



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

G.653

(03/93)

**CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS
DE TRANSMISIÓN**

**CARACTERÍSTICAS DE LOS CABLES
DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO
CON DISPERSIÓN DESPLAZADA**

Recomendación UIT-T G.653

(Anteriormente «Recomendación del CCITT»)

PREFACIO

El Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T) es un órgano permanente de la Unión Internacional de Telecomunicaciones. El UIT-T tiene a su cargo el estudio de las cuestiones técnicas, de explotación y de tarificación y la formulación de Recomendaciones al respecto con objeto de normalizar las telecomunicaciones sobre una base mundial.

La Conferencia Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (CMNT), que se reúne cada cuatro años, establece los temas que habrán de abordar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que preparan luego Recomendaciones sobre esos temas.

La Recomendación UIT-T G.653, revisada por la Comisión de Estudio XV (1988-1993) del UIT-T, fue aprobada por la CMNT (Helsinki, 1-12 de marzo de 1993).

NOTAS

1 Como consecuencia del proceso de reforma de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), el CCITT dejó de existir el 28 de febrero de 1993. En su lugar se creó el 1 de marzo de 1993 el Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T). Igualmente en este proceso de reforma, la IFRB y el CCIR han sido sustituidos por el Sector de Radiocomunicaciones.

Para no retrasar la publicación de la presente Recomendación, no se han modificado en el texto las referencias que contienen los acrónimos «CCITT», «CCIR» o «IFRB» o el nombre de sus órganos correspondientes, como la Asamblea Plenaria, la Secretaría, etc. Las ediciones futuras en la presente Recomendación contendrán la terminología adecuada en relación con la nueva estructura de la UIT.

2 Por razones de concisión, el término «Administración» se utiliza en la presente Recomendación para designar a una administración de telecomunicaciones y a una empresa de explotación reconocida.

© UIT 1993

Reservados todos los derechos. No podrá reproducirse o utilizarse la presente Recomendación ni parte de la misma de cualquier forma ni por cualquier procedimiento, electrónico o mecánico, comprendidas la fotocopia y la grabación en micropelícula, sin autorización escrita de la UIT.

ÍNDICE

	<i>Página</i>
1 Características de la fibra	1
1.1 Diámetro del campo modal	1
1.2 Diámetro del revestimiento	1
1.3 Error de concentricidad del campo modal	2
1.4 No circularidad	2
1.5 Longitud de onda de corte	2
1.6 Pérdida por flexión a 1550 nm	2
1.7 Propiedades de los materiales de la fibra	3
1.8 Perfil del índice de refracción	3
1.9 Uniformidad longitudinal	3
2 Especificaciones de los largos de fabricación	3
2.1 Coeficiente de atenuación	3
2.2 Coeficientes de dispersión cromática	4
3 Secciones elementales de cable	5
3.1 Atenuación	5
3.2 Dispersión cromática	5

CARACTERÍSTICAS DE LOS CABLES DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO CON DISPERSIÓN DESPLAZADA

(Melbourne, 1988; modificada en Helsinki, 1993)

El CCITT,

considerando

- (a) que los cables de fibra óptica con dispersión desplazada serán ampliamente utilizados en las redes de telecomunicación;
- (b) que las aplicaciones potenciales previstas pueden exigir varios tipos de fibras monomodo de características que difieran en la longitud de onda de trabajo, las características geométricas y ópticas y las características de atenuación, dispersión y otras características de transmisión,

recomienda

una fibra monomodo con dispersión desplazada, con longitud de onda de dispersión nula nominal próxima a 1550 nm y un coeficiente de dispersión que aumenta monotónicamente con la longitud de onda. Esta fibra está optimizada para uso a longitudes de onda en la región entre 1500 nm y 1600 nm, pero puede utilizarse también a longitudes de onda en torno a 1310 nm, con las restricciones indicadas en esta Recomendación.

Sus parámetros geométricos, ópticos y de transmisión se describen a continuación.

El significado de los términos empleados en esta Recomendación y las directrices que han de seguirse en las mediciones para verificar las diversas características se indican en la Recomendación G.650. Las características de esta fibra, incluidas las definiciones de los correspondientes parámetros, sus métodos de prueba y los valores pertinentes, se precisarán a medida que se avance en los estudios y se adquiera experiencia.

1 Características de la fibra

En esta cláusula sólo se recomiendan las características de la fibra, que proporcionan una mínima estructura de diseño esencial para los fabricantes de fibras. De éstas, la longitud de onda de corte de la fibra cableada puede verse apreciablemente afectada por la fabricación o la instalación del cable. Además, las características recomendadas se aplicarán igualmente a las fibras individuales, a las fibras incorporadas en un cable arrollado en un tambor, y a las fibras en cables instalados.

Esta Recomendación se aplica a las fibras que tienen un campo modal nominalmente circular.

1.1 Diámetro del campo modal

El valor nominal del diámetro del campo modal a 1550 nm estará en la gama de 7,0 a 8,3 μm . La desviación del diámetro del campo modal no deberá exceder de $\pm 10\%$ de su valor nominal.

NOTAS

- 1 La elección de un valor específico de la gama indicada no está necesariamente asociada con un diseño de fibra específico.
- 2 Debe señalarse que el comportamiento de la fibra necesario para una determinada aplicación depende más de los parámetros esenciales de la propia fibra y del sistema, es decir, del diámetro del campo modal, de la longitud de onda de corte, de la dispersión cromática, de la longitud de onda de trabajo del sistema y de la velocidad binaria/frecuencia de funcionamiento, que del diseño de la fibra.

1.2 Diámetro del revestimiento

El valor nominal recomendado del diámetro del revestimiento es 125 μm . La desviación del diámetro del revestimiento no debe exceder de $\pm 2 \mu\text{m}$.

Para determinadas técnicas de unión y ciertos requisitos de pérdida de las uniones, pueden ser apropiadas otras tolerancias.

1.3 Error de concentricidad del campo modal

El error de concentricidad para el campo modal a 1550 nm no debe exceder de 1 μm .

NOTA – Para determinadas técnicas de empalme y ciertos requisitos de pérdida en los empalmes, pueden ser adecuadas tolerancias de hasta 3 μm .

1.4 No circularidad

1.4.1 No circularidad del campo modal

En la práctica, la no circularidad del campo modal de las fibras que tienen campos modales nominalmente circulares es lo suficientemente baja como para que la propagación y los empalmes no se vean afectados. En consecuencia, no se considera necesario recomendar un valor determinado de no circularidad del campo modal. En general, no es necesario medir la no circularidad del campo modal con fines de aceptación.

1.4.2 No circularidad del revestimiento

La no circularidad del revestimiento debe ser inferior al 2%. Para determinadas técnicas de empalme y ciertos requisitos de pérdida en las uniones, pueden ser apropiadas otras tolerancias.

1.5 Longitud de onda de corte

Pueden distinguirse dos tipos útiles de longitudes de onda de corte:

- a) la longitud de onda de corte λ_c de una fibra con recubrimiento primario acorde con el método de prueba de referencias (RTM, *reference test method*) de la fibra pertinente;
- b) la longitud de onda de corte λ_{cc} de una fibra cableada en una condición de instalación acorde con el RTM del cable pertinente.

La correlación de los valores medidos de λ_c y λ_{cc} depende del diseño específico de la fibra y del cable, así como de las condiciones de prueba. Aunque por lo general $\lambda_{cc} < \lambda_c$, no puede establecerse fácilmente una relación cuantitativa.

La transmisión monomodo en la región de 1550 nm puede garantizarse recomendando que λ_{cc} no sea inferior a 1270 nm.

NOTA – La recomendación anterior no basta para garantizar el funcionamiento monomodo en la región de 1310 nm en cualquier combinación posible de longitudes de onda de funcionamiento del sistema, largos de cable y condiciones de instalación del cable. Cuando se prevea funcionamiento en la región de 1310 nm deberán fijarse límites adecuados a λ_c o λ_{cc} , con una atención especial para evitar los efectos del ruido modal en largos de cable mínimos, entre uniones de reparación y empalmes de cable.

1.6 Pérdida por flexión a 1550 nm

El incremento de la pérdida para 100 vueltas de fibra, holgadamente enrollada con un radio de 37,5 mm y medida a 1550 nm será inferior a 0,5 dB.

NOTAS

- 1 Una prueba de aptitud puede ser suficiente para comprobar que se cumple este requisito.
- 2 El valor indicado más arriba de 100 vueltas corresponde al número aproximado de vueltas aplicadas en todos los casos de empalmes de un tramo de repetición típico. El radio de 37,5 mm es equivalente al mínimo radio de curvatura generalmente aceptado en el montaje a largo plazo de fibras en las instalaciones de sistemas reales, para evitar fallos por fatiga estática.
- 3 Se sugiere que si por razones de orden práctico se elige para la realización de esta prueba un número de vueltas menor que 100, nunca se empleen menos de 40 vueltas, y se utilice un incremento de la pérdida proporcionalmente menor.
- 4 Se sugiere que si se ha previsto utilizar radios de curvatura menores que 37,5 mm (por ejemplo, $R = 30$ mm) en los casos de empalme, o en cualquier otro lugar del sistema, el mismo valor de pérdida de 0,5 dB se aplique a 100 vueltas de fibra montadas con este radio menor.
- 5 La cláusula sobre la pérdida por flexión a 1550 nm se refiere al montaje de las fibras en las instalaciones reales de sistemas de fibras monomodo. La influencia de los radios de curvatura relacionados con el trenzado de fibras monomodo cableadas, sobre la característica de pérdida, se incluye en la especificación de pérdida de la fibra cableada.
- 6 Cuando se requieran pruebas de rutina para facilitar la medición de la sensibilidad a la flexión a una longitud de onda de 1550 nm, en lugar de 100 vueltas puede utilizarse un bucle de pequeño diámetro de una o varias vueltas. En este caso, el diámetro del bucle, el número de vueltas y la máxima pérdida admisible por flexión para la prueba con el bucle de una sola vuelta, o de varias vueltas, debe elegirse de modo que corresponda con la cláusula sobre la pérdida de 0,5 dB para la prueba con 100 vueltas dispuestas con un radio de 37,5 mm.

1.7 Propiedades de los materiales de la fibra

1.7.1 Materiales de la fibra

Deben indicarse las sustancias que entran en la composición de las fibras.

NOTA – Debe procederse con cuidado al empalmar por fusión fibras de diferentes sustancias. Resultados provisionales de pruebas realizadas indican que pueden obtenerse características adecuadas de pérdida en los empalmes y de resistencia mecánica adecuadas cuando se empalman fibras diferentes de alto contenido de sílice.

1.7.2 Materiales protectores

Deben indicarse las propiedades físicas y químicas del material utilizado para el recubrimiento primario de la fibra, y la mejor manera de retirarlo (si es necesario). En el caso de una fibra con una sola envoltura, se darán indicaciones similares.

1.7.3 Nivel de tensión de prueba

- La tensión de prueba σ_p será por lo menos de 0,35 GPa (lo que corresponde aproximadamente a una deformación de prueba de ~0,5%).
- El tiempo de aplicación de la tensión t_d será de 1 s. Puede elegirse, de manera alternativa, un tiempo de aplicación de la tensión más breve, en cuyo caso la tensión de prueba σ_a habrá de ser mayor, según la siguiente relación:

$$\sigma_a = \sigma_p \left[\frac{t_d}{t_a} \right]^{\frac{1}{n_d}}$$

- El valor del parámetro n_d de fatiga dinámica se determina por un método de prueba de fatiga dinámica.
- En algunas aplicaciones, como las de redes locales o sistemas de submarinos, puede que convengan valores de tensión de prueba (o de deformación de prueba) más elevados. Valores tales como 0,7 GPa o 1,4 GPa (o ~1% y ~2%) quedan en estudio.

1.8 Perfil del índice de refracción

Generalmente no es necesario conocer el perfil del índice de refracción de la fibra; si se desea medirlo, puede utilizarse el método de prueba de referencia de la Recomendación G.651.

1.9 Uniformidad longitudinal

En estudio.

2 Especificaciones de los largos de fabricación

Como las características geométricas y ópticas de las fibras indicadas en 1 son apenas afectadas por el proceso de cableado, la presente cláusula incluirá recomendaciones pertinentes sobre todo a las características de transmisión de los largos de fabricación cableados.

Las condiciones ambientales y de prueba son de gran importancia, y se describen en las directrices sobre métodos de prueba.

2.1 Coeficiente de atenuación

Los cables de fibra óptica tratados en esta Recomendación tienen generalmente coeficientes de atenuación en la región 1550 nm inferiores a 0,5 dB/km. Cuando se tiene el propósito de utilizar estos cables en la región de 1300 nm debe tenerse en cuenta que su coeficiente de atenuación en esta región es generalmente inferior a 1 dB/km.

NOTA – Los valores más bajos dependen del proceso de fabricación, de la composición y el diseño de la fibra, y el diseño del cable. Se han obtenido valores comprendidos entre 0,19 y 0,25 dB/km en la región de 1550 nm.

2.2 Coeficientes de dispersión cromática

La siguiente ecuación especifica la dispersión cromática, $D(\lambda)$, en ps/(nm · km):

$$D(\lambda) = (\lambda - \lambda_0) S_0$$

donde λ es la longitud de onda de interés, en nm, λ_0 es la longitud de onda de dispersión nula, en nm, y S_0 la pendiente de dispersión nula en ps/(nm² · km). La pendiente, S_0 , viene especificada por su valor máximo: $S_0 < S_{0max}$ y la longitud de onda de dispersión nula, λ_0 , viene especificada por el valor nominal de 1550 y su máxima tolerancia, $\Delta\lambda_{0max}$, por encima y por debajo de 1550 nm (se considera simétrica):

$$1550 - \Delta\lambda_{0max} < \lambda_0 < 1550 + \Delta\lambda_{0max}$$

Además, el máximo valor absoluto del coeficiente de dispersión, D_{max} , en ps/(nm · km), se especifica con respecto a la anchura de ventana especificada, $\Delta\lambda_w$, en nm, por encima y por debajo de 1550 nm. De este modo:

$$| D(\lambda) | < D_{max}$$

$$\text{para } 1550 - \Delta\lambda_w < \lambda < 1550 + \Delta\lambda_w$$

Los usuarios que operen con una longitud de onda central de transmisor que difiera de 1550 nm (por encima o por debajo) en $\Delta\lambda_t$, en nm, pueden calcular el máximo valor absoluto del coeficiente de dispersión de la siguiente manera:

$$D_m(\Delta\lambda_t) = D_{max} (\Delta\lambda_t + \Delta\lambda_{0max}) / (\Delta\lambda_w + \Delta\lambda_{0max}),$$

$$\text{por } 0 \leq \Delta\lambda_t \leq \Delta\lambda_w \text{ y}$$

$$D_m(\Delta\lambda_t) = D_{max} + S_{0max} (\Delta\lambda_t - \Delta\lambda_w),$$

$$\Delta\lambda_w \leq \Delta\lambda_t \leq 50 \text{ nm}$$

donde $D_{max} = D_m(\Delta\lambda_w)$. La Figura 1 ilustra esquemáticamente la especificación:

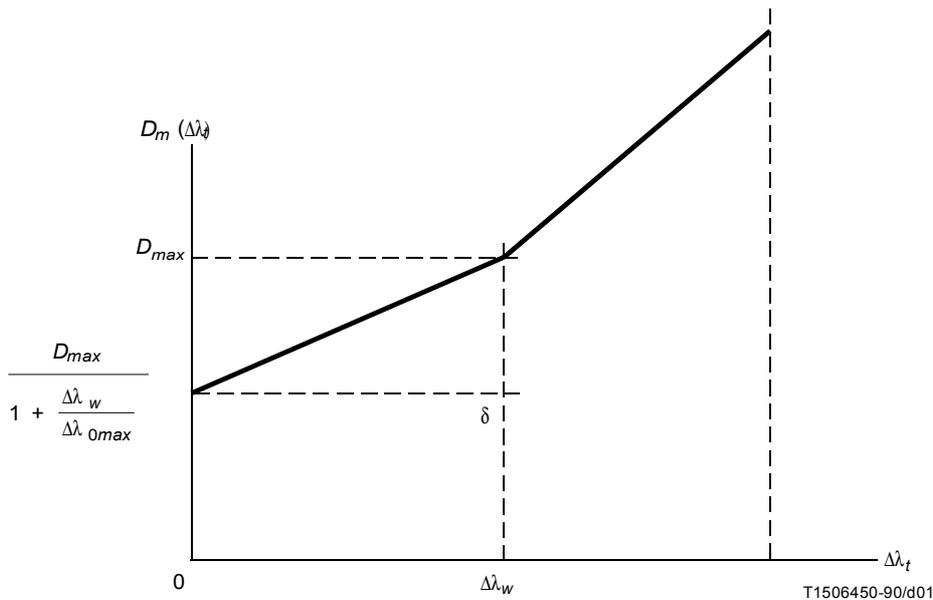


FIGURA 1/G.653

Máximo valor absoluto del coeficiente de dispersión

La especificación del coeficiente de dispersión para esta Recomendación es como sigue:

$$\Delta\lambda_{0max} \leq 50 \text{ nm}$$

$$S_{0max} \leq 0,085 \text{ ps} / (\text{nm}^2 \cdot \text{km})$$

$$D_{0max} = 3,5 \text{ ps} / (\text{nm} \cdot \text{km}) \text{ entre } 1525 \text{ y } 1575 \text{ nm}$$

$$\Delta\lambda_w = 25 \text{ nm}$$

NOTAS

1 Los valores anteriores se especifican con carácter provisional para que sirvan de orientación a los diseñadores de fibras y sistemas. En el futuro pueden ser necesarios ulteriores estudios y compromisos entre $\Delta\lambda_{0max}$ y S_{0max} , para mejorar las características de dispersión de la fibra en la ventana de longitudes de onda de trabajo.

2 No es necesario medir el coeficiente de dispersión cromática en forma periódica.

3 Secciones elementales de cable

Una sección elemental de cable incluye normalmente varios largos de fabricación empalmados. Los requisitos aplicables a los largos de fabricación se indican en la cláusula 2 de esta Recomendación. Los parámetros de transmisión de las secciones elementales de cable deben tener en cuenta no sólo el comportamiento de los distintos largos de cable, sino también, entre otras cosas, factores tales como las pérdidas en los empalmes y en los conectores (si se aplican).

Además, las características de transmisión de los largos de fabricación de fibras y de elementos tales como empalmes y conectores, tendrán una determinada distribución probabilística que hay que tener en cuenta con frecuencia si han de conseguirse los diseños más económicos. Los subpuntos que siguen deben leerse teniendo presente la naturaleza estadística de los diversos parámetros.

3.1 Atenuación

La atenuación A de una sección elemental de cable viene dada por:

$$A = \sum_{n=1}^m \alpha_n \cdot L_n + \alpha_s \cdot \chi + \alpha_c \cdot y$$

donde

α_n = coeficiente de atenuación de la n -ésima fibra de la sección elemental de cable,

L_n = longitud de la n -ésima fibra,

m = número total de fibras concatenadas en una sección elemental de cable,

α_s = pérdida media por empalme,

χ = número de empalmes de la sección elemental de cable,

α_c = pérdida media de los conectores de línea,

y = número de conectores de línea de la sección elemental de cable (si se aplican).

Debe preverse un margen adecuado para futuras modificaciones de la configuración del cable (empalmes suplementarios, largos de cable suplementarios, efectos de envejecimiento, variaciones de temperatura, etc.). La ecuación indicada no incluye la pérdida de los conectores de equipo.

Como pérdida de los empalmes y conectores se utiliza la pérdida media. El presupuesto de atenuación utilizado al diseñar un sistema real debe tener en cuenta las variaciones estadísticas de esos parámetros.

3.2 Dispersión cromática

Se puede obtener la dispersión cromática expresada en ps a partir de los coeficientes de dispersión cromática de los largos de fabricación, suponiendo una dependencia lineal de la longitud y respetando los signos de los coeficientes y las características de la fuente del sistema (véase 2.2).

