

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 828 273**

51 Int. Cl.:

**G02B 6/44**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.06.2015 PCT/IB2015/001714**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.12.2016 WO16207687**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.06.2015 E 15787668 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.08.2020 EP 3314322**

54 Título: **Procedimiento para fabricación de un cable óptico aéreo de micromódulo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**25.05.2021**

73 Titular/es:  
**PRYSMIAN S.P.A. (100.0%)  
Via Chiese, 6  
20126 Milan, IT**

72 Inventor/es:  
**TATAT, OLIVIER y  
TESTU, JEAN-MARC**

74 Agente/Representante:  
**ARPE FERNÁNDEZ, Manuel**

**ES 2 828 273 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

Procedimiento para fabricación de un cable óptico aéreo de micromódulo

## 5 1. Campo técnico

[0001] La presente invención se refiere en general al campo de los cables aéreos de fibra óptica y más concretamente a los cables de micromódulo, en los que las fibras ópticas están agrupadas para constituir una pluralidad de micromódulos unidos como un cable.

10

## 2. Técnica anterior

[0002] Cuando los cables ópticos se instalan en modo aéreo se encuentran expuestos a constantes tensiones y, por este motivo, pueden estar sometidos a unas elongaciones no deseables. Las fuerzas de tracción aplicadas a los cables ópticos aéreos dependen, concretamente, de los elementos climáticos (viento, hielo, etc.), de las especificaciones físicas (longitud, peso, etc.) de los cables, y de la forma en que los cables se instalan *in situ*.

15

[0003] Para limitar la elongación que puede producirse en los cables ópticos aéreos, dichos cables suelen estar fabricados de forma que sean lo más pequeños y ligeros como sea posible. Los cables pequeños y ligeros pueden fabricarse utilizando un diseño de cable de micromódulo. En los cables aéreos de micromódulo, las fibras ópticas están agrupadas para formar uno o varios micromódulos unidos formando un cable.

20

[0004] En los cables aéreos de micromódulo, y más en general, en los cables de micromódulo, las cubiertas del micromódulo son delgadas y flexibles, lo que conlleva que tales cables presenten una baja resistencia a las fuerzas externas. Por consiguiente, la funda del cable no se puede extrudir directamente sobre el núcleo del cable, ya que esto causaría una tensión excesiva sobre las fibras ópticas, aumentando de este modo la atenuación. En el caso de los cables de micromódulo, por lo tanto, el núcleo óptico formado por las fibras ópticas se encuentra desacoplado de la funda del cable.

25

[0005] Adicionalmente, el núcleo del cable suele estar diseñado de forma que presente un cierto nivel de exceso de longitud con respecto a la longitud de la funda del cable (por lo general, en torno a un 0,2%). Al contar con dicho exceso de longitud de fibra (EFL) se garantiza en el cable que las fibras ópticas no se alargen a menos que el cable se cargue por encima de un nivel de tensión determinado.

30

[0006] Se conoce una serie de técnicas convencionales para la consecución de un determinado nivel de exceso de longitud de la fibra en los cables de micromódulo.

[0007] El exceso de longitud de la fibra puede controlarse en cierta medida mediante el ajuste de los parámetros geométricos de construcción de la funda del cable y del núcleo óptico.

35

[0008] El documento US 5.125.063 (AT&T Bell Laboratories) describe un cable de fibra óptica apropiado para su utilización en la distribución aérea, por ejemplo, incluyendo en una realización preferida, al menos un grupo de fibras ópticas. Al menos dicho grupo se encuentra situado en un elemento tubular que está realizado a base de un material plástico adecuado para ser utilizado en una gama de temperaturas relativamente amplia, y que se encuentra alojado en el interior de un sistema de cubierta. En el elemento tubular se encuentra un exceso de longitud de fibra predeterminado. El exceso de longitud de cada fibra es tal que resulta suficiente para evitar tensiones indeseadas en la fibra cuando el núcleo del cable queda expuesto a los elementos y a las fuerzas ejercidas durante su manipulación, por ejemplo, durante su instalación. Este documento hace referencia a una técnica de fabricación descrita en el documento US 4.446.686 (AT&T Bell Laboratories) para la obtención del exceso de longitud del núcleo.

40

[0009] Más concretamente, el documento US 4.446.686 describe que, durante la fabricación de un cable de fibra de guía de luz en el cual un núcleo de fibra de guía de luz se sitúa holgadamente en el interior de una cubierta compuesta, resulta muy importante controlar la relación entre las longitudes del núcleo y de la cubierta. Un núcleo que sea más corto que la cubierta y que siga un recorrido acortado en una bobina puede sufrir tensiones no deseadas cuando el cable se instala *in situ*. El problema se supera acoplando el núcleo a la cubierta mediante un sistema que incluye un cabrestante lineal a velocidad constante y una polea de velocidad variable relativamente grande que se encuentra situada entre el cabrestante lineal y una bobina de recogida. El acoplamiento del núcleo a la cubierta se lleva a cabo en la polea después de que la cubierta se alargue entre el cabrestante lineal y la polea. El acoplamiento y la elongación cooperan para compensar la insuficiencia inherente en la longitud del núcleo que de otro modo se produciría cuando el cable se enrolla en una bobina. Como resultado de ello, cuando se reducen las fuerzas de tensión aplicadas a la cubierta, dicha cubierta, que incluye elementos de refuerzo con unos módulos de elasticidad relativamente elevados, recupera su longitud original y la proporción entre la longitud del núcleo y la de la cubierta pasa a tener un valor predeterminado.

50

[0010] El documento US 5.372.757 revela que un elemento de tubo holgado que incluye una cubierta de plástico que contiene un material grasiento y una fibra óptica o grupo de fibras ópticas o una cinta de fibras ópticas se arrastra por tracción desde el cabezal de una extrusora, pasando a través de un baño de enfriamiento y enrollándose en torno a un cabrestante a velocidad constante. El elemento de tubo holgado se desplaza rodeando el cabrestante de velocidad constante un número determinado de veces y, a medida que abandona dicho cabrestante, se somete a una fuerza de tracción aportada por un cabrestante de control de par variable. La fuerza de tracción provoca la elongación de la cubierta de plástico, hace que la fibra óptica se tense y de este modo controla la proporción entre longitud de fibra y longitud de cubierta en el interior del elemento de tubo holgado. Durante el período en el que se encuentra sometido a la fuerza de tracción, el elemento se enfría posteriormente, haciendo que

65

la elongación de la cubierta de plástico pase a ser permanente y ajustando de este modo la proporción entre la longitud de la fibra y la longitud de la cubierta. La proporción entre la longitud de la fibra y la longitud de la cubierta no se ve afectada por las variaciones en la velocidad de la línea de producción, y la línea de producción puede operar a velocidades muy altas, obteniéndose elementos de tubo holgado con unas proporciones constantes entre longitud de cubierta y longitud de fibra. A continuación, el elemento de tubo holgado se almacena en una bobina de recogida o se utiliza como elemento de trenzado o elemento de núcleo en un cable de fibra óptica.

**[0011]** No obstante, tan sólo puede conseguirse una cantidad limitada de exceso de longitud de fibra utilizando un procedimiento convencional de fabricación de cable, como uno de los procedimientos mencionados anteriormente. Asimismo, por ejemplo, la utilización del procedimiento de fabricación indicado en el documento US 4.446.686 puede resultar problemática, ya que por lo general requiere la aplicación de tensiones considerables a la funda del cable. No siempre resulta práctico ni factible en una línea de producción aplicar el nivel de fuerzas de tracción necesario a la cubierta.

**[0012]** Ningún procedimiento convencional de fabricación de cable permite la elaboración de cables ópticos aéreos de una forma eficaz y fiable, y más concretamente, fabricar cables aéreos de micromódulo, con un exceso de longitud de fibra lo suficientemente grande como para limitar o evitar tensiones innecesarias en estos cables durante o después de su instalación en el punto de utilización.

**[0013]** El documento US 6.137.935 describe un procedimiento para la fabricación de un cable óptico.

**[0014]** El documento US 5.109.457 describe un cable de fibra óptica totalmente dieléctrico con un acceso mejorado a la fibra.

**[0015]** El documento GB 2 244 568 describe un elemento de cableado óptico y su producción.

**[0016]** El documento US 2010/266249 describe un cable de fibra óptica de telecomunicaciones.

**[0017]** El documento US 4798443 describe un cable de fibra óptica.

**[0018]** El documento EP 1017144 describe un elemento de transmisión óptica que comprende un cable aéreo.

**[0019]** El documento US 4836639 hace referencia a un cable de fibra óptica que tiene un eje neutro que define una tensión cero.

**[0020]** El documento EP 0514091 hace referencia a un cable de fibra óptica.

### 3. Resumen

**[0021]** Un objeto de la presente invención consiste en mitigar los inconvenientes e insuficiencias que se derivan de la técnica anterior que se acaba de mencionar.

**[0022]** La invención se refiere a un procedimiento de fabricación de un cable aéreo de micromódulo según la reivindicación 1.

**[0023]** La invención permite ventajosamente, de una forma práctica y fiable, conseguir un exceso de al menos un 0,05% en la longitud del núcleo óptico de un cable aéreo de micromódulo, sin necesidad de aplicar tensiones no deseadas al cable durante su fabricación.

**[0024]** De acuerdo con una realización específica, durante dicho guiado, la rueda de acoplamiento gira alrededor de un eje de rotación paralelo a dicho primer plano y a dicho segundo plano.

**[0025]** De acuerdo con una realización específica, el primer plano es un plano medio transversal del cable.

**[0026]** De acuerdo con otra realización, el segundo plano es un plano medio transversal del cable.

**[0027]** De acuerdo con una realización específica, el primer plano es un plano de simetría de la cavidad del cable.

**[0028]** De acuerdo con una realización específica, el segundo plano divide el cable aéreo de micromódulo en una primera región y una segunda región, comprendiendo dicha primera región el primer plano, donde durante dicho guiado, el centro de gravedad del núcleo óptico se encuentra situado en la primera región de dicho cable de forma que el eje neutro del cable se encuentre situado entre el centro de gravedad del núcleo óptico y el segundo plano.

**[0029]** De acuerdo con otro aspecto que no forma parte de la presente invención, se describe un cable aéreo de micromódulo, comprendiendo dicho cable aéreo de micromódulo:

- una funda de cable que comprende una pared que define una cavidad del cable;

- un núcleo óptico configurado en el interior de la cavidad del cable, estando dicho núcleo óptico desacoplado de la funda del cable; dicho cable cuenta con dos elementos de refuerzo rígidos encastrados en la pared de dicha funda; donde un primer plano que cruza el centro de gravedad se encuentra paralelo a un segundo plano que cruza los dos elementos rígidos de refuerzo situados en la funda del cable, estando dicho primer plano y dicho segundo plano desplazados entre sí, y

donde núcleo óptico tiene un exceso de longitud de al menos un 0,05% con respecto a la longitud de la funda del cable.

**[0030]** De acuerdo con una realización específica, la sección transversal de la cavidad del cable es circular o elipsoidal.

**[0031]** De acuerdo con una realización específica, el núcleo óptico comprende al menos un micromódulo, comprendiendo cada uno de dichos micromódulos 4, 8 o 12 fibras.

**[0032]** De acuerdo con una realización específica, el cable aéreo de micromódulo comprende adicionalmente un indicador visible en la periferia exterior del cable para indicar la dirección con arreglo a la cual el cable de dobla en torno a una rueda durante una fase de guiado, con arreglo a un procedimiento de fabricación como el definido anteriormente, para hacer que dicho núcleo óptico tenga dicho exceso de longitud de, al menos, un 0,05%.

**[0033]** De acuerdo con una realización específica, el primer plano es un plano medio transversal del cable.

**[0034]** De acuerdo con una realización específica, el segundo plano es un plano medio transversal del cable.

**[0035]** De acuerdo con una realización específica, el primer plano es un plano de simetría de la cavidad del cable.

**[0036]** De acuerdo con una realización específica, el segundo plano divide el cable aéreo de micromódulo en una primera región y una segunda región, comprendiendo dicha primera región el primer plano, donde el centro de gravedad del núcleo óptico está configurado en la primera región de forma que el eje neutro del cable se encuentre situado entre el centro de gravedad del núcleo óptico y el segundo plano.

5

#### 4. Breve descripción de las figuras

**[0037]** La invención podrá comprenderse mejor haciendo referencia a la descripción que sigue y a las figuras, las cuales se facilitan a modo de ejemplo y no limitan el alcance de la protección y en las que:

- La figura 1 muestra una vista esquemática de una sección transversal de un cable,
- La figura 2 muestra una vista esquemática de una sección longitudinal del cable mostrado en la figura 1;
- La figura 3 muestra una vista esquemática de una línea de encamisado de cable utilizada en el procedimiento de fabricación según una realización de la invención;
- La figura 4 muestra una vista esquemática de una sección transversal del cable acoplado a una rueda en un procedimiento de fabricación según una realización de la invención;
- La figura 5 es un organigrama en el que se representan las principales fases de un procedimiento de fabricación según una realización de la presente invención;
- La figura 6 muestra una vista esquemática de una sección transversal de un cable;
- La figura 7 muestra una vista esquemática de una sección transversal de un cable; y
- La figura 8 es un gráfico que muestra los resultados experimentales obtenidos con una realización específica de la invención.

**[0038]** Los componentes mostrados en las figuras no están necesariamente representados a escala, sino que se hace hincapié en la ilustración de los principios de la invención.

25

#### 5. Descripción de una realización

**[0039]** La presente invención se refiere a los cables ópticos aéreos, y más concretamente a los cables aéreos de micromódulo. En la siguiente descripción y en las figuras 1 a 8 se muestran numerosos detalles específicos de la invención. No obstante, cualquier persona versada en la materia comprenderá que la presente invención puede tener realizaciones adicionales, o que la presente invención puede llevarse a la práctica sin incluir una serie de los detalles que se muestran en la siguiente descripción.

**[0040]** La figura 1 muestra en forma esquemática un cable aéreo de micromódulo 2 que comprende una cubierta (o funda) 3 que define el contorno del cable 2. La cubierta del cable 3 está realizada, por ejemplo, en un material plástico, como el polietileno de alta densidad (HDPE), el cloruro de polivinilo (PVC), un material libre de halógenos retardante de las llamas (HFFR), tereftalato de polibutileno (PBT) o nylon.

**[0041]** La pared interior 3b de la cubierta 3 define una cavidad longitudinal 6 en la que se encuentra configurado un núcleo óptico 8. En el presente ejemplo, la sección transversal de la cavidad 6 es circular, y su radio se ha etiquetado con R1. No obstante, pueden contemplarse otras formas de la cavidad 6.

**[0042]** Siguiendo con este ejemplo, el núcleo óptico 8 comprende una capa de fibras 12 (fibras de aramida, por ejemplo), que están cableadas al menos en torno a un micromódulo 10 (es decir, dos micromódulos 10 en el presente ejemplo). Alternativamente, la capa de fibras 8 puede sustituirse por una cinta. Cada micromódulo 10 del núcleo óptico 8 comprende una serie de fibras ópticas (por ejemplo, 4, 8 o 18). No obstante, cabe señalar que pueden contemplarse otras realizaciones del núcleo óptico 8. Con carácter más general, el núcleo óptico 8 contiene al menos un micromódulo 10.

**[0043]** El núcleo óptico 8 incluye así en este ejemplo dos micromódulos que tan sólo llenan parcialmente la cavidad central 6. Esta configuración permite una cierta cantidad de exceso de longitud del núcleo óptico, como se explica seguidamente en mayor detalle.

**[0044]** El núcleo óptico tiene en este ejemplo una sección transversal circular, cuyo radio se ha etiquetado como R2. No obstante, pueden contemplarse otras configuraciones físicas.

**[0045]** La cubierta 3 presenta un determinado espesor, cuyo valor es equivalente a la distancia entre su pared interior 3b y su pared exterior 3a.

**[0046]** El núcleo óptico 8 está desacoplado de la cubierta 3. Dicho de otro modo, el núcleo óptico 8 está configurado holgadamente con la cavidad del cable 6 de forma que pueda moverse libremente radial y/o longitudinalmente hasta un cierto punto con respecto a la cubierta del cable 3. En este ejemplo, el núcleo óptico 8 está en contacto con la pared interior 3b de la cubierta del cable 3 en una zona de contacto Z1, como se muestra en la figura 1.

**[0047]** El cable 2 está equipado con dos elementos rígidos de refuerzo (RSM) 4a y 4b (denominados colectivamente 4) encastrados en la pared de la funda del cable 3. En este ejemplo, los dos elementos de refuerzo rígidos 4 se extienden longitudinalmente por el interior de la funda del cable 3.

**[0048]** Los elementos rígidos de refuerzo 4 están diseñados para soportar la mayor parte de las fuerzas de tracción y compresión cuando el cable 3 se somete a tensiones mecánicas y/o térmicas. Los elementos de refuerzo rígidos 4 presentan un módulo de Young (o módulo elástico) y una rigidez superiores a la de la parte restante de la cubierta del cable 3. Los elementos de refuerzo rígidos 4 pueden consistir en barras de plástico reforzado con vidrio, conocido como GRP, barras trenzadas o de un solo hilo de acero galvanizado o de plástico reforzado con aramida o cualquier otro tipo adecuado de elementos de refuerzo longitudinales para rigidizar un cable aéreo de micromódulo.

65

**[0049]** Un primer plano P1, que cruza el centro de gravedad C1 de la cavidad del cable 6, se encuentra configurado de forma que discurre paralelo a un segundo plano P2 que cruza los dos elementos de refuerzo rígidos 4 incrustados en la funda del cable 3. La expresión “que cruza los dos elementos de refuerzo rígidos”, significa que los centros de gravedad de cada uno de los dos elementos de refuerzo rígidos 4 se encuentran contenidos en el plano P2.

**[0050]** Por “centro de gravedad” de la cavidad del cable se entiende el centroide o centro geométrico de la sección transversal de la cavidad del cable vacía.

**[0051]** El primer plano P1 y el segundo plano P2 se encuentran desplazados entre sí. En este ejemplo, los planos P1 y P2 están paralelos y separados entre sí por un desplazamiento  $OF > 0$ . Como puede apreciarse en la figura 1, el centro de gravedad C1 de la cavidad 6 se encuentra situado en el plano P1, mientras que los respectivos ejes de simetría Ca, Cb de los elementos de refuerzo rígidos 4a, 4b se encuentran situados en el plano P2.

**[0052]** Como ya se ha indicado, la sección transversal de la cavidad 6 tiene en el presente ejemplo una forma circular. De este modo, el primer plano P1 es un plano de simetría de la cavidad 6, y posteriormente se designará de esta forma. No obstante, ha de tenerse en cuenta que pueden contemplarse cualesquiera otras formas y configuraciones de la cavidad del cable 6 cuando el primer plano P1 es o no es un plano de simetría de la cavidad 6, dependiendo de cada caso.

**[0053]** En este ejemplo, el plano de simetría P1 es un plano medio transversal del cable 2.

**[0054]** Siguiendo con este ejemplo, el centro de gravedad C2 del núcleo óptico 8 y el eje neutro C3 del cable 2 se encuentran ambos situados entre los planos P1 y P2. El eje neutro C3 (o el eje neutro de flexión) es tal que no se produce ninguna contracción y extensión en dicho cable 2 en el eje neutro C3 cuando el cable se flexiona en la dirección perpendicular a P2.

**[0055]** Por “centro de gravedad” del núcleo óptico se entiende el centroide o centro geométrico de la sección transversal del núcleo óptico, sin tener en cuenta la masa de los diversos materiales que componen el núcleo óptico. En este ejemplo, el centro de gravedad C2 es el eje de simetría longitudinal del núcleo óptico 8.

**[0056]** En el interior de la cavidad 6 del cable 2 se dispone de un exceso de longitud del núcleo óptico 8 (y por tanto, de los micromódulos 10). Más concretamente, el cable 2 está configurado de forma que el núcleo óptico 8 tiene un exceso de longitud de fibra (EFL) (o exceso de longitud del núcleo) de al menos un 0,05% con respecto a la longitud de la funda del cable 3.

**[0057]** Como se muestra en forma esquemática en la figura 2, el núcleo óptico 8 y la funda del cable 3 tienen respectivamente unas longitudes L1 y L2. De esto se deduce que el cable 2 presenta un exceso de longitud de fibra EFL (es decir, una proporción entre la longitud del núcleo óptico y la longitud de la cubierta) que puede definirse como sigue:

$$EFL = 100[(L1 - L2) / L2]$$

**[0058]** Como se ha indicado anteriormente, el exceso de longitud del núcleo óptico es posible principalmente por el hecho de que dicho núcleo tan sólo llena parcialmente la cavidad del cable 3.

**[0059]** A continuación se describirá un procedimiento de fabricación del cable aéreo de micromódulo 2 con arreglo a una realización específica, haciendo referencia a las figuras 3 a 5.

**[0060]** La figura 3 muestra en forma esquemática una línea de encamisado de cables JL utilizada en este ejemplo para la fabricación del cable 2, como se describe haciendo referencia a las figuras 1 y 2. Algunos de los componentes y detalles de la línea de encamisado de cables JL se han omitido voluntariamente en aras de la claridad.

**[0061]** La línea de encamisado de cables JL comprende los siguientes componentes: un dispositivo de carga del núcleo óptico 19, un extrusor 20, un primer dispositivo de enfriamiento 22, un segundo dispositivo de enfriamiento 24, una rueda acoplamiento 26 y un dispositivo de tracción 30.

**[0062]** Durante el proceso de fabricación, el cable 2 suministrado por el extrusor 20 se mueve hacia delante a lo largo del recorrido de un proceso, para ser procesado sucesivamente por el primer dispositivo de enfriamiento 22, el segundo dispositivo de enfriamiento 24, la rueda de acoplamiento 26 y nuevamente el segundo dispositivo de enfriamiento. En el presente ejemplo, el avance del cable 2 a lo largo del recorrido del proceso se logra tirando de dicho cable 2 mediante el dispositivo de tracción 30 (por ejemplo, una Caterpillar). La rueda de acoplamiento 26 es una polea que puede girar libremente en torno a un eje de rotación X1. En una realización alternativa, la rueda de acoplamiento 26 está motorizada.

**[0063]** En la etapa S2 (figura 5), el extrusor 20 alimenta el cable 2 que comprende la funda del cable 3 (en la cual se encuentran incrustados los elementos de refuerzo rígidos 4a, 4b) extruida en torno al núcleo óptico 8, estando dicho núcleo óptico 8 dispuesto longitudinalmente en el interior de la cavidad del cable 3 definida por la pared interior 3b de dicha cavidad. En este ejemplo, el extrusor 20 se alimenta con el núcleo óptico 8 mediante el dispositivo de carga del núcleo óptico 19, situado aguas arriba del extrusor 20.

**[0064]** La porción de cable 2 que sale del extrusor 20 se ha etiquetado como PR1. En esta fase, el núcleo óptico 8 está desacoplado de la funda del cable 3 y no hay un exceso de longitud del núcleo óptico 8 con respecto a la funda del cable 3.

**[0065]** En la etapa S4, la funda del cable 3 se enfría sucesivamente mediante el primer dispositivo de enfriamiento 22 y el segundo dispositivo de enfriamiento 24. Los dispositivos de enfriamiento 22, 24 funcionan, por ejemplo, mediante agua que circula a través de los dispositivos. La porción de cable 2 que se somete a enfriamiento en los dispositivos de enfriamiento 22 y 24 se denomina PR2.

**[0066]** La rueda de acoplamiento 26 (en este caso, una polea) está instalada de forma que sea la primera rueda que recibe el cable 2 tras el extrusor 20. Como tal, la rueda 26 opera como el punto de acoplamiento de la funda del cable 3 y el núcleo del cable 8. El radio de la rueda de acoplamiento 26 se denomina R3.

**[0067]** En una etapa de guiado S6, el cable 2 se guía a través de la circunferencia exterior de la rueda de acoplamiento 26. La Figura 4 muestra esquemáticamente una sección transversal de la porción PR3 del cable 2, que se guía sobre la rueda de acoplamiento 26 en la etapa S6. Como puede apreciarse en este ejemplo, la circunferencia exterior 27 de la rueda de acoplamiento 26 forma un surco en el que se dispone una porción PR3 del cable 2. Un área de contacto Z2 de la funda del cable 3 coopera de este modo con la circunferencia exterior 27 de la rueda 26.

**[0068]** Cabe señalar, sin embargo, que la utilización de una rueda ranurada 26 no es obligatoria para la realización de la invención. En otra realización, la circunferencia exterior 27 de la rueda de acoplamiento 26 es plana o tiene cualquier otra forma adecuada.

**[0069]** Durante la fase de guiado S6, los dos elementos de refuerzo rígidos 4 (es decir, sus respectivos centros de gravedad Ca, Cb) se encuentran situados más cerca de la circunferencia exterior 27 de la rueda 26 (y de este modo, más cerca de la zona de contacto Z2) que el primer plano P1 para hacer que el núcleo óptico 8 tenga un exceso de longitud del núcleo óptico de al menos un 0,05% con respecto a la longitud de la funda del cable 3.

**[0070]** Gracias al desplazamiento OF existente entre los planos P1 y P2 puede generarse un exceso de longitud significativo del núcleo óptico 8 con respecto a la longitud de la funda del cable 3 cuando el cable 2 se flexiona a lo largo de la rueda de acoplamiento 26. En este ejemplo, la rueda de acoplamiento 26 gira libremente en torno al eje de rotación X1 como consecuencia de la tensión aplicada al cable 2 por la Caterpillar 30.

**[0071]** En este ejemplo concreto, ambos planos P1 y P2 se encuentran situados paralelos al eje de rotación X1 de la rueda de acoplamiento 26.

**[0072]** Una vez más en este ejemplo, el segundo plano P2 divide el cable aéreo de micromódulo 2 en una primera región RG1 y una segunda región RG2, donde dicha primera región R1 del cable 2 comprende el primer plano P1 (como se muestra en la figura 4). En este ejemplo, durante la etapa de guiado S6, el centro de gravedad C2 del núcleo óptico 8 está situado en la primera región RG1 de forma que el eje neutro C3 del cable 2 se sitúe entre el centro de gravedad C2 del núcleo óptico 8 y el segundo plano P2. No obstante, pueden contemplarse otras realizaciones.

**[0073]** Adicionalmente, el cable 2 aportado por el extrusor 20 puede incluir ventajosamente un indicador visible 35 situado en la periferia exterior del cable para indicar la dirección conforme a la cual ha de flexionarse el cable 2 sobre la rueda de acoplamiento 26 durante la etapa de guiado S6 para hacer que el núcleo óptico 8 tenga un exceso de longitud de al menos un 0,05%, como se ha comentado anteriormente. El indicador visible 35 puede ser una marca, un relieve (hueco, protuberancia...) o tener cualquier otra forma apropiada para informar acerca del modo en el que el cable 2 debería colocarse en relación con la rueda de acoplamiento 26 durante la etapa de guiado. En el presente ejemplo, el indicador visible 35 está situado sobre la superficie exterior 3a de la funda del cable 3, en una posición opuesta a la circunferencia exterior 27 de la rueda de acoplamiento 26 durante la etapa de guiado S6.

**[0074]** Una vez completada la etapa S6, el cable 2 regresa (S8) al segundo dispositivo de enfriamiento 24 para seguir enfriándose. En este ejemplo, el dispositivo de enfriamiento 24 comprende una configuración de rueda 28 para permitir que el cable 2 pase en múltiples ocasiones por un baño de enfriamiento. La porción de cable 2 transportada en la etapa S8 a través del dispositivo de enfriamiento 24 se denomina PR4.

**[0075]** El cable 2 se extrae seguidamente del dispositivo de enfriamiento 24 mediante la Caterpillar 30 para su posterior tratamiento o manipulación (porción PR5 del cable 2).

**[0076]** Como ya se ha mencionado, la realización representada en las figuras 3 a 5 se facilita como un mero ejemplo de la presente invención.

**[0077]** La figura 6 muestra una sección transversal de un cable aéreo de micromódulo 40. El cable 40 difiere del cable 2 en que la sección transversal de la cavidad del cable (indicada en este caso con la referencia 42) tiene forma de elipse. Pueden contemplarse otras configuraciones de la cavidad del cable.

**[0078]** La figura 7 es una sección transversal de un cable aéreo de micromódulo 50. El cable 50 difiere del cable 2 en que el plano de simetría P1 de la cavidad del cable (indicado en este caso con la referencia 52) no es un plano medio transversal del cable. En esta configuración alternativa es el plano P2 que corta los dos elementos de refuerzo rígidos (indicados en este caso con las referencias 54a, 55b respectivamente, y colectivamente, con la referencia 54) que es un plano medio transversal del cable 50 paralelo al plano P1. Dicho de otro modo, es el plano P1 el que está descentrado con respecto al plano medio transversal del cable, en lugar del plano P2. Pueden contemplarse otros cables, en los que ambos planos P1 y P2 se encuentren descentrados con respecto al plano medio transversal del cable, estando aún dichos planos P1 y P2 descentrados entre sí, como ya se ha comentado anteriormente.

**[0079]** La invención permite ventajosamente la generación de al menos un 0,05% de exceso de longitud del núcleo óptico de un cable óptico aéreo, y más concretamente, de un cable aéreo de micromódulo. Como ya se ha mencionado anteriormente, los cables aéreos están sometidos a una tensión constante. La generación de al menos un 0,05% de exceso de longitud garantiza que, en la mayoría de las ocasiones, el núcleo óptico (y por ende, las fibras ópticas) no está sometido a tensión. Puede tolerarse la existencia de una tensión limitada en el interior del núcleo óptico durante cortos períodos de tiempo, causada por los elementos climáticos, por ejemplo (por ejemplo, el viento y/o la carga de hielo). No obstante, gracias a la invención, puede evitarse o reducirse una tensión excesiva generando un exceso de longitud de al menos un 0,05% utilizando un procedimiento de fabricación basado en el principio indicado anteriormente haciendo referencia a las figuras 3 a 7.

5 **[0080]** Las técnicas convencionales, como las mencionadas anteriormente, no permiten obtener dicho nivel de exceso de longitud del núcleo de una forma sencilla y fiable. Concretamente, la invención obvia ventajosamente la necesidad de aplicar unas tensiones significativas al cable durante su fabricación, como suele suceder con las técnicas convencionales. Cuando se utiliza la técnica del documento US 4.446.686, por ejemplo (véase más arriba) puede obtenerse un cierto nivel limitado de exceso de longitud del núcleo causando una elongación elástica de la funda del cable, seguido de una relajación de la misma. Por encima de un tamaño determinado de los elementos de refuerzo rígidos incrustados en la funda del cable, se hace más difícil, sin embargo, (si no imposible) aplicar el nivel necesario de tensiones a la funda del cable para conseguir la cantidad deseable de exceso de longitud del núcleo. La aplicación de una tensión importante a la funda del cable no es una opción práctica, ya que requiere un equipo adecuado para llevarlo a cabo, como una Caterpillar adicional, antes del punto de acoplamiento, aplicándose una elevada fuerza de tracción entre esta Caterpillar y el dispositivo de tracción 30 mostrado en la figura 3 para generar una elongación elástica de la funda 3. A modo de ejemplo, considerando un cable que tenga dos elementos de refuerzo rígidos de 1,8 mm de diámetro cada uno, la carga de tracción necesaria entre ambos Caterpillar a fin de crear una elongación elástica del 0,2% en la funda 3 sería de aproximadamente 500 N (Newton). Como solución alternativa, se puede considerar la aplicación de una elevada tensión (alrededor de 250 N en este ejemplo) en cada elemento de refuerzo rígido en su equipo de carga situado aguas arriba del extrusor.

10 **[0081]** En la presente invención, el exceso de longitud del núcleo de al menos un 0,05% puede conseguirse en un cable aéreo de micromódulo jugando con la configuración geométrica del cable y el posicionamiento del mismo con respecto a la rueda de acoplamiento.

15 **[0082]** La cantidad de exceso de longitud del núcleo puede controlarse ventajosamente en la invención mediante el ajuste de los siguientes parámetros:

- 20 - el diámetro de la rueda de acoplamiento 26;
- el diámetro de la cavidad del cable 6;
- el valor del desplazamiento OF;
- 25 - el diámetro del núcleo óptico 8.

**[0083]** La invención presenta la ventaja de que el exceso de longitud del núcleo generado en el cable no depende de la velocidad de la línea durante la fabricación, como sucede en la técnica del documento US 4.446.686, por ejemplo.

30 **[0084]** La figura 8 muestra los resultados experimentales obtenidos mediante la fabricación de un cable aéreo de micromódulo según una realización específica de la invención, donde:

- el diámetro de la rueda de acoplamiento es de 2,6 m;
- el diámetro de la cavidad del cable es de 4 mm;
- cada uno de los dos elementos de refuerzo rígidos 4 tiene un diámetro de 1,8 mm;
- el desplazamiento OF = 0.8 mm;
- 35 - el diámetro del núcleo óptico es de 3 mm.

**[0085]** Como se muestra en la figura 8, puede observarse un exceso de longitud del núcleo de aproximadamente un 0,2% entre la curva 60 que representa la elongación del núcleo y la curva 62 que representa la elongación del cable.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de fabricación de un cable aéreo de micromódulo (2) con un exceso de longitud de un núcleo óptico (8), comprendiendo dicho cable una funda de cable (3), donde una pared interior (3b) de dicha funda del cable define una cavidad del cable (6) en la que se encuentra situado el núcleo óptico, teniendo dicho cable dos elementos de refuerzo rígidos (4a, 4b) incrustados en la pared de dicha funda del cable (3); comprendiendo dicho procedimiento:
- 10 - la extrusión de dicha funda del cable (3) en torno a dicho núcleo óptico (8), para obtener dicho cable, sin que dicho núcleo óptico tenga un exceso de longitud con respecto a la funda del cable (3);
- 15 - el guiado del cable aéreo de micromódulo (2) sobre la circunferencia exterior de una rueda de acoplamiento (26), siendo dicha rueda de acoplamiento (26) la primera rueda que recibe el cable después de dicha extrusión; donde un primer plano (P1), que cruza el centro de gravedad (C1) de la cavidad del cable (6), discurre paralelo a un segundo plano (P2) que cruza los dos elementos de refuerzo rígidos (4a, 4b) incrustados en la funda del cable (3), encontrándose dichos primer y segundo planos desplazados entre sí,
- 20 donde dicho centro de gravedad (C1) de la cavidad del cable (6) es el centroide o centro geométrico de la sección transversal de la cavidad vacía del cable, y donde, durante dicho guiado, los dos elementos de refuerzo rígidos (4a, 4b) se encuentran situados más cerca de la circunferencia exterior de la rueda de acoplamiento (26) que el primer plano (P1) para hacer que el núcleo óptico (8) tenga un exceso de longitud del núcleo de al menos un 0,05% con respecto a la longitud de la funda del cable (3).
- 25 2. Procedimiento según la reivindicación 1, donde durante dicho guiado, la rueda de acoplamiento (26) gira en torno a un eje de rotación paralelo a dicho primer plano (P1) y a dicho segundo plano (P2).
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, donde el primer plano (P1) es un plano medio transversal del cable (2).
- 30 4. Procedimiento según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, donde el segundo plano (P2) es un plano medio transversal del cable (2).
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde el primer plano (P1) es un plano de simetría de la cavidad del cable (6).
- 35 6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, donde el segundo plano (P2) divide el cable aéreo de micromódulo (2) en una primera región (RG1) y una segunda región (RG2), comprendiendo dicha primera región (RG1) el primer plano (P1), donde, durante dicho guiado, el centro de gravedad del núcleo óptico (8) se encuentra dispuesto en la primera región (RG1) de forma que el eje neutro (C3) del cable se encuentre situado entre el centro de gravedad (C2) del núcleo óptico (8) y el segundo plano (P2), donde dicho centro de gravedad del núcleo óptico es el centroide o centro geométrico de la sección transversal del núcleo óptico, sin tener en cuenta la
- 40 masa de los distintos materiales que forman el núcleo óptico.

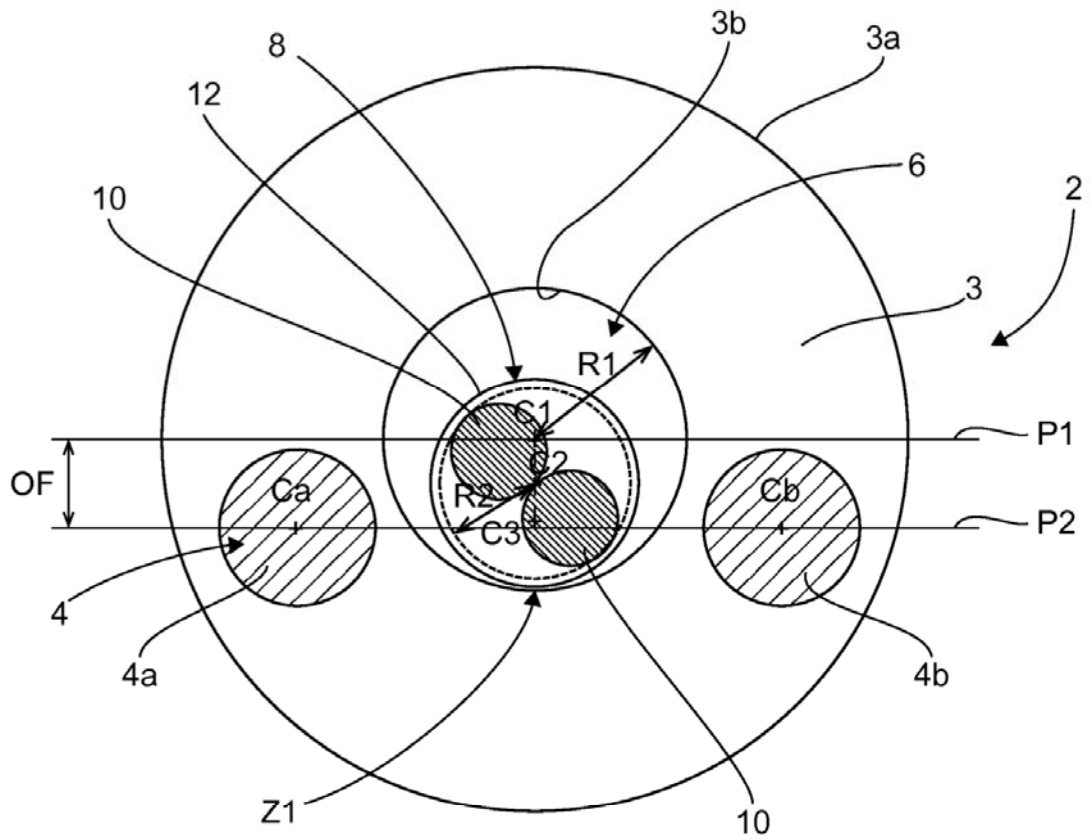


Fig. 1

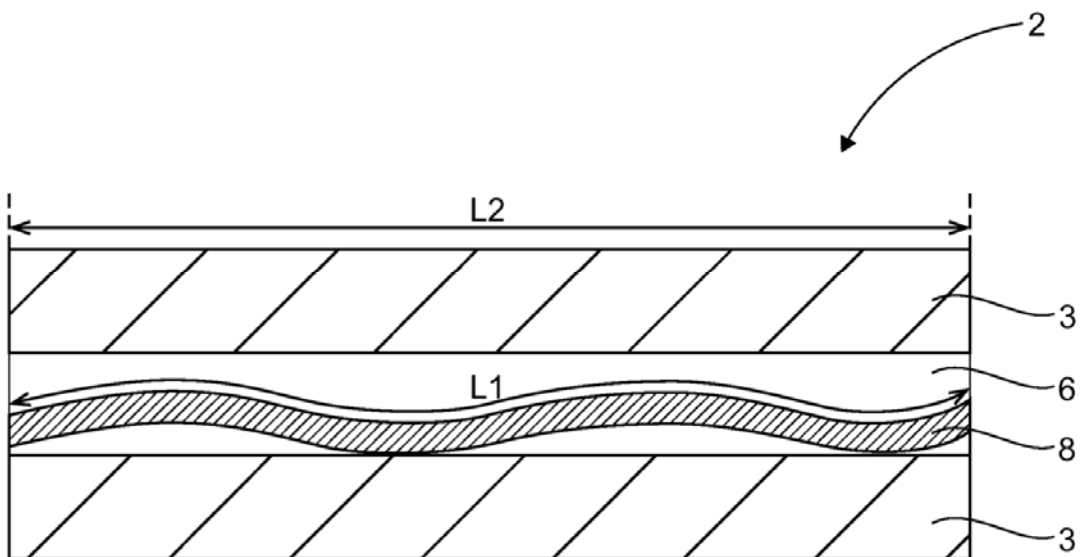


Fig. 2

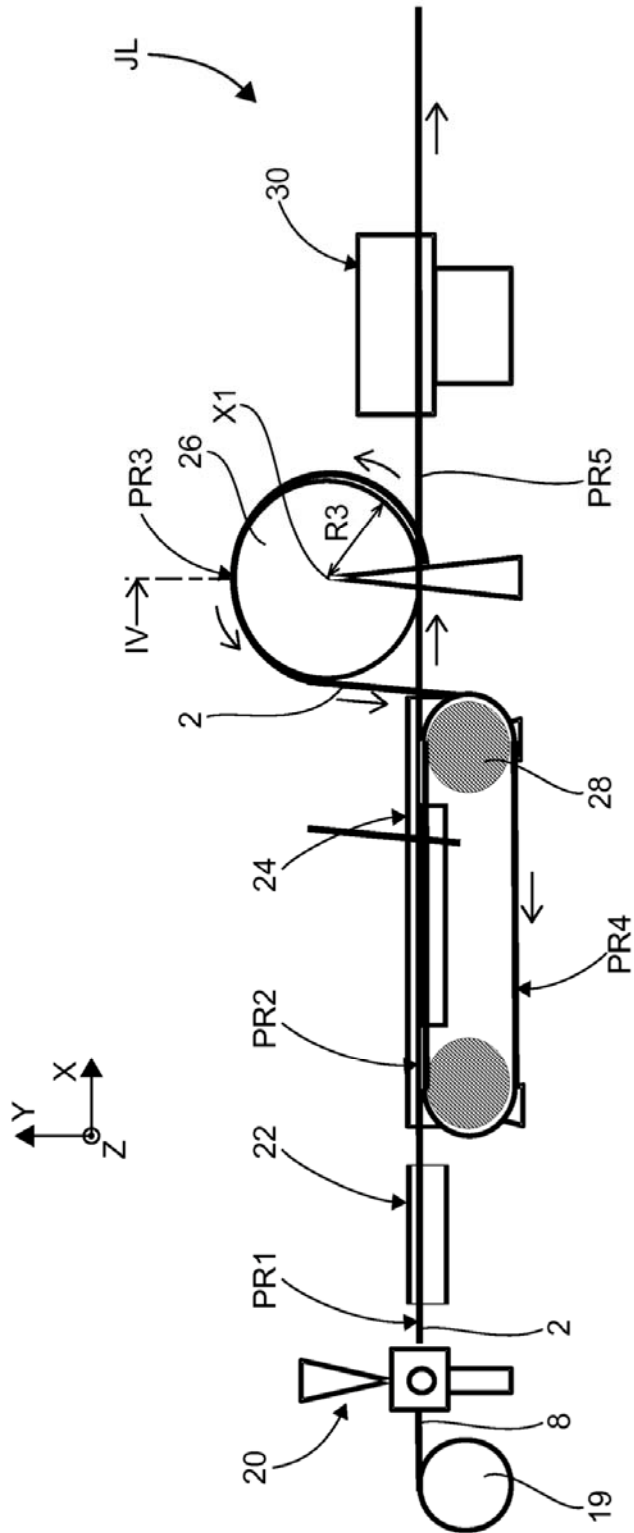
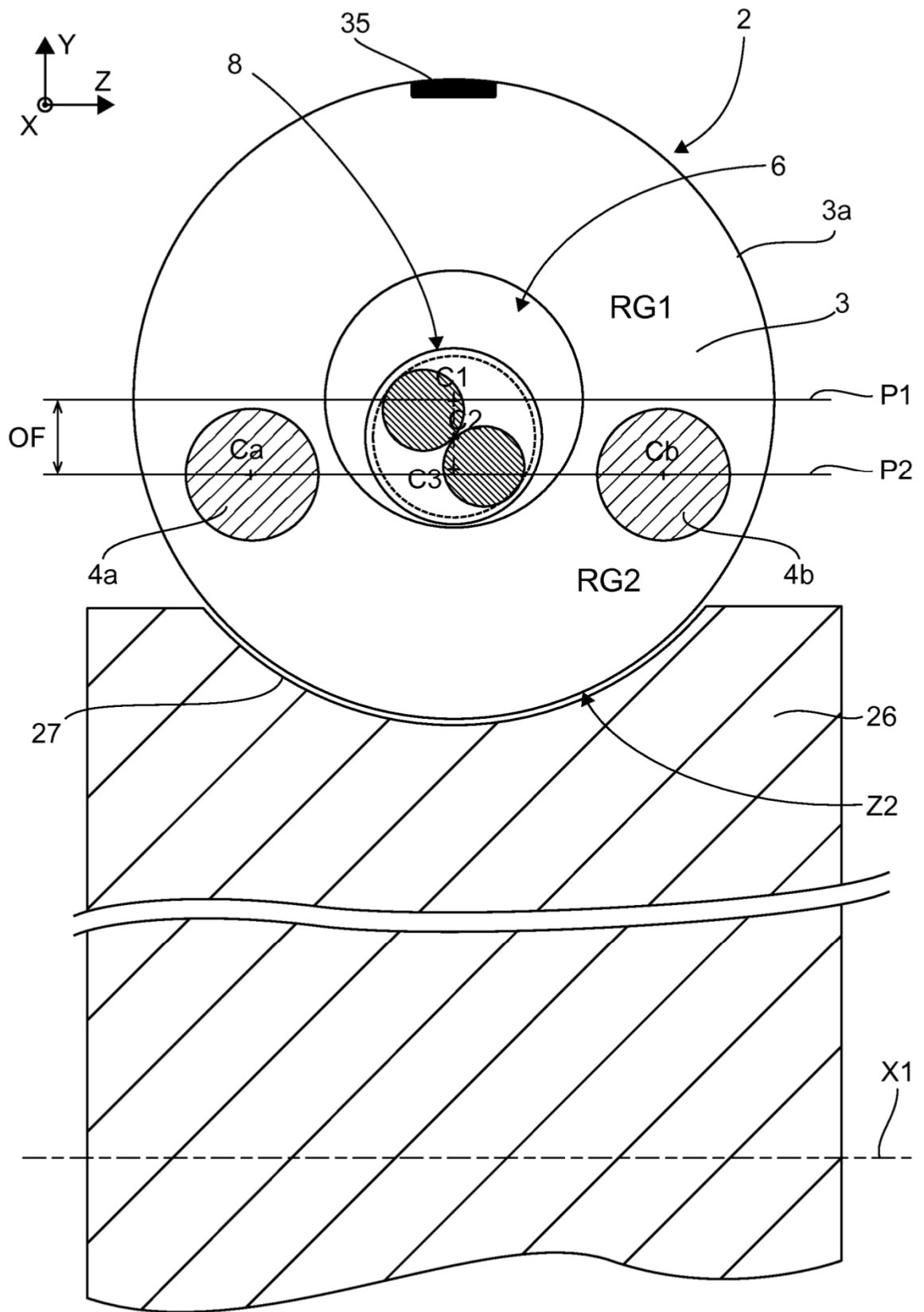


Fig. 3



**Fig. 4**

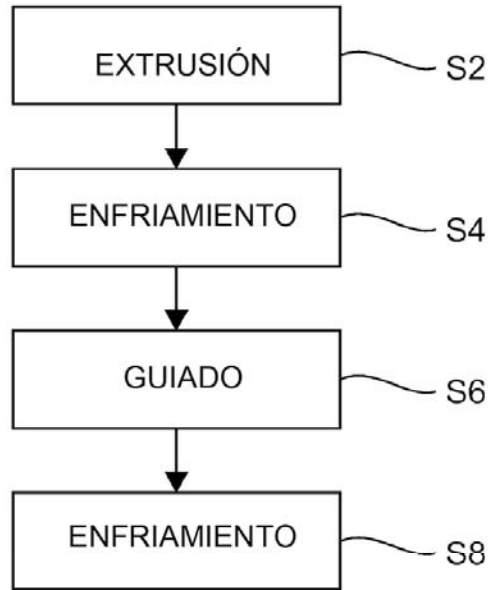


Fig. 5

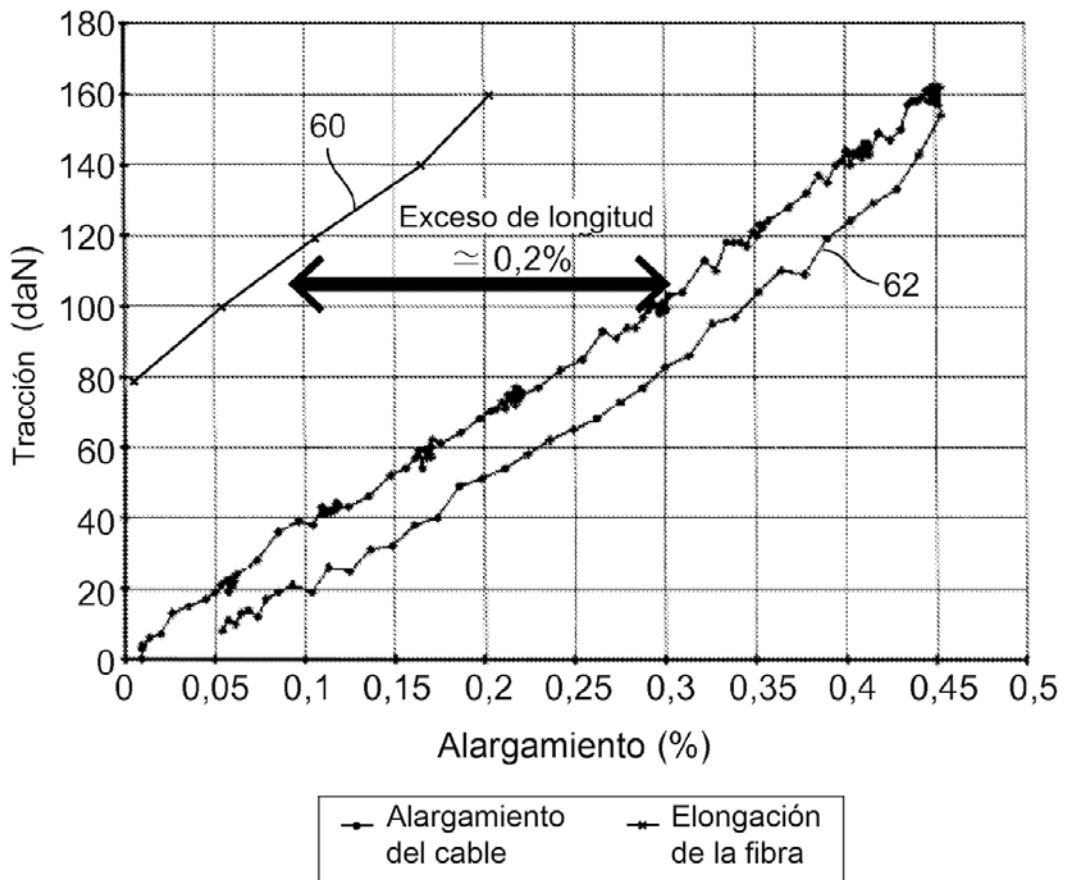


Fig. 8

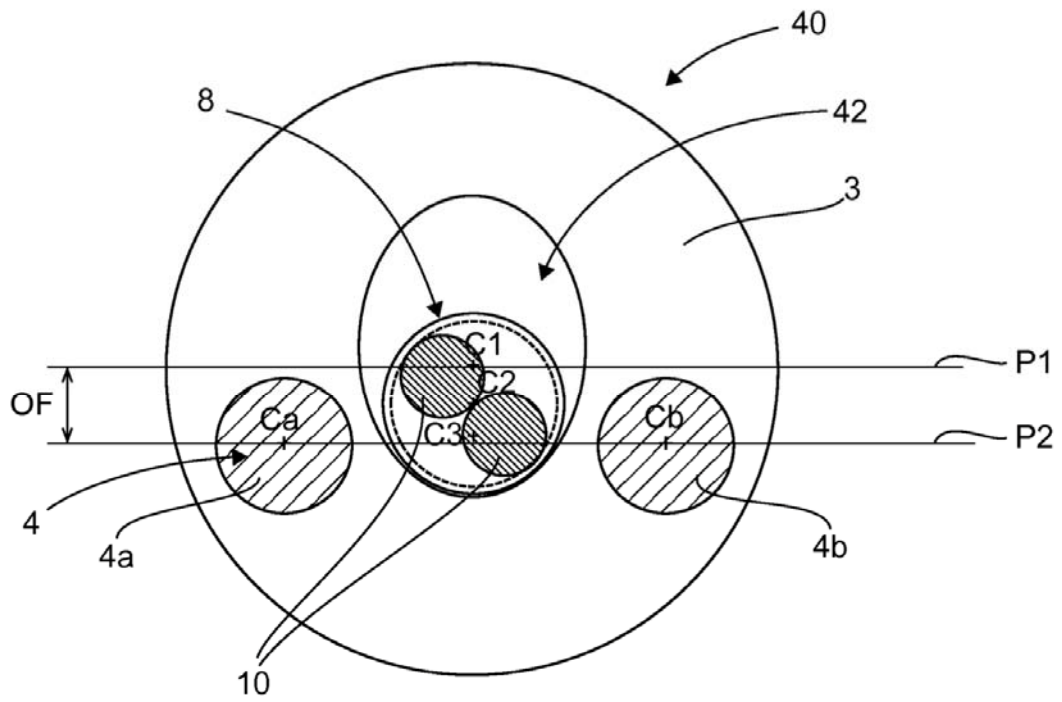


Fig. 6

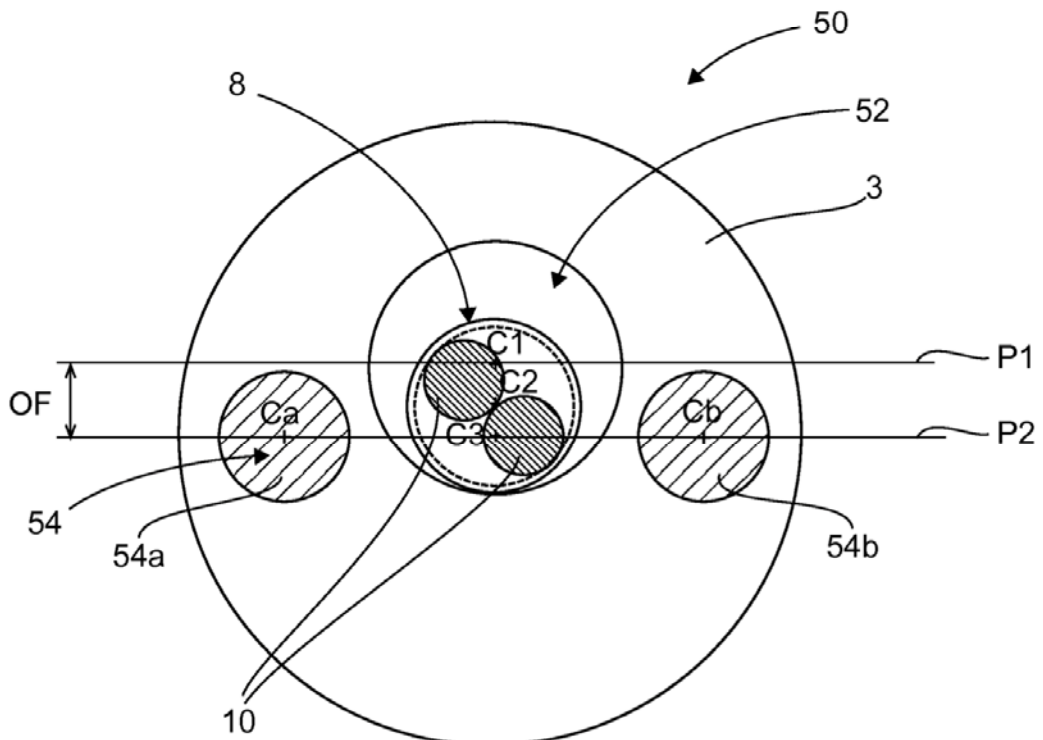


Fig. 7

#### 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 5125063 A [0008]
- US 4446686 A [0008] [0009] [0011] [0080] [0083]
- US 5372757 A [0010]
- US 6137935 A [0013]
- US 5109457 A [0014]
- GB 2244568 A [0015]
- US 2010266249 A [0016]
- US 4798443 A [0017]
- EP 1017144 A [0018]
- US 4836639 A [0019]
- EP 0514091 A [0020]