

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 611 491**

51 Int. Cl.:

**G02B 6/44** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.11.2004** **E 10012056 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.10.2016** **EP 2267504**

54 Título: **Procedimiento de producción de un cable óptico impermeabilizado**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**09.05.2017**

73 Titular/es:

**PRYSMIAN S.P.A. (100.0%)**  
**Viale Sarca 222**  
**20126 Milano, IT**

72 Inventor/es:

**GINOCCHIO, ALESSANDRO;**  
**CONSONNI, ENRICO;**  
**PRESA, PAOLO ARTURO;**  
**PIZZORNO, MASSIMO y**  
**MARITANO, MAURO**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 611 491 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 de producción de un cable óptico impermeabilizado

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere a un cable óptico que comprende al menos un elemento de retención bloqueado con respecto a la propagación de agua.

La presente invención se refiere también a un procedimiento para la fabricación de un cable óptico de este tipo.

**Estado de la técnica**

10 En un cable óptico, los elementos de transmisión son, normalmente, fibras ópticas. Las fibras ópticas comprenden por lo general un elemento de transmisión de "núcleo + revestimiento" de vidrio de sílice y una capa polimérica única o compuesta externa (revestimiento de protección) que incluye ventajosamente una capa de color para su identificación.

El cable óptico normalmente comprende elementos de tamponamiento en una posición radialmente externa con respecto a las fibras ópticas, que proporciona funciones tales como el aislamiento mecánico, protección contra el daño físico e identificación de fibra.

15 Por ejemplo, una o más fibras ópticas, por ejemplo, dispuestas en haces, listones o bandas, se pueden alojar en un tubo o funda flexible (en lo sucesivo denominado "elemento de retención") de material polimérico dotado de propiedades mecánicas específicas (tales como módulo de Young, resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura) para garantizar una protección adecuada a las fibras.

El conjunto de fibra óptica/elemento de retención se conoce por lo general como "unidad óptica".

20 Entre los cables de fibra óptica en los que la fibra o fibras ópticas se alojan en un elemento de retención tubular, hay cables en los que la fibra o fibras ópticas se insertan en un tubo, denominado a veces "tubo tampón" o "tubo suelto", proporcionando una protección de la fibra y la identificación. El elemento de retención de este tipo de la unidad óptica tiene normalmente un espesor mayor de aproximadamente 0,2 mm, normalmente de aproximadamente 0,3 mm a aproximadamente 0,8 mm, y un diámetro interno de 1,6 a 1,8 mm, cuando contiene doce fibras ópticas.

25 En un tipo específico de cable óptico de tipo tubular, las unidades ópticas tienen dimensiones reducidas tanto en términos de diámetro como en el espesor de la funda. Normalmente, las unidades ópticas se denominan "micromódulos", y el elemento de retención de las mismas es por lo general referido como "microfunda" o "minifunda". En este caso, el material del elemento de retención se diseña especialmente para permitir la identificación de las fibras o de haces de fibras, y para lograr un fácil acceso a las fibras ópticas, por ejemplo, desgarrando y deslizando fuera el elemento de retención, para facilitar tanto la conexión entre las fibras ópticas y el equipo del sistema o la interconexión entre cables. La microfunda se hace normalmente de un material que tiene un módulo de elasticidad y un alargamiento a la rotura relativamente bajos, tal como PVC, acetato de etilo y vinilo (EVA) y polietileno. Ventajosamente, el uso de los materiales anteriores para la formación de una microfunda fina da como resultado también una microfunda que es más fácil de quitar o desprender, simplemente con los dedos o las uñas.

35 En un cable óptico de micromódulo convencional, un elemento de retención que contiene doce fibras ópticas tiene un diámetro interno de aproximadamente 1,1 mm, y un espesor de 0,2 mm o menos, por ejemplo 0,15 mm.

40 Un cable óptico de micromódulo se conoce, por ejemplo, a partir del documento WO00/58768 (bajo el nombre del solicitante), y comprende un número de micromódulos, un tubo interno que rodea a los micromódulos y una funda externa que cubre el tubo interno. Los micromódulos pueden opcional y ventajosamente mostrar diferentes colores para distinguirse entre sí.

El documento US 5.155.789 (bajo el nombre de Société Industrielle de Liaisons Électriques SILEC and État Français (Centre National d'Étude des Telecommunications - CNET) proporciona un cable de telecomunicaciones que comprende fibras ópticas divididas en módulos, estando cada módulo envuelto en una fina funda de soporte que se desgarran con facilidad, en el que las fundas de soporte están en contacto con las fibras ópticas sujetarlas juntas.

45 La disposición de las fibras ópticas en los micromódulos como se ha definido anteriormente permite emplear un gran número de fibras ópticas en un cable óptico relativamente pequeño. La disposición de micromódulo puede proporcionar, por ejemplo, hasta 144 fibras ópticas en un cable óptico que tiene un diámetro menor que o igual a 13 mm (este diámetro no es exhaustivo de las capas de protección adicionales proporcionadas opcionalmente con la finalidad y requisitos específicos), haciendo un cable de este tipo especialmente adecuado para las redes distribuidora urbana.

50 En la presente descripción y en las reivindicaciones, "bloqueado con respecto a la propagación de agua" significa que la propagación de agua, pretendido principalmente como la difusión a lo largo de la dirección longitudinal del micromódulo como consecuencia de un daño a la integridad del cable, lo que da como resultado un llenado progresivo del mismo, se evita o limita sustancialmente. Tanto el micromódulo como el cable que lo contiene deben

cumplir con los requisitos de la prueba de acuerdo con el procedimiento F5B proporcionado por la norma internacional IEC 60794-1-2: más detalles sobre esta prueba se proporcionarán más adelante.

Normalmente, cada micromódulo puede comprender de 2 a 12 fibras ópticas alojadas en un elemento de retención como anteriormente.

5 La intrusión de agua o de humedad en un cable óptico o en un micromódulo, y la propagación consiguiente a través del mismo puede ser un problema. El agua que entra en el micromódulo puede migrar a través del mismo perjudicando las propiedades de transmisión de las fibras ópticas alojadas en su interior. También, el agua puede alcanzar y degradar el cierre u otro dispositivo de terminación y/o puede dañar los componentes electrónicos montados dentro del cierre u otro dispositivo de terminación.

10 Se conocen procedimientos para evitar tal propagación. Por ejemplo, se conocen micromódulos y cables que comprenden los mismos que son impermeabilizados por medio de material de carga incluido en diferentes pasos. Más particularmente, un material de carga se puede incluir en el elemento de retención de cada micromódulo entre las fibras ópticas contenidas en su interior.

15 El documento US 2003/0168243 (Jamet *et al.*) se refiere a un cable de telecomunicaciones que incluye una pluralidad de módulos que tienen cada uno una fina funda de retención que sujetas las fibras ópticas entre sí, y una camisa alrededor de los módulos se caracteriza porque comprende fundas de retención que contienen, cada una, una pluralidad de módulos respectivos y cada una de las que se acopla mecánicamente a las fundas de retención de los respectivos módulos para formar Supermódulos en contacto con la camisa.

20 Un material de carga, por ejemplo, un producto de sellado tal como silicona o grasa sintética, aceite o gel, o un producto "seco" obtenido mediante la asociación de polvo de hinchado y/o filamentos de hinchado y/o bandas de hinchado que se hinchan en presencia de agua para formar un tapón que evita la propagación de agua se puede proporcionar en el interior del micromódulo.

25 Como se ha señalado, por ejemplo, por el documento US 5.157.752 (bajo el nombre de Northern Telecom Ltd.), hay problemas asociados con el uso de grasas o geles. Por ejemplo, tales materiales son difíciles y costosos de aplicar en y cargar los pasos de los cables. La grasa o gel también hace que sea difícil y desagradable manejar las fibras durante la instalación o reparación de un cable, y a bajas temperaturas (por ejemplo, por debajo de 0 °C) un cambio de la viscosidad de la grasa o gel que rodea y contacta las fibras puede aumentar la atenuación de la señal en las fibras. Un problema adicional es que, puesto que las grasas o geles pueden ser incompatibles con los plásticos económicamente deseables, que normalmente podrían extrudirse en forma de tubos para contener las fibras, polímeros de diseño más costosos pueden ser necesarios para los tubos.

30 El uso de un producto "seco" puede eludir los problemas asociados con el gel y la grasa.

35 El documento US 5.157.752 anterior desvela un cable óptico que define un paso que se extiende axialmente y un medio de fibra óptica y un medio impermeable dispuestos dentro y que se extienden a lo largo del paso, comprendiendo el medio impermeable un elemento alargado que se hincha tras ponerse en contacto con el agua para bloquear el paso contra el flujo de agua.

El solicitante ha observado que la elección del material hinchable en agua "seco", por ejemplo un hilo hinchable en agua o un polvo hinchable en agua, opcionalmente soportado sobre un soporte alargado, para la obtención de un micromódulo bloqueado con respecto a la propagación de agua, es un problema.

40 El material hinchable en agua tiene que coexistir con las fibras ópticas sin causar daños en las mismas. Por ejemplo, las tensiones que surgen a partir del contacto con el material hinchable en agua pueden inducir microflexión en las fibras ópticas y poner en peligro el rendimiento de la transmisión de las mismas.

45 En particular, el solicitante observó que los polvos hinchables en agua disponibles comercialmente, dispersos entre las fibras ópticas o soportados, por ejemplo, por un filamento dispuesto dentro del elemento de retención, pueden evitar eficazmente la propagación de agua a lo largo del micromódulo, pero, debido a su grano tamaño, normalmente del orden del micrómetro de magnitud o más grande, pueden afectar a las propiedades de transmisión de la fibra óptica por microflexión. El polvo puede producir también aglomerados que exacerban el fenómeno de la microflexión.

50 El solicitante ha observado también que la molienda de dichos polvos para disminuir su tamaño de grano merma su capacidad de hinchamiento. Por otro lado, los polvos con tamaño de grano en el orden de los nanómetros, o bien obtenidos por molienda o por procedimientos distintos de la molienda, dan lugar a problemas relacionados con el coste y la manipulación durante la producción de cables, y con la salud del operario.

Además, el solicitante ha observado que una distribución física uniforme y controlada de dichos polvos en el interior del micromódulo es difícil de obtener desde el punto de vista industrial.

Los hilos hinchables en agua se han considerado como una alternativa al polvo hinchable en agua.

En la presente descripción y en las reivindicaciones, como "hilo hinchable en agua" se entiende una banda o filamento hinchable en agua opcionalmente soportado por o trenzado con un soporte filamentosos, o un filamento cubierto con un material de no-polvo hinchable en agua, por ejemplo, una emulsión de polímero hinchable en agua.

5 El documento US 5.157.752 ya informado propone que, si el diámetro del paso debe ser mayor dos o más elementos alargados hinchables en agua se deben incluir con las fibras según sea necesario.

10 El documento US 6.633.709 (bajo el nombre de Sumitomo Electric Lightware Corp.) se refiere a un cable que comprende una pluralidad de listones de fibra óptica apilados que tienen una pluralidad de hilos impermeables que se extienden generalmente a lo largo de la longitud de la pila de listones de fibra óptica y situados alrededor al menos una porción de la circunferencia de la pila en la que la pluralidad de hilos impermeables poseen características hinchables en agua. La pila de listones de fibra óptica y la pluralidad de hilos impermeables que se extienden a lo largo de la longitud de la pila de listones de fibra óptica se disponen libremente en un tubo de tampón que tiene un canal interior más grande que la pila de listones de fibra óptica. La capacidad de hinchamiento de la pluralidad de hilos impermeables debe ser superior a la masa crítica de agua que podría entrar en el tubo de tampón en un factor de 2,0 o más. La capacidad de hinchamiento se determina como una función del número de hilos impermeables, el denier del hilo y la capacidad de absorción que, a su vez, se da como una función del denier del hilo y se expresa como masa hinchada por masa de hilo. Por lo tanto, para un número dado de hilos N, de denier d, y capacidad de absorción B, la capacidad total de absorción de agua se ha expresado en masa por unidad de longitud. La masa crítica del agua se determina como una función del área abierta del tubo de tampón y la densidad del agua.

20 El solicitante observa que ni el diámetro del elemento de retención, ni su disposición en términos del número de fibras alojadas en su interior se considera en este documento.

### **Sumario de la invención**

25 El solicitante ha notado que el hilo hinchable en agua debe, preferentemente, no solo ofrecer una capacidad de hinchamiento en agua adecuada para evitar la propagación de agua dentro del micromódulo, sino que también debe mostrar una serie de características físicas de no menos importancia para la buena fabricación y operación del cable, además debe ser dimensionalmente compatible con el tamaño del elemento de retención y el número de fibras ópticas alojadas en su interior.

Más particularmente, el hilo hinchable en agua debería, preferentemente:

30 a) mostrar una superficie tan lisa como para evitar la fricción contra la fibra óptica, lo que puede dar lugar a la microflexión; normalmente, las fricciones pueden ocurrir durante el procedimiento de fabricación, instalación y vida del cable;

b) tener una estabilidad dimensional térmica en toda la gama térmica de funcionamiento del cable para no provocar tensiones a las fibras ópticas;

35 c) mostrar propiedades mecánicas adecuadas con el procedimiento de fabricación del cable óptico, en particular la resistencia a la tracción máxima;

d) tener una absorción de agua efectiva en términos tanto de volumen de hinchamiento como de la tasa de reacción de hinchamiento.

40 El solicitante ha encontrado que entre las propiedades mencionadas anteriormente, el tamaño dimensional y las características de hinchamiento son especialmente importantes para evitar la propagación del agua a lo largo del micromódulo hasta el punto de hacer que el micromódulo cumpla con el requisito de la normativa internacional.

45 El solicitante ha percibido que cuando el elemento de retención tiene un volumen interno reducido, en particular en el caso de micromódulos, es decir, cuando el elemento de retención está estrechamente cargado de fibras ópticas y de hilo hinchable en agua, la capacidad de hinchamiento en términos del aumento de volumen del hilo hinchable en agua se ve obstaculizada y, como consecuencia, la capacidad de evitar la propagación de agua a lo largo del micromódulo se ve afectada.

50 El solicitante ha encontrado que la propagación de agua en un cable óptico y en un micromódulo que contiene fibras ópticas se puede controlar por debajo de un valor crítico, sin introducir efectos de microflexión, mediante el uso de un hilo hinchable en agua dispuesto junto y en contacto con dichas fibras ópticas. En particular, el hilo hinchable en agua se caracteriza por un volumen de hinchamiento en una relación predeterminada con el volumen libre por fibra dentro del micromódulo.

En otras palabras, el solicitante ha encontrado que la capacidad de evitar la propagación de agua no solo depende de la relación del volumen de hinchamiento con respecto al volumen libre dentro del elemento de retención, sino también de la relación con el número de elementos de transmisión alojados dentro del elemento de retención.

De acuerdo con otro aspecto, el solicitante ha descubierto que la presencia de tensiones mecánicas durante la

fabricación del cable puede causar dificultades.

5 Las tensiones se pueden generar durante la etapa de agrupar juntos los elementos de transmisión y el hilo hinchable en agua en la fabricación del cable. En particular, la presencia de una diferencia significativa entre la resistencia a la tracción del hilo hinchable en agua y la de los elementos de transmisión puede llevar a rupturas o daños de uno de ellos, o dificultades e irregularidades en la agrupación.

Además, puesto que el elemento de retención se produce normalmente por extrusión, existe la posibilidad de la adhesión de los elementos de transmisión y del hilo hinchable en agua a la pared interna del elemento de retención, especialmente antes de que el enfriamiento de esta última se haya completado.

10 Tal adhesión puede limitar la libertad de movimiento de los elementos de transmisión, tanto durante la fabricación como durante el uso del cable, por ejemplo, en relación con el tendido del cable, excursiones térmicas y similares.

El solicitante ha encontrado que un agente anti-fricción en polvo permite evitar este tipo de tensiones, sin requerir el uso de lubricantes fluidos.

En particular, el talco se ha encontrado adecuado para proporcionar el efecto anti-fricción deseado sin causar fenómenos de microflexión.

15 Un cable óptico ejemplar para la comunicación comprende:

- un elemento de retención;
- al menos dos elementos de transmisión alojados dentro de dicho elemento de retención; y
- un hilo hinchable en agua alojado dentro de dicho elemento de retención;

en el que el hilo hinchable en agua se selecciona de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$20 \quad \frac{V_w}{V_{TF}} = \frac{k}{V_t} + R \quad (1)$$

en la que  $V_w$  es el volumen del hilo hinchable en agua después del hinchamiento tras su contacto con agua;

$V_{TF}$  es el volumen libre total en el elemento de retención;

$k$  es una constante  $\geq 180 \text{ mm}^3/\text{m}$

$R$  es una constante  $\geq 1,4$ ; y

25  $V_t$  es el volumen libre por cada elemento de transmisión.

30 Para los fines de la presente descripción y de las siguientes reivindicaciones, salvo que se indique lo contrario, todos los números que expresan cantidades, magnitudes, porcentajes, etc., han de entenderse como modificados en todos los casos por el término "aproximadamente". También, todos los intervalos incluyen cualquier combinación de los puntos máximos y mínimos desvelados e incluyen cualquier intervalo intermedio, que puede o no enumerarse específicamente en la presente memoria.

De acuerdo con la presente descripción y reivindicaciones, los volúmenes de los elementos de transmisión, del hilo hinchable en agua y del elemento de retención de la invención están destinados en volumen por unidad de longitud, por ejemplo,  $\text{mm}^3/\text{m}$ , y se calculan basándose en el área de su sección transversal. En el caso del elemento de retención, el volumen  $V_t$  interno se calcula basándose en el área interna de la sección transversal.

35 En un ejemplo, el elemento de retención tiene un espesor de 0,3 a 0,8 mm, y se indica a continuación como "tubo suelto". En este tipo de elemento de retención, los elementos de transmisión se pueden proporcionar en haces, en listones o en ambas configuraciones.

40 En otro ejemplo, el elemento de retención tiene un espesor de 0,2 mm o menos, por ejemplo 0,15 mm, y se indica a continuación como "micromódulo". Dentro de cada micromódulo, los elementos de transmisión se pueden disponer con o sin separación. Como "separación" se entiende en la presente memoria, una diferencia entre el diámetro interno del elemento de retención y el diámetro del círculo más pequeño que envuelve los elementos de transmisión igual o superior al 1 %.

45 Si no se deja separación entre las fibras ópticas y el elemento de retención, el micromódulo se denomina "apretado", mientras que un micromódulo se denomina "de tipo suelto" cuando dicha separación está presente. A un valor de separación  $\geq 1 \%$ , preferentemente hasta 30 %, para una longitud adecuada de un micromódulo (por ejemplo, 1 m) que es posible extraer una sola fibra óptica independientemente de las demás.

Se prefiere un micromódulo de tipo suelto. El volumen  $V_{TF}$  libre total es el volumen en el interior del elemento de retención que quedó vacante después de la inserción de los elementos de transmisión. Se define de acuerdo con la relación siguiente:

$$V_{TF} = [V_i - (V_f \times m)] \quad (2)$$

en la que m es el número de elementos de transmisión;

$V_i$  es el volumen interno del elemento de retención; y

$V_f$  es el volumen de un único elemento de transmisión.

5 Ventajosamente, el elemento de retención se fabrica de un material polimérico.

Los materiales adecuados, según las necesidades específicas, incluyen: polímeros y copolímeros de  $\alpha$ -olefinas, tales como polietileno de baja densidad (LDPE), polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno lineal de baja densidad (LLDPE), polietileno de ultra baja densidad (ULDPE); polipropileno; poli-1-buteno de alta y baja densidad; poli-4-metil-1-penteno; ultra; poli-4-metil-1-penteno; copolímeros de etileno y propileno; copolímeros de etileno-propileno-dieno (EPDM); copolímero de etileno-1-butileno, copolímero de etileno-acrilato de vinilo, copolímero de etileno-acrilato de metilo, copolímero de etileno-acrilato de butilo, copolímero de etileno-acetato de etilo, copolímero de etileno-acetato de vinilo, copolímero de propileno-4-metil-1-penteno, copolímero de etileno-alcohol vinílico; terpolímeros de etileno-acrilato de metilo-ácido acrílico; o mezclas de los mismos. Olefinas halogenadas, polímeros y copolímeros, se pueden utilizar también, cuando no se requiere la ausencia de halógenos. Copolímero de etileno-acrilato de butilo, polietileno lineal de baja densidad (LLDPE), o mezclas de los mismos, se prefieren.

Ventajosamente, se añade una carga (b) inorgánica al material polimérico. La carga inorgánica puede incluir, por ejemplo, hidróxido de magnesio, hidróxido de aluminio, óxido de aluminio, caolín, trihidrato de alúmina, hidrato de magnesio de carbonato, carbonato de magnesio, hidrato de carbonato calcio magnesio, carbonato de calcio de magnesio, o mezclas de los mismos. El hidróxido de magnesio, hidróxido de aluminio, trihidrato de alúmina ( $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$ ), o mezclas de los mismos, son particularmente preferidos.

Otros aditivos, tales como coadyuvantes de procesamiento, lubricantes, pigmentos, otras cargas, pueden ventajosamente añadirse al material polimérico.

Como el volumen  $V_i$  interno del elemento de retención se entiende aquí el volumen por unidad de longitud confinado dentro del elemento de retención. Preferentemente, el volumen  $V_i$  interno se calcula sobre un diámetro interno de 1 mm a 1,2 mm. Preferentemente, el elemento de retención tiene un diámetro externo de 1,3 mm a 1,5 mm.

Como  $V_f$  se entiende aquí el volumen por unidad de longitud de un elemento de transmisión. Normalmente, en el caso de fibras ópticas como elementos de transmisión, su diámetro individual de aproximadamente 0,25 mm. Preferentemente, el número de elementos de transmisión es de 4 a 12.

Los elementos de transmisión se pueden disponer sustancialmente en paralelo o, preferentemente, de acuerdo con un patrón de hélice abierto (o trenzado SZ) alrededor del eje longitudinal del micromódulo, es decir, los elementos de transmisión se trenzan alrededor de dicho eje en secciones con una primera dirección de trenzado (en forma de S), alternando con secciones con una dirección de trenzado opuesta (en forma de Z).

El volumen  $V_t$  libre, en lo sucesivo también referido como "volumen libre por fibra" se define de acuerdo con lo siguiente:

$$V_t = \frac{V_{TF}}{m} = \frac{[V_i - (V_f \times m)]}{m} \quad (3)$$

Ventajosamente, el hilo hinchable en agua tiene un tiempo de hinchamiento igual o menos de 2 minutos, entendiéndose como el tiempo de hinchamiento el tiempo para alcanzar al menos el 90 % de la máxima expansión tras el contacto con agua.

Ejemplos del hilo hinchable en agua útil para la presente invención son filamentos o fibras de poliácilato opcionalmente asociadas a filamentos o hilos de poliéster, y filamentos o hilos de poliamida aromática revestidos con un polímero super-absorbente, tal como un poliácilato.

En el cable óptico ejemplar, el volumen  $V_w$  del hilo hinchable en agua (en adelante también referido como "volumen de hinchamiento") se selecciona de acuerdo con la ecuación (1). La selección de  $V_w$  se correlaciona con el número de elementos de transmisión destinados a ser alojados en el elemento de retención, y con el volumen  $V_t$  libre por fibra del elemento de retención, como es evidente mediante la sustitución de  $V_{TF}$  en la ecuación (1) por  $V_t \cdot m$  de acuerdo con la ecuación (3), para tener:

$$\frac{V_w}{V_t \times m} = \frac{k}{V_t} + R \quad (4)$$

Al multiplicar (4) por  $V_1 \cdot m$ , se obtiene:

$$V_w = (k \times m) + (R \times V_1 \times m) \quad (5)$$

La presente invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de un cable óptico que comprende un elemento de retención que aloja al menos dos elementos de transmisión y un hilo hinchable en agua, comprendiendo dicho procedimiento las etapas de:

- asociar los elementos de transmisión y el hilo hinchable en agua para formar un haz;
- extrudir el elemento de retención alrededor de dicho haz;

en el que la etapa de asociar los elementos de transmisión y el hilo hinchable en agua entre sí comprende la etapa de aplicar un agente anti-fricción en polvo sobre los elementos de transmisión.

10 En la presente descripción y en las reivindicaciones, "agente anti-fricción" quiere decir un agente capaz de reducir la fricción y/o de evitar la adherencia entre los componentes del haz, es decir, elementos de transmisión y el hilo hinchable en agua, y de los componentes del haz al elemento de retención.

De acuerdo con el presente procedimiento, la aplicación de un agente anti-fricción en forma de polvo evita los problemas ya mencionados anteriormente en relación con las grasas o geles impermeables. Convenientemente, el agente anti-fricción en polvo debe cumplir con la especificación de ser no higroscópico y no nutritivo para los hongos.

Preferentemente, en el procedimiento de la invención, la etapa de asociar los elementos de transmisión y el hilo hinchable en agua entre sí comprende la etapa de trenzar los elementos de transmisión y el hilo hinchable en agua. Ventajosamente, dicha etapa de trenzado es una etapa de trenzado SZ.

20 Ventajosamente, la etapa de trenzado se efectúa después de la etapa de aplicación de un agente anti-fricción en polvo.

Ventajosamente, la etapa de aplicación de un agente anti-fricción en polvo comprende la etapa de hacer avanzar juntos los elementos de transmisión a través de un aplicador del agente anti-fricción en polvo.

De acuerdo con la invención, la etapa de aplicar un agente anti-fricción en polvo comprende la etapa de proteger el hilo hinchable en agua de la aplicación del agente anti-fricción en polvo. Por ejemplo, la etapa de protección puede efectuarse mediante el avance del hilo hinchable en agua a través de un tubo de tampón situado en el interior del aplicador del agente anti-fricción en polvo. La etapa de protección se prefiere cuando la aplicación de un agente anti-fricción en polvo sobre el hilo hinchable en agua podría poner en peligro la conformación correcta de la unidad óptica porque el hilo hinchable en agua, en vista de las características del mismo, podría arrastrar una cantidad excesiva de polvo.

Ventajosamente, el agente anti-fricción aplicador de polvo está provisto de un dispositivo de limpieza neumático. Dicho dispositivo de limpieza puede ser parte de o bien el aplicador o de un aparato separado, dispuesto corriente abajo del aplicador. El dispositivo de limpieza es útil para eliminar cualquier cantidad excedente del agente anti-fricción en polvo de las superficies de los elementos de transmisión y/o del hilo hinchable en agua.

35 Preferentemente, el agente anti-fricción en polvo es talco. El talco es ventajoso desde el punto de vista industrial como no tóxico y económico.

Ventajosamente, el agente anti-fricción en polvo tiene un tamaño de grano adecuado para evitar fenómenos de microflección. De acuerdo con la invención, el agente anti-fricción en polvo tiene un diámetro de tamaño de grano medio de  $D_{50} \leq 5 \mu\text{m}$ .

40 Los elementos de transmisión son fibras ópticas.

#### **Breve descripción de los dibujos**

La invención se ilustrará adicionalmente a continuación con referencia a los siguientes ejemplos y Figuras, en los que:

- la Figura 1 muestra un micromódulo de tipo suelto;
- 45 - la Figura 2 muestra esquemáticamente un cable óptico que contiene micromódulos de tipo suelto;
- la Figura 3 ilustra esquemáticamente un aparato para realizar el procedimiento de acuerdo con la presente invención;
- las Figuras 4 y 5 ilustran los resultados de las pruebas de propagación de agua;

- la Figura 6 ilustra un gráfico de la relación de acuerdo con la ecuación (1).

### **Descripción detallada de las realizaciones preferidas**

La Figura 1 representa un micromódulo 1 de tipo suelto. El elemento 2 de retención tiene un diámetro externo de 1,46 mm, un diámetro interno de 1,23 mm y un espesor de 0,115 mm. El elemento 2 de retención encierra doce elementos 3 de transmisión en forma de fibras ópticas que tienen un diámetro de 0,245 mm, y un hilo 4 hinchable en agua con un diámetro de 0,5 mm. El hilo 4 hinchable en agua se muestra de forma arbitraria en el centro del elemento 2 de retención, pero en la práctica es libre de moverse en el interior del elemento de retención en la medida de lo permitido por los elementos de transmisión alojados en su interior.

Los materiales poliméricos termoplásticos adecuados para el elemento de retención, de acuerdo con las necesidades específicas, incluyen: polímeros y copolímeros de alfa-olefina, tales como polietileno de baja densidad (LDPE), polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno lineal de baja densidad (LLDPE), polietileno de ultra baja densidad (ULDPE); polipropileno; poli-1-buteno de alta y baja densidad; poli-4-metil-1-penteno; ultra; poli-4-metil-1-penteno; copolímeros de etileno y propileno; copolímeros de etileno-propileno-dieno (EPDM); copolímero de etileno-1-butileno, copolímero de etileno-acrilato de vinilo, copolímero de etileno-acrilato de metilo, copolímero de etileno-acrilato de butilo, copolímero de etileno-acetato de etilo, copolímero de etileno-acetato de vinilo, copolímero de propileno-4-metil-1-penteno, copolímero de etileno-alcohol vinílico; terpolímeros de etileno-acrilato de metilo-ácido acrílico; o mezclas de los mismos. Olefinas halogenadas, polímeros y copolímeros, se pueden utilizar también, cuando no se requiere la ausencia de halógenos. Copolímero de etileno-acrilato de butilo, polietileno lineal de baja densidad (LLDPE), o mezclas de los mismos, se prefieren.

Los ejemplos de olefinas que se pueden utilizar y que están disponibles comercialmente son el producto conocido con el nombre de Lotryl<sup>®</sup> de Atofina, FLEXIRENE<sup>®</sup> de Polimeri Europa.

Ventajosamente, se añade una carga (b) inorgánica al material polimérico. La carga inorgánica puede incluir, por ejemplo, hidróxido de magnesio, hidróxido de aluminio, óxido de aluminio, caolín, trihidrato de alúmina, hidrato de magnesio de carbonato, carbonato de magnesio, hidrato de carbonato calcio magnesio, carbonato de calcio de magnesio, o mezclas de los mismos. El hidróxido de magnesio, hidróxido de aluminio, trihidrato de alúmina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·3H<sub>2</sub>O), o mezclas de los mismos, son particularmente preferidos.

Los ejemplos de cargas inorgánicas que se pueden utilizar para el elemento de retención y que están disponibles comercialmente son los productos conocidos por el nombre de Hydrofy<sup>®</sup> de Sima o Atomfor<sup>®</sup> de Omya.

Otros aditivos, tales como coadyuvantes de procesamiento, lubricantes, pigmentos, otras cargas, pueden ventajosamente añadirse al material polimérico.

La Figura 2 ilustra esquemáticamente un cable **100** óptico que contiene doce micromódulos **101** de tipo suelto, alojados en un tubo **102** de tampón de un material polímero termoplástico, tal como el que se conoce en la técnica como LSOH (halógeno de baja emisión de humos) o polietileno de alta o media densidad (MDPE o HDPE), añadido opcionalmente con una carga mineral, tal como hidróxido de magnesio o aluminio, y con un diámetro interno de 6,4 mm y un diámetro externo de 8,4 mm.

Una banda **103** longitudinal se aplica en la posición radialmente externa sobre el tubo **102** de tampón, y separa éste último de la funda **106**. La funda **106** puede ser de MDPE o HDPE, añadido opcionalmente con carga mineral, o de un material LSOH. En el presente ejemplo, el espesor de la funda es de 2,30 mm.

La banda **103** longitudinal facilita la compensación de extracción de la funda **106** del tubo **102** de tampón durante la terminación del cable. Dos cordones **104** de apertura se proporcionan en contacto con la banda **103** longitudinal, incrustados en la funda **106**, y en posición diametralmente opuesta entre sí.

Refuerzos **105** longitudinales se integran en la funda **106**, paralelos entre sí. Dichos refuerzos **105** longitudinales restringen las alteraciones longitudinales del cable debido a las tensiones termo-mecánicas. Preferentemente, los refuerzos **105** longitudinales se sitúan de forma tangencial con respecto a la circunferencia del diámetro interno de la funda **106** para minimizar la dimensión cable. En el presente ejemplo, el diámetro de los refuerzos **105** longitudinales es de 1,6 mm. El material de estos componentes se puede seleccionar, por ejemplo, de fibra de vidrio reforzada con plástico, aramida/resina (de aramida: poliamida aromática) o acero.

El procedimiento para la fabricación del cable se describe en a continuación con referencia al aparato **200** de fabricación, representado esquemáticamente en la Figura 3. Soportes **201a**, **201b** verticales de compensación se proporcionan para desenrollar, respectivamente, un hilo hinchable en agua y un número de elementos de transmisión, cuatro en el presente caso. El hilo hinchable en agua y los elementos de transmisión se transportan hacia un aplicador **202** de talco provisto placas **203**, **204** distribuidoras de entrada y salida estacionarias, para guiar y mantener el posicionamiento recíproco entre los elementos de transmisión y el hilo hinchable en agua.

La carga de tracción aplicada a las fibras ópticas se encuentra, por lo general, en el intervalo de 50 a 100 g, y la carga de tracción aplicada al hilo hinchable en agua tiene normalmente del mismo orden de magnitud.

La presencia del talco permite un movimiento relativo que tendrá lugar entre los componentes de la unidad óptica, es decir, fibras, hilos hinchables en agua y elementos de retención, lo que evita o al menos reduce la posibilidad de que las tensiones mecánicas inaceptables se transmitan entre los componentes de la unidad óptica como resultado de diferentes tensiones posteriores resultantes o de diferentes cargas de alargamiento/contracción.

- 5 El talco se ha encontrado particularmente adecuado, en particular porque ningún efecto significativo de microflexión se detecta en relación con su uso en el cable resultante. La ausencia de efectos significativos de microflexión se ha encontrado privilegiada con un diámetro de tamaño de grano medio de polvo de  $D_{50} \leq 5 \mu\text{m}$ .

$D_{50}$  significa que el 50 % del material pasa un tamiz de tamaño predeterminado (5  $\mu\text{m}$  en el caso).

- 10 Después de la aplicación del agente anti-fricción en polvo, los elementos de transmisión y el hilo hinchable en agua se transportan a una placa **205** distribuidora, preferentemente motorizada, donde son atrapados en una colocación trenzada SZ varada. Por ejemplo, para doce elementos de transmisión y un hilo hinchable en agua, la placa **205** distribuidora puede proporcionar un posicionamiento 1 + 6 + 6 geométrico.

- 15 El haz resultante de la placa **205** distribuidora entra en una extrusora **206** en la que se inserta en un elemento de retención para proporcionar, por ejemplo, un micromódulo. Dicha extrusora **206** comprende un cabezal de extrusión, la distancia entre el dispositivo de trenzado y el cabezal de extrusión está comprendida entre **280** mm y 700 mm. El micromódulo se hace pasar después a través de un paso **207** de enfriamiento, que comprende agua a una temperatura, ventajosamente, de 20 °C. El micromódulo se conduce después a un sistema **209** de recogida mediante un cabrestante **208** de tracción de línea.

### Ejemplo 1

#### 20 Cables ópticos

Tres cables ópticos con el diseño de la Figura 2 y un diámetro externo de 13,8 mm fueron fabricados con micromódulos impermeables, de acuerdo con las siguientes especificaciones:

- tubo de protección de HDPE internamente tamponado con polvo hinchable en agua y talco; el tubo de protección tenía un diámetro externo de 6,1 mm y un diámetro interno de 4,6 mm;
- 25 – coraza de refuerzo dispuesta en posición radialmente externa sobre la funda, y fabricada de fibras de vidrio, que contenían filamentos tratados con polvo hinchable en agua;
- banda longitudinal hinchable en agua;
- dos cordones de apertura;
- dos refuerzos longitudinales en fibra de vidrio reforzada con plástico con un diámetro de 1,7 mm;
- 30 – funda termoplástica que envuelve los refuerzos longitudinales, fabricándose de HDPE con un espesor de aproximadamente 2,4 mm;
- cuatro micromódulos de trenzado SZ con un ángulo de oscilación de  $\pm 280^\circ$  y un paso de 2 m, cada uno comprendiendo:
  - doce fibras ópticas Pirelli NEÓN<sup>®</sup> teniendo cada uno un diámetro de aproximadamente 0,245 mm;
- 35 – un elemento de retención de material LS0H, basado en LLDPE y EVA como materiales termoplásticos poliméricos e hidróxido de magnesio como carga inorgánica, con diámetros y volumen interno de acuerdo con la Tabla 3; e
- hilo hinchable en agua como uno de la siguiente Tabla 1.

Tabla 1

Cable	Hilo hinchable en agua	$V_w$ [mm <sup>3</sup> /m]	Hinchamiento después de 2 minutos (%)
1	GTB 150 (667 dtex)	3023	100
2	GTB 200 (500 dtex)	1915	100
3	Twaron® 1052 (1750dTex)	1897	88

5 El volumen  $V_w$  de hinchamiento y el porcentaje de hinchamiento en el tiempo (hinchamiento de velocidad) se evaluaron por medio de un recipiente cilíndrico (diámetro = 75 mm) que alojaba un pistón con peso conocido (60 g), siendo éste último libre para moverse verticalmente. Una longitud conocida del hilo hinchable en agua para la prueba (muestra seca) fue colocada entre el pistón y la parte inferior del recipiente cilíndrico, para componer una urdimbre monocapa. El hilo se dejó hinchar en contacto con agua bidestilada que fluía a través de orificios en la base del pistón. Un comparador micrométrico midió el movimiento del pistón en el tiempo.

10 Los hilos hinchables en agua fueron también probados para sus características mecánicas. Los resultados se exponen en la Tabla 2.

Tabla 2

Cable	Hilo hinchable en agua	Resistencia a la tracción (N)	Alargamiento a la rotura (%)
1	150 GTB	7	11
2	200 GTB	6	11
3	Twaron® 1052	350	2,7

GTB 150-667 dtex y GTB 200-500 dTex son hilos hinchables en agua compuestos por fibras hinchables de poliacrilato en fibras de soporte de poliéster (Geca-Tapes). Twaron® 1052-1750dTex es un hilo hinchable en agua impregnado con un polímero super-absorbente (Twaron Products V.o.F., Países Bajos).

## Ejemplo 2

### Pruebas de propagación de agua a lo largo de micromódulos impermeables

15 Las pruebas de propagación de agua se realizaron de acuerdo con el procedimiento F5B proporcionado por la normativa internacional IEC 60794-1-2 (2001). En particular, la resistencia a la propagación de agua a lo largo de los micromódulos se evaluó mediante la aplicación de 1 m columna de agua durante 24 horas en un extremo de muestras micromódulos con una longitud de 1-4 m. Las muestras de cable contienen micromódulos como se identifica en el Ejemplo 1, pero con diferente número de fibras ópticas, como se especifica en los resultados y comentarios de la prueba.

20 Se observó que las muestras micromódulos con las mismas características en términos de hilo hinchable en agua y de número de fibras ópticas, pero con diferentes longitudes no facilitó significativamente diferentes resultados de las pruebas.

25 Las pruebas se efectuaron en micromódulos que contenían un hilo hinchable en agua y un número de fibras ópticas que iba de 1 a 12, así como solo el hilo hinchable en agua. El volumen  $V_i$  interno de cada elemento de retención probado se mantuvo sin cambios, mientras varió el número de elementos de transmisión alojados en su interior y, en consecuencia, el volumen  $V_t$  libre por fibra.

30 Las Figuras 4 y 5 muestran los resultados de la serie de pruebas realizadas en los cables de acuerdo con el Ejemplo 1. Para cada tipo de cable, identificado tanto por el tipo de hilo hinchable en agua como por el número de fibras alojadas en los micromódulos, las muestras de micromódulo n.º 8 se han probado y los valores reportados son el promedio de los resultados de las pruebas individuales.

35 El efecto impermeable realizado por cada hilo hinchable en agua probado fue satisfactoria en ausencia de fibras ópticas en el micromódulo. Al aumentar el número de fibras ópticas alojadas en el micromódulo, la propagación de agua se alargó. Esto es sorprendente, porque al contrario de la hipótesis de que la propagación de agua debe reducirse disminuyendo progresivamente la separación (el volumen  $V_{TF}$  libre total y el volumen  $V_i$  libre por fibra) dejada para la propagación longitudinal del agua.

En particular, la Figura 4 muestra la influencia del número de elementos de transmisión sobre la capacidad impermeable del hilo hinchable en agua. Al aumentar el número de elementos de transmisión, la propagación de agua a lo largo de cada micromódulo aumentó. En el cable 1 que contenía el GTB 150 como hilo hinchable en agua, la propagación del agua estaba confinada en aproximadamente 1 m, incluso cuando los elementos de transmisión ascendieron a 12; en los otros cables, que contenían un hilo hinchable en agua con un  $V_w$  notablemente menor que el del GTB150, se observó una penetración de agua limitada de este tipo con un número de elementos de transmisión de hasta 3-4.

Las pruebas del cable 1 se prolongaron durante 14 días (prueba suspendida en el 15° día) y la propagación del agua nunca llegó a la longitud de 200 cm. Más específicamente, las muestras del cable 1 que contenía 12 fibras ópticas mostraron una longitud de propagación de agua superior de 68-145 cm a partir del 14 día de prueba.

La Figura 5 muestra que la propagación del agua a lo largo de los micromódulos probados cambia en función del volumen  $V_t$  libre por fibra. La adición de fibras ópticas redujo progresivamente el  $V_t$ . El volumen de hinchamiento del hilo hinchable en agua es uno de los factores que limita la propagación de agua. El gráfico de la Figura 5 indica que hilos hinchables en agua con bajo  $V_w$  pueden alcanzar de manera eficaz solo para volumen libre por elemento de transmisión un  $V_t$  mayor que el valor predeterminado.

La siguiente Tabla 3 resume las características geométricas de los componentes de micromódulos, la relación de volumen descrita por la ecuación (1), y los resultados obtenidos de las pruebas de propagación de agua.

Tabla 3

Elemento de retención OD/ID [mm]	$V_i$ [mm <sup>3</sup> /m]	Hilo hinchable en agua $V_w$ [mm <sup>3</sup> /m]	m	$V_i \times m$ [mm <sup>3</sup> /m]	$V_t$ [mm <sup>3</sup> /m]	$V_{TP}$ [mm <sup>3</sup> /m]	$V_w/V_{TF}$	Longitud de propagación de agua (media) [m]	ID Fig. 6
1,46/1,21	1149,9	GTB 150 3023	12	565,7	48,68	584,2	5,17	<u>1,02</u>	A
			10	471,4	67,85	678,5	4,45	<u>0,84</u>	L
			8	377,1	96,59	772,8	3,91	<u>0,69</u>	M
			6	282,6	144,51	867,0	3,49	<u>0,59</u>	N
1,46/1,18	1093,59	GTB200 1915	12	565,7	43,99	527,9	3,63	4,19	B
			10	471,4	62,22	622,2	3,06	3,04	G
			8	377,1	89,55	716,4	2,67	2,12	H
			6	282,6	135,12	810,7	2,36	1,44	I
			4	188,6	226,25	905,0	2,12	<u>0,99</u>	C
1,46/1,18	1093,59	Twaron®1897	12	565,7	43,99	547,9	3,56	4,75	D
			3	141,4	317,39	952,2	1,99	<u>0,96</u>	E
1,46/1,23	1188,23	GTBJ50 3023	12	565,7	51,88	622,5	4,86	<u>1,02</u>	F

OD = diámetro externo ID = diámetro interno  
 El hilo Twaron® hilo es un tipo 1052 como el de las Tablas 1 y 2 anteriores.

Los datos de propagación de agua subrayados son aquellas de acuerdo con el F5B de la normativa internacional IEC 60794-1-2 (2001).

La Figura 6 ilustra la relación  $V_w/V_{TF}$  como una función del volumen  $V_t$  libre por fibra que, a su vez, depende del número de elementos de transmisión alojados en el elemento de retención. La curva de la Figura 6 es para la ecuación (1) en la que  $k = 182 \text{ mm}^3/\text{m}$  y  $R = 1,42$ . Algunos de los puntos de la Figura 6 corresponden a los experimentos que se detallan en la Tabla 3 y se identifican con la letra de identificación. Los puntos D, B, G, H e I, debajo de la curva, se corresponden con los experimentos que dan como resultado una migración de agua apreciablemente más de 1 m. Los puntos L, M y N, por encima de la curva, se corresponden con los experimentos que dan como resultado una migración de agua inferior a 1 m.

En particular, para altos valores de  $V_t$ , típicos del diseño de tubo suelto,  $V_w/V_{TF}$  es casi constante, mientras que para bajos valores de  $V_t$ , propios de la construcción de micromódulo,  $V_w/V_{TF}$  se ve fuertemente afectada por la variación de  $V_t$ . A  $V_{TF}$  constante, el comportamiento es significativamente diferente en el caso de algunos elementos de transmisión o muchos elementos de transmisión alojados en el elemento de retención.

5

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de fabricación de un cable (100) óptico que comprende un elemento (2) de retención que aloja al menos dos fibras (3) ópticas individuales y un hilo (4) hinchable en agua, comprendiendo dicho procedimiento las etapas de:

- 5           - asociar las fibras (3) ópticas individuales y el hilo (4) hinchable en agua entre sí para formar un haz;  
          - extrudir el elemento (2) de retención alrededor de dicho haz;

**caracterizado porque** la etapa de asociar las fibras (3) ópticas individuales y el hilo (4) hinchable en agua entre sí comprende la etapa de aplicar un agente anti-fricción en polvo sobre las fibras (3) ópticas individuales, en el que la etapa de aplicar un agente anti-fricción en polvo sobre las fibras (3) ópticas individuales comprende la etapa de proteger el hilo (4) hinchable en agua de la aplicación del agente anti-fricción en polvo, y en el que el agente anti-fricción en polvo tiene un diámetro de tamaño de grano medio  $D_{50} \leq 5 \mu\text{m}$ .

10           2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la etapa de asociar las fibras (3) ópticas individuales y el hilo (4) hinchable en agua entre sí comprende la etapa de trenzar las fibras (3) ópticas individuales y el hilo (4) hinchable en agua.

15           3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la etapa de trenzado se efectúa después de la etapa de aplicación de un agente anti-fricción en polvo.

          4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la etapa de aplicar un agente anti-fricción en polvo comprende la etapa de hacer avanzar juntas las fibras (3) ópticas individuales a través de un aplicador (202) del agente anti-fricción en polvo.

20           5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la etapa de trenzado es una etapa de trenzado SZ.

          6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el agente anti-fricción en polvo es talco.

          7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende la etapa de eliminar un exceso del agente anti-fricción en polvo de las superficies de al menos una de las fibras (3) ópticas individuales y del hilo (4) hinchable en agua.

25

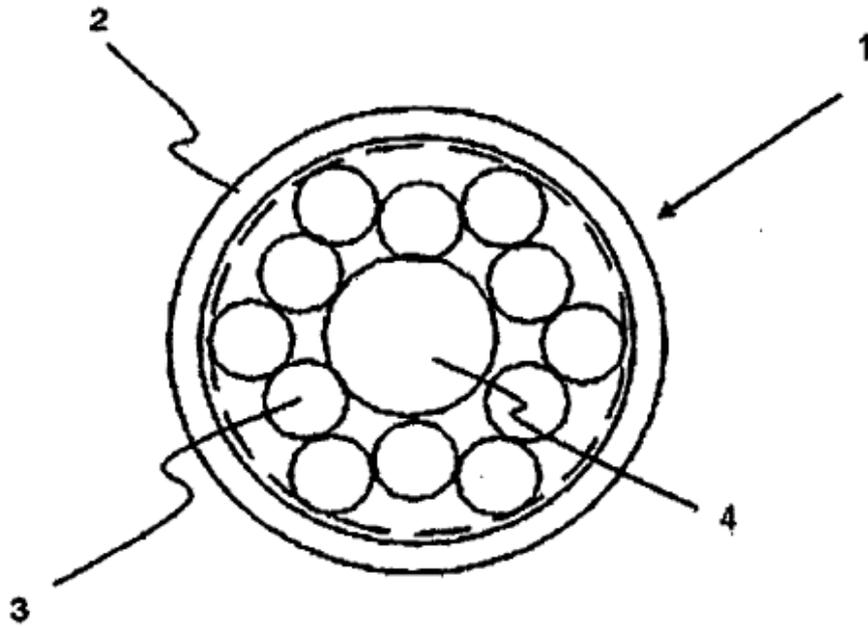


Fig. 1

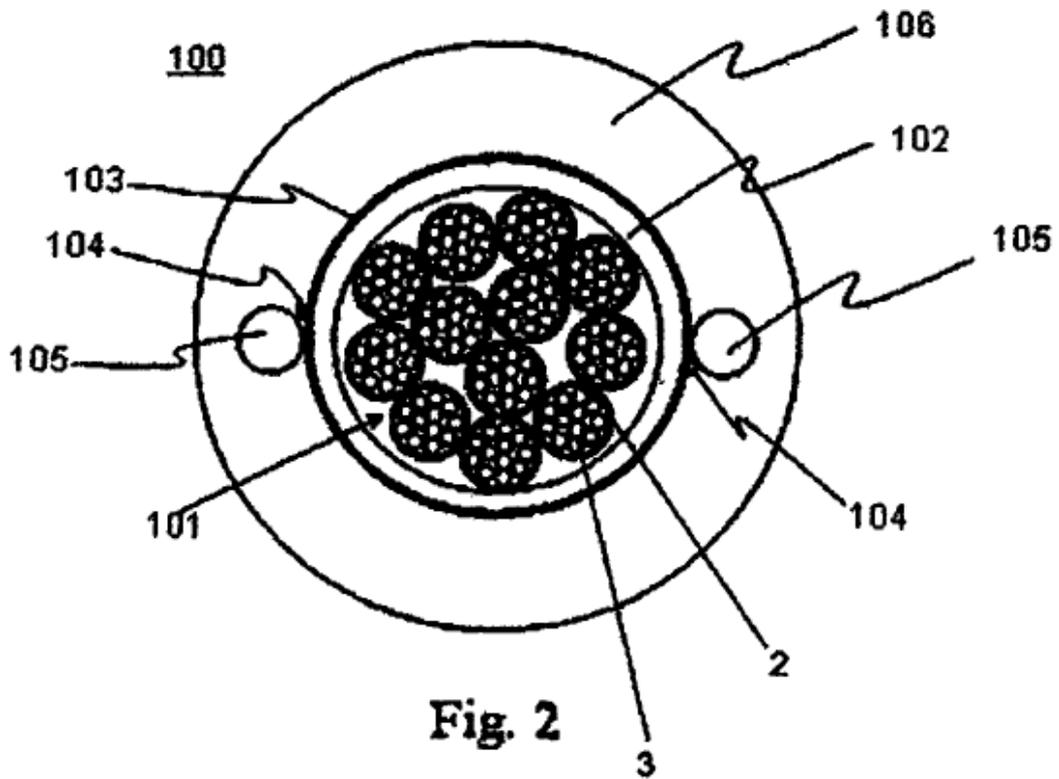


Fig. 2

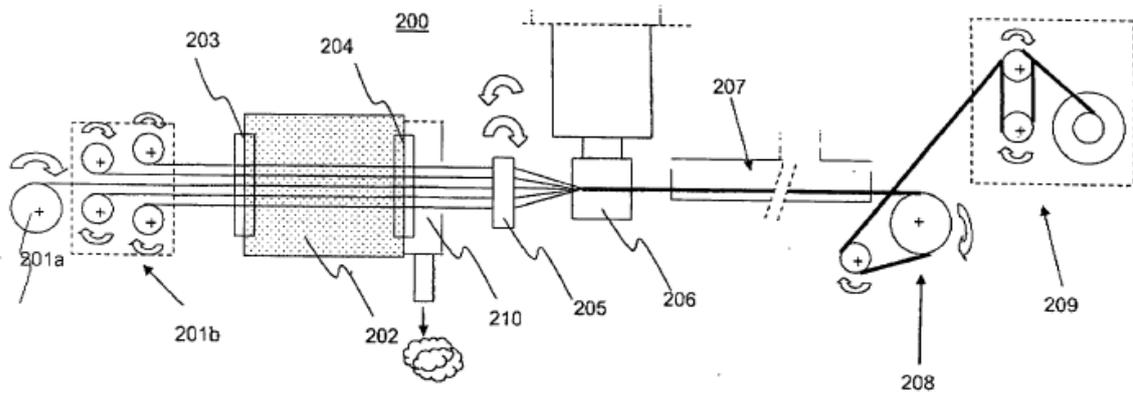


Fig. 3

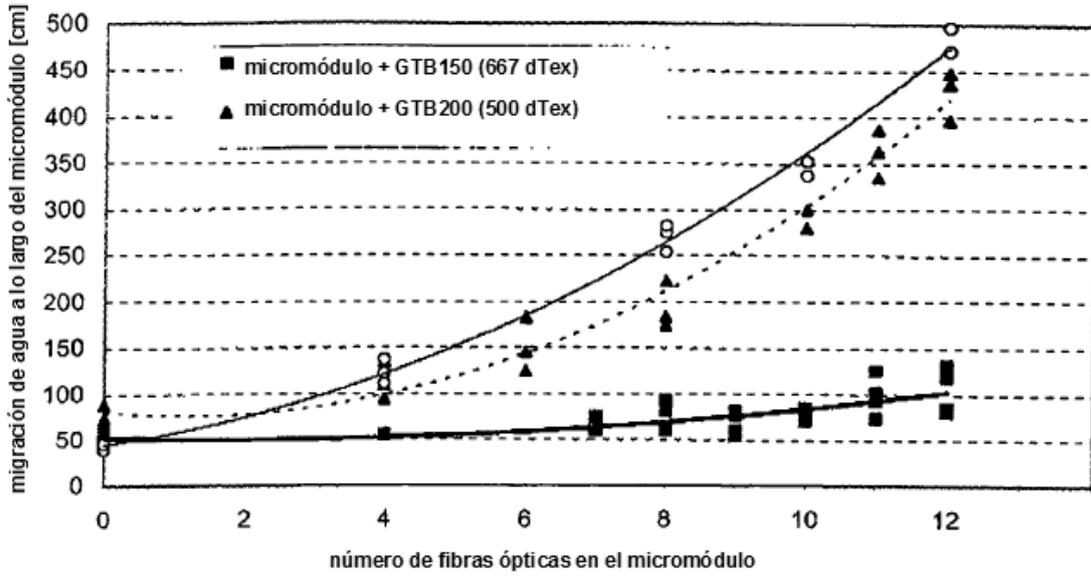


Fig. 4

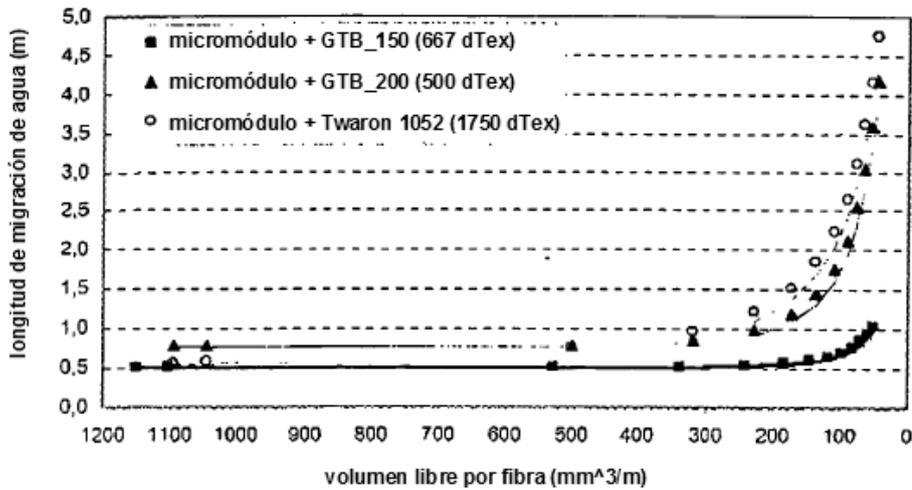


Fig. 5

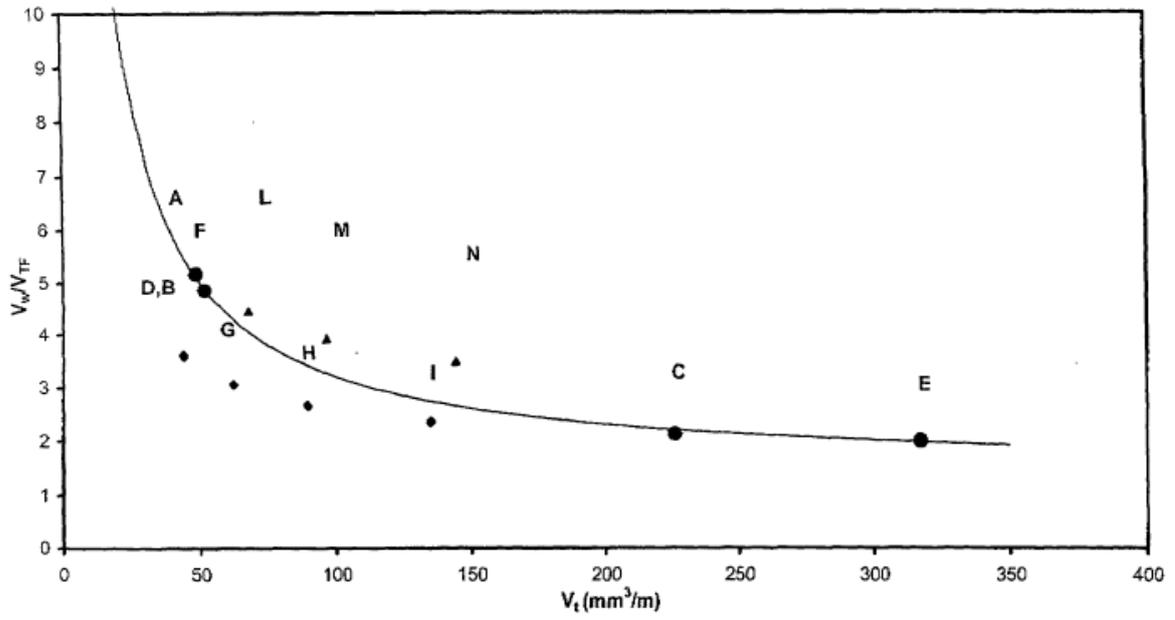


Fig. 6