

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 643 299**

51 Int. Cl.:

G02B 6/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.05.2008 PCT/US2008/005797**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.07.2017 WO08137151**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.05.2008 E 08754221 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.07.2017 EP 2069844**

54 Título: **Cable óptico**

30 Prioridad:
08.05.2007 US 800879

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.11.2017

73 Titular/es:
**CORNING CABLE SYSTEMS LLC (100.0%)
INTELLECTUAL PROPERTY DEPARTMENT SP-
TI-3-1
CORNING, NY 14831, US**

72 Inventor/es:
**HURLEY, WILLIAM C;
KUNDIS, DIETER E;
MERBACH, GERHARD y
WUENSCH, GUENTER**

74 Agente/Representante:
CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 643 299 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Cable óptico

Campo de la invención

La presente invención se relaciona con un cable óptico para ser utilizado en aplicaciones en interiores y/o exteriores.

5 Antecedentes de la invención

10 En el cableado de instalaciones edilicias con cables de fibra óptica, los así denominados cables de bajada se utilizan para encaminar fibras ópticas a casas, apartamentos y unidades multi-familiares. Un cable de bajada se puede adaptar para ser tendido en exteriores, como así también en interiores. Un cable de bajada en un área en exteriores se puede utilizar como un cable aéreo que es apropiado para una extensión de corta longitud. Un cable de bajada también se puede tender en el suelo para realizar conexiones ópticas entre un punto de demarcación del proveedor de servicios hasta el usuario final.

15 Un cable de bajada debe cumplir ciertos requisitos. El cable debe ser lo suficientemente pequeño como para que pueda ser encaminado fácilmente a través de las instalaciones edilicias, pero lo suficientemente grande como para que sea fácil de manipular. Durante la instalación, con frecuencia el cable tiene que ser curvado alrededor de esquinas por fuera o por dentro de las instalaciones edilicias. Por lo tanto, el cable debe ser fácil de curvar y tiene que tener poca o ninguna memoria de curvatura o elasticidad. Además, debe ser posible curvar el cable con un radio pequeño sin un elevado aumento de la atenuación óptica. El diseño del cable debe limitar el radio de curvatura experimentado por la fibra. Además, se requiere que el cable sea susceptible a la colocación del conector en obra y también que sea lo suficientemente resistente como para ser apretado por grapas o por sunchos fuertemente ajustados. Con el fin de cumplir con los códigos nacionales y locales de seguridad para uso en interiores de edificios, los materiales que envuelven las fibras ópticas deben ser ignífugos. El cable de bajada debe tener, por ejemplo, una clasificación de inflamabilidad OFC (cable conductor de fibra óptica) o de OFN (cable no conductor de fibra óptica).

20 Las cargas de compresión son efectivas en el cable, si el cable está fijado a un mástil o a una pared de la casa por medio de grapas o si el cable se extiende entre armellas. La carga de tracción se produce principalmente cuando el material de una capa del cable óptico, por ejemplo, el material de la cubierta del cable, se encoge después de un proceso de extrusión. El cable de bajada se debe diseñar de tal manera que las fibras ópticas no estén considerablemente influenciadas por los esfuerzos de compresión y de tracción.

25 Síntesis de la invención

30 La presente invención se define en la reivindicación 1. Las formas de realización preferidas se definen en las reivindicaciones dependientes.

Las numerosas características y ventajas de la presente invención serán fácilmente evidentes a partir de la siguiente descripción detallada leída conjuntamente con las figuras adjuntas.

Breve descripción de las figuras

35 La Figura 1 muestra una sección transversal de un cable óptico utilizado como un cable de bajada en aplicaciones en interiores y/o en exteriores de acuerdo con la presente invención.

La Figura 2 muestra una sección transversal de otro cable óptico utilizado como un cable de bajada en aplicaciones en interiores y/o en exteriores de acuerdo con la presente invención.

La Figura 3 muestra un cable óptico con un conector de engarce en el mismo.

40 La Figura 4 es un gráfico que muestra la atenuación como una función del radio de curvatura de una fibra monomodo de diferentes tipos.

La Figura 5 muestra una línea de producción de un cable óptico de acuerdo con la presente invención.

La Figura 6 muestra una representación en corte de una fibra óptica con rendimiento en curvatura que es apropiada para usar con la presente invención.

La Figura 7 muestra una imagen en corte de una fibra óptica con rendimiento en curvatura donde se ilustra una región anular que contiene orificios que comprende orificios dispuestos de manera no periódica.

Descripción detallada de la invención

La invención se define en la reivindicación 1.

5 Ahora se describirán más completamente diversos aspectos de la divulgación de aquí en adelante con referencia a las figuras adjuntas. Estos aspectos se proveen de manera que la divulgación transmitirá completamente el alcance de la invención a los expertos en la técnica. Sólo esas partes de la divulgación que caen dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas forman parte de la presente invención. Por lo tanto, el término "forma de realización" empleado en la descripción no implica automáticamente que esta sea una forma de realización de la invención
10 definida por la reivindicación 1. Las figuras no están necesariamente dibujadas a escala sino que están configuradas para ilustrar claramente la invención. Los mismos símbolos de referencia se utilizarán en los mismos o correspondientes elementos en las diferentes figuras.

La Figura 1 ilustra una vista en corte de una forma de realización de un cable óptico 100. El cable óptico comprende una fibra óptica con recubrimiento 110 que puede ser una fibra óptica con recubrimiento de estructura ajustada. La fibra óptica con recubrimiento comprende un núcleo de fibra 111 y una capa de protección 112. La fibra óptica con recubrimiento está dispuesta dentro de un tubo de recubrimiento 120 que envuelve a la fibra óptica con recubrimiento 110. Una separación 130 se conforma entre la fibra óptica con recubrimiento 110 y el tubo de recubrimiento 120. La separación entre la fibra óptica 110 debe ser menor de 100 μm para evitar un pandeo de la fibra óptica con recubrimiento 110. Con el fin de bloquear un flujo de agua a lo largo de la fibra óptica con recubrimiento, se puede aplicar un polvo que se dilata con agua o un gel puede estar dispuesto en la fibra óptica con recubrimiento. El tubo de recubrimiento 120 está envuelto por unos elementos miembros de resistencia 140. Los elementos miembros de resistencia son preferentemente hilos de aramida o de fibra de vidrio. Una cubierta del cable 150 está dispuesta alrededor de los elementos miembros de resistencia 140. La cubierta del cable incluye un cordón de desgarro 160 incorporado en el material de la cubierta. El cordón de desgarro se utiliza para retirar la cubierta antes de que se establezca un proceso de empalme de conexión de la fibra óptica con otra guía de ondas.
15
20
25

La cubierta del cable 150 comprende un material de polímero termoplástico el cual se extrude alrededor de los elementos miembros de resistencia 140. Durante el proceso de extrusión, el material de polímero termoplástico se calienta y la masa fundida de polímero caliente queda dispuesta alrededor de los elementos miembros de resistencia. Después, la masa fundida de polímero caliente se enfría para endurecer el material polimérico. El enfriamiento del material polimérico provoca una contracción de la cubierta del cable. Sin embargo, con el fin de no degradar las propiedades de transmisión óptica de la fibra óptica con recubrimiento y, por ejemplo, para evitar un aumento de la atenuación de la fibra óptica con recubrimiento, es muy útil inhibir la transferencia de las fuerzas de contracción de la cubierta del cable provocadas por el enfriamiento del material polimérico a la fibra óptica con recubrimiento.
30

Con este propósito, el tubo de recubrimiento 120 se conforma de tal modo que las fuerzas de contracción de la cubierta del cable 150 son compensadas al menos parcialmente por el tubo de recubrimiento y por lo tanto no son transferidas a la fibra óptica con recubrimiento 110. El tubo de recubrimiento 120 preferentemente se fabrica de un material termoplástico rígido. Por ejemplo, un material que tiene un módulo de elasticidad alto es muy apropiado para conformar el tubo de recubrimiento. En un ejemplo comparativo, el módulo de elasticidad del material del tubo de recubrimiento se elige en un rango de entre aproximadamente 2100 N/mm² y aproximadamente 2700 N/mm². Los experimentos muestran que un material apropiado para el tubo de recubrimiento que compensa al menos parcialmente las fuerzas de contracción de la cubierta del cable tiene un módulo de elasticidad de aproximadamente 2400 N/mm². Especialmente, se considera como muy apropiado un material termoplástico que tiene un módulo de elasticidad de aproximadamente 2400 N/mm² y un coeficiente de expansión con un porcentaje de cambio de aproximadamente 50×10^{-6} de la longitud por el cambio de la temperatura en 1 K.
35
40
45

El tubo de recubrimiento 120 debe estar provisto de un bajo coeficiente de expansión térmica. Se selecciona un material para el tubo de recubrimiento 120 con un coeficiente de expansión con un rango de porcentaje de cambio de entre aproximadamente 30×10^{-6} y aproximadamente 80×10^{-6} de la longitud por el cambio de la temperatura en 1 K, en donde el material del tubo de recubrimiento preferentemente se elige con un coeficiente de expansión con un porcentaje de cambio de aproximadamente 50×10^{-6} de la longitud por el cambio de la temperatura en 1 K.
50

La cubierta se puede conformar por medio de un material FRNC (ignífugo no corrosivo) para cumplir con los requisitos de un cable LSOH (con baja emisión de humo y libre de halógenos). Como un ejemplo de un material FRNC, se puede usar una matriz de polímero de polietileno que incluye acetato de etil vinilo. Los agentes ignífugos, tales como entre al 30% y 60% de hidróxido de aluminio o hidróxido de magnesio, pueden estar incorporados en el

material de matriz de polímero de la cubierta. Con referencia al tubo de recubrimiento, se puede usar como material apropiado un polímero termoplástico, tal como una mezcla de policarbonato acrilonitrilo butadieno estirolo.

5 Otro parámetro importante en la provisión de un tubo de recubrimiento apropiado que asimila una carga compresiva y de tracción es el espesor respectivo del tubo de recubrimiento 130 y la cubierta 150. El espesor de la cubierta 150 se elige preferentemente en un rango de entre aproximadamente 0,5 mm y aproximadamente 1 mm. El espesor del tubo de recubrimiento se ajusta en función del espesor de la cubierta de tal modo que las fuerzas de contracción que se producen cuando el material de la cubierta del cable se enfría después del proceso de extrusión son compensadas por el tubo de recubrimiento. Con este propósito, el espesor del tubo de recubrimiento se elige en un rango de entre 0,25 mm y 0,75 mm. Un cable óptico que comprende una cubierta del cable de un material FRNC y que tiene un espesor de aproximadamente 0,7 mm está preferentemente provisto de un tubo de recubrimiento que tiene un espesor de aproximadamente 0,5 mm. El cable óptico mostrado en la Figura 1 tiene un diámetro de aproximadamente 5 mm, en donde el tubo de recubrimiento tiene un diámetro interno de 1 mm y un diámetro externo de 2 mm.

15 El material de polímero termoplástico del tubo de recubrimiento está conformado por un tubo que envuelve la fibra óptica con recubrimiento 110 mediante un proceso de extrusión. La provisión de una separación 130 inhibe que la fibra óptica con recubrimiento 110 se adhiera a la masa fundida polimérica del tubo de recubrimiento 120 cuando se extrude el tubo de recubrimiento. La separación 130 entre la fibra óptica 110 debe ser lo más pequeño posible. Una separación en un rango comprendido entre 40 μm y 100 μm permite que las fuerzas de compresión debidas a una presión lateral en la cubierta del cable sean fácilmente transferidas a la fibra óptica con recubrimiento. La separación preferentemente se provee con una distancia de aproximadamente 40 μm entre la fibra óptica con recubrimiento 110 y el tubo de recubrimiento 130 para evitar un pandeo de la fibra óptica cuando el material de la cubierta del cable se enfría. Además, la provisión de la separación permite que el tubo de recubrimiento sea fácilmente pelado para la colocación del conector o para el empalme de la fibra óptica con recubrimiento con otra guía de ondas, ya que el material del tubo de recubrimiento no está en contacto directo con la fibra óptica con recubrimiento.

25 Si el cable óptico que se muestra en la Figura 1 se utiliza como cable aéreo, se puede agregar un cable de soporte, tal como se utiliza en un cable de la Figura 8, lo que permite un aumento de la longitud de extensión del cable.

30 La Figura 2 ilustra una vista en corte de un cable óptico 200 que tiene un diámetro de entre aproximadamente 4 mm y 5 mm. El cable óptico comprende una fibra óptica con recubrimiento 210 que es una fibra óptica con recubrimiento de estructura ajustada. La fibra óptica con recubrimiento 210 comprende un núcleo de fibra 211 y una capa de protección 212. La capa de protección puede estar hecha de un material polimérico curable por UV. La fibra óptica con recubrimiento está dispuesta dentro de un tubo de recubrimiento 220 que envuelve la fibra óptica con recubrimiento. En la forma de una fibra óptica con recubrimiento de estructura ajustada, la fibra óptica 210 tiene un diámetro tal como 500 μm , 700 μm o 900 μm en donde se prefiere el uso de una fibra óptica con recubrimiento de estructura ajustada que tiene un diámetro de 900 μm . También se puede usar una fibra óptica con recubrimiento provista como un revestimiento curable por UV de 500 μm por debajo de una estructura ajustada de 900 μm y que ofrece protección a la fibra óptica. La fibra óptica puede estar configurada para poseer un exceso de longitud de fibra que podría proveer una ventana de tracción para que el cable reduzca la deformación de la fibra en un conector cuando se aplica una carga de tracción.

40 Una capa de deslizamiento conformada, por ejemplo, por un compuesto de silicona se puede agregar al material de la fibra óptica con recubrimiento de estructura ajustada. El compuesto de silicona migrará a la superficie de la fibra óptica con recubrimiento de estructura ajustada con el fin de evitar que la fibra óptica 210 se adhiera al tubo de recubrimiento 220.

45 El tubo de recubrimiento 220 se extrude alrededor de la fibra óptica con recubrimiento de estructura ajustada 210 de tal manera que se forma una pequeña separación 230 entre la fibra óptica con recubrimiento 210 y el tubo de recubrimiento 220. La separación 220 entre la fibra óptica con recubrimiento 210 y el tubo de recubrimiento 220 debe estar en un rango de entre aproximadamente 0,05 mm y aproximadamente 0,5 mm, en donde se prefiere un rango de entre aproximadamente 0,1 mm y aproximadamente 0,2 mm. La pequeña cantidad de espacio libre hace que sea fácil acoplar la fibra óptica con recubrimiento al tubo de recubrimiento cuando se coloca el conector por medio del curvado del cable. Además, la separación 230 impide que la fibra óptica con recubrimiento 210 se adhiera al tubo de recubrimiento 220 cuando el tubo de recubrimiento es extrudido para envolver la fibra óptica con recubrimiento 210. La separación permite a la fibra óptica con recubrimiento alguna libertad de movimiento para redistribuir las cargas de compresión y de tracción a lo largo de su longitud y permite un rendimiento de aplastamiento mejorado. El aumento de la separación permite que la fibra óptica con recubrimiento sea tendida directamente en el punto donde se aplica la carga de aplastamiento.

- 5 Con el fin de prevenir una expansión de agua a lo largo de la fibra óptica con recubrimiento, un polvo finamente molido que bloquea agua está dispuesto entre la fibra óptica con recubrimiento 210 y el tubo de recubrimiento 220. El polvo también evita que la fibra óptica con recubrimiento se adhiera al tubo de recubrimiento cuando el tubo de recubrimiento 220 es extrudido alrededor de la fibra óptica con recubrimiento 210 y también bloquea un flujo de agua entre la fibra óptica con recubrimiento y el tubo de recubrimiento. El material que se dilata con agua también se puede incluir en una cinta envuelta alrededor de la fibra óptica con recubrimiento 210 o en un hilo ubicado en la separación 230. También es posible proveer un gel que esté directamente dispuesto en la fibra óptica con recubrimiento para sellar el espacio dentro del tubo de recubrimiento.
- 10 Un material de relleno espumado se puede colocar entre la fibra óptica 210 y el tubo de recubrimiento 220. La incorporación de la fibra óptica en el material espumado puede mejorar la resistencia al aplastamiento del cable.
- El tubo de recubrimiento está preferentemente hecho de un material de polietileno ignífugo. Con el fin de ajustar la rigidez, la flexibilidad o la resistencia al aplastamiento del cable óptico, también se pueden utilizar otros materiales termoplásticos, tales como cloruro de polivinilo, fluoruro de polivinilideno, polipropileno o tereftalato de polibutileno como materiales apropiados para el tubo de recubrimiento.
- 15 Una cubierta del cable 250 está dispuesta alrededor del tubo de recubrimiento 220 y de este modo conforma una capa externa del cable óptico 200. Los materiales para el tubo de recubrimiento 220 y la cubierta del cable 250 se deben elegir de modo que cumplan con los códigos locales de seguridad contra incendios en los EE.UU. y/o Europa. Estos códigos en Europa se cumplen en general con materiales de polietileno ignífugo (FRPE) y en los EE.UU. con materiales de cloruro de polivinilo (PVC). Se pueden usar otros materiales, tales como nylon, poliuretano o fluoruro de polivinilideno. Los experimentos han demostrado que un tubo de recubrimiento que comprende polipropileno y una cubierta que comprende cloruro de polivinilo son suficientes para cumplir con los requisitos de un cable clasificado para cableado vertical. Además, un tubo de recubrimiento que comprende polipropileno ofrece una buena protección a la fibra óptica con recubrimiento durante el ensayo de aplastamiento. Las cubiertas de poliuretano y de uretano termoplástico proveen una excelente resistencia al cable durante los ensayos de aplastamiento. Una forma de realización de un cable que satisfaga los códigos de los EE.UU. tiene que tener un tubo de recubrimiento de polipropileno con una cubierta de PVC clasificada para uso exterior, tal como AG2271 que está comercialmente disponible de Alpha Gary Corporation of Leominster, Massachusetts. El material de la cubierta se podría cambiar para incrementar de manera suficiente la resistencia al fuego con el fin de que el cable logre una clasificación de inflamabilidad para cableado vertical o para cámara de distribución de aire.
- 20
- 25
- 30 También se pueden utilizar otros materiales para el tubo de recubrimiento y la cubierta, pero los mismos tienen que tener relaciones específicas entre las resistencias de los materiales y la cantidad de materiales utilizados. De acuerdo con la invención, el tubo de recubrimiento está hecho de PVC rígido y una cubierta hecha de PVC flexible. En un cable del mismo tamaño dado anteriormente para el tubo de protección y la cubierta, el área de sección transversal de la cubierta tiene aproximadamente cuatro veces la sección transversal del tubo de recubrimiento. Por lo tanto, el módulo del tubo de recubrimiento debe ser más de cuatro veces el módulo de la cubierta. Un tubo de recubrimiento de PVC firme se utiliza con un módulo de elasticidad en el rango de entre 3500 N/mm² y 4000 N/mm² con una cubierta de PVC blando con un módulo de elasticidad en el rango de entre 800 N/mm² y 990 N/mm².
- 35
- 40 Tal como se ilustra en la Figura 2, una capa de elementos miembros de resistencia 240 puede estar dispuesta entre un tubo de recubrimiento 220 y una cubierta del cable 250. Las características de manipulación del cable se pueden mejorar si se tiene suficiente acoplamiento entre los elementos miembros de resistencia 240 y la cubierta del cable 250. El nivel deseado de acoplamiento dependerá de la forma en que se trate el cable durante la instalación y del diseño del conector que se colocará en el cable.
- Si los miembros de resistencia 240 están bien adheridos a la cubierta 250, el conector se puede diseñar para que simplemente se adhiera a la cubierta del cable, tal como un conector de engarce. La Figura 3 muestra el cable óptico 200 en donde un conector 300 está sujeto con un extremo del cable óptico. El conector 300 comprende unas abrazaderas 310 que permiten que el conector directamente engarce la cubierta del cable 250.
- 45
- La adhesión entre los miembros de resistencia y la cubierta se puede lograr utilizando un material que se adhiera fácilmente a los miembros de resistencia. Los miembros de resistencia se pueden adherir a un material de cubierta de uretano termoplástico ignífugo o se pueden adherir agregando promotores de adhesión a la superficie de los miembros de resistencia.
- 50 También es posible proveer un cable óptico 200 que tenga un bajo nivel de adhesión entre la cubierta y los miembros de resistencia. En este caso, se pueden utilizar diseños de conectores que separan los miembros de resistencia de la cubierta del cable y engarcan los miembros de resistencia directamente con el cuerpo del conector. El nivel de adhesión deseado se determinará ensayando el conjunto con los conectores colocados.

Se pueden utilizar hilos de aramida o hilos de fibra de vidrio como elementos miembros de resistencia apropiados. Los miembros de resistencia también se podrían elegir de modo de permitir el uso de una herramienta sencilla para pelar el cable de la cubierta externa a través del tubo de recubrimiento y facilitar el acabado del cable. El uso de hilos de polivinil cetona o polietileno de ultra alto peso molecular provee resistencia al cable y permite un corte fácil. También se pueden utilizar hilos de fibra de vidrio para proveer este efecto.

La Figura 4 ilustra un gráfico que muestra la atenuación de curvatura de tres diferentes fibras monomodo a medida que cambia el radio de curvatura. La atenuación de curvatura se calcula a 1550 nm de un lazo en el radio de curvatura especificado. Los diseños de cables de la presente invención limitan el radio de curvatura de la fibra a 5 mm incluso si el cable se pliega sobre sí mismo. Tal como se muestra, una fibra de curvatura mejorada, tal como una primera fibra con rendimiento en curvatura desarrollada por Corning Incorporated, tiene aproximadamente un tercio de la atenuación de una fibra monomodo convencional, tal como una fibra SMF-28. Una segunda fibra con rendimiento en curvatura, tal como se muestra y describe en las Figuras 6 y 7, tiene tanta atenuación como sólo aproximadamente 0,2% que la fibra monomodo estándar en una curva de 5 mm de radio. Si el presupuesto de potencia de la red permite sólo uno o dos decibeles de atenuación óptica para el cable de interconexión, la segunda fibra con rendimiento en curvatura cumpliría el requisito.

La Figura 5 muestra una línea de producción para fabricar el cable óptico 200. La línea de producción comprende una unidad de fabricación V1, V2 y V3. Una fibra óptica con recubrimiento 210 está dispuesta en una bobina C1 y es suministrada a la unidad de fabricación V1. La fibra óptica con recubrimiento puede ser una fibra óptica con recubrimiento de estructura ajustada que comprende un revestimiento 212 de un material polimérico curable por UV y que tiene un diámetro de entre aproximadamente 500 μm y aproximadamente 900 μm . Un depósito T1 está en conexión con un extrusor E1. El depósito T1 se puede llenar con un material de polietileno ignífugo (FRPE). Los materiales preferidos son, por ejemplo, uno de cloruro de polivinilo, nylon, poliuretano, polipropileno, fluoruro de polivinilideno y polibutileno o una combinación de los mismos.

Después de calentar el material termoplástico, la masa fundida de polímero caliente es extrudida alrededor de la fibra óptica con recubrimiento 210 por una cruceta CH1 que está en conexión con la extrusora E1 para formar un tubo de recubrimiento 220. La cruceta CH1 se ajusta de tal manera que se establece una separación 230 entre la fibra óptica con recubrimiento 210 y el tubo de recubrimiento 220. La separación es pequeña, en donde una distancia entre la superficie exterior de la fibra óptica con recubrimiento 210 y el tubo de recubrimiento está en un rango de entre aproximadamente 0,05 mm y 0,5 mm, preferentemente en un rango de entre 0,10 mm y 0,20 mm.

La unidad de fabricación V1 también se puede utilizar para envolver una cinta alrededor de la fibra óptica con recubrimiento 210 o para colocar varios hilos en la separación. La cinta y los hilos comprenden un material que se dilata con agua para permitir el bloqueo de un flujo de agua dentro del tubo de recubrimiento 220. Los hilos también pueden proveer resistencia a la tracción. Con el mismo propósito, también es posible disponer un polvo que se dilata con agua dentro del tubo de recubrimiento 220 por medio de la unidad de fabricación V1.

El tubo de recubrimiento 220 con la fibra óptica con recubrimiento incorporada 210 se suministra a una unidad de fabricación V2. Además, la unidad de fabricación V2 también recibe unos elementos miembros de resistencia 240. Los elementos miembros de resistencia pueden ser hilos de aramida, polivinil cetona, polietileno de ultra alto peso molecular o fibra de vidrio. Los elementos miembros de resistencia 240 están dispuestos alrededor del tubo de recubrimiento 220.

La línea de producción comprende una unidad de fabricación V3 que está conectada con una extrusora E2. Un material polimérico con el que se llena un tanque T2 es suministrado a la extrusora E2. El material polimérico se calienta y es extrudido alrededor del tubo de recubrimiento 220 y los elementos miembros de resistencia 240 por una cruceta CH2 para conformar una cubierta del cable 250. El tanque T2 puede contener un uretano termoplástico que tiene agentes ignífugos (FR TPU). También se pueden extrudir otros materiales, tales como nylon, poliuretano, polipropileno, fluoruro de polivinilideno, polibutileno y cloruro de polivinilo o una combinación de los mismos alrededor del tubo de recubrimiento 220 y los elementos miembros de resistencia 240 para aumentar lo suficiente el material ignífugo con el fin de lograr una clasificación de inflamabilidad del cable para cableado vertical o para cámara de distribución de aire.

Los miembros de resistencia son acoplados a la cubierta del cable por la unidad de fabricación V3. Esto se puede lograr utilizando un material de cubierta que se adhiere fácilmente a los miembros de resistencia, tal como poliuretano termoplástico, o por el agregado de promotores de adhesión a la superficie de los miembros de resistencia. Un baño de agua W está dispuesto en la línea de producción por detrás de la unidad de fabricación V3. Cuando finaliza el proceso de extrusión de la cubierta del cable, el cable pasa a través del baño de agua W para enfriarlo antes de ser enrollado en una bobina C2.

5 Cuando la masa fundida de polímero de la cubierta del cable se enfría, el material empieza a contraerse. Si la
 10 contracción de la cubierta del cable se transfiere a la fibra óptica con recubrimiento, las propiedades de transmisión
 se pueden deteriorar por un aumento de la atenuación. Se ha demostrado que un tubo de recubrimiento hecho de
 una mezcla de policarbonato acrilonitrilo butadieno estírol es muy apropiada para compensar las fuerzas de
 5 contracción del material de cubierta que se está enfriando. Por lo tanto, el depósito T1 también se puede llenar con
 un material de polímero termoplástico, tal como una mezcla de policarbonato acrilonitrilo butadieno estírol. Cuando
 se utiliza una mezcla de policarbonato acrilonitrilo butadieno estírol, la cruceta CH2 preferentemente se ajusta de tal
 10 modo que la separación entre la fibra óptica con recubrimiento y el tubo de recubrimiento esté en un rango de entre
 aproximadamente 40 μm y 100 μm para evitar que la fibra óptica con recubrimiento se adhiera al tubo de
 recubrimiento y para permitir que la fibra se tienda en forma recta y no de una manera ondulada dentro del tubo de
 recubrimiento.

15 Un tubo de recubrimiento hecho de una mezcla de policarbonato acrilonitrilo butadieno estírol preferentemente se
 utiliza en combinación con una cubierta del cable que comprende un material de polímero no corrosivo ignífugo tal
 como una matriz de polímero de polietileno que comprende acetato de etil vinilo y aditivos que tienen propiedades
 ignífugas. El depósito T2 se puede llenar con esta matriz de polímero en donde los aditivos pueden ser hidróxido de
 aluminio o hidróxido de magnesio con una porción de masa de entre 30% y 60% de la masa del material de matriz.

20 El diseño del cable descrito anteriormente se puede utilizar como un cable de bajada para aplicaciones en
 interiores/exteriores. El cable cumple con los requisitos ya que es fácil de manipular debido a su tamaño y su
 flexibilidad. El tubo de recubrimiento duro protege a la fibra óptica cuando el cable se grapa a una pared durante la
 25 instalación o cuando se mantiene sujeto por sunchos. El tamaño del cable limita naturalmente la curvatura de la fibra
 asegurando que el radio de curvatura de la fibra sea de 5 mm o mayor. El cable tiene poca memoria de curvatura
 porque no tiene componentes rígidos. Los materiales del cable son lo suficientemente ignífugos como para lograr
 una clasificación de inflamabilidad OFN.

30 Además, la colocación del conector en obra se simplifica por el diseño del cable. No se requiere un instalador para
 25 separar los miembros de resistencia de la cubierta externa del cable, engarzar los miembros de resistencia en el
 cuerpo del conector y luego sujetar una protección que cubre el espacio expuesto entre el cuerpo del conector y la
 cubierta del cable. Con el fin de colocar fácilmente el conector en el cable, los miembros de resistencia se adhieren a
 la cubierta del cable que se puede acoplar a un conector de engarce. La fibra óptica con recubrimiento de estructura
 30 ajustada también ayuda a la colocación del conector. La adhesión entre los miembros de resistencia se puede
 aumentar mediante el agregado de promotores de adhesión a los miembros de resistencia. Además, los promotores
 de adhesión podrían inducir a que el material de cubierta se adhiera al tubo de recubrimiento, lo que podría hacer
 que el cable sea más robusto.

35 El cable óptico tiene las ventajas de ser más robusto que los actuales cables de interconexión, más flexible que los
 actuales cables de bajada y tiene un tamaño que facilita la manipulación. Además, el cable se puede curvar
 agudamente alrededor de las esquinas sin inducir pérdidas de atenuación inaceptables en las fibras ópticas.

40 Si bien esta descripción se refiere al cable de fibra óptica de la invención con ejemplos de una fibra óptica con
 rendimiento en curvatura, como así también a otros aspectos no reivindicados, se debe entender que se pueden
 emplear otros tipos de fibra óptica apropiados que incluyen pero no se limitan a monomodo, multimodo, fibra con
 rendimiento en curvatura, fibra con curvatura optimizada, fibra óptica insensible a la curvatura, fibra óptica
 45 microestructurada y fibra óptica nanoestructurada, entre otras. Los ejemplos de fibras ópticas microestructuradas y
 nanoestructuradas con rendimiento en curvatura están disponibles de Corning Incorporated de Corning, Nueva York
 y se representan en las Figuras 6 y 7. Ahora con referencia a la Figura 6, se muestra un ejemplo de una fibra óptica
 con rendimiento en curvatura 1 que es apropiada para utilizar en la presente invención. La fibra es ventajosa porque
 50 permite una curvatura agresiva mientras que la atenuación óptica permanece extremadamente baja. Tal como se
 muestra, la fibra óptica con rendimiento en curvatura 1 es una fibra óptica que tiene una región del núcleo y una
 región de revestimiento que envuelve a la región del núcleo, donde la región de revestimiento comprende una región
 anular que contiene orificios que comprende orificios que no están dispuestos de manera periódica, de tal forma que
 la fibra óptica tiene capacidad de transmisión en un monomodo en una o más longitudes de onda en uno o más
 55 rangos de longitud de onda operativos. La región del núcleo y la región de revestimiento proveen una resistencia a la
 curvatura mejorada y un monomodo de operación en longitudes de onda preferentemente mayores o iguales a 1500
 nm, en algunas formas de realización también mayores que aproximadamente 1310 nm, en otras formas de
 realización también mayores que 1260 nm. Las fibras ópticas proveen un modo en obra en una longitud de onda de
 1310 nm preferentemente mayor que 8,0 micrones, más preferentemente entre aproximadamente 8,0 y 10,0
 micrones. La fibra óptica con rendimiento en curvatura ilustrada es una fibra óptica de transmisión monomodo, pero
 los conceptos son aplicables a fibras ópticas multimodo.

En algunas formas de realización no reivindicadas, las fibras ópticas divulgadas en la presente comprenden una
 región del núcleo que está dispuesta alrededor de un eje central longitudinal y una región de revestimiento que

envuelve a la región del núcleo, donde la región de revestimiento comprende una región anular que contiene orificios que comprende orificios que no están dispuestos de manera periódica, en donde la región anular que contiene orificios tiene un ancho radial máximo que es menor que 12 micrones, en donde la región anular que contiene orificios tiene un porcentaje de área vacía regional que es menor que aproximadamente 30 por ciento, y los orificios que no están dispuestos de manera periódica tienen un diámetro medio menor que 1550 nm.

Por "distribución no periódica" o "no estar dispuestos de manera periódica" se entiende que significa que cuando se toma una sección transversal (tal como una sección transversal perpendicular al eje longitudinal) de la fibra óptica, los orificios que no están dispuestos de manera periódica se distribuyen aleatoriamente o de manera no periódica a través de una porción de la fibra. Secciones transversales similares tomadas en diferentes puntos a lo largo de la longitud de la fibra revelan diferentes patrones de orificios en la sección transversal, es decir, diversas secciones transversales tienen diferentes patrones de orificios, en donde las distribuciones de los orificios y los tamaños de los orificios no coinciden. Esto quiere decir que los orificios no son periódicos, es decir, que no están dispuestos de manera periódica dentro de la estructura de la fibra. Estos orificios se extienden (se alargan) a lo largo de la longitud (es decir, en una dirección sustancialmente paralela al eje longitudinal) de la fibra óptica, pero no se extienden en toda la longitud de toda la fibra para longitudes típicas de las fibras de transmisión.

Es deseable que para una variedad de aplicaciones, los orificios se conformen de tal manera que más de aproximadamente 95% y preferentemente todos los orificios exhiban un tamaño medio de orificio en el revestimiento de modo tal que la fibra óptica es menor que 1550 nm, más preferentemente menor que 775 nm, aún más preferentemente menor que 390 nm. Del mismo modo, es preferible que el diámetro máximo de los orificios en la fibra sea menor que 7000 nm, más preferentemente menor que 2000 nm y aún más preferentemente menor que 1550 nm y todavía más preferentemente menor que 775 nm. En algunas formas de realización, las fibras divulgadas en la presente tienen menos de 5000 orificios, en algunas formas de realización también tienen menos de 1000 orificios y en otras formas de realización, el número total de orificios es menor que 500 orificios en una sección transversal perpendicular dada de la fibra óptica. Desde luego, las fibras más preferidas exhibirán combinaciones de estas características. Por lo tanto, por ejemplo, una forma de realización particularmente preferida de fibra óptica va a exhibir menos de 200 orificios en la fibra óptica, donde los orificios tienen un diámetro máximo que es menor que 1550 nm y un diámetro medio que es menor que 775 nm, aunque se pueden lograr fibras ópticas útiles y resistentes en curvatura utilizando orificios más grandes y en mayor cantidad. La cantidad, diámetro medio, diámetro máximo de orificios y el porcentaje total de área vacía de orificios se pueden calcular con la ayuda de un microscopio electrónico de barrido con una amplificación de aproximadamente 800X y un software de análisis de imágenes, tal como ImagePro que está disponible de Media Cybernetics Inc. de Silver Spring, Maryland, EE.UU.

Las fibras ópticas divulgadas en la presente pueden incluir o no incluir germanio o flúor para ajustar también el índice de refracción del núcleo y/o del revestimiento de la fibra óptica, pero estos dopantes también se pueden evitar en la región anular intermedia y en cambio se pueden utilizar los orificios (en combinación con cualquier gas o gases que pueden estar dispuestos dentro de los orificios) para ajustar la manera en que la luz es guiada al núcleo de la fibra. La región que contiene orificios puede consistir en sílice (puro) no dopado para de ese modo evitar completamente el uso de cualesquiera dopantes en la región que contiene orificios para lograr un índice de refracción disminuido o la región que contiene orificios puede comprender sílice dopado, por ejemplo, sílice dopado con flúor que tiene una pluralidad de orificios.

En un conjunto de formas de realización no reivindicadas, la región del núcleo incluye sílice dopado para proveer un índice de refracción positivo en relación con sílice pura, por ejemplo, sílice dopado con germanio. La región del núcleo está preferentemente libre de orificios. Tal como se ilustra en la Figura 1, en algunas formas de realización, la región del núcleo 170 comprende un segmento de núcleo único que tiene un índice de refracción máximo positivo en relación con sílice pura Δ_1 en porcentaje y el segmento de núcleo único se extiende desde el eje central hasta un radio R_1 . En un conjunto de formas de realización, $0,30\% < \Delta_1 < 0,40\%$, y $3,0 \mu\text{m} < R_1 < 5,0 \mu\text{m}$. En algunas formas de realización, el segmento de núcleo único tiene un perfil de índice de refracción con una forma alfa, donde alfa es 6 o más, y en algunas formas de realización, alfa es 8 o más. En algunas formas de realización, la región anular interna libre de orificios 182 se extiende desde la región del núcleo hasta un radio R_2 , en donde la región anular interna libre de orificios tiene un ancho radial W_{12} , igual a $R_2 - R_1$, y W_{12} es mayor que $1 \mu\text{m}$. El radio R_2 es preferentemente mayor que $5 \mu\text{m}$, más preferentemente mayor que $6 \mu\text{m}$. La región anular intermedia que contiene orificios 184 se extiende radialmente hacia fuera desde R_2 hasta el radio R_3 y tiene un ancho radial W_{23} igual a $R_3 - R_2$. La región anular externa 186 se extiende radialmente hacia fuera desde R_3 hasta el radio R_4 . El radio R_4 es el radio más externo de la porción de sílice de la fibra óptica. Una o más coberturas se pueden aplicar a la superficie externa de la porción de sílice de la fibra óptica, comenzando en R_4 , el diámetro más externo o la periferia más externa de la parte de vidrio de la fibra. La región del núcleo 170 y la región de revestimiento 180 preferentemente comprenden sílice. La región del núcleo 170 es preferentemente sílice dopado con uno o más dopantes. Preferentemente, la región del núcleo 170 está libre de orificios. La región que contiene orificios 184 tiene un radio interno R_2 que no es mayor que $20 \mu\text{m}$. En algunas formas de realización, R_2 no es menor que $10 \mu\text{m}$ y no es mayor que $20 \mu\text{m}$. En otras formas de realización, R_2 no es menor que $10 \mu\text{m}$ y no es mayor que $18 \mu\text{m}$. En otras formas

de realización, R2 no es menor que 10 μm y no es mayor que 14 μm . Nuevamente, aunque no está limitado a un ancho particular, la región que contiene orificios 184 tiene un ancho radial W23 que no es menor que 0,5 μm . En algunas formas de realización, W23 no es menor que 0,5 μm y no es mayor que 20 μm . En otras formas de realización, W23 no es menor que 2 μm y no es mayor que 12 μm . En otras formas de realización, W23 no es menor que 2 μm y no es mayor que 10 μm .

Se puede hacer que tal fibra exhiba un corte de fibra menor que 1400 nm, más preferentemente menor que 1310 nm, una pérdida inducida por macrocurvatura de 20 mm a 1550 nm de menos de 1 dB/vuelta, preferentemente de menos de 0,5 dB/vuelta, aún más preferentemente de menos de 0,1 dB/vuelta, todavía más preferentemente de menos de 0,05 dB/vuelta, todavía aún más preferentemente de menos de 0,03 dB/vuelta e incluso todavía aún más preferentemente de menos de 0,02 dB/vuelta, una pérdida inducida por macrocurvatura de 12 mm a 1550 nm de menos de 5 dB/vuelta, preferentemente de menos de 1 dB/vuelta, aún más preferentemente de menos de 0,5 dB/vuelta, todavía más preferentemente de menos de 0,2 dB/vuelta, todavía aún más preferentemente de menos de 0,01 dB/vuelta, incluso todavía aún más preferentemente de menos de 0,05 dB/vuelta, y una pérdida inducida por macrocurvatura de 8 mm a 1550 nm de menos de 5 dB/vuelta, preferentemente de menos de 1 dB/vuelta, más preferentemente de menos de 0,5 dB/vuelta y aún más preferentemente de menos de 0,2 dB/vuelta, y todavía aún más preferentemente de menos de 0,1 dB/vuelta.

Un ejemplo de una fibra apropiada se ilustra en la Figura 7 y comprende una región del núcleo que está envuelta por una región de revestimiento que comprende huecos dispuestos aleatoriamente que están contenidos dentro de una región anular separada del núcleo y que está ubicada de modo de ser efectiva para guiar la luz a lo largo de la región central. En la presente invención se pueden utilizar otras fibras ópticas y fibras microestructuradas. Una descripción adicional de las fibras microestructuradas utilizadas en la presente invención se divulgan en la Solicitud de Patente de los EE.UU. N° 11/583098 de trámite pendiente presentada el 18 de octubre de 2006 y las Solicitudes de Patente Provisional de los EE.UU. N° 60/817.863 presentada el 30 de junio de 2006, N° 60/817.721 presentada el 30 de junio de 2006, N° 60/841.458 presentada el 31 de agosto de 2006 y N° 60/841.490 presentada el 31 de agosto de 2006, todas las cuales pertenecen al cesionario Corning Incorporated.

Otro ejemplo de fibra con rendimiento en curvatura que se puede utilizar en la presente invención es una fibra óptica multimodo resistente a la curvatura que también está disponible de Corning Incorporated y que comprende una región del núcleo de índice graduado y una región de revestimiento que circunda y es directamente adyacente a la región del núcleo, donde la región de revestimiento comprende una porción anular de índice disminuido que comprende un índice de refracción relativo disminuido con respecto a otra porción del revestimiento (que preferentemente es sílice que no está dopado con un dopante que altera el índice de refracción, tal como germanio o flúor). Preferentemente, el perfil del índice de refracción del núcleo tiene una forma parabólica. La porción anular del índice disminuido puede comprender vidrio que comprende una pluralidad de orificios, vidrio dopado con flúor o vidrio dopado con flúor que comprende una pluralidad de orificios. La región de índice disminuido puede ser adyacente o estar separada de la región del núcleo.

En algunas formas de realización no reivindicadas que comprenden un revestimiento con orificios, los orificios pueden no estar dispuestos de manera periódica en la porción anular de índice disminuido. Por "distribución no periódica" o "no estar dispuestos de manera periódica", esto quiere decir que cuando se observa una sección transversal (tal como una sección transversal perpendicular al eje longitudinal) de la fibra óptica, los orificios que no están dispuestos de manera periódica se distribuyen aleatoriamente o no periódicamente a través de una región que contiene orificios. Secciones transversales tomadas en diferentes puntos a lo largo de la fibra revelan diferentes patrones de orificios en la sección transversal, es decir, diversas secciones transversales tienen diferentes patrones de orificios, en donde las distribuciones de los orificios y los tamaños de los orificios no coinciden. Esto quiere decir que los huecos u orificios no son periódicos, es decir, que no están ubicados de manera periódica dentro de la estructura de la fibra. Estos orificios se extienden (se alargan) a lo largo de la longitud (es decir, son paralelos al eje longitudinal) de la fibra óptica, pero no se extienden en toda la longitud de toda la fibra para longitudes típicas de las fibras de transmisión.

La fibra óptica multimodo divulgada en la presente exhibe una atenuación inducida por curvatura muy baja, en particular una macrocurvatura muy baja. En algunas formas de realización, se provee un gran ancho de banda por medio de un bajo índice de refracción relativo máximo en el núcleo, y también se proveen bajas pérdidas por curvatura. En algunas formas de realización, el radio del núcleo es grande (por ejemplo, mayor que 20 μm), el índice de refracción del núcleo es bajo (por ejemplo, menor que 1,0%) y las pérdidas por curvatura son bajas. Preferentemente, la fibra óptica multimodo divulgada en la presente exhibe una atenuación espectral de menos de 3 dB/km a 850 nm.

La apertura numérica (NA) de la fibra óptica multimodo es preferentemente mayor que la NA de la fuente óptica que direcciona señales hacia la fibra, por ejemplo, la NA de la fibra óptica es preferentemente mayor que la NA de una

fuelle VCSEL (láser de emisión superficial con cavidad vertical). El ancho de banda de la fibra óptica multimodo varía inversamente con el cuadrado de $\Delta 1_{MAX}$. Por ejemplo, una fibra óptica multimodo con $\Delta 1_{MAX}$ de 0,5% puede producir un ancho de banda 16 veces mayor que otra fibra óptica multimodo idéntica, excepto que tiene un núcleo con un $\Delta 1_{MAX}$ de 2,0%.

5 En algunas formas de realización no reivindicadas, el núcleo se extiende radialmente hacia fuera desde el eje central hasta un radio R1, en donde $12,5 \leq R1 \leq 40$ micrones. En algunas formas de realización, $25 \leq R1 \leq 32,5$ micrones y en algunas de estas formas de realización R1 es mayor o igual que aproximadamente 25 micrones y menor o igual que aproximadamente 31,25 micrones. Preferentemente, el núcleo tiene un índice de refracción relativo máximo que es menor o igual que 1,0%. En otras formas de realización, el núcleo tiene un índice de refracción relativo máximo que es menor o igual que 0,5%. Tales fibras multimodo preferentemente exhiben un aumento de la atenuación media para 1 vuelta de 10 mm de diámetro de no más de 1,0 dB, preferentemente de no más de 0,5 dB, más preferentemente de no más de 0,25 dB, aún más preferentemente de no más de 0,1 dB y todavía más preferentemente de no más de 0,05 dB para todas las longitudes de onda entre 800 y 1400 nm.

15 Es deseable que si se emplean orificios o huecos que no están dispuestos de manera periódica en la región anular de índice disminuido que los orificios se conformen de tal manera que más de 95% y preferentemente todos los orificios exhiban un tamaño medio de orificio en el revestimiento de modo tal que la fibra óptica es menor que 1550 nm, más preferentemente menor que 775 nm, aún más preferentemente menor que aproximadamente 390 nm. Del mismo modo, es preferible que el diámetro máximo de los orificios en la fibra sea menor que 7000 nm, más preferentemente menor que 2000 nm y aún más preferentemente menor que 1550 nm y todavía más preferentemente menor que 775 nm. En algunas formas de realización, las fibras divulgadas en la presente tienen menos de 5000 orificios, en algunas formas de realización también tienen menos de 1000 orificios y en otras formas de realización, el número total de orificios es menor que 500 orificios en una sección transversal perpendicular dada de la fibra óptica. Desde luego, las fibras más preferidas exhibirán combinaciones de estas características. Por lo tanto, por ejemplo, una forma de realización particularmente preferida de fibra óptica va a exhibir menos de 200 orificios en la fibra óptica, donde los orificios tienen un diámetro máximo que es menor que 1550 nm y un diámetro medio que es menor que 775 nm, aunque se pueden lograr fibras ópticas útiles y resistentes en curvatura utilizando orificios más grandes y en mayor cantidad. La cantidad, diámetro medio, diámetro máximo de orificios y el porcentaje total de área vacía de orificios se pueden calcular con la ayuda de un microscopio electrónico de barrido con una amplificación de aproximadamente 800X y un software de análisis de imágenes, tal como ImagePro que está disponible de Media Cybernetics Inc. de Silver Spring, Maryland, EE.UU.

35 La fibra óptica multimodo divulgada en la presente puede incluir o no incluir germanio o flúor para ajustar también el índice de refracción del núcleo y/o del revestimiento de la fibra óptica, pero estos dopantes también se pueden evitar en la región anular intermedia y en cambio se pueden utilizar orificios (en combinación con cualquier gas o gases que pueden estar dispuestos dentro de los orificios) para ajustar la manera en que la luz es guiada al núcleo de la fibra. La región que contiene orificios puede consistir en sílice (puro) no dopado para de ese modo evitar completamente el uso de cualesquiera dopantes en la región que contiene orificios para lograr un índice de refracción disminuido o la región que contiene orificios puede comprender sílice dopado, por ejemplo, sílice dopado con flúor que tiene una pluralidad de orificios.

40 La apertura numérica (NA) de la fibra óptica es preferentemente mayor que la NA de la fuente óptica que direcciona señales hacia la fibra, por ejemplo, la NA de la fibra óptica es preferentemente mayor que la NA de una fuente VCSEL. El ancho de banda de la fibra óptica multimodo varía inversamente con el cuadrado de $\Delta 1_{MAX}$. Por ejemplo, una fibra óptica multimodo con $\Delta 1_{MAX}$ de 0,5% puede producir un ancho de banda 16 veces mayor que otra fibra óptica multimodo idéntica, excepto que tiene un núcleo con un $\Delta 1_{MAX}$ de 2,0%.

45 En algunas formas de realización no reivindicadas, el radio externo del núcleo R1 es preferentemente de no menos de 12,5 μm y de no más de 40 μm , es decir, el diámetro del núcleo está entre aproximadamente 25 y 80 μm . En otras formas de realización, R1 es mayor que 20 micrones, en aún otras formas de realización, R1 es mayor que 22 micrones, en todavía otras formas de realización, R1 es mayor que 24 micrones.

50 Los métodos de fabricación de tales fibras ópticas con orificios se describen en la Solicitud de Patente de los EE.UU. N° 11/583098 presentada el 18 de octubre de 2006 y la Patente Provisional de los EE.UU. N° 60/879.164 presentada el 8 de enero de 2007.

Numerosas modificaciones y otras formas de realización de la presente invención, dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas, resultarán evidentes para un experto en la técnica. Por lo tanto, se debe entender que la invención no se limita a las formas de realización específicas divulgadas en la presente y que se pueden hacer modificaciones y otras formas de realización dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Si bien en la

presente se emplean términos específicos, los mismos se utilizan solamente en un sentido genérico y descriptivo y no con propósitos limitativos.

REIVINDICACIONES

1. Un cable óptico que comprende:

una única fibra óptica con recubrimiento de estructura ajustada (110, 210),

5 un único tubo de recubrimiento (120, 220) conformado a partir de un material de polímero termoplástico que incluye cloruro de polivinilo y que envuelve la fibra óptica con recubrimiento de estructura ajustada (110, 210), donde se establece una separación (130, 230) entre la fibra óptica con recubrimiento de estructura ajustada (110, 210) y el tubo de recubrimiento (120, 220), en donde la separación (130, 230) entre la fibra óptica con recubrimiento de estructura ajustada (110, 210) y el tubo de recubrimiento (120, 220) es de entre 40 μm y 100 μm , y

10 una cubierta (150, 250) que comprende cloruro de polivinilo que envuelve el tubo de recubrimiento (120, 220), en donde existe una relación específica entre el tubo de recubrimiento (120, 220) y la cubierta (150, 250) que está definida por un área de sección transversal de la cubierta (150, 250) que tiene aproximadamente cuatro veces el área de sección transversal del tubo de recubrimiento (120, 220) y donde el tubo de recubrimiento (120, 220) tiene

15 un módulo de elasticidad en el rango de entre 3500 N/mm² y 4000 N/mm² que es más que cuatro veces un módulo de elasticidad de la cubierta (150, 250) en el rango de entre 800 N/mm² y 990 N/mm², en donde un espesor del tubo de recubrimiento (120, 220) está en un rango de entre 0,25 mm y 0,75 mm y un espesor de la cubierta (150, 250) está en un rango de entre 0,5 mm y 1 mm,

en donde el cable tiene una atenuación de 0,1 dB/vuelta o menor cuando el cable está en un lazo con un radio de 5 mm y en donde el cable tiene un diámetro exterior de entre 4 mm y 5 mm.

20 **2.** El cable óptico de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la fibra óptica con recubrimiento de estructura ajustada (110, 210) es una fibra óptica con rendimiento en curvatura.

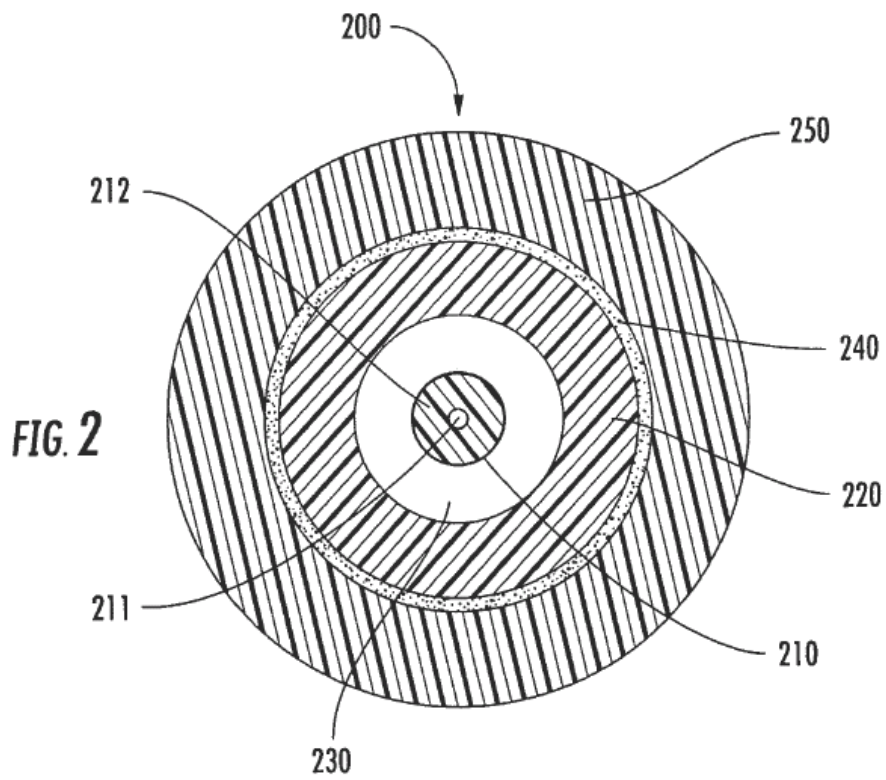
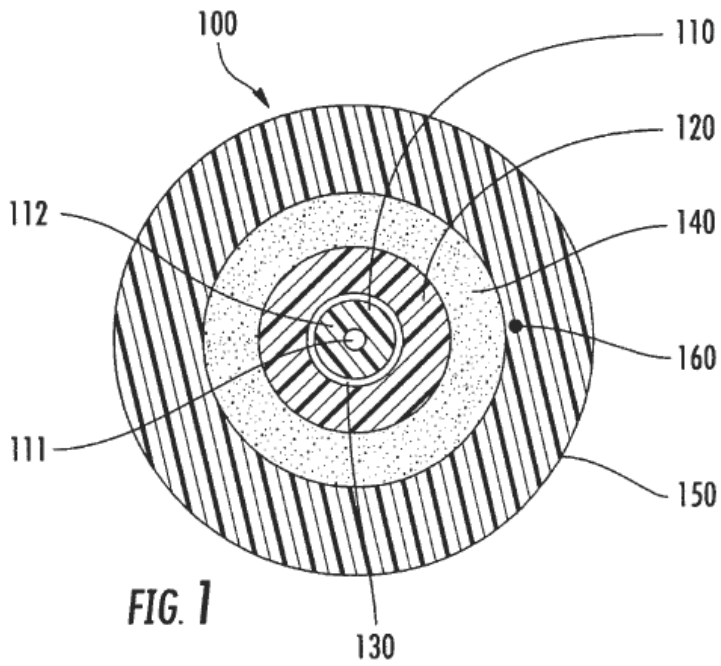
3. El cable óptico de acuerdo con la reivindicación 2, en donde el tubo de recubrimiento (120, 220) tiene un coeficiente de expansión térmica con un porcentaje de cambio de entre 30×10^{-6} y 80×10^{-6} de la longitud por el cambio de la temperatura en 1 K.

25 **4.** El cable óptico de acuerdo con las reivindicaciones 1 – 3, que además comprende:

unos elementos miembros de resistencia (140, 240) que están dispuestos entre el tubo de recubrimiento (120, 220) y la cubierta (150, 250), en donde los elementos miembros de resistencia (140, 240) están adheridos a la cubierta (150, 250).

30 **5.** El cable óptico de acuerdo con la reivindicación 4, en donde un promotor de adhesión está dispuesto en la superficie de los elementos miembros de resistencia (140, 240).

6. El cable óptico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 – 5, en donde un material de relleno espumado se ubica entre la fibra óptica (110, 210) y el tubo de recubrimiento (120, 220).



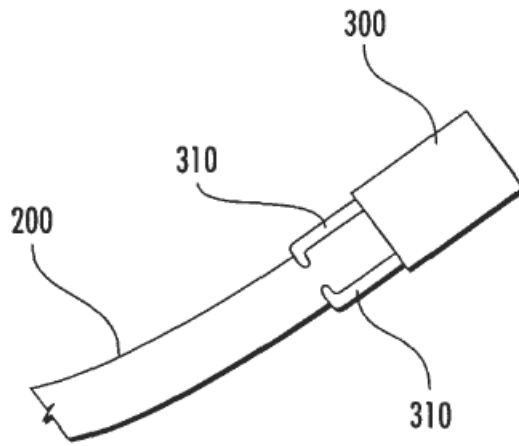


FIG. 3

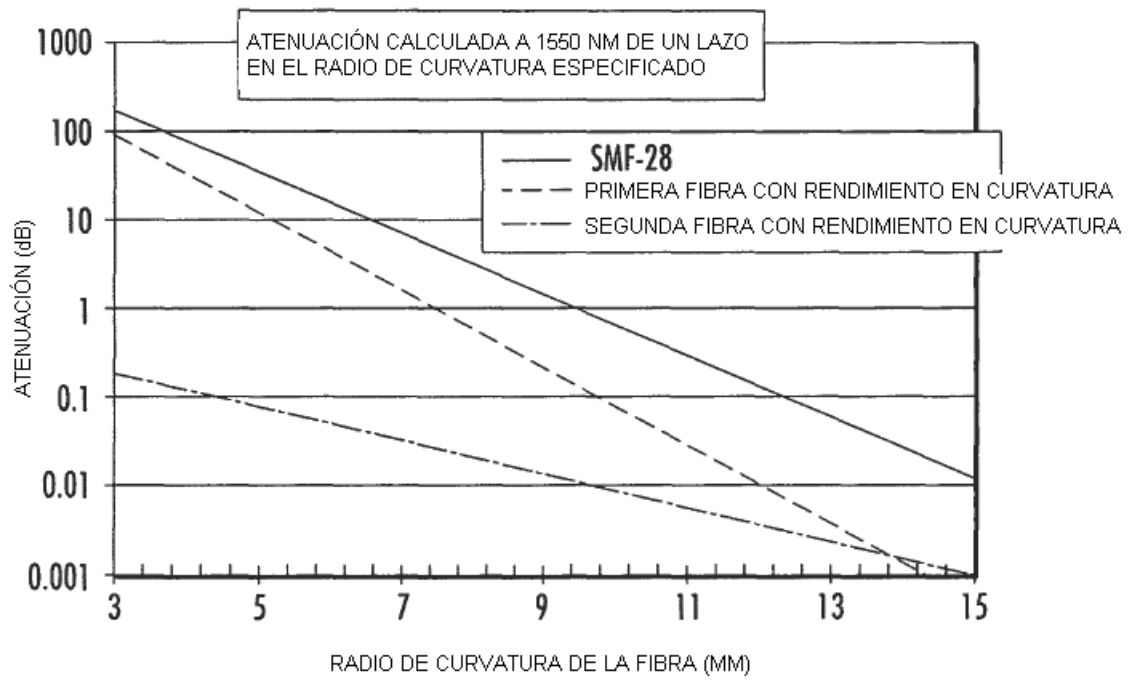


FIG. 4

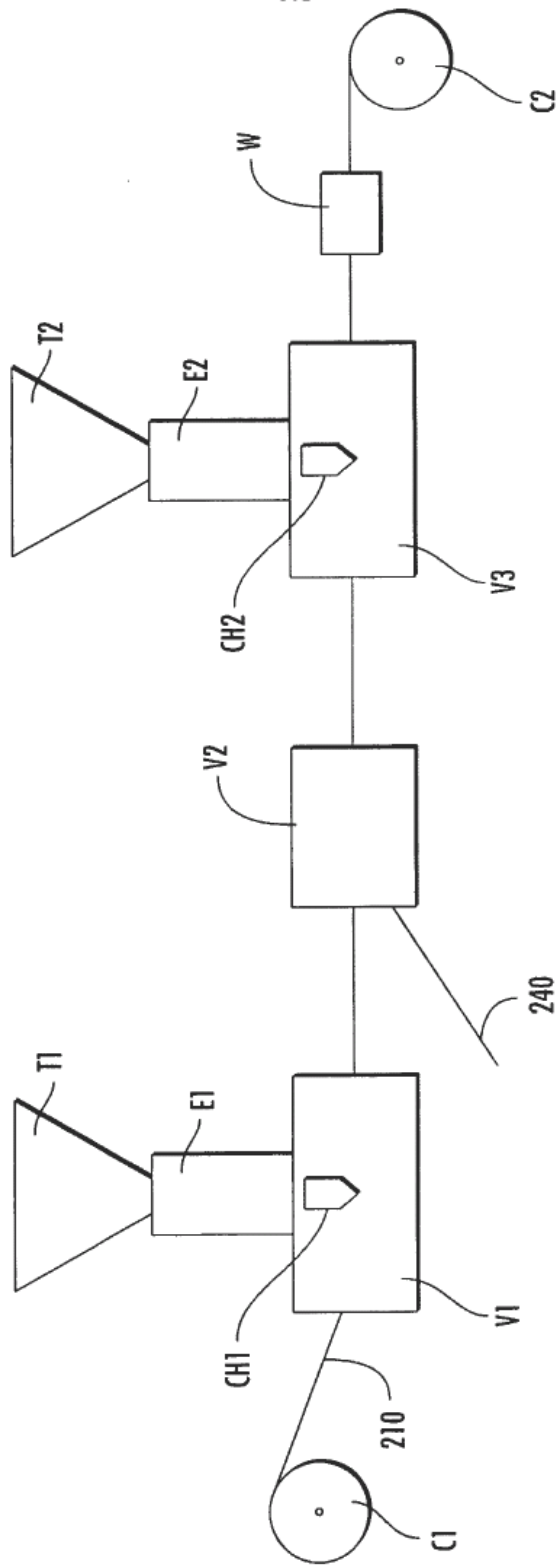


FIG. 5

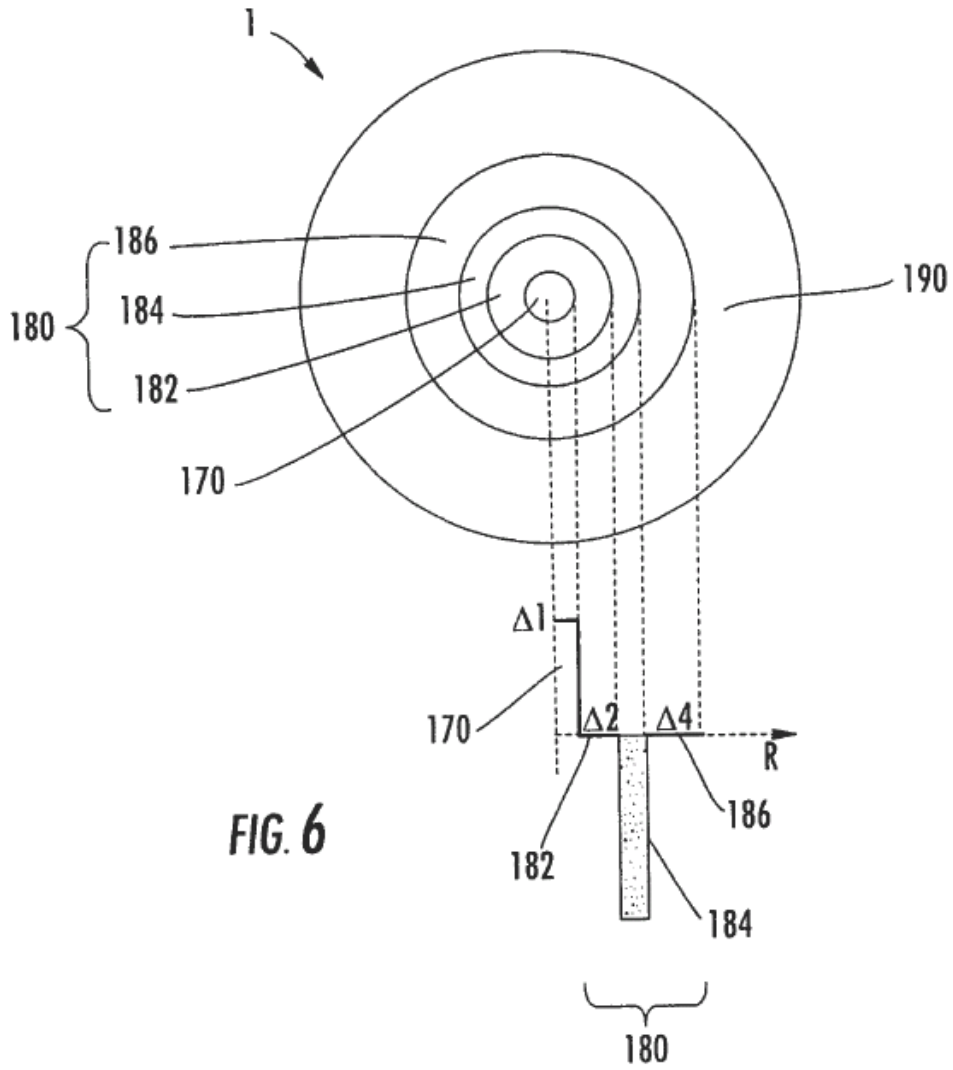


FIG. 6

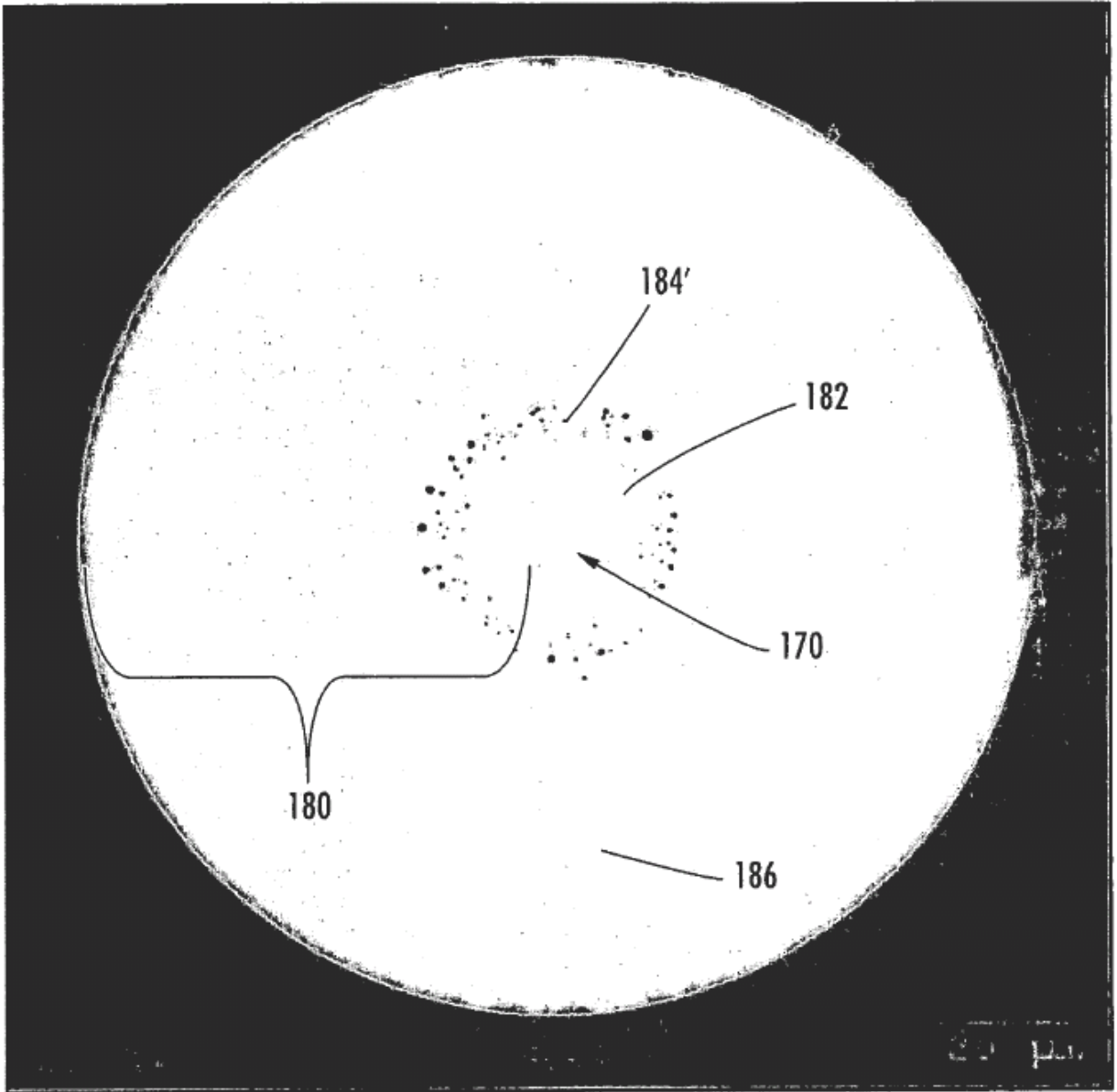


FIG. 7