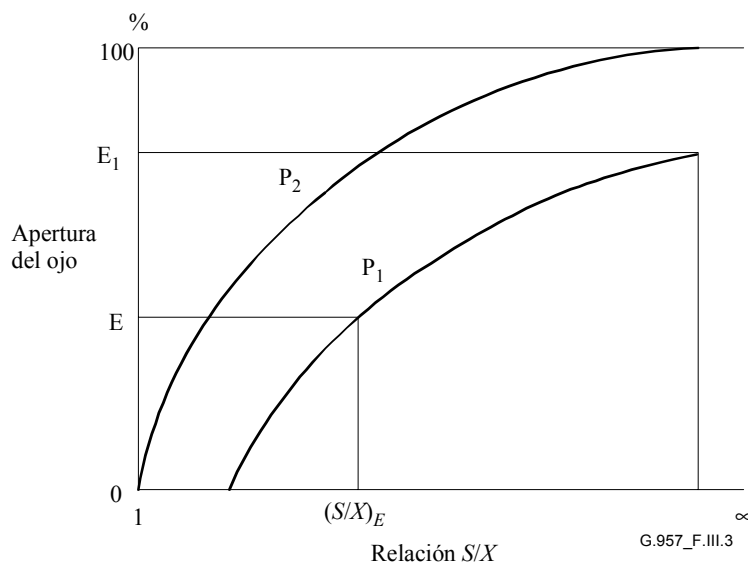
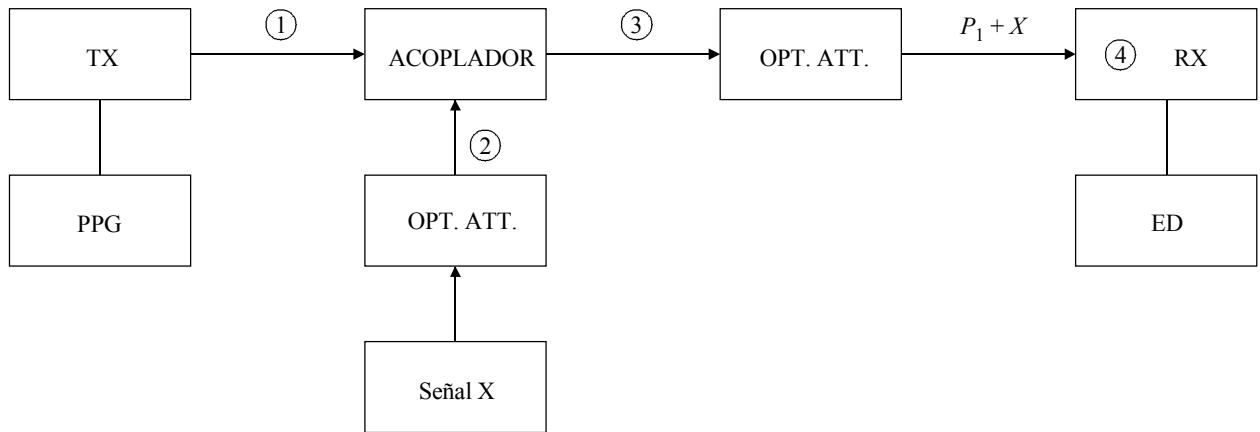


Figura III.3/G.957 – Parámetro de apertura del ojo y relación S/X

En la figura III.4 se muestra la configuración de prueba.



- ACOPLADOR Acoplador óptico
- ED Detector de errores
- OPT. ATT. Atenuador óptico
- PPG Generador del diagrama de impulsos
- RX Receptor
- SEÑAL X Generador de la señal de interferencia óptica
- TX Transmisor

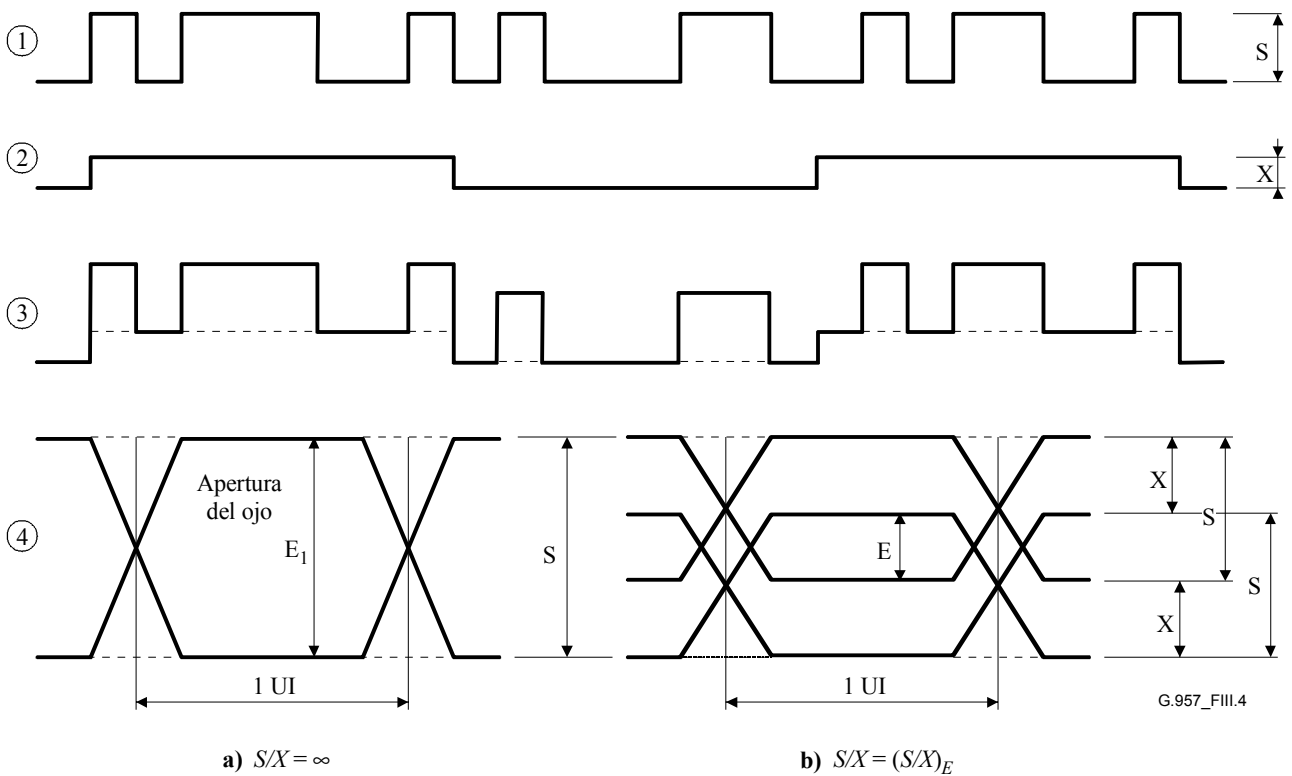


Figura III.4/G.957 – Configuración para la medición de S/X

Apéndice IV

Ejemplos de mejora del sistema

A continuación figuran dos ejemplos de mejora del sistema:

IV.1 Ejemplo 1

Con el fin de obtener diseños optimizados de bajo coste para un nivel jerárquico en p articular utilizando componentes ópticos actuales ampliamente disponibles, deben adoptarse los siguientes márgenes de atenuación para las aplicaciones de larga distancia:

- STM-1 28 dB;
- STM-4 24 dB;
- STM-16 24 dB.

Para pasar de un nivel jerárquico a otro más alto manteniendo en el sistema potenciado la misma separación entre regeneradores que en el sistema original, se dispone de las siguientes opciones:

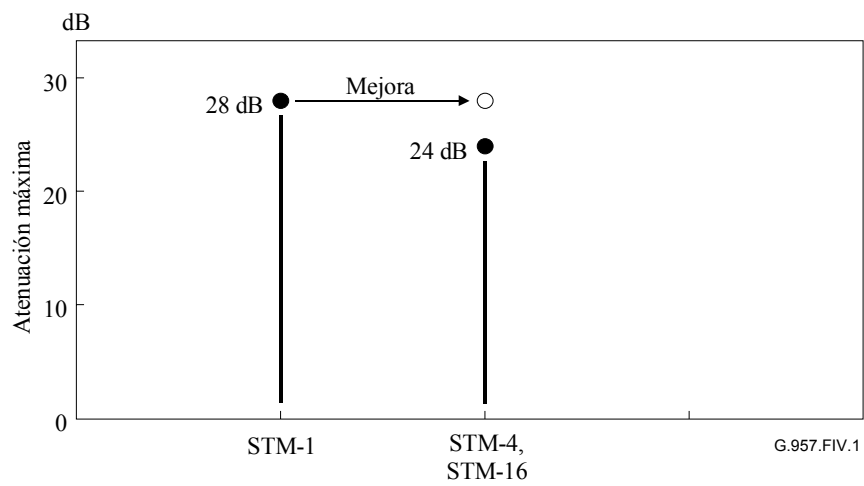
- i) El diseño original del sistema puede basarse en el valor de atenuación más pequeño (es decir, de nivel jerárquico más elevado) que cabe esperar para el sistema de larga distancia potenciado.
- ii) Si el sistema original funciona en la región de 1310 nm con una fibra G.652, puede elegirse el sistema potenciado de tal forma que funcione en la región de 1550 nm para obtener una atenuación del cable inferior, si bien con una mayor penalización de dispersión.
- iii) En el sistema potenciado pueden sustituirse componentes que presenten pérdidas relativamente elevadas (por ejemplo, conectores) por componentes con pérdidas inferiores.
- iv) Pueden utilizarse métodos estadísticos de diseño para obtener secciones de cable mejoradas en el sistema potenciado.

IV.2 Ejemplo 2

Otro método para potenciar el sistema consiste en utilizar el concepto de un conjunto de grados en los sistemas STM-N de orden superior para las interfaces entre centrales de larga distancia. En el cuadro IV.1 y en la figura IV.1 se muestra la clasificación por grados basada en la atenuación máxima. Deben estudiarse los valores de los parámetros para los distintos grados. Al considerar la planificación de la red y los costes, los usuarios pueden aplicar estos grados. Además, el diseño de sistema de grado más elevado debe permitir la incorporación de los futuros avances tecnológicos y las variaciones de las necesidades de servicio.

Cuadro IV.1/G.957 – Clasificación por grados en aplicaciones de larga distancia

Atenuación máxima	STM-1	STM-4	STM-16
28 dB	Grado 1	Grado 2	Grado 2
24 dB	–	Grado 1	Grado 1



- Grado 1
- Grado 2 (valor compatible potenciado a partir de un nivel STM inferior)

Figura IV.1/G.957 – Atenuaciones máximas para interfaces entre centrales de larga distancia STM-N con dos grados

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
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedios
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedios
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros 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 transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
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