



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**L.26**

(12/2002)

SERIE L: CONSTRUCCIÓN, INSTALACIÓN Y  
PROTECCIÓN DE LOS CABLES Y OTROS  
ELEMENTOS DE PLANTA EXTERIOR

---

**Cables de fibra óptica para aplicaciones aéreas**

Recomendación UIT-T L.26

---



## **Recomendación UIT-T L.26**

### **Cables de fibra óptica para aplicaciones aéreas**

#### **Resumen**

Esta Recomendación describe las características, la construcción y los métodos de prueba de los cables de fibra óptica para tendidos aéreos, pero no se aplica a los cables de hilo terrenal de fibra óptica (OPGW, *optical fibre ground wire*). En primer lugar, se describen las características que debe poseer el cable para que la calidad de funcionamiento de la fibra óptica sea suficiente. Luego se describe el método para determinar si el cable posee esas características. Las condiciones necesarias pueden diferir según el entorno de instalación. A esos efectos, el usuario y el proveedor deben acordar las condiciones de experimentación de manera detallada según el entorno de utilización del cable.

#### **Orígenes**

La Recomendación UIT-T L.26, revisada por la Comisión de Estudio 6 (2001-2004) del UIT-T, fue aprobada por el procedimiento de la Resolución 1 de la AMNT el 22 de diciembre de 2002.

## 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.

## PROPIEDAD INTELECTUAL

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

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2003

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

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
1 Alcance .....	1
2 Referencias .....	1
2.1 Referencias normativas .....	1
2.2 Referencias informativas .....	2
3 Términos y definiciones .....	2
4 Abreviaturas.....	3
5 Características de las fibras ópticas y de los cables de fibra óptica.....	3
5.1 Características de las fibras ópticas.....	3
5.1.1 Características de transmisión .....	3
5.1.2 Microflexión de las fibras.....	3
5.1.3 Macroflexión de las fibras .....	3
5.2 Características mecánicas.....	4
5.2.1 Flexión.....	4
5.2.2 Resistencia a la tracción .....	4
5.2.3 Aplastamiento e impacto .....	4
5.2.4 Torsión.....	4
5.3 Condiciones ambientales .....	4
5.3.1 Hidrógeno gaseoso .....	4
5.3.2 Permeabilidad a la humedad.....	5
5.3.3 Penetración de agua.....	5
5.3.4 Rayos .....	5
5.3.5 Daños de origen biótico.....	5
5.3.6 Vibración .....	5
5.3.7 Variaciones de temperatura .....	5
5.3.8 Viento .....	5
5.3.9 Nieve y hielo.....	6
5.3.10 Fuertes campos eléctricos.....	6
6 Construcción del cable.....	6
6.1 Recubrimientos de las fibras .....	6
6.1.1 Recubrimiento primario.....	6
6.1.2 Recubrimiento secundario .....	7
6.1.3 Identificación de la fibra.....	7
6.1.4 Facilidad para retirar el recubrimiento .....	7
6.2 Elementos del cable.....	7
6.2.1 Cintas de fibras óptica .....	7
6.2.2 Núcleo ranurado .....	8

	<b>Página</b>
6.2.3	Tubo..... 8
6.2.4	Elemento de resistencia mecánica ..... 8
6.2.5	Materiales impermeabilizantes ..... 8
6.3	Cubierta ..... 8
6.4	Armadura ..... 9
6.5	Identificación del cable..... 9
7	Métodos de prueba..... 9
7.1	Métodos de prueba para los elementos del cable ..... 9
7.1.1	Pruebas aplicables a las fibras ópticas ..... 9
7.1.2	Pruebas aplicables a los tubos ..... 10
7.1.3	Pruebas aplicables a las cintas ..... 10
7.2	Métodos de prueba de las características mecánicas del cable..... 10
7.2.1	Resistencia a la tracción ..... 10
7.2.2	Flexión..... 11
7.2.3	Flexión bajo tensión (prueba de la polea)..... 11
7.2.4	Aplastamiento..... 11
7.2.5	Resistencia a la abrasión..... 11
7.2.6	Torsión..... 11
7.2.7	Impacto ..... 11
7.2.8	Retorcimiento ..... 11
7.2.9	Flexiones repetidas ..... 11
7.3	Métodos de prueba de las características ambientales ..... 11
7.3.1	Variación cíclica de la temperatura ..... 12
7.3.2	Penetración longitudinal de agua (aplicable sólo a cables rellenos) ..... 12
7.3.3	Hidrógeno ..... 12
7.3.4	Radiación nuclear ..... 12
7.3.5	Vibración eólica..... 12
7.3.6	Resistencia a la radiación ultravioleta ..... 12
7.3.7	Formación de un camino conductor en la cubierta..... 12
7.3.8	Prueba de resistencia a un disparo ..... 13
7.3.9	Protección contra los rayos..... 13

# Recomendación UIT-T L.26

## Cables de fibra óptica para aplicaciones aéreas

### 1 Alcance

Esta Recomendación:

- se refiere a los cables de fibra óptica monomodo a utilizar para redes de telecomunicaciones en instalaciones aéreas de planta exterior;
- trata de las características mecánicas y ambientales de los cables aéreos de fibra óptica (cables autosoportados y cables no autosoportados).

Las características dimensionales y de transmisión de las fibras ópticas, así como los métodos de prueba, deben cumplir las Recomendaciones UIT-T G.651, G.652, G.653, G.654 y G.655 que tratan de las fibras ópticas multimodo de índice gradual y de las fibras ópticas monomodo;

- formula consideraciones fundamentales relativas a los cables de fibra óptica desde los puntos de vista mecánico y ambiental;
- reconoce que algunos cables de fibra óptica pueden contener elementos metálicos, por lo cual se debe hacer referencia al Manual UIT-T *Tecnologías de planta exterior para redes públicas* (véase la Rec. UIT-T L.1), y a otras Recomendaciones de las series L y K (por ejemplo, Rec. UIT-T K.25);
- trata de los cables impermeabilizados que emplean un compuesto de relleno y/o materiales hidroexpansibles;
- considera que las fibras se empalman entre sí o se conectan utilizando conectores.

### 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.

#### 2.1 Referencias normativas

- [1] Recomendación UIT-T G.650.1 (2002), *Definiciones y métodos de prueba de los atributos lineales y determinísticos de fibras y cables monomodo.*
- [2] Recomendación UIT-T G.650.2 (2002), *Definiciones y métodos de prueba de los atributos estadísticos y no lineales de fibras y cables monomodo.*
- [3] Recomendación UIT-T G.651 (1998), *Características de un cable de fibra óptica multimodo de índice gradual de 50/125  $\mu\text{m}$ .*
- [4] Recomendación UIT-T G.652 (2000), *Características de un cable de fibra óptica monomodo.*
- [5] Recomendación UIT-T G.653 (2000), *Características de los cables de fibra óptica monomodo con dispersión desplazada.*

- [6] Recomendación UIT-T G.654 (2002), *Características de los cables de fibra óptica monomodo con corte desplazado*.
- [7] Recomendación UIT-T G.655 (2000), *Características de los cables de fibra óptica monomodo con dispersión desplazada no nula*.
- [8] Recomendación UIT-T K.25 (2000), *Protección de los cables de fibra óptica*.
- [9] Recomendación UIT-T K.29 (1992), *Sistema de protección coordinada para cables de telecomunicación subterráneos*.
- [10] Recomendación UIT-T K.47 (2000), *Protección de las líneas de telecomunicación que utilizan conductores metálicos contra las descargas directas de rayos*.
- [11] Recomendación UIT-T L.1 (1988), *Construcción, instalación y protección de los cables de telecomunicación en redes públicas*.
- [12] Recomendación UIT-T L.46 (2000), *Protección de los cables y las plantas de telecomunicaciones contra los ataques biológicos*.
- [13] CEI 60793-1:2001, *Optical fibres – Part 1: Measurement methods and test procedures*.
- [14] CEI 60793-2:2001, *Optical fibres – Part 2: Product specifications*.
- [15] CEI 60794-1-1:2001, *Optical fibre cables – Part 1-1: Generic specification – General*.
- [16] CEI 60794-1-2:1999, *Optical fibre cables – Part 1-2: Generic specification – Basic optical cable test procedures*.
- [17] CEI 60794-3:2001, *Optical fibre cables – Part 3: Sectional specification – Outdoor cables*.

## 2.2 Referencias informativas

- [1] Recomendación UIT-T L.1 (1988), *Construcción, instalación y protección de los cables de telecomunicación en redes públicas*.
- [2] Recomendación UIT-T L.10 (2002), *Cables de fibra óptica para aplicaciones en conductos y en galerías*.
- [3] CEI 60708-1:1981, *Low-frequency cables with polyolefin insulation and moisture barrier polyolefin sheath. Part I: General design details and requirements*.
- [4] Recomendación UIT-T L.43 (2002), *Cables de fibra óptica para aplicaciones enterradas*.

## 3 Términos y definiciones

Para esta Recomendación se aplican las definiciones contenidas en las Recomendaciones UIT-T G.650.1, G.650.2 y G.651.

**3.1 autoportado totalmente dieléctrico (ADSS, *all dielectric self-supporting*):** Cable cuyo elemento traccionado es un refuerzo no metálico (por ejemplo, hilos de aramida, materiales con fibra de vidrio u otros elementos con una rigidez dieléctrica equivalente) colocados debajo o dentro de la cubierta de plástico. La forma exterior es circular.

**3.2 cable autoportado (SS, *self-supporting*):** Cables cuya cubierta comprende un elemento portante, metálico o no, en forma de "8".

**3.3 cable con suspensión continua:** Cables no metálicos suspendidos de catenarias independientes y mantenidos en su posición por medio de un cable de sujeción o una espiral de sostén especialmente realizada.



**3.4 tensión máxima admisible (MAT, *maximum allowable tension*):** Carga máxima de tracción que se puede aplicar al cable sin disminuir las características de resistencia requeridas (características ópticas, deformación de la fibra).

**3.5 resistencia nominal a la tracción (RTS, *rated tensile strength*):** Combinación del resultado de la sección recta nominal, la resistencia mínima a la tracción y el factor de trenzado de cada material de estructura utilizado en la construcción del cable.

**3.6 margen de tensión:** Tensión que el cable puede soportar sin deformación de las fibras debido a la elongación del cable.

**3.7 movimiento diferencial de los componentes del cable:** Movimiento relativo entre los diversos elementos del cable. Este movimiento puede ser reversible o irreversible, y puede ser producido por variaciones tanto de temperatura o de tensión. Es por ejemplo, el caso del "crecimiento de la fibra": algunas fibras empiezan a sobresalir del extremo de la cubierta del cable.

## **4 Abreviaturas**

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

SZ Trenzado de inversión alternada (*reverse oscillating stranding*)

UV Rayo ultravioleta (*ultraviolet ray*)

## **5 Características de las fibras ópticas y de los cables de fibra óptica**

### **5.1 Características de las fibras ópticas**

Se deben utilizar las fibras ópticas que se describen en las Recomendaciones UIT-T G.651, G.652, G.653, G.654 o G.655.

#### **5.1.1 Características de transmisión**

Las características de transmisión típicas se describen en la Recomendación correspondiente a cada fibra óptica. Salvo que los usuarios de esta Recomendación tengan una especificación particular, esos valores se aplican para la fibra óptica cableada.

#### **5.1.2 Microflexión de las fibras**

La microflexión es una fuerte curvatura de una fibra óptica que produce un desplazamiento axial local de algunos micrómetros en distancias cortas causada por fuerzas laterales localizadas a lo largo de su longitud. Puede ser causada por deformaciones de fabricación y de instalación y también por variaciones dimensionales de los materiales del cable, debidas a cambios de temperatura durante su explotación.

La microflexión puede agravar la pérdida óptica. A fin de reducir la pérdida por microflexión, debe eliminarse el esfuerzo aplicado aleatoriamente a una fibra a lo largo de su eje durante su incorporación en un cable, durante la instalación del cable y después.

#### **5.1.3 Macroflexión de las fibras**

La macroflexión es la curvatura resultante de una fibra óptica, que es grande con relación al diámetro de la fibra, después de la fabricación e instalación del cable.

La macroflexión puede agravar la pérdida óptica. La pérdida óptica aumenta inversamente al radio de curvatura de la fibra: la macroflexión no debe ser tan significativa que aumente considerablemente la pérdida óptica.

## **5.2 Características mecánicas**

### **5.2.1 Flexión**

En las condiciones dinámicas que se dan durante la instalación, la fibra puede estar sometida a deformación producida por la tensión y la flexión del cable. Deben seleccionarse los elementos de resistencia mecánica del cable y los radios de curvatura de instalación para limitar la deformación dinámica combinada por debajo de la máxima deformación admisible de la fibra, a fin de que no se reduzca la vida útil prevista de la fibra.

Los radios de curvatura de la fibra en el cable instalado serán suficientemente grandes para no presentar pérdida por macroflexión.

### **5.2.2 Resistencia a la tracción**

Un cable de fibra óptica está sometido a esfuerzos breves durante la fabricación y la instalación, y puede ser afectado por una carga estática continua y/o una carga cíclica durante su explotación (por ejemplo, variación de temperatura). Puede haber esfuerzos continuos hasta los límites del cable durante toda su vida útil. La deformación de la fibra puede ser causada por tensión, torsión, flexión y microdeformación por el peso del cable, la instalación del mismo y/o el tipo de instalación aérea y/o condiciones ambientales, tales como viento y/o hielo y/o temperatura. Las variaciones de tensión del cable producidas por una diversidad de factores que aparecen durante la vida útil del cable pueden ocasionar movimientos diferenciales de sus componentes. Es necesario tener en cuenta esos factores cuando se diseña el cable.

Para determinar las propiedades de tracción se deben considerar la tensión máxima admisible, la resistencia nominal a la tracción y el margen de tensión.

NOTA – Cuando un cable está sometido a una carga permanente en explotación, preferentemente la fibra no debe experimentar deformación adicional.

### **5.2.3 Aplastamiento e impacto**

El cable puede estar sometido a aplastamiento e impacto durante su instalación y en explotación.

El aplastamiento y el impacto pueden aumentar la pérdida óptica (permanentemente o durante el tiempo de aplicación del esfuerzo) y un esfuerzo excesivo puede ocasionar la rotura de la fibra.

La estructura de un cable autoportado debe poder resistir los efectos de compresión sin pérdida óptica adicional.

### **5.2.4 Torsión**

En las condiciones dinámicas que se dan durante su instalación y explotación, el cable puede estar sometido a torsión, resultando una deformación residual de las fibras y/o daño de la cubierta. En este caso, el diseño del cable debe permitir un número especificado de torsiones por unidad de longitud sin un aumento de la pérdida de la fibra ni daño de la cubierta. Los esfuerzos residuales máximos previstos, por torsión, tensión y flexión, serán la base para especificar el límite de deformación a largo plazo de la fibra.

## **5.3 Condiciones ambientales**

### **5.3.1 Hidrógeno gaseoso**

En presencia de humedad y elementos mecánicos, puede generarse hidrógeno gaseoso. El hidrógeno puede difundirse en el vidrio de sílice y aumentar la pérdida óptica. Se recomienda que la concentración de hidrógeno en el cable, como resultado de sus partes componentes, sea suficientemente baja para asegurar que los efectos de aumento de la pérdida óptica a largo plazo serán aceptables. El método para estimar la concentración de hidrógeno en los cables ópticos se expone en la Rec. UIT-T L.27.

En el anexo D de la Publicación 60794-1-1 de la CEI puede encontrarse más información.

### **5.3.2 Permeabilidad a la humedad**

En caso de aplicación aérea, normalmente la humedad no representa un problema significativo.

### **5.3.3 Penetración de agua**

Si se daña la cubierta del cable o un cierre de empalme, puede producirse penetración longitudinal de agua en el núcleo de un cable o entre cubiertas. La penetración del agua produce un efecto similar al de la humedad. La penetración longitudinal de agua debe reducirse al mínimo o, si es posible, evitarse. Se utilizan varias técnicas para impedir la penetración longitudinal de agua en el cable, por ejemplo rellenar completamente el núcleo del cable con un compuesto, utilizar dispositivos discontinuos de bloqueos del agua o materiales hidroexpansibles (por ejemplo, cintas, mechas, etc.). En el caso de cables no rellenos, se pueden utilizar gases secos a presión. El agua en el cable puede helarse en determinadas circunstancias y causar aplastamiento de la fibra con el correspondiente aumento de la pérdida óptica y posible rotura de la fibra.

### **5.3.4 Rayos**

Los cables de fibra que contienen elementos metálicos, tales como pares de cobre convencionales o una cubierta metálica, pueden ser afectados por descargas de rayos.

Para evitar o reducir al mínimo los daños causados por el rayo, se tendrán en cuenta las Recomendaciones UIT-T K.25, K.29 y K.47.

Un cable totalmente dieléctrico puede reducir al mínimo los peligrosos daños derivados del rayo.

### **5.3.5 Daños de origen biótico**

El pequeño tamaño de un cable de fibra óptica lo hace más vulnerable a los ataques de roedores, aves e insectos. Cuando no puedan eliminarse los roedores, debe proporcionarse protección metálica o especial no metálica. La Rec. UIT-T L.46, "Protección de los cables y planta de telecomunicaciones contra los ataques biológicos", contiene más información al respecto.

### **5.3.6 Vibración**

Las vibraciones de los cables aéreos son producidas por corrientes de viento laminares que producen remolinos a sotavento del cable (vibración eólica) o por variaciones en la dirección del viento con relación al eje del cable (efecto galope). Una rutina de vigilancia rigurosa permitirá determinar correctamente la ruta y decidir técnicas de instalación y/o el uso de dispositivos de control de la vibración para minimizar ese tipo de problema.

### **5.3.7 Variaciones de temperatura**

En almacén, durante la instalación y la explotación, los cables pueden estar sujetos a diversas variaciones de temperatura. En general, los cables aéreos están expuestos a grandes variaciones de temperatura, más que los cables enterrados, por lo que se trata de un problema muy importante. La expansión del cable producida por un aumento extremo de la temperatura puede obligar a modificar radicalmente la distancia de seguridad con respecto al suelo. El encogimiento del cable producido por una disminución extrema de la temperatura puede hacer que se alcance la máxima tensión de trabajo. En estas condiciones, la variación de la atenuación de las fibras será reversible y no rebasará los límites especificados.

### **5.3.8 Viento**

La deformación de la fibra puede ser causada por tensión, torsión y flexión originadas por la presión del viento. La deformación dinámica y residual inducida en la fibra puede causar la rotura de la misma si se sobrepasa el límite de deformación a largo plazo de la fibra.

Para reducir cualquier deformación de la fibra inducida por la presión del viento, el elemento de resistencia mecánica debe seleccionarse de manera que limite la deformación a niveles seguros, y la construcción del cable puede desacoplar mecánicamente la fibra de la cubierta para reducir al mínimo la deformación. Otra posibilidad de reducir la deformación de la fibra sería amarrar el cable a un cable de suspensión de elevada resistencia mecánica.

En las instalaciones aéreas los vientos pueden causar vibración; en las instalaciones en forma de ocho o con hilo de suspensión puede producirse galope en todo el vano del cable. En estas situaciones, los cables deben diseñarse y/o instalarse para proporcionar estabilidad de las características de transmisión y rendimiento mecánico. Las instalaciones de cable deben diseñarse para reducir al mínimo la influencia del viento.

### **5.3.9 Nieve y hielo**

La deformación de la fibra puede ser causada por la tensión originada por la carga de nieve y/o la formación de hielo alrededor del cable. La deformación inducida de la fibra puede producir un exceso de pérdida óptica y la rotura de la fibra si se sobrepasa el límite especificado de deformación a largo plazo de la fibra.

La deformación dinámica de la fibra puede ser inducida por la vibración causada por la acción de la nieve y/o el hielo que penden del cable. Esto puede producir rotura de la fibra.

Bajo la carga de la nieve y/o el hielo, la presión del viento puede inducir fácilmente una deformación excesiva de la fibra.

Para evitar la deformación de la fibra producida por la carga de nieve y/o la formación de hielo, el elemento de resistencia mecánica debe seleccionarse de manera que se limite esta deformación a niveles seguros, y se puede elegir un perfil de cable que reduzca al mínimo la carga de la nieve. Otra posibilidad de suprimir la deformación de la fibra sería amarrar el cable a un cable de suspensión de elevada resistencia mecánica. El cable debe diseñarse e instalarse para que proporcione estabilidad de las características de transmisión, flecha/tensión del cable, fatiga del elemento de resistencia mecánica y la carga de la torre o del poste.

### **5.3.10 Fuertes campos eléctricos**

Los cables aéreos sin partes metálicas instalados en el entorno de alta tensión de las líneas de transporte de energía están sometidos a la influencia del campo eléctrico de estas líneas eléctricas, que pueden conducir a fenómenos tales como efecto corona, formación de arcos o de un camino conductor en la cubierta del cable.

Para evitar daños, el cable debe ser instalado en las líneas de transmisión de energía en una posición de mínima intensidad de campo y/o pueden utilizarse materiales de cubierta de cable especiales; según el nivel del campo eléctrico. También hay que evitar que las marcas de la cubierta la deterioren en estas circunstancias.

## **6 Construcción del cable**

Para aplicaciones aéreas se puede adoptar una estructura de cable especial, como el cable autosoportado, el cable ADSS o un cable con suspensión continua.

### **6.1 Recubrimientos de las fibras**

#### **6.1.1 Recubrimiento primario**

La fibra de sílice tiene elevada resistencia mecánica intrínseca, pero esta resistencia es reducida por las imperfecciones de la superficie. Debe por tanto aplicarse un recubrimiento primario que puede constar de múltiples capas inmediatamente después de estirar la fibra hasta su tamaño.

La fibra óptica debe haberse sometido a prueba. A fin de garantizar la fiabilidad a largo plazo en condiciones de servicio, debe especificarse la deformación de prueba, teniendo en cuenta la deformación admisible y la vida útil requerida.

Para poder hacer el empalme, debe poderse eliminar el recubrimiento primario sin daño para la fibra y sin utilizar materiales ni métodos considerados arriesgados o peligrosos.

La composición del recubrimiento primario, coloreado si se requiere, debe considerarse en relación con los requerimientos de los equipos locales de inyección de luz y detección utilizados en combinación con los métodos de empalme de fibras.

NOTA 1 – Las fibras con recubrimiento primario deben someterse a prueba con una deformación equivalente al 1%. Para ciertas aplicaciones, puede ser necesaria una deformación de prueba más grande.

NOTA 2 – Se requiere ulterior estudio para aconsejar acerca de los métodos de prueba adecuados para la inyección de luz y la detección locales.

### **6.1.2 Recubrimiento secundario**

Si se utiliza un recubrimiento secundario ajustado de la fibra, es necesario que se cumpla lo siguiente:

- El recubrimiento se debe poder retirar fácilmente para realizar los empalmes de la fibra.
- El diámetro nominal deberá estar comprendido entre 800  $\mu\text{m}$  y 900  $\mu\text{m}$ , previo acuerdo entre el usuario y el proveedor, con una tolerancia de  $\pm 50 \mu\text{m}$ . La no concentricidad de la fibra y el recubrimiento secundario no deberá superar los 75  $\mu\text{m}$ , salvo que el usuario y el proveedor hayan llegado a otro acuerdo.

NOTA 1 – Cuando se utiliza un recubrimiento secundario ajustado, puede resultar difícil utilizar equipo local de inyección de luz y de detección con los métodos de empalme de fibras.

NOTA 2 – El acoplamiento mecánico entre la fibra y el cable debe determinarse cuidadosamente. Un acoplamiento muy débil puede producir un movimiento de la fibra durante la instalación, y un acoplamiento excesivo puede producir un esfuerzo demasiado elevado cuando se curva el cable.

### **6.1.3 Identificación de la fibra**

Es necesario que la fibra se pueda identificar fácilmente por el color o la posición dentro del núcleo del cable. Si se utiliza un método de coloreado, los colores deben mantener buenas propiedades de coloreado rápido durante la vida útil del cable.

### **6.1.4 Facilidad para retirar el recubrimiento**

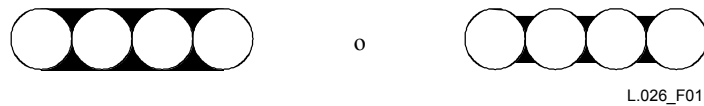
Las protecciones primaria y secundaria deben ser fáciles de retirar y no deben entorpecer el procedimiento de empalme, o de ajuste de la fibra a conectores ópticos.

## **6.2 Elementos del cable**

Debe definirse claramente la composición del núcleo del cable, en particular el número de fibras, el método de protección e identificación, la posición de los elementos de resistencia mecánica y los hilos o pares metálicos si es necesario.

### **6.2.1 Cintas de fibra óptica**

Las cintas de fibra óptica se forman con fibras alineadas en una hilera, y pueden ser de dos tipos según el método utilizado para unir las fibras ópticas. En las figuras 1 y 2 se ilustra respectivamente el tipo con unión por los bordes y el tipo encapsulado. En el primero, las fibras ópticas se unen con un material adhesivo colocado entre ellas. Cuando se adopta el tipo encapsulado, las fibras ópticas se unen por medio de un material de recubrimiento. En las cintas, las fibras ópticas deben permanecer paralelas y no cruzarse. En un cable, cada cinta se identifica ya sea por medio de una inscripción impresa o de un color determinado. Las cintas de fibra óptica se especifican en la Publicación 60794-3 de la CEI.



**Figura 1/L.26 – Sección transversal de una cinta de tipo con unión por los bordes**



**Figura 2/L.26 – Sección transversal de una cinta de tipo encapsulado**

### **6.2.2 Núcleo ranurado**

A fin de evitar la presión directa del exterior del cable en las fibras ópticas, las fibras y las cintas se colocan en ranuras. Habitualmente, las ranuras se realizan en una configuración helicoidal o de tipo SZ sobre una varilla cilíndrica. En general, el núcleo ranurado contiene un elemento resistente que estará firmemente adherido a dicho núcleo a fin de obtener una estabilidad de la temperatura y evitar su separación cuando se aplique una fuerza de tracción durante la instalación. Las ranuras pueden contener un material impermeabilizante.

### **6.2.3 Tubo**

Es frecuente la construcción en forma de tubo para proteger y reunir las fibras ópticas y/o las cintas de fibras. Se puede realizar una pared compuesta para reforzar la resistencia mecánica del tubo. El tubo puede contener un material impermeabilizante.

### **6.2.4 Elemento de resistencia mecánica**

El cable debe diseñarse con suficientes elementos de resistencia mecánica para cumplir las condiciones de instalación y de servicio, para garantizar que las fibras no estarán sometidas a niveles de deformación que superen lo acordado entre el cliente y el proveedor. El elemento de resistencia mecánica puede ser metálico o no.

El cable aéreo puede clasificarse como un cable de tipo autoportado, por ejemplo, construcción en forma de ocho o en el que los elementos de resistencia mecánica están ubicados en el núcleo del cable y/o en la cubierta. Otra posibilidad sería soportar el cable amarrándolo a un cable de suspensión.

Para diseñar un cable de aplicaciones aéreas es necesario conocer el tramo, la flecha, el viento y la carga del hielo.

### **6.2.5 Materiales impermeabilizantes**

Rellenar un cable con material impermeabilizante o envolver el núcleo del cable con capas de material hidroexpansible son dos medios de proteger las fibras contra la penetración de agua. Puede utilizarse un elemento impermeabilizante (cintas, compuesto de relleno, polvo hidroexpansible o una combinación de materiales). Los materiales utilizados no deben ser nocivos para el personal. Los materiales del cable deben ser compatibles entre sí, y en particular no deben afectar negativamente a la fibra. Esos materiales no deben dificultar la realización de los empalmes y las conexiones.

## **6.3 Cubierta**

El núcleo del cable estará revestido por una o más cubiertas adecuadas para las condiciones ambientales y mecánicas asociadas con el almacenamiento, la instalación y la explotación. La

cubierta puede ser de una construcción compuesta y puede incluir elementos de resistencia mecánica.

Las consideraciones relativas a la cubierta en los cables de fibra óptica son en general las mismas que para los conductores metálicos. Debe especificarse el espesor mínimo de la cubierta, así como los diámetros globales máximo o mínimo del cable.

La cubierta exterior debe resistir a la degradación por radiación ultravioleta y a las agresiones bióticas.

NOTA – Uno de los materiales de cubierta más comunes es el polietileno (véase la cláusula 22 de la Publicación 60708-1 de la CEI). Sin embargo, puede haber algunas condiciones en las que sea necesario utilizar materiales especiales para la cubierta del cable, por ejemplo, limitar el riesgo de incendio y también cuando la cubierta está sometida a fuertes campos eléctricos (véase 5.3.10).

## **6.4 Armadura**

Cuando se requiere resistencia adicional a la tracción o protección contra daños externos, (aplastamiento, impacto, roedores, etc.) debe disponerse una armadura.

Las consideraciones relativas a la armadura en los cables de fibra óptica son en general las mismas que para los cables conductores metálicos. Sin embargo, debe considerarse la generación de hidrógeno debida a la corrosión. Debe recordarse que las ventajas de los cables de fibra óptica, tales como su ligereza y flexibilidad, se reducirán cuando se pone armadura.

La armadura en los cables no metálicos puede constar de hilos de aramida, hebras reforzadas con fibra de vidrio, cinta de vendar, etc.

## **6.5 Identificación del cable**

Si se necesita identificación visual para distinguir un cable de fibra de uno metálico, se puede marcar visiblemente la cubierta del cable aéreo de fibra óptica utilizando grabado, impresión superficial, marchamo, gofrado o sinterización previo acuerdo entre el usuario y el proveedor.

## **7 Métodos de prueba**

### **7.1 Métodos de prueba para los elementos del cable**

#### **7.1.1 Pruebas aplicables a las fibras ópticas**

En esta cláusula se describen los métodos de prueba para empalmes de fibras ópticas. Los métodos de prueba de las características mecánicas y ópticas de las fibras ópticas se describen en las Recomendaciones UIT-T G.650.1 y G.651.

##### **7.1.1.1 Dimensiones**

Para medir el diámetro del recubrimiento secundario se utilizará el método de la Publicación 60793-1-21-B de la CEI.

Para medir el tubo, el núcleo ranurado y otros elementos reforzados, se utilizará el método descrito en la Publicación 60793-1-21-B o la Publicación 60189 de la CEI.

##### **7.1.1.2 Posibilidad de retirar el recubrimiento**

Para medir la posibilidad de retirar un recubrimiento de fibra primario o secundario, se utilizarán los métodos de la Publicación 60793-1-32 de la CEI.

### **7.1.1.3 Compatibilidad con el material de relleno**

Si las fibras están en contacto con un material de relleno utilizado para la impermeabilización, se debe examinar la estabilidad del recubrimiento de la fibra y del material de relleno por medio de pruebas realizadas después de efectuar un envejecimiento acelerado.

La estabilidad de la fuerza necesaria para retirar el recubrimiento se probará de conformidad con el método de la Publicación 60794-1-2-E5 de la CEI.

La estabilidad dimensional y la transmisibilidad del recubrimiento deberán examinarse mediante un método de prueba acordado entre el usuario y el proveedor.

### **7.1.2 Pruebas aplicables a los tubos**

#### **7.1.2.1 Retorcimiento del tubo**

Para medir las características de retorcimiento de un tubo se utilizará el método de la Publicación 60794-1-2-G7 de la CEI.

### **7.1.3 Pruebas aplicables a las cintas**

#### **7.1.3.1 Dimensiones**

Para medir las dimensiones de la cinta, se deben utilizar tres métodos según proceda. El primero se denomina prueba de homologación y se utiliza para determinar y verificar el proceso de fabricación de la cinta. Este tipo de prueba se efectuará de conformidad con el método de la Publicación 60794-1-2-G2 de la CEI "método de medición visual". Los otros dos métodos se utilizan sólo para inspeccionar el producto después de comprobar el proceso de fabricación. Se trata de los métodos de prueba de la Publicación 60794-1-2-G3 de la CEI "calibre de apertura" y de la Publicación 60794-1-2-G4 de la CEI "calibre de cuadrante". También se puede utilizar el método de medición visual para realizar una inspección.

#### **7.1.3.2 Separabilidad de las diferentes fibras de una cinta**

Es posible que el usuario y el proveedor decidan que la cinta de fibra debe permitir la separación. En ese caso, a fin de garantizar la fiabilidad a largo plazo de las fibras, es necesario evitar:

- que se deterioren las características mecánicas de las fibras;
- que se suprima el color de las diferentes fibras.

Es difícil evitar completamente estos efectos. No obstante, si un usuario y un proveedor lo acuerdan, se utilizará el método de prueba de la Publicación 60794-1-2-G5 de la CEI para evaluar la separabilidad de las fibras. Previo acuerdo entre un usuario y un proveedor, también se pueden utilizar otros métodos de pruebas especiales.

## **7.2 Métodos de prueba de las características mecánicas del cable**

Esta cláusula recomienda métodos de prueba y pruebas apropiados para verificar las características mecánicas de los cables aéreos de fibra óptica.

### **7.2.1 Resistencia a la tracción**

Este método de prueba se aplica a cables de fibra óptica instalados en todas las condiciones ambientales.

Se hacen mediciones para examinar el comportamiento de atenuación y deformación de la fibra en función de la carga de un cable durante la instalación y en condiciones meteorológicas desfavorables experimentadas en servicio.

La prueba será representativa de la vida útil del cable y se realizará de acuerdo con la Rec. UIT-T L.14 y la Publicación 60794-1-2-E1 de la CEI.



### **7.2.2 Flexión**

Este método de prueba se aplica a cables de fibra óptica instalados en todas las condiciones ambientales.

La finalidad de esta prueba es determinar la aptitud de los cables ópticos para resistir la flexión en torno a una polea, simulada por un mandril de prueba.

Esta prueba se realizará de acuerdo con el método de la Publicación 60794-1-2-E11 de la CEI.

### **7.2.3 Flexión bajo tensión (prueba de la polea)**

Este método de prueba se aplica a cables de fibra óptica instalados en todas las condiciones ambientales.

Esta prueba se realizará para verificar que la instalación del cable no deteriorará ni degradará sus características.

Esta prueba se realizará según el método de la Publicación 60794-1-2-E9 de la CEI.

### **7.2.4 Aplastamiento**

Este método de prueba se aplica a cables de fibra óptica instalados en todas las condiciones ambientales.

Esta prueba se realizará de acuerdo con el método de la Publicación 60794-1-2-E3 de la CEI.

### **7.2.5 Resistencia a la abrasión**

Este método de prueba se aplica a cables de fibra óptica instalados en todas las condiciones ambientales.

Este asunto necesita más estudio, y actualmente es considerado en el método de la Publicación 60794-1-2-E2A de la CEI.

### **7.2.6 Torsión**

Este método de prueba se aplica a cables de fibra óptica instalados en todas las condiciones ambientales.

Esta prueba se realizará de acuerdo con el método de la Publicación 60794-1-2-E7 de la CEI.

### **7.2.7 Impacto**

Este método de prueba se aplica a cables de fibra óptica instalados en todas las condiciones ambientales.

Esta prueba se realizará de acuerdo con el método de la Publicación 60794-1-2-E4 de la CEI.

### **7.2.8 Retorcimiento**

Este método de prueba se aplica a cables de fibra óptica instalados en todas las condiciones ambientales.

Esta prueba se realizará de acuerdo con el método de la Publicación 60794-1-2-E10 de la CEI.

### **7.2.9 Flexiones repetidas**

Esta prueba se realizará de acuerdo con el método de la Publicación 60794-1-2-E6 de la CEI.

## **7.3 Métodos de prueba de las características ambientales**

Esta cláusula recomienda las pruebas y métodos de prueba apropiados para verificar las características ambientales de los cables de fibra óptica.

### **7.3.1 Variación cíclica de la temperatura**

Este método de prueba se aplica a cables de fibra óptica instalados en todas las condiciones ambientales.

El cable se somete a variaciones cíclicas de temperatura para determinar la estabilidad de la atenuación en una fibra cableada sometida a cambios de temperatura ambiente que pueden producirse durante el almacenamiento, transporte y explotación.

Esta prueba se realizará de acuerdo con el método de la Publicación 60794-1-2-F1 de la CEI.

NOTA 1 – Para los cables aéreos autoportados, la estabilidad de la atenuación se puede medir aplicando una tensión específica a la muestra del cable.

NOTA 2 – En la fecha de revisión de esta Recomendación no existía ningún método de prueba internacional normalizado para medir el movimiento de la cubierta producido por las variaciones de temperatura. No obstante, previo acuerdo entre un usuario y un proveedor, dicho movimiento se puede medir por el mismo procedimiento de prueba utilizado para el cambio de atenuación producido por las variaciones de temperatura.

### **7.3.2 Penetración longitudinal de agua (aplicable sólo a cables rellenos)**

Este método de prueba se aplica a los cables de exteriores, que emplean métodos impermeabilizantes y se instalan en todas las condiciones ambientales. Su propósito es verificar que la construcción del cable pueda impedir la penetración de agua en todos los intersticios del cable.

Esta prueba se realizará de acuerdo con el método de la Publicación 60794-1-2-F5 de la CEI.

### **7.3.3 Hidrógeno**

Este método de prueba se aplica a cables de fibra óptica instalados en todas las condiciones ambientales.

En el caso de un cable sin partes metálicas o provisto de una cubierta con barrera antihumedad, con la selección de componentes de cable que tienen baja generación de hidrógeno por sí mismos o en combinación con otros (por ejemplo, agua), la liberación de hidrógeno gaseoso en el núcleo de cable no producirá un aumento apreciable de la pérdida óptica.

Para otras construcciones de cable, se considerará la Rec. UIT-T L.27.

### **7.3.4 Radiación nuclear**

Este método de prueba evalúa las propiedades de cables de fibra óptica en exposición a radiación nuclear.

Esta prueba se realizará de acuerdo con el método de la Publicación 60794-1-2-F7 de la CEI.

### **7.3.5 Vibración eólica**

Este método de prueba evalúa la idoneidad de los cables de fibra óptica para aplicaciones aéreas.

Esta prueba se realizará de acuerdo con el método de la Publicación 60794-1-2-E19 de la CEI.

### **7.3.6 Resistencia a la radiación ultravioleta**

Este método de prueba se aplica a los cables de fibra óptica aéreos y determina la idoneidad de la cubierta de cable para resistir la radiación ultravioleta.

Este asunto necesita más estudio.

### **7.3.7 Formación de un camino conductor en la cubierta**

Esta prueba se aplica a los cables aéreos de fibra óptica utilizados en líneas eléctricas de alta tensión.

Este asunto necesita más estudio.

### **7.3.8 Prueba de resistencia a un disparo**

Este método evalúa la idoneidad de los cables de fibra óptica cuando existe un riesgo de daños causados por disparos.

Esta prueba se realizará de acuerdo con el método de la Publicación 60794-1-2-E13 de la CEI.

### **7.3.9 Protección contra los rayos**

Cuando en un cable se utiliza material metálico, la protección del cable contra los rayos se deberá determinar mediante la prueba descrita en la Rec. UIT-T K.25, o ser objeto de un acuerdo entre un usuario y un proveedor.





## SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
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
<b>Serie L</b>	<b>Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior</b>
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
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 y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Y	Infraestructura mundial de la información y aspectos del protocolo Internet
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación

