

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 587 432**

51 Int. Cl.:

G02B 6/44

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.05.2011** **E 11164565 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.07.2016** **EP 2390700**

54 Título: **Cables de fibra óptica en haz**

30 Prioridad:

03.05.2010 US 330696 P

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

24.10.2016

73 Titular/es:

DRAKA COMTEQ B.V (100.0%)

De Boelelaan 7

1083 HJ Amsterdam, NL

72 Inventor/es:

QUINN, JUSTIN ELISHA y

RASMUSSEN III, THOMAS ANDREW

74 Agente/Representante:

ARPE FERNÁNDEZ, Manuel

ES 2 587 432 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

Cables de fibra óptica en haz

5 **[0001]** La invención se refiere a cables de telecomunicaciones de fibra óptica, en particular a unidades de cable en haz que contienen fibras ópticas que se pueden utilizar en aplicaciones de unidad de vivienda múltiple (MDU).

Antecedentes

10 **[0002]** Las fibras ópticas proporcionan ventajas sobre líneas de comunicación convencionales. Como tal, se están volviendo cada vez más populares los cables de fibra óptica.

[0003] Los cables de fibra óptica que tradicionalmente se han instalado en las unidades de vivienda múltiple (MDU) (por ejemplo, complejos de apartamentos) mediante la colocación de los cables dentro de los sistemas de conductos preinstalados cerca del techo (por ejemplo, sistemas moldeados que contienen las canalizaciones). Para mayores distancias, se colocan en serie varias secciones de conducto. Cuando se deben instalar cables múltiples, cada cable debe instalarse por separado. En vista de este proceso repetitivo e intensivo en mano de obra, existe una necesidad de un cable adecuado para aplicaciones de MDU que reduzca el tiempo y el esfuerzo necesarios para instalar varios cables en un sistema de conductos.

15 **[0004]** El documento US 6.529.662 da a conocer cables de fibra óptica que comprende un apilamiento de núcleo de cinta único y al menos un miembro de cordón de fibra enrollado alrededor de una circunferencia exterior del apilado de cinta a lo largo de su dirección longitudinal para reducir al mínimo el movimiento del núcleo.

Sumario

25 **[0005]** De acuerdo con ello, en un aspecto, la presente invención abarca un cable en haz adecuado para su utilización en aplicaciones de unidad de vivienda múltiple (MDU). A este respecto, el presente cable en haz utiliza múltiples unidades de cable (por ejemplo, cables de interconexión 2-24 simplex o dúplex) que pueden ser simultáneamente instaladas (por ejemplo, dentro de un sistema de conductos de MDU existentes). Típicamente, las unidades de cable están trenzadas según un paso de unidad de cable S_U . El cable en haz incluye además dos elementos de atado (por ejemplo, hilos de atado) trenzados en torno a las unidades de cable según el paso de unión S_{Y1} y según el paso de unión S_{Y2} . En algunas realizaciones, el primer paso de unión S_{Y1} es sustancialmente igual al segundo paso de unión S_{Y2} . Típicamente, la relación entre el paso de unidad de cable S_U y el paso de unión S_{Y1} es de entre aproximadamente 2,5 y 26,5 (por ejemplo, inferior a 10, tal como entre aproximadamente 2,6 y 3,2).

30 **[0006]** El cable en haz incluye dos elementos de atado (por ejemplo, cintas o hilos ensanchados de atado) que son trenzados alrededor de las unidades de cable contra-helicoidalmente (es decir, trenzados helicoidalmente según orientaciones opuestas, tales como las direcciones S y Z).

35 **[0007]** En otro aspecto, la invención abarca un cable en haz que incluye (i) unidades de cable trenzadas según un radio trenzado de unidad R_U y un ángulo de trenzado de unidad α_U y (ii) dos hilos de atado, trenzados alrededor de las unidades de cable. En este sentido, el primer hilo de atado está trenzado alrededor de las unidades de cable con un primer radio de trenzado de atado R_{Y1} y un primer ángulo de trenzado de atado α_{Y1} , mientras que el segundo hilo de atado está trenzado alrededor de las unidades de cable con un segundo radio de trenzado de atado R_{Y2} y un segundo ángulo de trenzado de atado α_{Y2} .

[0008] En algunas realizaciones, la ecuación siguiente define una relación de paso X:

45

$$X = \frac{R_U}{R_{Y1}} \times \frac{\tan(\alpha_U)}{\tan(\alpha_{Y1})}$$

y estando comprendida la relación de paso X entre aproximadamente 2,5 y 26,5.

50

[0009] En otra forma de realización ejemplar, se cumple la siguiente relación:

$$2,5R_{Y1} \cdot \tan(\alpha_{Y1}) \leq R_U \cdot \tan(\alpha_U) \leq 26,5R_{Y1} \cdot \tan(\alpha_{Y1})$$

[0010] Aún, en otro aspecto, la invención abarca un cable en haz que incluye dos elementos de atado que están trenzados contra-helicoidalmente alrededor de las unidades de cable, donde uno o más elementos de atado incluyen 2 o más sub-hilos (por ejemplo, sub-hilo helicoidal delantero y un sub-hilo helicoidal trasero). A este respecto, los sub-hilos están trenzados desfasados más de 0 grados y menos de 90 grados. Expresado de forma diferente, los sub-hilos helicoidales presentan un desfase de traslación mayor de 0 grados y menor de aproximadamente 90 grados

60 **[0011]** El resumen ilustrativo anterior, así como otros objetivos y/o ventajas ejemplares de la invención, y la manera en que los mismos se logran, se explican con más detalle en la siguiente descripción detallada y sus dibujos adjuntos.

Breve descripción del dibujo

[0012] La figura 1 representa esquemáticamente un elemento trenzado a modo de ejemplo que se ha trenzado alrededor de un miembro central.

5

Descripción detallada

[0013] La presente invención se refiere, en un aspecto, a un cable de fibra óptica en haz, que comprende: una pluralidad de unidades de cable trenzadas según un radio de trenzado de unidad R_U y un ángulo de trenzado de unidad α_U ;

10

un primer hilo de atado, trenzado alrededor de dichas unidades de cable según un primer radio de trenzado de atado R_{Y1} y un primer ángulo de trenzado de atado α_{Y1} ; y

un segundo hilo de atado, trenzado alrededor de dichas unidades de cable según un segundo radio de trenzado de atado R_{Y2} y un segundo ángulo de trenzado de atado α_{Y2} ;

15

en el que dicho primer hilo de atado y dicho segundo hilo de atado están trenzados contra-helicoidalmente;

en el que dicho primer radio de trenzado de atado R_{Y1} es sustancialmente igual a dicho segundo radio de trenzado de atado R_{Y2} ;

en el que dicho primer ángulo de trenzado de atado α_{Y1} es sustancialmente igual a dicho segundo ángulo de trenzado de atado α_{Y2} ; y donde:

20

$$2,5R_{Y1} \cdot \tan (\alpha_{Y1}) \leq R_U \cdot \tan (\alpha_U) \leq 26,5R_{Y1} \cdot \tan (\alpha_{Y1})$$

[0014] En una realización preferida:

25

$$5R_{Y1} \cdot \tan (\alpha_{Y1}) \leq R_U \cdot \tan (\alpha_U) \leq 8R_{Y1} \cdot \tan (\alpha_{Y1})$$

[0015] En una realización preferida:

30

$$6,5R_{Y1} \cdot \tan (\alpha_{Y1}) \approx R_U \cdot \tan (\alpha_U)$$

[0016] En una realización preferida dichos primer y segundo hilos de atado comprenden hilos acabados.

[0017] En una realización preferida dichos primer y segundo hilos de atado comprenden hilos semi-acabados.

[0018] La invención se refiere, en otro aspecto a un cable de fibra óptica en haz, que comprende:

35

una pluralidad de unidades de cable trenzadas;

un primer hilo de atado, trenzado según un paso S_{Y1} alrededor de dichas unidades de cable, comprendiendo dicho primer hilo de atado un sub-hilo helicoidal delantero y un sub-hilo helicoidal trasero, en el que dicho sub-hilo helicoidal delantero presenta un desfase de traslación respecto de dicho sub-hilo helicoidal trasero mayor de 0 grados y menor de aproximadamente 90 grados; y un segundo hilo de atado trenzado en un paso S_{Y2} alrededor de dicha unidad de cables, comprendiendo dicho segundo hilo de atado de un sub-hilo helicoidal delantero y un sub-hilo helicoidal trasero, en el que dicho sub-hilo helicoidal delantero presenta un desfase de traslación respecto de dicho sub-hilo helicoidal trasero mayor de 0 grados y menor de aproximadamente 90 grados;

40

en el que dicho primer hilo de atado y dicho segundo hilo de atado están trenzados contra- helicoidalmente; y

en el que dicho primer paso de hilo de atado S_{Y1} es sustancialmente igual a dicho segundo paso de hilo de atado S_{Y2} .

45

[0019] En una realización preferida dicho sub-hilo helicoidal delantero del primer hilo de atado, presenta un desfase de traslación respecto de dicho sub-hilo helicoidal trasero de dicho primer hilo de atado mayor de aproximadamente 5 grados.

[0020] En una realización preferida dicho sub-hilo helicoidal delantero del primer hilo de atado, presenta un desfase de traslación respecto de dicho sub-hilo helicoidal trasero de dicho primer hilo de atado menor de aproximadamente 60 grados.

50

[0021] En una realización preferida dicho sub-hilo helicoidal delantero del primer hilo de atado, presenta un desfase de traslación respecto de dicho sub-hilo helicoidal trasero de dicho primer hilo de atado menor de aproximadamente 45 grados.

[0022] En una realización preferida dicho sub-hilo helicoidal delantero del primer hilo de atado presenta un desfase de traslación respecto de dicho sub-hilo helicoidal trasero de dicho primer hilo de atado de entre aproximadamente 10 y 45 grados.

55

[0023] En una realización preferida dicho sub-hilo helicoidal delantero del primer hilo de atado, presenta un desfase de traslación respecto de dicho sub-hilo helicoidal trasero de dicho primer hilo de atado menor de aproximadamente 10 grados.

60

[0024] En una realización preferida dicho sub-hilo helicoidal delantero del segundo hilo de atado presenta un desfase de traslación respecto de dicho sub-hilo helicoidal trasero de segundo primer hilo de atado mayor de aproximadamente 5 grados.

- [0025]** En una realización preferida dicho sub-hilo helicoidal delantero del segundo hilo de atado, presenta un desfasado de translación respecto de dicho sub-hilo helicoidal trasero de segundo primer hilo de atado menor de aproximadamente 45 grados.
- 5 **[0026]** En una realización preferida dicho sub-hilo helicoidal delantero del segundo hilo de atado, presenta un desfasado de translación respecto de dicho sub-hilo helicoidal trasero de segundo primer hilo de atado menor de aproximadamente 10 y 30 grados.
- [0027]** En una realización preferida dicho sub-hilo helicoidal delantero del segundo hilo de atado, presenta un desfasado de translación respecto de dicho sub-hilo helicoidal trasero de segundo primer hilo de atado menor de aproximadamente 10 grados.
- 10 **[0028]** En otro aspecto, la presente invención abarca un cable en haz adecuado para utilizarse en aplicaciones de unidad de vivienda múltiple (MDU). A este respecto, el presente cable en haz utiliza múltiples cables interconectados (por ejemplo, cables interconectados simplex o dúplex) que puede ser instalado como unidad en lugar de instalarse separadamente una pluralidad de cables individuales interconectados. Típicamente, los cables interconectados (por ejemplo unidades de cable) cumplen o exceden los requisitos para cables interconectados definidos por la norma GR-409. En algunas realizaciones ejemplares, las unidades de cable cumplen con las normas ICEA-596 y/o ICEA-696.
- 15 **[0029]** Las unidades de cable se construyen típicamente de una fibra óptica (por ejemplo, una fibra óptica protegida) rodeada por un revestimiento de cable (por ejemplo, una funda de cable). El revestimiento del cable puede estar formado de materiales poliméricos tales como, por ejemplo, polietileno, polipropileno, cloruro de polivinilo (PVC), poliamidas (por ejemplo, nylon), poliéster (por ejemplo, PBT), plásticos fluorados (por ejemplo, propileno perfluoretileno, fluoruro de polivinilo, o difluoruro de polivinilideno), y acetato de etileno vinilo. Los materiales del revestimiento también pueden contener otros aditivos, tales como agentes de nucleación, retardantes de llama, retardantes de humo, antioxidantes, absorbentes de UV, y/o plastificantes. Por lo general, las unidades de cable (y los cables en haz resultantes) cumplen los requisitos de seguridad contra incendios de galería ascendente, cámara,
- 20 **[0030]** bandeja y LSZH (Low-Smoke Zero-Halogen [bajo humo exento de halógeno])".
- [0030]** El revestimiento de cables puede ser una sola funda formada de un material dieléctrico (por ejemplo, polímeros no conductores), con o sin componentes estructurales adicionales que pueden usarse para mejorar la protección (por ejemplo, contra roedores) y la resistencia proporcionada por el revestimiento del cable. Por ejemplo, una o más capas de cinta de metal (por ejemplo, acero) con uno o más fundas dieléctricas, pueden formar el revestimiento del cable. En el revestimiento se pueden incorporar varillas de refuerzo metálicas o de fibra de vidrio (por ejemplo, GRP). Además, de aramida, fibra de vidrio, o hilos de poliéster pueden emplearse bajo los diversos materiales de revestimiento (por ejemplo, entre el revestimiento de cable y del núcleo de cable), y/o se pueden colocar cordones de desgarrar, por ejemplo, dentro del revestimiento del cable.
- 30 **[0031]** Usualmente, las unidades de cable tienen un diámetro exterior de entre aproximadamente 1,2 milímetros y 5,5 milímetros (por ejemplo, 1,6 milímetros simplexes, 2,0 milímetros simplexes, o 2,9 milímetros simplexes), y el cable en haz resultante tiene un diámetro exterior de entre aproximadamente 4 milímetros y 9 milímetros (por ejemplo, aproximadamente 7,9 milímetros). No obstante, dentro del alcance de la presente invención se encuentra la utilización de unidades de cable que tienen un diámetro exterior mayor (por ejemplo, más de 5,5 milímetros). Asimismo, está dentro del alcance de la presente invención para el cable en haz poseer un diámetro exterior de
- 35 **[0032]** alrededor de 25 milímetros o menor.
- [0032]** En una realización ejemplar, la unidad de cable incluye uno o más fibras de modo único estándar convencionales (SSMF). Fibras ópticas de modo único adecuadas que cumplan con el estándar ITU-T G.652.D, están disponibles comercialmente por ejemplo, en Draka (Claremont, Carolina del Norte).
- 40 **[0033]** En una realización típica, la unidad de cable incluye una o más, fibras ópticas de modo único insensibles a curvatura. fibras ópticas insensibles a curvatura, que son menos susceptibles a la atenuación (por ejemplo, causada por microcurvatura o macrocurvatura) están disponibles comercialmente en Draka (Claremont, Carolina del Norte) con el nombre comercial BendBright®. Las fibras ópticas BendBright® son compatibles con el estándar ITU-T G.652.D. No obstante, se encuentra dentro del alcance de la presente invención el empleo de una fibra de vidrio insensible a curvatura que cumpla con la norma ITU-T G.657.A y/o la norma ITU-T G.657.B.
- 45 **[0034]** En este respecto, las fibras de vidrio de modo único insensibles a curvatura particularmente destacadas para su utilización en la presente invención están disponibles comercialmente en Draka (Claremont, Carolina del Norte) con el nombre comercial BendBrightXS®. Las fibras ópticas BendBrightXS® no sólo son compatibles tanto con las recomendaciones UIT-T G.652.D y UIT-T G.657.A/B, sino que también demuestran una mejora significativa con respecto tanto a macrocurvatura como a microcurvatura.
- 50 **[0035]** Tal como se expone de manera común en la solicitud Internacional de patente N° de publicación WO 2009/062131 A1 por una fibra óptica resistente a microcurvatura y la publicación de solicitud de patente de Estados Unidos N° US 2009/0175583 por una fibra óptica resistente a microcurvatura, el emparejamiento de una fibra de vidrio insensible a curvatura (por ejemplo, fibras de vidrio de modo único de Draka disponibles bajo el nombre comercial BendBrightXS®) y un recubrimiento primario que tenga muy bajo módulo, logra fibras ópticas que tienen pérdidas excepcionalmente bajas (por ejemplo, la reducción de la sensibilidad a microcurvatura de, al menos, 10 veces en comparación con una fibra de modo único que emplea un sistema de revestimiento convencional).
- 55 **[0036]** En aún otra realización, una unidad de cable incluye una fibra óptica de modos múltiples (por ejemplo, fibras de modos múltiples convencionales con un núcleo de 50 micras, tales como fibras de modos múltiples OM2, que cumplan con las recomendaciones del UIT-T G.651.1). Fibras de modos múltiples ejemplares que se pueden emplear, incluyen fibras de modos múltiples MaxCap™ (OM2 +, OM3, o OM4) comercialmente disponibles en
- 60 **[0036]** Draka (Claremont, Carolina del Norte).
- 65

[0037] Alternativamente, la presente unidad de cable puede incluir fibras de modos múltiples insensibles a curvatura, tales como fibras de modos múltiples MaxCap™-BB OMx, disponibles comercialmente en Draka (Claremont, Carolina del Norte). Fibras de modos múltiples MaxCap™-BB-OMX de Draka, también cumplen con las recomendaciones del UIT-T G.651.1.

5 **[0038]** Las fibras ópticas desplegadas en la presente unidad de cable pueden emplear los recubrimientos descritos en la solicitud de patente internacional N° de publicación WO 2009/062131 A1 y la solicitud de patente EE.UU. N° US 2009/0175583, ya sea con fibras ópticas de modo único o fibras ópticas de modos múltiples.

[0039] Las fibras ópticas tienen típicamente un diámetro exterior de entre 235 micras y 265 micras, aunque fibras ópticas que tengan un diámetro más pequeño se encuentran dentro del alcance de la presente invención.

10 **[0040]** A modo de ejemplo, la fibra de vidrio componente, puede tener un diámetro exterior de aproximadamente 125 micras. Con respecto a las capas de recubrimiento que rodean la fibra óptica, el recubrimiento primario puede tener un diámetro exterior de entre aproximadamente 175 micras y 195 micras (es decir, un espesor de recubrimiento primario de entre aproximadamente 25 micras y 35 micras) y el recubrimiento secundario puede tener un diámetro exterior de entre aproximadamente 235 micras y 265 micras (es decir, un grosor de recubrimiento secundario de entre aproximadamente 20 micras y 45 micras). Al menos una de las capas de recubrimiento - por lo general el recubrimiento secundario - puede estar coloreada y/o poseer otras marcas para ayudar a identificar las fibras individuales. Opcionalmente, la fibra óptica puede incluir una capa de tinta más externa, que es típicamente de entre dos y diez micras.

15 **[0041]** En una realización alternativa, una fibra óptica puede poseer un diámetro reducido (por ejemplo, un diámetro exterior de entre aproximadamente 150 micras y 230 micras). En esta configuración de fibra óptica alternativa, el grosor del recubrimiento primario y/o de recubrimiento secundario se reduce, mientras que el diámetro de la fibra de vidrio de la unidad se mantiene en aproximadamente 125 micras.

20 **[0042]** A modo de ejemplo, en tales realizaciones ejemplares la capa de recubrimiento primario puede tener un diámetro exterior de entre aproximadamente 135 micras y aproximadamente 175 micras (por ejemplo, aproximadamente 160 micras), típicamente menos de 165 micras (por ejemplo, entre aproximadamente 135 micras y 150 micras) y por lo general más de 140 micras (por ejemplo, entre aproximadamente 145 micras y 155 micras, tal como aproximadamente 150 micras). Además, en estos ejemplos de realización, la capa de recubrimiento secundario puede tener un diámetro exterior de entre aproximadamente 150 micras y aproximadamente 230 micras (por ejemplo, más de aproximadamente 165 micras, tales como 190 a 210 micras o menos), típicamente entre aproximadamente 180 micras y 200 micras. En otras palabras, el diámetro total de la fibra óptica se reduce a menos de aproximadamente 230 micras (por ejemplo, entre aproximadamente 195 micras y 205 micras, y especialmente alrededor de 200 micras).

25 **[0043]** En otra realización alternativa, el diámetro de la fibra de vidrio componente, se puede reducir a menos de 125 micras (por ejemplo, entre aproximadamente 60 micras y 120 micras), tal vez entre aproximadamente 70 micras y 115 micras (por ejemplo, aproximadamente de 80 a 110 micras). Esto puede conseguirse, por ejemplo, mediante la reducción del espesor de una o más capas de revestimiento. En comparación con la realización alternativa anterior, (i) el diámetro total de la fibra óptica podrá reducirse (es decir, el espesor de los recubrimientos primario y secundario se mantienen de acuerdo con la realización alternativa anterior) o (ii) se pueden aumentar los respectivos espesores de los recubrimientos primarios y/o secundarios respecto de la forma de realización alternativa anterior (por ejemplo, tal que el diámetro total de la fibra óptica podría ser mantenida).

30 **[0044]** A modo de ilustración, con respecto a la primera, una fibra de vidrio componente que tiene un diámetro de entre aproximadamente 90 y 100 micras, puede ser combinada con una capa de revestimiento primario que tiene un diámetro exterior de entre aproximadamente 110 micras y 150 micras (por ejemplo, aproximadamente 125 micras) y una capa de revestimiento secundario que tiene un diámetro exterior de entre aproximadamente 130 micras y 190 micras (por ejemplo, aproximadamente 155 micras). Con respecto a la última, una fibra de vidrio componente que tiene un diámetro de entre aproximadamente 90 y 100 micras, puede ser combinada con una capa de revestimiento primario que tiene un diámetro exterior de entre aproximadamente 120 micras y 140 micras (por ejemplo, aproximadamente 130 micras) y una capa de recubrimiento secundario que tiene un diámetro exterior de entre aproximadamente 160 micras y 230 micras (por ejemplo, aproximadamente 195 a 200 micras).

35 **[0045]** Típicamente, cada unidad de cable incluye una fibra óptica rodeada por una capa de protección (es decir, un tubo de protección).

40 **[0046]** En una realización ejemplar, las unidades de cable incluyen fibras ópticas con protección ajustada. Los expertos en la técnica, apreciarán que una fibra óptica con protección ajustada, incluye un tubo de protección que rodea ajustadamente (es decir, próximamente) la fibra óptica. El tubo de protección se forma típicamente a partir de una composición polimérica, opcionalmente mejorada mediante la incorporación de un agente de deslizamiento. En una realización ejemplar, el agente de deslizamiento posee baja solubilidad con la composición polimérica para facilitar la migración del agente de deslizamiento (por ejemplo, un agente de deslizamiento de amida alifática) a la interfaz fibra-protección. A este respecto, la interfaz entre el tubo de protección y la fibra óptica se lubrica, proporcionando una accesibilidad mejorada de la fibra óptica.

45 **[0047]** En otra realización ejemplar, cada unidad de cable, incluye una fibra óptica con protección semi-ajustada. Los expertos en la técnica, apreciarán que una fibra óptica de protección semi-ajustada, incluye un espacio de protección (por ejemplo, un espacio de aire) entre la fibra óptica y el tubo de protección. El espacio de protección típicamente tiene un espesor menor de aproximadamente 50 micras (por ejemplo, aproximadamente 25 micras). Más típicamente, el espacio de protección tiene un espesor menor de aproximadamente 15 micras (por ejemplo, menos de aproximadamente 10 micras).

[0048] Típicamente, en el cable en haz se emplean una pluralidad de unidades de cable (por ejemplo, de 2 a 24, así como de 6 a 12 unidades de cable).

[0049] En este sentido, una pluralidad de unidades de cable puede ser trenzadas sobre sí mismas sin un elemento central. Esta trenzado se puede llevar a cabo lograr en una sola dirección - helicoidalmente - conocido como trenzado en "S" o "Z", o trenzado de paso invertido alternado (Reverse Oscillated Lay) , conocido como trenzado "S-Z". Tal como se usa en el presente documento, las referencias a "helicoidal" o "helicoidalmente", no implican una orientación particular (por ejemplo, dirección S o Z). El trenzado reduce la tensión de la fibra óptica cuando se produce la sollicitación del cable durante la instalación y uso. Los expertos en la técnica entenderán el beneficio de minimizar la fatiga de la fibra tanto para la tensión de tracción del cable y la tensión de compresión longitudinal del cable durante las condiciones de instalación o de funcionamiento.

[0050] En algunas formas de realización, múltiples unidades de cable se trenzan alrededor de una o más unidades de cable. Por ejemplo, un cable en haz de 12 unidades puede contener nueve unidades de cable trenzado en torno a tres unidades de cable. En otro ejemplo de realización, cinco unidades de cable están trenzadas alrededor de una unidad de cable.

[0051] Además, cuando múltiples unidades de cable forman la parte central del trenzado (por ejemplo, las tres unidades de cable del anterior ejemplo con 12 unidades), las unidades de cable centrales pueden trenzarse sobre sí mismas. Alternativamente, las unidades de cable centrales pueden simplemente extenderse paralelas al eje longitudinal del cable.

[0052] Típicamente, el cable en haz de la presente invención no incluye un miembro central de refuerzo. No obstante, dentro del alcance de la presente invención se encuentra tranzar las unidades de cable alrededor de un elemento central de refuerzo o en otra forma de material de relleno.

[0053] Los expertos en la técnica reconocerán que los elementos helicoidalmente trenzados se trenzan en una dirección con un ángulo constante con respecto al eje longitudinal del cable. El trenzado helicoidal se puede realizar en la dirección "S", de modo que los elementos trenzados describen una "S" a lo largo del eje del cable. El trenzado helicoidal también se puede realizar en la dirección "Z", de modo que los elementos de trenzado describen una "Z" a lo largo del eje del cable. Dicho de otra manera, El trenzado helicoidal en S genera una hélice a izquierdas, mientras el trenzado helicoidal en Z genera una hélice a derechas.

[0054] En trenzado de paso inverso (es decir, trenzado SZ), la dirección de trenzado se invierte tras un número predeterminado de vueltas. En otras palabras, el elemento trenzado se trenza inicialmente helicoidalmente, ya sea en la dirección S o Z, y luego trenzado helicoidalmente en la dirección opuesta. El trenzado y proceso de inversión se repite a lo largo de la longitud de los elementos del trenzado. En los puntos de inversión de un trenzado SZ, los elementos del trenzado pueden yacer sustancialmente paralelos al eje de trenzado.

[0055] Los expertos en la técnica reconocerán que los elementos trenzados helicoidalmente (por ejemplo, unidades de cable) definen efectivamente una hélice cilíndrica que se extiende a lo largo del eje del cable. En este sentido, el trenzado helicoidal puede ser descrito por un "paso" o "longitud de paso" S, un "radio de trenzado" R, y/o un α "ángulo de trenzado".

[0056] La figura 1 representa esquemáticamente un elemento de trenzado ejemplar que se ha sido trenzado alrededor de un miembro central (por ejemplo, un miembro de refuerzo central o material de relleno). Se muestran el paso S y el diámetro de trenzado 2R (es decir, el doble del radio de trenzado R) del elemento de trenzado.

[0057] El paso S se refiere a la longitud de un elemento trenzado después de un giro completo de 360 grados. Dicho de otra manera, el paso S es la distancia longitudinal a lo largo del cable, requerida para una vuelta helicoidal completa. Cabe señalar que la variable S utilizada para designar el paso no debe confundirse con la dirección de trenzado S.

[0058]El radio R de trenzado se refiere a la distancia existente entre el eje del cable (es decir, el eje longitudinal del cable) y el centro del elemento trenzado.

[0059] Finalmente, el ángulo de tranzado α se refiere al ángulo existente entre el elemento de trenzado y la sección transversal del cable. El ángulo de trenzado α puede ser calculado utilizando la siguiente ecuación:

$$\alpha = \arctan \left[\frac{S}{2\pi R} \right]$$

[0060] Los expertos en la técnica apreciarán que varios parámetros de trenzado, incluyendo "paso" S, "radio de trenzado" R y α "ángulo de trenzado" son objetivos durante el proceso de fabricación. Los valores reales para los parámetros de trenzado pueden apartarse de los objetivos de diseño del cable.

[0061] Como se discutió anteriormente, el cable en haz de la presente invención incluye típicamente una pluralidad de unidades de cable trenzadas. Cada unidad de cable incluye típicamente, al menos, una fibra óptica (por ejemplo, una fibra óptica con protección).

[0062] A este respecto y como se apreciará por los expertos en la técnica, el paso S, el radio de trenzado R, y el ángulo de trenzado α particulares, deben ser seleccionados para asegurar que la hélice formada por la unidad de cable trenzada no tiene un radio de curvatura (es decir, radio de curvatura (flexión)) que sea menor que el radio de curvatura mínimo admisible para la fibra óptica dentro de la unidad de cable. Si el radio de curvatura de la unidad de cable trenzado es demasiado pequeño, en la fibra óptica puede inducirse atenuación indeseada. Como se discutió previamente, fibras insensibles a curvatura, tales como fibras ópticas BendBrightXS® y BendBright® de Draka, son

menos susceptibles a tal atenuación, y por tanto son especialmente adecuadas para su utilización en el cable en haz de la presente invención.

[0063] El radio de curvatura q de la unidad de cable trenzada se puede calcular utilizando la siguiente ecuación:

$$q = R * \left\{ 1 + \left(\frac{s}{2\pi R} \right)^2 \right\}$$

5

[0064] Utilizando esta ecuación y el radio de curvatura mínimo de las fibras ópticas dentro de las unidades de cable, pueden seleccionarse un paso de unidad de cable S_U , un ángulo de trenzado de unidad α_U y un radio de trenzado de unidad R_U para las unidades de cable. En otras palabras, el paso de unidad de cable S_U , ángulo de trenzado de unidad α_U , y el radio de trenzado de R_U para las unidades de cable pueden ser seleccionados para asegurar que el radio de curvatura q no sea menor que el radio de curvatura mínimo admisible de la fibra óptica dentro de las unidades de cable.

10

[0065] En algunas realizaciones, el paso de cable de unidad S_U , está comprendido entre aproximadamente dos pulgadas (5,1 centímetros) y 12 pulgadas (30,5 cm) (por ejemplo, alrededor de diez pulgadas (25,4 cm)), usualmente entre aproximadamente tres pulgadas (7,6 cm) y ocho pulgadas (20,3 cm) (por ejemplo, entre alrededor de cinco pulgadas (12,7 cm) y seis pulgadas (15,2 cm)).

15

[0066] En algunas realizaciones, el ángulo de trenzado de unidad α_U , está comprendido típicamente entre aproximadamente 30 y 65 grados (por ejemplo, aproximadamente 45 grados).

[0067] En algunas realizaciones, el radio de trenzado de unidad R_U se encuentra típicamente comprendido entre aproximadamente 0,1 pulgadas (0,3 cm) y 0,6 pulgadas (1,5 cm) (por ejemplo, entre aproximadamente 0,2 pulgadas (0,5 cm) y 0,5 pulgadas (1,3 cm)).

20

[0068] Las unidades de cable del cable en haz presente están trenzadas (por ejemplo, trenzados SZ, S o Z) y luego agrupadas en haz utilizando elementos de atado (por ejemplo, hilos de atado o cintas de atado). Típicamente, dos o más elementos de atado (por ejemplo, cuatro elementos de atado) se trenzan alrededor de las unidades de cable. Los elementos de atado empleados en el cable en haz de la presente invención son típicamente hilos poliméricos, tales como hilos de poliéster o aramida, o cintas o bandas poliméricas, tales como cinta de poliéster.

25

[0069] Cada elemento de atado tiene típicamente un peso total por unidad de longitud de entre alrededor de 440 denier y 5280 denier (por ejemplo, aproximadamente 2.600 denier).

[0070] Los expertos en la técnica reconocerán que cuando los elementos de atado son trenzados (i) con el mismo paso (ii) desfasados en aproximadamente 180 grados, los elementos de atado están separados eficazmente por un desplazamiento de traslación (por ejemplo, un desfasado de traslación) a lo largo del eje longitudinal del cable que es sustancialmente igual a aproximadamente la mitad del paso de los elementos de atado.

30

[0071] En el aspecto de la invención que incluye dos elementos de atado, estos elementos de atado están trenzados contra- helicoidalmente. A este respecto, los dos elementos de atado están trenzados en direcciones opuestas (por ejemplo, como una hélice a izquierdas y una hélice a derechas, respectivamente). Por ejemplo, un primer elemento de atado está trenzado en la dirección S, y un segundo elemento de atado está trenzado en la dirección Z.

35

[0072] Usualmente, los elementos de atado no se trenzan en SZ en torno a las unidades de cable. No obstante, dentro del alcance de la presente invención, se encuentra trenzar en SZ uno o más elementos de atado alrededor de las unidades de cable.

[0073] En otra forma de realización ejemplar, un primer hilo de atado se trenza con un paso (p.e. S_{Y1}) alrededor las unidades de cable, y un segundo hilo de atado se trenza con un paso (p.e., S_{Y2}) alrededor de las unidades de cable. A modo de ejemplo, el paso de atado S_{Y1} y el paso de atado S_{Y2} se encuentran típicamente comprendidos entre aproximadamente 0,5 pulgadas (1,3 cm) y 3,0 pulgadas (7,6 cm) (por ejemplo, entre aproximadamente 0,75 pulgadas (1,9 cm) y 1,5 pulgadas (3,8 cm)). Típicamente, el paso de atado S_{Y1} es sustancialmente igual a dicho paso de atado S_{Y2} . Sin embargo, se encuentra dentro del alcance de la presente invención trenzar elementos de atado alrededor de las unidades de cable con diferentes pasos.

40

[0074] En otra realización ejemplar, un primer hilo de atado se trenza con un primer radio de trenzado de atado R_{Y1} y primer ángulo de trenzado de atado α_{Y1} , alrededor de las unidades de cable, y un segundo hilo de atado se trenza con un segundo radio de trenzado de atado R_{Y2} y el segundo ángulo de trenzado de atado α_{Y2} , alrededor de las unidades de cable. A modo de ejemplo, el radio de trenzado de atado R_{Y1} y el segundo radio de trenzado de atado R_{Y2} , son típicamente de entre aproximadamente 0,1 pulgadas (0,3 cm) y 0,65 pulgadas (1,7 cm) (por ejemplo, entre aproximadamente 0,2 pulgadas (0,5 cm) y 0,5 pulgadas (1,5 cm)). A modo de ejemplo adicional, el primer ángulo de trenzado de atado α_{Y1} y el segundo ángulo de trenzado de atado α_{Y2} , son típicamente de entre aproximadamente 10 y 50 grados (por ejemplo, 15-30 grados, tales como 16,6 grados). Usualmente, el primer radio de trenzado de atado R_{Y1} es sustancialmente igual al segundo radio de trenzado de atado R_{Y2} , y el primer ángulo de trenzado de atado α_{Y1} es sustancialmente igual al segundo ángulo de trenzado de atado α_{Y2} .

50

[0075] En una realización ejemplar alternativa que incluye dos elementos de atado, los elementos de atado están trenzados helicoidalmente alrededor de las unidades de cable en la misma dirección. En este sentido, ambos elementos de atado están trenzados en dirección S o Z. Típicamente, los elementos de atado de esta forma de realización están trenzados en la dirección opuesta a las de las unidades de cable. Por ejemplo, si las unidades de cable están trenzadas en la dirección S, los elementos de atado deben estar trenzados en la dirección Z. Además, cuando ambos elementos de atado se trenzan helicoidalmente en la misma dirección, por lo general son trenzados desfasados en aproximadamente 180 grados.

55

60

[0076] En algunas realizaciones, los elementos de atado (por ejemplo, hilos de atado) son hilos acabados. En este sentido, las fibras (es decir, hebras) de hilos acabados no se pueden separar fácilmente (por ejemplo, extendidas). Típicamente, los hilos acabados están recubiertos, y tal vez entremezclados, lo que tiende a impedir la separación de las fibras.

5 **[0077]** Alternativamente, los elementos de atado pueden incluir hilos semi-acabados. En comparación con los hilos acabados, las fibras de hilos semi-acabados se pueden separar fácilmente (por ejemplo, extenderse). Los hilos semi-acabados normalmente tienen menos de revestimiento (o un tipo diferente de revestimiento) que un hilo acabado (por ejemplo, un hilo semi-acabado, puede no tener recubrimiento en absoluto, tal como un elemento de atado de poliéster sin recubrir). Por otra parte, en comparación con los hilos acabados, hilos semi-acabados pueden estar menos entremezclado.

10 **[0078]** En realizaciones ejemplares de la presente invención, hilos de atado semi-acabados, se encuentran trenzados alrededor de las unidades de cable óptico. Los hilos de atado semi-acabados, pueden extenderse a través de la superficie externa de la unidad de cable. En este sentido, el hilo de atado semi-acabado soporta la unidad de cable a través de un área de superficie más amplia, lo que reduce la presión sobre la funda del cable en el punto de contacto. Esto, a su vez, reduce la presión sobre la fibra óptica dentro de la unidad de cable.

15 **[0079]** Los expertos en la técnica reconocerán que la prevención de fuerzas externas afectando a una fibra óptica, reduce la probabilidad de que microcurvaturas produzcan atenuación de las señales ópticas transmitidas. En este sentido, la utilización de hilos de atado semi-acabados ofrece una ventaja técnica.

20 **[0080]** En realizaciones que utilizan hilos de atado extendidos, las medidas de elemento de atado (por ejemplo, el paso S_V , el radio de trenzado R_V , ángulo de trenzado α_V , y/o desfasado de traslación) están referidas al centro de las fibras extendidas.

25 **[0081]** En algunas realizaciones, un hilo de atado único puede incluir dos sub-hilos (por ejemplo, un sub-hilo delantero y un sub-hilo trasero). En este sentido, los dos sub-hilos de un hilo de atado único, están trenzados mutuamente desfasados (es decir, trenzado desfasado). Dicho de otra manera, un sub-hilo (por ejemplo, el sub-hilo delantero) exhibe un desfasado de traslación respecto del otro sub-hilo (por ejemplo, el sub-hilo trasero). Un hilo de atado trenzado incluyendo dos sub-hilos, típicamente formando una estructura similar a una "doble hélice", en la que los sub-hilos representan cada hélice. Los expertos en la técnica reconocerán que el desfasado de traslación entre los sub-hilos representa un desplazamiento de traslación a lo largo del eje longitudinal del cable que puede ser expresado en grados (por ejemplo, grados de rotación helicoidal).

30 **[0082]** Típicamente, los sub-hilos están trenzados desfasados en más de 0 grados y menos de aproximadamente 90 grados (por ejemplo, menos de 45 grados, tal como entre 15 y 45 grados). En algunas realizaciones, los sub-hilos están trenzados desfasados en más de 5 grados y menos de aproximadamente 60 grados (por ejemplo, entre aproximadamente 10 y 30 grados). En otras realizaciones, los sub-hilos están trenzados desfasados en menos de aproximadamente 15 grados (por ejemplo, entre aproximadamente 5 y 15 grados), tal como más de 0 grados y menor de aproximadamente 10 grados.

35 **[0083]** Los expertos en la técnica apreciarán que "desfase de traslación" es objetivo durante el proceso de fabricación. El desfasado de traslación real entre sub-hilos, puede apartarse de los objetivos de diseño de cable.

40 **[0084]** Un elemento de atado que incluye sub-hilos, soporta la unidad de cable a través de un área superficial más amplia, reduciendo así la presión sobre la funda del cable en el punto de contacto. Esto, a su vez, puede reducir la presión sobre la fibra óptica dentro de la unidad de cable. Como se discutió previamente, la prevención de las fuerzas externas que afecten a una fibra óptica reduce la probabilidad de microcurvatura que producirá atenuación de las señales ópticas transmitidas. En este sentido, la utilización de elementos de atado incluyendo sub-hilos ofrece una ventaja técnica.

45 **[0085]** Típicamente, los cables en haz incluyen elementos de atado que tienen dos sub-hilos, tales como dos sub-hilos de 1300 denier. Si embargo, se encuentra dentro del alcance de la presente invención la utilización de elementos de atado que incluyan más de dos sub-hilos (por ejemplo, tres o más sub-hilos).

50 **[0086]** Con respecto a las realizaciones que utilizan sub-hilos, se deben tomar mediciones (es decir referencia) de los elementos de atado (por ejemplo, paso S_V , radio de trenzado R_V , ángulo de trenzado α_V y/o desfasado de traslación) en un punto que representa la posición media de los sub-hilos sobre el eje longitudinal del cable. Por ejemplo, cuando un elemento de atado incluye dos sub-hilos, el paso del elemento de atado debe ser medido desde el punto medio entre sub-hilos a lo largo del eje longitudinal del cable.

55 **[0087]** Típicamente, los elementos de atado están trenzados con paso de atado S_V (es decir, el paso de los elementos de atado) de más de aproximadamente 0,5 pulgadas (1,5 cm) (por ejemplo, aproximadamente 1,5 pulgadas (3,8 cm)). El trenzado de los elementos de atado con un paso de atado S_V , inferior puede hacer demasiado rígido cable en haz y puede inhibir la capacidad de un técnico para acceder a las unidades de cable individuales durante la instalación en el campo. Adicionalmente, el trenzado de los elementos de atado con un paso de atado S_V , más bajo puede inhibir la capacidad de instalación de los cables para hacer múltiples curvas de 90 grados, que pueden ser necesarios en ciertas implementaciones de cable.

60 **[0088]** El trenzado de los elementos de atado con un paso de atado excesivamente alto, sin embargo, no unirá suficientemente las unidades de cable. Por ejemplo, las unidades de cable pueden llegar a destrenzarse durante la instalación o manipulación. Por otra parte, un cable en haz con un excesivamente alto paso de atado no puede mantener su integridad sobre un carrete de cable. En este sentido, las características de trenzado y el tamaño de las unidades de cable se deben considerar al seleccionar las características de trenzado de los elementos de atado.

65 **[0089]** Típicamente, el paso de atado S_V (es decir, el paso del elemento de atado) se selecciona de tal manera que la relación entre el paso de unidad de cable S_U (es decir, el paso de las unidades de cable) y el paso de atado S_{V1} , es de entre aproximadamente 2,5 y 26,5 (por ejemplo, menos de aproximadamente 10, tal como aproximadamente

6,5). En algunas realizaciones, la relación entre el paso de unidad de cable S_U y el paso de atado S_V (es decir, $S_U: S_V$), es de entre aproximadamente 3 y 15 (por ejemplo, entre aproximadamente 5 y 8). En otras realizaciones, la relación entre el paso de unidad de cable S_U y el paso de atado S_V (es decir, $S_U: S_V$), es de entre aproximadamente 2,6 y 3,2.

5 **[0090]** En otra realización ejemplar de la instalación del cable en haz, el radio de trenzado de hilo de atado R_V y el ángulo de trenzado de hilo de atado α_V , se seleccionan basándose en el radio de trenzado de unidad R_U y el ángulo de trenzado de unidad α_U . En este sentido, la relación de paso X es de entre aproximadamente 2,5 y 26,5 (por ejemplo, entre aproximadamente 5 y 8, tal como aproximadamente 6,5), donde la relación de paso X se define por la siguiente ecuación:

10

$$X = \frac{R_U}{R_{Y1}} \times \frac{\tan(\alpha_U)}{\tan(\alpha_{Y1})}$$

[0091] En algunas realizaciones, la relación de paso X , está comprendida entre aproximadamente 2,6 y 3,2.

15 **[0092]** En otro ejemplo de realización del cable en haz, el radio de trenzado de hilo de atado R_V y el ángulo de trenzado de hilo de atado α_V , se seleccionan de tal manera que se cumple la siguiente relación:

$$2,5R_{Y1} \cdot \tan(\alpha_{Y1}) \leq R_U \cdot \tan(\alpha_U) \leq 26,5R_{Y1} \cdot \tan(\alpha_{Y1})$$

20 **[0093]** En algunas realizaciones, se cumple la siguiente relación:

$$5R_{Y1} \cdot \tan(\alpha_{Y1}) \leq R_U \cdot \tan(\alpha_U) \leq 8R_{Y1} \cdot \tan(\alpha_{Y1})$$

[0094] En algunas realizaciones, se cumple la siguiente relación:

25

$$6,5R_{Y1} \cdot \tan(\alpha_{Y1}) \approx R_U \cdot \tan(\alpha_U)$$

[0095] En otras realizaciones, se cumple la siguiente relación:

30

$$2,6R_{Y1} \cdot \tan(\alpha_{Y1}) \leq R_U \cdot \tan(\alpha_U) \leq 3,2R_{Y1} \cdot \tan(\alpha_{Y1})$$

[0096] En una realización ejemplar, el cable en haz incluye doce unidades de cable, cada una de las cuales tiene un diámetro exterior de alrededor de 1,6 milímetros. Cada unidad incluye una sola fibra óptica con protección ajustada de 900 micrones Draka BendBright® Elite. Las unidades de cable están coloreadas de manera distintiva utilizando el código de color de fibra óptica estándar 12. Nueve de las unidades de cable, están helicoidalmente trenzadas (por ejemplo, trenzado S, Z, o SZ) sobre las restantes tres unidades de cable con un paso de unidad de cable S_U de 10 pulgadas (25,4 cm). Dos hilos de atado semi-acabados de poliéster de 2600 deniers, son trenzados contra-helicoidalmente alrededor de las unidades de cable con pasos de atado S_{Y1} y S_{Y2} de aproximadamente 1,5 pulgadas (3,8 cm). Además, los dos hilos de atado están hechos a base de dos sub-hilos (es decir, cada uno de poliéster 1300 denier). Los dos sub-hilos son trenzados desfasados en translación de tal manera que el sub-hilo delantero presenta un desfasado de translación respecto del sub-hilo trasero mayor de cero grados y menor de aproximadamente 10 grados (por ejemplo, aproximadamente 5 grados).

35

[0097] En otra realización ejemplar, el cable en haz incluye seis unidades de cable trenzadas en SZ, alrededor de una unidad de cable central con un paso de unidad S_U de unas 5,75 pulgadas (14,6 cm). Dos hilos de atado semi-acabados de poliéster de 2600 deniers, se trenzan contra-helicoidalmente alrededor de las unidades de cable con pasos de atado S_{Y1} y S_{Y2} de aproximadamente 1,8 pulgadas (4,6 cm). Los dos hilos de atado están hechos a base de dos sub-hilos que son trenzados desfasados de tal manera que el sub-hilo delantero presenta un desfasado de translación respecto del sub-hilo trasero mayor de cero grados y menor de aproximadamente 5 grados.

45

[0098] Por lo general, el cable en haz es instalado en la canalización de un sistema moldeado u otro sistema de conductos pre-instalado en una estructura MDU (por ejemplo, un edificio de apartamentos). Una vez instalado, un técnico puede retirar una sección de elemento de atado para dejar al descubierto las unidades de cable. El técnico puede entonces tener acceso a la unidad apropiada, cortar la unidad de cable, eliminar de la unidad cortada el elemento de atado, y dirigir la unidad de cable a través de un orificio de acceso en cada unidad de vivienda individual. El técnico puede entonces colocar las unidades de cable destapadas de vuelta a la canalización del sistema moldeado y ocultar el cable en haz. Por lo general, el cable en haz está adaptado a conectarse.

50

55

[0099] Esta solicitud incorpora además, por referencia, especificaciones de producto para los siguientes productos de Draka que pueden ser adecuados para utilizarse como unidades de cable: cables de interior ezINTERCONNECT™, cables de interior reforzados ezINTERCONNECT™, cables ópticos de seguridad

ezINTERCONNECT™, cables de derivación MDU ezINTERCONNECT™, y cables de micrifibra ezINTERCONNECT™.

5 **[0100]** En la descripción y/o figuras, han sido descritas realizaciones típicas de la invención. La presente invención no está limitada a tales ejemplos de realización. La utilización de la expresión "y/o" incluye cualquiera y todas las combinaciones de uno o más de los elementos enumerados asociados. Las figuras son representaciones esquemáticas y por ello no están necesariamente dibujadas a escala. A menos que se indique lo contrario, los términos específicos se han utilizado en un sentido genérico y descriptivo y no con fines de limitación.

REIVINDICACIONES

1. Cable de fibra óptica en haz que comprende:
 5 una pluralidad de unidades de cable trenzadas según un radio de trenzado de unidad R_U y un ángulo de trenzado de unidad α_U ;
 un primer hilo de atado, trenzado alrededor de dichas unidades de cable según un primer radio de trenzado de atado R_{Y1} y un primer ángulo de trenzado de atado α_{Y1} ; y
 10 un segundo hilo de atado, trenzado alrededor de dichas unidades de cable según un segundo radio de trenzado de atado R_{Y2} y un segundo ángulo de trenzado de atado α_{Y2} ;
 en el que dicho primer hilo de atado y dicho segundo hilo de atado, están trenzados de forma contra-helicoidal;
 en el que dicho primer radio de trenzado de atado R_{Y1} es sustancialmente igual a dicho segundo radio de trenzado de atado R_{Y2} ;
 15 en el que dicho primer ángulo de trenzado de atado α_{Y1} es sustancialmente igual a dicho segundo ángulo de trenzado de atado α_{Y2} ; y
 en el que:

$$2,5R_{Y1} \cdot \tan(\alpha_{Y1}) \leq R_U \cdot \tan(\alpha_U) \leq 26,5R_{Y1} \cdot \tan(\alpha_{Y1})$$

- 20 2. Cable de fibra óptica en haz de acuerdo con la reivindicación 1, en el que:

$$5R_{Y1} \cdot \tan(\alpha_{Y1}) \leq R_U \cdot \tan(\alpha_U) \leq 8R_{Y1} \cdot \tan(\alpha_{Y1})$$

- 25 3. Cable de fibra óptica de haz de acuerdo con la reivindicación 1, en el que:

$$6,5R_{Y1} \cdot \tan(\alpha_{Y1}) \approx R_U \cdot \tan(\alpha_U)$$

- 30 4. cable de fibra óptica en haz de acuerdo con la reivindicación 1, donde dichos primer y segundo hilos de atado comprenden hilos acabados.

5. Cable de fibra óptica en haz de acuerdo con la reivindicación 1, donde dichos primer y segundo hilos de atado comprenden hilos semi-acabados.

- 35 6. Cable de fibra óptica en haz de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende:
 una pluralidad de unidades de cable trenzadas;
 un primer hilo de atado trenzado según un paso S_{Y1} alrededor de dichas unidades de cable, comprendiendo dicho primer hilo de atado un sub-hilo helicoidal delantero y un sub-hilo helicoidal trasero, en el que dicho sub-hilo helicoidal delantero presenta un desfase de translación respecto de dicho sub-hilo helicoidal trasero mayor de 0 grados y menor de aproximadamente 90 grados; y
 40 un segundo hilo de atado trenzado según un paso S_{Y2} alrededor de dichas unidades de cable, comprendiendo dicho segundo hilo de atado de un sub-hilo helicoidal delantero y un sub-hilo helicoidal trasero, en el que dicho sub-hilo helicoidal delantero presenta un desfase de translación respecto de dicho sub-hilo helicoidal trasero mayor de 0 grados y menor de aproximadamente 90 grados;
 en el que dicho primer hilo de atado y dicho segundo hilo de atado están trenzados en forma contra-helicoidal; y
 45 en el que dicho primer paso de hilo de atado S_{Y1} es sustancialmente igual a dicho segundo paso de hilo de atado S_{Y2} .

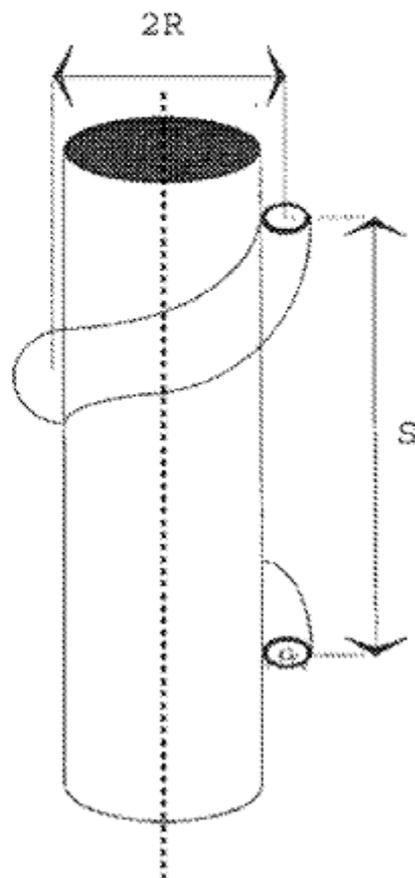
- 50 7. Cable de fibra óptica en haz de la reivindicación 6, en el que dicho sub-hilo helicoidal delantero del primer hilo de atado presenta un desfase de translación respecto de dicho sub-hilo helicoidal trasero de dicho primer hilo de atado mayor de aproximadamente 5 grados, preferiblemente menor de aproximadamente 60 grados, más preferiblemente menor de aproximadamente 45 grados y aun más preferiblemente comprendido entre aproximadamente 10 y 30 grados.

- 55 8. Cable de fibra óptica en haz de acuerdo con la reivindicación 6, en el que dicho sub-hilo helicoidal delantero del primer hilo de atado presenta un desfase de translación respecto de dicho sub-hilo helicoidal trasero de dicho primer hilo de atado menor de 10 grados

- 60 9. Cable de fibra óptica en haz de la reivindicación 6, en el que dicho sub-hilo helicoidal delantero del segundo hilo de atado presenta un desfase de translación respecto de dicho sub-hilo helicoidal trasero de dicho segundo hilo de atado mayor de aproximadamente 5 grados, preferiblemente menor de aproximadamente 45 grados, más preferiblemente comprendido entre aproximadamente 10 y 30 grados.

10. Cable de fibra óptica en haz de acuerdo con la reivindicación 6, en el que dicho sub-hilo helicoidal delantero del segundo hilo de atado presenta un desfase de translación respecto de dicho sub-hilo helicoidal trasero de dicho segundo hilo de atado menor de 10 grados.

Fig. 1



REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

5 La lista de referencias citada por el solicitante lo es solamente para utilidad del lector, no formando parte de los documentos de patente europeos. Aún cuando las referencias han sido cuidadosamente recopiladas, no pueden excluirse errores u omisiones y la OEP rechaza toda responsabilidad a este respecto.

Documentos de patente citados en la descripción

- US 6529662 B [0004]
- WO 2009062131 A1 [0035] [0038]
- US 20090175583 A [0035] [0038]

10