

LOS CABLES DE FIBRA

7.1. INTRODUCCION

La fibra, como elemento resistente dispuesto en el interior de un cable formado por agregación de varias de ellas, no tiene características adecuadas de tracción que permitan su utilización directa; es por esto que han de preverse una serie de elementos que la ayuden en ese aspecto e incluso que la sustituyan.

Por otra parte, en la mayoría de los casos las instalaciones se encuentran a la intemperie o en ambientes agresivos que pueden afectar al núcleo, lo que se debe impedir para garantizar el mantenimiento de las características ópticas y mecánicas del sistema.

Las investigaciones sobre componentes opto electrónicos y fibras han traído consigo un sensible aumento de la calidad de funcionamiento de los sistemas. En este contexto, parece cada vez más necesario disponer, para diversas aplicaciones, de cubiertas y protecciones de calidad capaces de proteger a la fibra. Para alcanzar tal objetivo hay que tener en cuenta ciertas cualidades importantes de la misma, como son su sensibilidad a la curvatura y la microcurvatura, la resistencia mecánica y las características de envejecimiento.

Aunque otro objetivo sea minimizar las pérdidas adicionales por cableado y las variaciones de la atenuación con la temperatura, se observan resultados que demuestran la existencia de importantes diferencias sobre lo previsto. Tales diferencias se deben a diseños calculados a veces para mejorar otras propiedades, como la resistencia mecánica, la calidad de empalme, el coeficiente de relleno (número de fibras por mm²) o el costo de producción.

7.2. PARAMETROS DE DISEÑO

La fibra óptica presenta tres características que constituyen parámetros de diseño del cable:

- *La sensibilidad a las curvaturas y microcurvaturas.*
- *La resistencia mecánica.*
- *La fatiga estática y el envejecimiento.*

7.2.1. Sensibilidad a las curvaturas

Siempre que la fibra se ve sometida a una curvatura o un pandeo (al bobinarla, al tender el cable, etc.), se origina una atenuación adicional al producirse una fuga de modos que en condiciones normales permanecerían en el núcleo; no obstante, como esta atenuación adicional varía exponencialmente con el radio de curvatura (Fig. 7.1), estas pérdidas son inapreciables hasta que se sobrepasa una **curvatura crítica**.

Como regla práctica, puede considerarse un radio de curvatura mínimo de valor igual a diez veces el diámetro del tubo que aloja al módulo de fibras (ver Tablas 7.2, 3 y 4).

En cuanto a las microcurvaturas, se producen por fuerzas laterales localizadas a lo largo de la fibra. Pueden aparecer a consecuencia de irregularidades de fabricación e instalación, así como por variaciones dimensionales en los materiales del cable a consecuencia de los cambios de temperatura. Se ha comprobado que la tensión que producen es inversamente proporcional al radio de curvatura, y directamente al módulo de Young y al momento de inercia de la fibra. Por tanto, las pérdidas debidas a la micro curvatura en un cable de fibras ópticas pueden limitarse modificando muchos de los parámetros mecánicos de la fibra o del cable. Entre las diversas posibilidades cabe citar:

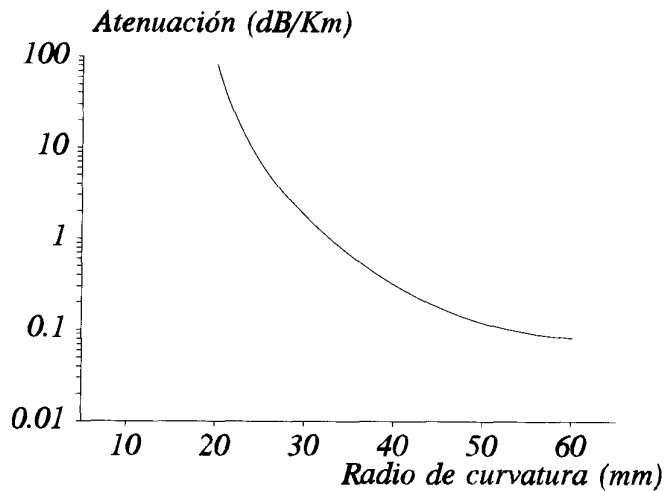


Figura 7.1. Pérdidas en las fibras por curvatura.

- -Aumento del diámetro del revestimiento de modo que la tensión necesaria para producir micro curvatura sea mayor.
- -Aumento del radio de la curvatura continua debido al trenzado.
- -Disminución del módulo de elasticidad del recubrimiento y del material de la cubierta del cable.
- -Aumento del espesor del recubrimiento.
- -Eliminación de la tensión de la fibra en el interior del cable.

Esta gran variedad de soluciones explica en parte la diversidad de soluciones adoptadas para el cableado.

En la práctica se adoptan dos variantes: una se basa en la eliminación de la tensión susceptible de producir microcurvaturas (estructuras de fibra libre u holgada, ya mencionadas), y la otra trata de minimizar los efectos de las tensiones mediante el uso de materiales amortiguadores de las mismas sobre la fibra (estructuras densas).

En cuanto a la atenuación adicional que producen las microcurvaturas, depende de su periodicidad y de la amplitud de las mismas (Fig. 7.2).

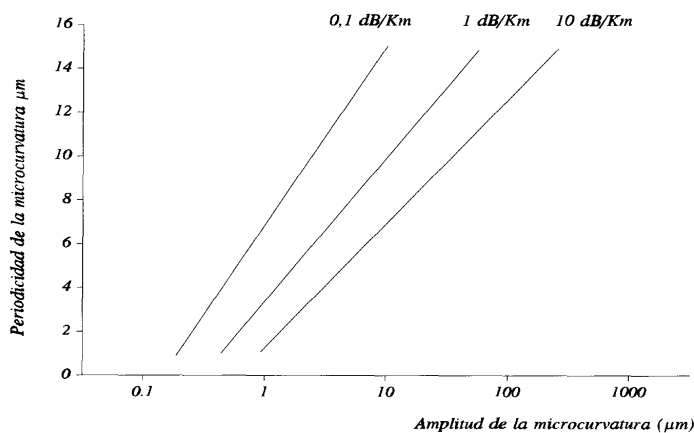


Figura 7.2. Atenuación por microcurvaturas

7.2.2. Resistencia mecánica

La resistencia mecánica teórica de las fibras ópticas (del orden de 350 N/mm²) es muy pequeña comparada con las altas tensiones a que puede estar sometido un cable durante el proceso de tendido, por lo que los cables ópticos deben incorporar elementos adicionales que proporcionen la resistencia necesaria con la mínima elongación, independizando en lo posible las elongaciones de fibra y del cable, lo que justifica la preferencia por las estructuras holgadas en la mayoría de los casos.

Al comparar el valor teórico anterior con la resistencia real obtenida en la práctica, se observan disminuciones notables de la misma, bajando hasta valores de 30 a 50 N/mm², lo que se explica por la presencia de fisuras superficiales en el revestimiento que disminuyen la superficie efectiva resistente. Este dato apoya lo expuesto sobre la necesaria presencia de elementos resistentes.

La probabilidad de rotura aumenta exponencialmente con el esfuerzo de tracción y la resistencia disminuye rápidamente al aumentar la longitud, hasta el punto de que mientras una fibra de 10 metros se puede alargar un 5%, otra de 1500 metros no soporta más de un 2% de elongación. En cualquier caso, esta probabilidad no es una función claramente definida, aunque se sepa que depende de la longitud del cable y del número y profundidad de las fisuras iniciales.

Por otra parte, la vida útil de la fibra depende de la tensión permanente a que se la somete, tanto mientras se tiende como cuando queda instalada. La relación entre tensiones, T, y tiempos, t, durante los que se pueden aplicar aquellas es:

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{t_2^n}{t_1^n}$$

donde n es un parámetro cuyos valores oscilan entre 15 y 25, dependiendo del tipo de fibra. Hay ábacos y gráficos que relacionan estas variables y determinan cuál debe ser el esfuerzo máximo de tendido durante el tiempo que dura éste; normalmente será tal que no provoque una elongación mayor del 0,3% .

7.2.3. Fatiga estática

En el proceso de fabricación se incluyen elementos hidrófugos de protección de la fibra, ya que la humedad presente en el exterior de la misma puede provocar el aumento del tamaño de las fisuras superficiales originadas en los procesos de tracción.

La vida media de las fibras está ligada directamente a la relación entre los valores de fatiga durante el tendido y la tensión permanente a que quedan sometidas, de modo que si la tensión de servicio es inferior al 20% de la resistencia inicial, el efecto de la fatiga estática es despreciable, mientras que si excede del 30% la vida de la fibra alcanza sólo unos días (Fig. 7.3).

Los ensayos realizados son no destructivos. Ha de tenerse en cuenta que el propio ensayo disminuye notablemente la resistencia posterior de la fibra, por lo que si se quiere evitar este efecto, ha de realizarse de modo estadístico sobre elementos que no vayan a prestar servicio posteriormente.

7.2.4. Atenuación por cableado

El cableado introduce una atenuación suplementaria del orden de 0,1 dB/Km, dependiendo de la longitud de onda de explotación.

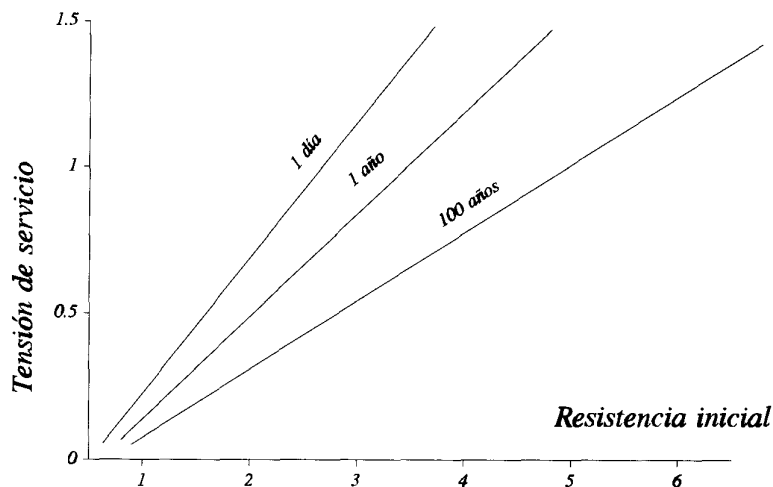


Figura 7.3. Efecto de la fatiga estática.

7.3. ESTRUCTURAS DE LOS CABLES

La aplicación a que se destine el cable determinará en todos los casos su estructura y, en consecuencia, sus características. En cualquier caso, han de tenerse en cuenta los siguientes factores:

1. Elongación prevista: será pequeña en cables subterráneos y grande en el caso de cables submarinos o de tendido aéreo.
2. Resistencia mecánica y tensión de trabajo admisible.
3. Protección contra humedades.
4. Tipo y grado de elementos agresivos ambientales, que determinarán las características mecánicas y químicas de los materiales plásticos a utilizar.
5. Pérdidas adicionales causadas por curvaturas y microcurvaturas.
6. Capacidad del cable: pequeña en cables destinados a aplicaciones de gran velocidad y cables monofibra o bifibra para instalaciones de interior, y grande para los cables de enlace de centrales telefónicas y de distribución.
7. Procedimiento de empalme, aspecto muy importante a considerar cuando el número de fibras es grande, pudiendo determinar en estos casos la elección de estructuras modulares de cable.

Los cinco primeros factores determinan la elección del tipo y dimensiones del recubrimiento de la fibra, debiendo optar entonces por:

- a) *Estructura holgada o libre*, en la que la fibra y su recubrimiento primario quedan inmersos en un fluido viscoso que los aísla parcialmente de esfuerzos externos y humedades.
- b) *Estructura ajustada*, donde la fibra está embutida por extrusión en un material plástico resistente.

7.3.1. Estructuras holgadas

La fibra se encuentra envuelta en un recubrimiento primario coloreado de acetato de celulosa de unos 6 μm de espesor y 150 a 250 μm de diámetro. El recubrimiento secundario es un tubo de material plástico de 1,5 a 3 mm de diámetro y espesor de 0,25 mm, dependiendo del número de fibras que aloje, relleno de grasa de silicona, que evita la entrada de humedad. La silicona debe ser hidrófuga y estable al menos entre -20 y +60 °C.

En cables de pequeño número de fibras, éstas se ensamblan por grupos de 6, 8, 10 o 12, recubiertos de polietileno, y todos ellos alrededor de un elemento central resistente de poliamida aromática (aramida) de 0,7 a 4 mm, normalmente Kevlar 49. Lo más normal es que este elemento quede separado del conjunto de tubos de fibras que lo rodean por una almohadilla. Esta disposición constituye un elemento básico.

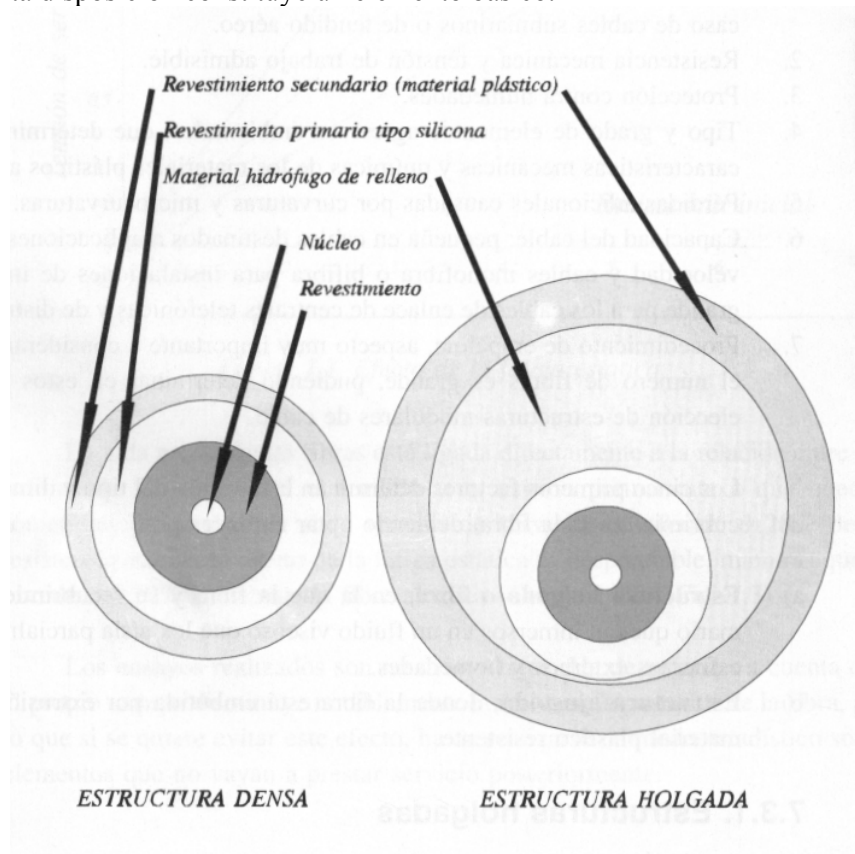


Figura 7.4. Modos de alojamiento de la fibra.

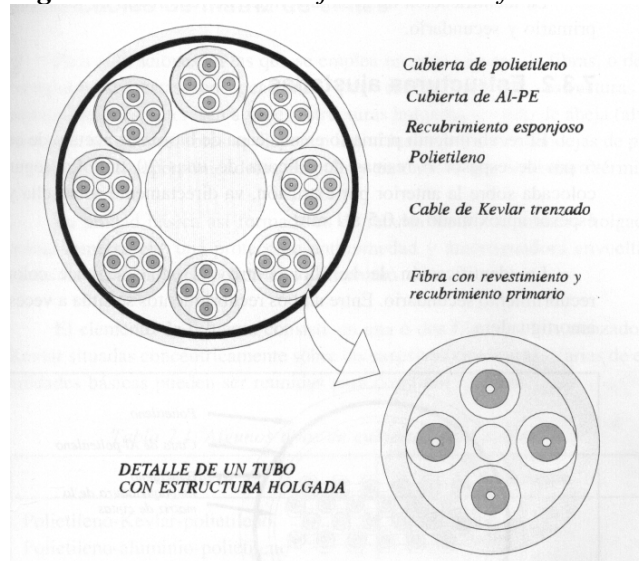


Figura 7.5. Cable multifibra.

Cuando se trata de cables de mayor capacidad, se disponen varios de estos elementos helicoidalmente alrededor de otro elemento resistente de igual o mayor diámetro, y el conjunto se recubre con una cinta envolvente de poliéster, una de polietileno (PE), otra estanca de aluminio y polietileno y una última de polietileno. Cuando se desean cables dieléctricos, se sustituye la capa de Al-PE por hilaturas de Kevlar.

A veces se incluyen en el cable conductores metálicos para alimentación de regeneradores intermedios o para comunicaciones de prueba extremo a extremo.

La identificación de la fibra se hace por coloreado de los recubrimientos primario y secundario.

7.3.2. Estructuras ajustadas

El recubrimiento primario es una capa de barniz de acetato de celulosa de 6 μm de espesor o resinas de silicona de unos 20 μm . La segunda capa, colocada sobre la anterior por extrusión, va directamente sobre ella y tiene un espesor aproximado de 0,5 a 1 mm.

La identificación de la fibra dentro del cable se hace coloreando el recubrimiento secundario. Entre ambos recubrimientos se sitúa a veces una capa amortiguadora.

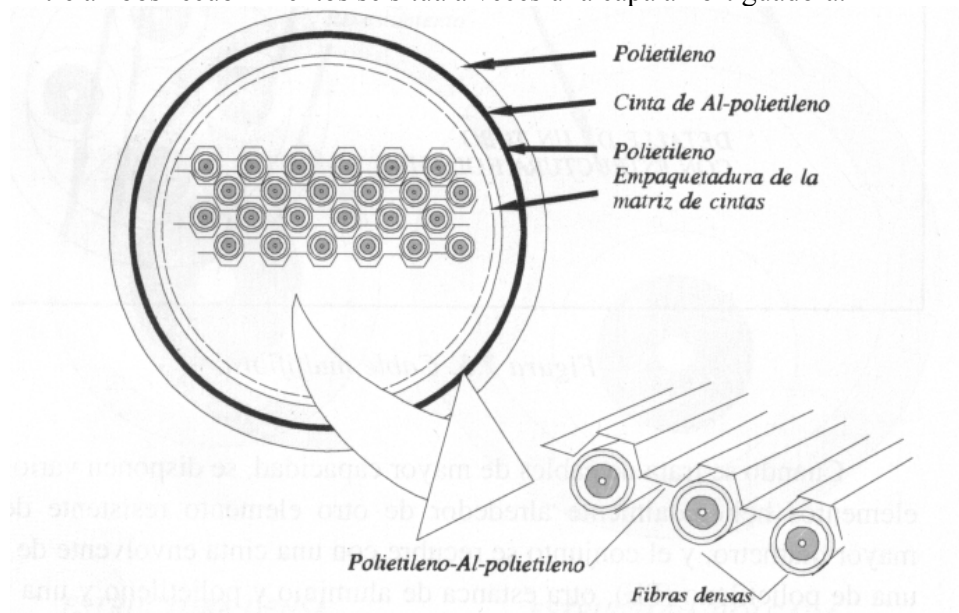


Figura 7.6. Cable de cinta.

No debe deducirse de lo expuesto que cualquiera que sea la estructura del cable -holgada o ajustada- la disposición de las fibras es siempre circular. Muestra de ello son los tipos que seguidamente se citan.

7.3.3. Cables de matriz de cintas

Para aplicaciones en las que se emplea un gran número de fibras, o deben reempalmarse estas en ocasiones por cambio de las estructuras de comunicaciones, interesan a veces estructuras holgadas en nido de abeja (alveolares), en las que las fibras se disponen individualmente sobre bandejas de perfil semi hexagonal, superponiéndolas después y uniéndolas por soldadura térmica. La unidad básica así formada es de recubrimiento secundario holgado y queda inmersa en una protección antihumedad y amortiguadora envuelta en cintas de protección de polietileno y aluminio.

El elemento de refuerzo consiste en una o dos filas de hilos trenzados de Kevlar situadas concéntricamente sobre las sucesivas envolturas. Varias de estas unidades básicas pueden ser reunidas para constituir el cable.

Tabla 7.1. Algunos tipos de cubiertas para cables	
Cubierta	Aplicación
Polietileno-Kevlar-polietileno	Canalización
Polietileno-aluminio-polietileno	"
Polietileno-acero-polietileno	"
Polietileno-aluminio-polietileno	Zanja canalizada
Polietileno-acero-polietileno	"
Polietileno-acero-polietileno	Enterrado
Polietil.-Kevlar-acero-polietil.	Aéreo

7.3.4. Cables de cilindro ranurado

Este tipo de cable, usado en la Administración francesa y en los cables submarinos, tiene como unidad básica un cilindro de polietileno en cuya periferia se disponen de 10 a 12 ranuras con paso de hélice que alojarán las fibras individuales. En el centro del cilindro hay un elemento resistente de aramida, y la periferia va encintada.

El cable se forma por varias de estas unidades apiladas y se reviste con número y tipos diversos de cintas, dependiendo de la aplicación a que se destine.

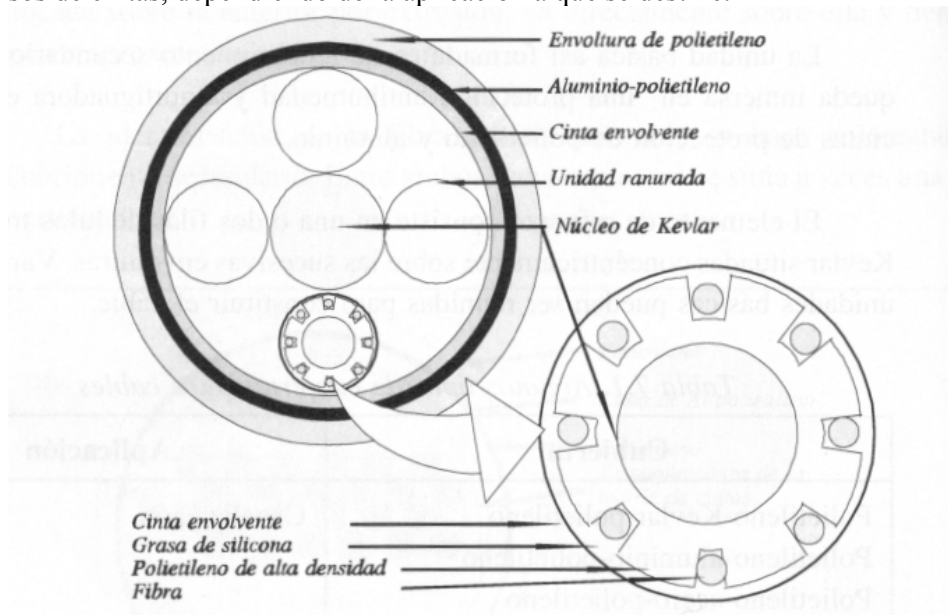


Figura 7.7. Cable de cilindro ranurado

7.3.5. Cintas y envolturas

En función del ambiente exterior en que se deba encontrar el cable, se disponen los diferentes tipos de cubiertas. En la tabla 7.1 se indican algunos tipos de ellas y sus aplicaciones.

7.3.6. Elementos auxiliares

Además de las fibras, con sus envolturas y cubiertas, estos cables disponen, como es usual en todos los cables para comunicaciones, de otros conductores auxiliares: para alimentación del sistema de fibras, conductores para alarmas y para comunicaciones de servicio.

Las capas del núcleo de sílice y del revestimiento difieren ligeramente en su composición, debido a pequeñas cantidades de materiales, como boro o germanio, que son añadidos durante el proceso de fabricación. Esto altera las características del índice de refracción de ambas capas, dando lugar a las propiedades de confinamiento de la luz necesarias para la propagación de los rayos.

El índice de refracción del núcleo de sílice tiene un valor alrededor de 1,5 y el del revestimiento es ligeramente menor, alrededor de 1,48. El índice de refracción del aire es 1,003. El recubrimiento de la fibra está normalmente coloreado, usando códigos de color estándar del fabricante, que facilitan la identificación de la fibra. Las fibras ópticas pueden también estar hechas completamente de plástico o de otros materiales. Estas fibras son generalmente menos caras pero tienen una atenuación mayor (pérdidas) y una aplicación limitada.

Diámetros usuales de la fibra

Las fibras ópticas que se usan en telecomunicaciones se fabrican en cinco grupos principales, atendiendo a los diámetros del núcleo y del revestimiento, como se ilustra en la siguiente tabla:

Diámetros comunes de una FO y de su protección

	Núcleo	Revestimiento	Recubrimiento	Tubo o protección
I	8 a 10	125	250o500	900 o2.000
II	50	125	250o500	900 o2.000
III	62,5	125	250 o 500	900 o 2.000
IV	85	125	250o500	900 o 2.000
V	100	140	250o500	900 o 2.000

Nota: 250 μm = 0,25 mm (milímetros)

El tamaño de la fibra se especifica en el formato "núcleo/revestimiento) Por tanto, una fibra 62,5/125 significa que la fibra tiene un diámetro del núcleo de 62,5 μm y un diámetro del revestimiento de 125 μm .

El recubrimiento envuelve el revestimiento y puede, tener un diámetro de 250 o 500 μm . Para la fabricación de un cable de estructura ajustada se utiliza una protección plástica de 900 μm de diámetro que envuelve el recubrimiento. Para la construcción de un cable de estructura holgada, la fibra, con un recubrimiento de 250 μm , permanece suelta en un tubo plástico de 2 a 3 milímetros

I. Núcleo: 8 a 10/125 μm

Una fibra que tenga un tamaño de núcleo de 8 a 10/125 μm se conoce como fibra monomodo. Puede propagar la mayor tasa de datos y tiene la atenuación más baja. Se utiliza frecuentemente para aplicaciones de transmisión de datos a alta velocidad o para largas distancias. Debido al pequeño diámetro de su núcleo, el equipamiento óptico utiliza conectores de alta precisión y fuentes láser. Esto aumenta los precios del equipamiento. El equipamiento de las fibras monomodo cuesta a menudo mucho más que el equipamiento de las fibras multimodo. Sin embargo, un cable de fibras monomodo es más barato que un cable de fibras multimodo.

II. Núcleo: 50/125 μm

La fibra cuyo tamaño de núcleo es 50/125 μm fue la primera fibra de telecomunicaciones en venderse en grandes cantidades y es bastante corriente hoy en día. Su pequeña apertura numérica (AN, ver sección 3.2) y pequeño tamaño del núcleo hacen que la potencia de la fuente

acoplada a la fibra sea la menor de todas las fibras multimodo. Sin embargo, de todas las fibras multimodo, es la que tiene el mayor ancho de banda potencial.

III. Núcleo: 62,5/125 μm

La fibra de diámetros 62,5/125 μm es, en el presente, la más popular para transmisión multimodo y se está convirtiendo en estándar para muchas aplicaciones. La fibra tiene un ancho de banda potencial menor que la fibra 50/125, pero es menos susceptible a las pérdidas por micro curvaturas. Su mayor AN y su mayor diámetro de núcleo proporcionan un acoplamiento de luz ligeramente mayor que la fibra 50/125.

IV. Núcleo: 85/125 μm

La fibra 85/125 es una fibra de tamaño europeo y no es popular en América. Tiene una buena capacidad para acoplar luz, similar a la del núcleo de 100 μm , y usa el revestimiento de diámetro estándar de 125 μm . Esto permite la utilización de conectores y empalmes estándar de 125 μm con esta fibra.

V. Núcleo: 100/140 μm

El diámetro del núcleo mayor de la fibra multimodo 100/140 μm la convierte en la fibra más fácil de conectar. Es menos sensible a las tolerancias del conector y a la acumulación de suciedad en los conectores. Acopla la mayor cantidad de luz de la fuente, pero tiene un ancho de banda potencial significativamente más bajo que otras de tamaños de núcleo más pequeños. Se puede encontrar en vanos de longitud intermedia y con muchos conectores (en edificios) que tienen requerimientos de baja velocidad de datos. No es muy común y puede ser muy difícil de obtener.

Hay otras fibras con diámetros de núcleo todavía mayores, pero son menos comunes y sus aplicaciones están limitadas. Se usan en primer lugar para vanos de conexión corta (entre equipamientos) o en otras aplicaciones diferentes a las comunicaciones de datos, como es la transmisión de luz visible.

Un resumen de los tamaños de los núcleos de fibra y de sus características se puede observar en la siguiente tabla:

Características de la FO

	<i>Núcleo</i>	<i>AN</i>	<i>Pérdidas</i>	<i>Ancho de Banda</i>	<i>Longitud de Banda μm</i>
I	8 a 10	La más pequeña	Las más bajas	El mayor	1.350 o 1.550
II	50	Más pequeña	Más bajas	Más grande	850 o 1.310
III	62,5	Media	Bajas	Medio	850 o 1.310
IV	85	Grande	Altas	Más pequeño	850 o 1.310
V	100	La más grande	Más altas	El más pequeño	850 o 1.310

Emparejado de fibras ópticas

Cuando se emparejan las fibras ópticas para hacer un empalme o conexión, los diámetros de los núcleos deben ser del mismo tamaño. Una fibra multimodo 62,5/125 μm debería empalmarse únicamente con otra fibra multimodo 62,5/125 μm . Las fibras monomodo no se pueden conectar o empalmar a fibras multimodo. Cuando se empalman fibras monomodo, se utiliza para unir las fibras el diámetro del campo modal, en vez del diámetro del núcleo.

Las fibras multimodo y monomodo no se pueden mezclar o intercambiar. El equipamiento diseñado para fibras monomodo sólo se puede conectar a fibras monomodo. El equipamiento diseñado para fibras multimodo se puede conectar sólo a fibras multimodo.

Se deberían revisar cuidadosamente las especificaciones del equipamiento de fibras ópticas para determinar el diámetro adecuado de la fibra óptica. En el equipamiento se puede especificar una fibra de un diámetro determinado, o una lista de tamaños diferentes que pueden ser usados con el equipamiento.

Debido a que diámetros de núcleo mayores son capaces de acoplar mayor potencia de luz, para algunas aplicaciones se pueden lograr mayores distancias de transmisión cuando se utilizan fibras de diámetros de núcleos mayores (sólo para fibras multimodo).

La tabla siguiente ilustra cómo aumenta la longitud del cable cuando aumenta el diámetro del núcleo (aunque esto ocurre sólo para ciertos equipos). Incluso, aunque aumenta la atenuación de la fibra óptica con un incremento del diámetro del núcleo, se acopla más luz debido a su mayor diámetro de núcleo, y la longitud de transmisión de la fibra aumenta. Se dispone en la Web de cartas similares para ciertos equipamientos ópticos.

Tamaño de la fibra μm	Atenuación de la fibra (dB/km)	AN	Longitud del cable (km)
50/125	4,0	0,20	0,2
50/125	3,0	0,20	0,27
50/125	2,7	0,20	0,3
62,5/125	4,0	0,29	1,3
62,5/125	3,7	0,29	1,5
100/140	5	0,29	1,5
100/140	4	0,29	1,8

7.4. PRUEBAS DE LOS CABLES

Los laboratorios efectúan en los cables producidos pruebas óptico-geométricas, de transmisión, mecánicas y ambientales, que pueden resumirse así:

MEDIDAS GEOMETRICAS:

- Diámetro de la superficie de referencia (revestimiento).
- Error de concentricidad núcleo-revestimiento.
- No circularidad núcleo-revestimiento.
- Diámetro, error de concentricidad y no circularidad del recubrimiento primario.

MEDIDAS OPTICAS:

- Diámetro del campo modal.
- Apertura numérica.

MEDIDAS DE TRANSMISION: -

- Retrodispersión y atenuación monocromática.
- Atenuación espectral.
- Longitud de onda de corte.
- Dispersión espectral y total.
- Perfil del índice de refracción del núcleo.
- Ancho de banda en el dominio de la frecuencia.

MEDIDAS MECANICAS:

- Resistencia a las microcurvaturas.
- Resistencia a la abrasión.
- Resistencia a la tracción y alargamiento.

- Resistencia a la fatiga.
- Dependencia de la atenuación con la temperatura. - Flexibilidad.

MEDIDAS AMBIENTALES: -

- Pruebas de temperatura.
- Pruebas de alta temperatura y humedad combinadas.
- Comportamiento a bajas temperaturas.
- Ciclos de temperaturas altas, bajas y humedad.
- pH del medio circundante.
- Inmersión en diversos medios: agua marina, siliconas, aceite, petróleo, etc.

7.5. TIPOS MAS IMPORTANTES DE CABLES

Sus características dependen de la aplicación que se pretenda obtener de ellos, aunque la construcción básica de tipo más general consiste en proteger las fibras con un recubrimiento secundario holgado, reuniendo varias de estas fibras para formar un tubo y varios tubos para constituir un cable.

7.5.1. Cables para redes telefónicas interurbanas

Son los de aplicación más común. Responden a la estructura descrita anteriormente y son de gran compacidad. Su cubierta metaloplástica y el relleno de los intersticios y los tubos los protegen contra la entrada longitudinal y transversal del agua.

Cuando se usan en canalización -práctica más usual-no necesitan protecciones adicionales contra los agentes mecánicos.

Cuando vayan a ser enterrados directamente o se encuentren en ambientes especialmente agresivos, se les añade una segunda cubierta a base de cinta de acero-polietileno, que también los protege de la entrada transversal del agua.

Las características típicas de un cable de 32 fibras pueden ser las de la tabla 7.2, donde los números de orden representan las sucesivas capas, de interna a externa.

Tabla 7.2. Características típicas de un cable de 32 fibras	
Cubierta	Aplicación
1. Elemento resistente central	Kevlar 49 o acero galvanizado.
2. Recubrimiento del elemento central	Diámetro exterior = 2,5 mm Polietileno
3. Tubo holgado con fibras y relleno de compuesto antihumedad.	Diámetro = 4 mm Poliéster Nº de tubos = 8 Nº de fibras por tubo = 4 Diámetro exterior del tubo =2,5 mm
4. Cintas envolventes	Poliéster
5. Primera cubierta	Polietileno
6. Protección metálica	Cinta estanca Al-polietileno
7. Cubierta exterior	Polietileno

OTROS DATOS:	Diámetro exterior = 16 mm
Peso (Kg/Km)	220
Radio de curvatura mínimo (mm)	300
Resistencia a la tracción (Nw)	2400
Longitud típica de la bobina (Km)	2/4

Normalmente se fabrican cables de 4, 8, 16, 32, 64 y 128 fibras. En vista del bajo coste de los cables de fibra frente a los convencionales, y para prever futuras ampliaciones de estas redes, se suelen equipar cables de gran número de fibras, habitualmente de 16 a 64.

7.5.2. Cables para redes urbanas y locales

Se utilizan en zonas urbanas o con gran densidad de abonados, para uniones entre centrales telefónicas y en redes de área local (LAN), atendiendo a servicios telefónicos, de TV, terminales de datos, etc., por lo que el número de fibras a equipar por cable es muy grande, hasta 16 tubos de 8 fibras o más. Además, al ir embutidos en canalizaciones no precisan cinta de aluminio-polietileno. Por lo demás, son similares a los anteriores.

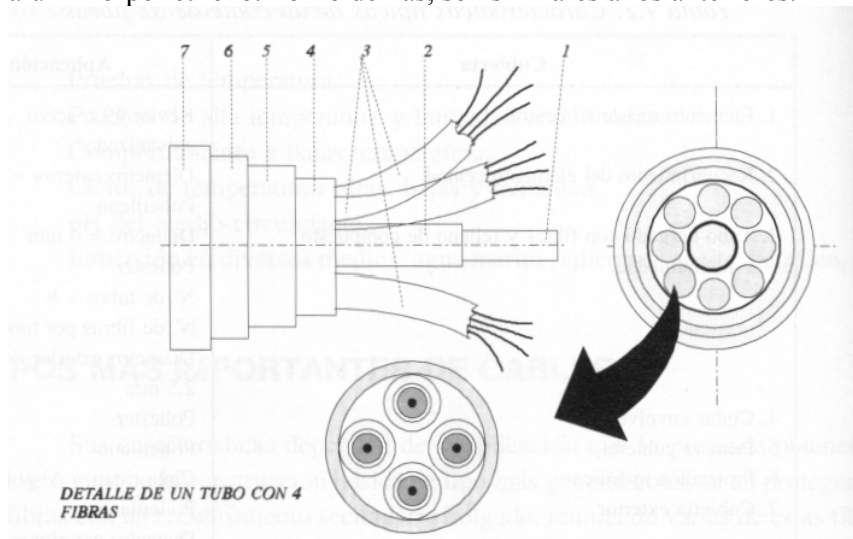


Figura 7.8. Cable multifibra para redes interurbanas de comunicaciones

7.5.3 Cables monofibra y bifibra

Su aplicación más usual es la de latiguillos de conexión de los equipos a las fibras de los cables de gran capacidad cuando éstos se despeinan para la conexión a aquellos.

Su función de latiguillos obliga a que su flexibilidad sea alta, para lo que el elemento resistente se monta a base de hilatura de Kevlar trenzada, lo que, a su vez, proporciona características dieléctricas al conjunto.

Sobre el primer revestimiento (transparente) se coloca el segundo, ajustado y de material plástico. La cubierta de estos cables suele ser de poliuretano ignífugo -retardadora de la llama- como medida complementaria de seguridad.

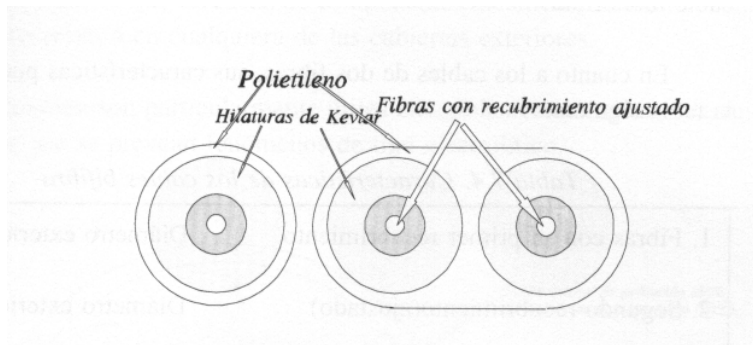


Figura 7.9. Cables monofibra y bifibra.

Tabla 7.3. Características de los cables monofibra

1. Fibra con su primer recubrimiento	Diámetro exterior = 0.5 mm.
2. Segundo recubrimiento(ajustado)	Diámetro exterior = 1 mm.
3. Trenzado resistente de Kevlar 49	
4. Cubierta de poliuretano ignífugo	Diámetro exterior = 3 mm.
Peso (Kg/Km)	10
Radio de curvatura mínimo (mm)	30
Resistencia a la tracción (Newton)	300
Longitudes típicas de bobinas(m.)	2500a3000

Para su conexión a cable y equipo se terminan en sendos conectores por sus extremos. En cuanto a la identificación como monomodo o multimodo, se hace por el color de la cubierta exterior, siendo amarillo para las primeras y verde para las otras. En la tabla 7.3 se indican las características típicas de un cable monofibra.

En cuanto a los cables de dos fibras, sus características pueden ser las de la tabla siguiente:

Tabla 7.4. Características de los cables bifibra

1. Fibras con su primer recubrimiento	Diámetro exterior = 0,5 mm.
2. Segundo recubrimiento(ajustado)	Diámetro exterior = 1 mm.
3. Trenzado resistente de Kevlar 49	
4. Cubierta de poliuretano ignífugo	Diámetro exterior = 3 mm.
5. Cubierta ignífuga para el conjunto bifibra	
Peso (Kg/Km)	25=30
Radio de curvatura mínimo (mm)	30=40
Resistencia a la tracción (Newton)	400=500
Longitudes típicas de bobinas(m.)	2500=3000

La cubierta ignífuga del conjunto tiene forma de "8" o elíptica, disponiendo en su parte central de un hilo de rasgado que permita abrirlo para extraer independientemente cada una de las fibras.

7.5.4. Cables dieléctricos

Su principal uso se encuentra en los servicios de banda ancha y las transmisiones telefónicas multicanales.

En algunas aplicaciones de los cables ópticos, particularmente las militares, es imprescindible que carezcan de componentes metálicos, bien en la zona central de refuerzo o en cualquiera de las cubiertas exteriores.

También son particularmente útiles en ambientes eléctricamente ruidosos o en los que se prevean fenómenos de tipo electrolítico.

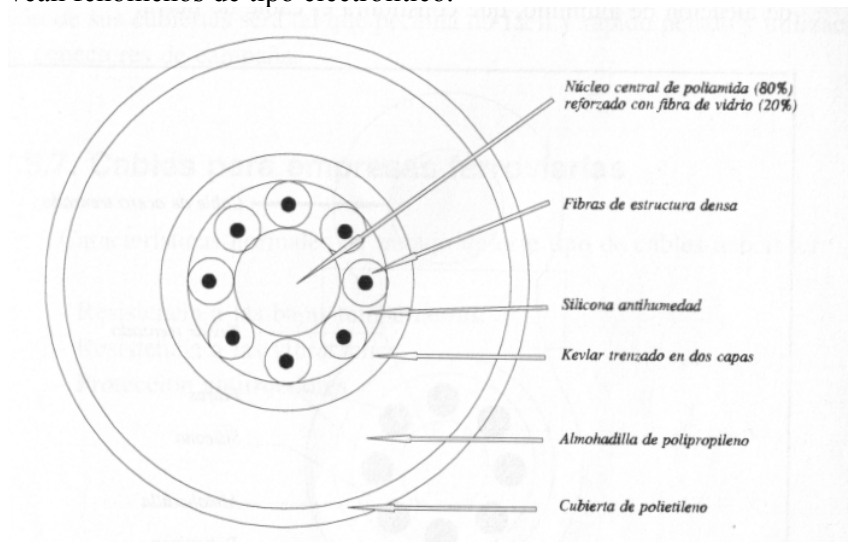


Figura 7.10. Cable dieléctrico autosoportado de ocho fibras.

El elemento central resistente será, por tanto, de Kevlar, y una de las capas de protección externa, que en un cable de fibra convencional es de Al-polietileno o de acero-polietileno, queda sustituida por hilatura de Kevlar. El número de fibras es hasta de 32 y por su gran flexibilidad y poco peso admiten instalación aérea, cosidos o en canalización.

7.5.5. Cables para empresas eléctricas

Los cables de fibra encuentran un campo de aplicación muy interesante en la transmisión de señales de telecomunicación a lo largo de las líneas de distribución de alta tensión, aprovechando sus características dieléctricas e inmunidad a las interferencias electromagnéticas.

El cable se aloja en el interior del conductor de tierra de la red de distribución y, como debe soportar altas temperaturas eventualmente, los tubos que alojan las fibras son de plástico fluorado. A su alrededor se dispone una capa de aluminio extruido, sobre la que se cablean una o dos capas trenzadas de aleación de aluminio, que constituirá el cable de tierra.

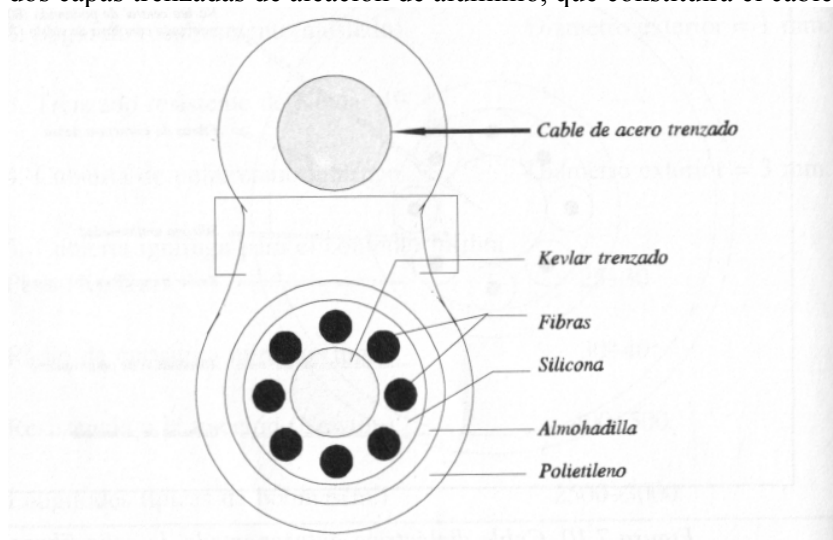


Figura 7.11. Cable autosoportado en "8".

Por su función, el número de fibras necesarias es pequeño, construyéndose hasta de 16 fibras, alojadas en cuatro tubos.

Los diseños actuales permiten alcanzar temperaturas continuas en el núcleo óptico hasta de 220°C y corrientes de 25 KA debidas a frentes de onda escarpados en el cable metálico.

Desarrollos posteriores han permitido la instalación de conductores ópticos en el interior de los conductores de fase.

7.5.6. Aplicaciones militares

Además de las características dieléctricas antes mencionadas, se exige en estas aplicaciones una alta resistencia mecánica y a las radiaciones nucleares, por lo que el núcleo deberá ser de sílice.

Al mismo tiempo, la disposición de los elementos ópticos y la composición de sus cubiertas será tal que permita un fácil y rápido pelado y utilización de conectores de campaña.

7.5.7. Cables para empresas ferroviarias

Características normales de trabajo de este tipo de cables deben ser: - Resistencia a las bajas temperaturas.

- Resistencia a las vibraciones. - Protección antirroedores.

BIBLIOGRAFÍA	
Instalaciones de FO	Bob Chomycz
Introducción a la Ingeniería de la FO	Baltasar Rubio Martinez
Molex	FO interconnect technologies Inc
NEC	FO devices