

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 628 038**

51 Int. Cl.:

G02B 6/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.11.2004 PCT/EP2004/012631**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.05.2006 WO06048040**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.11.2004 E 04803113 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.03.2017 EP 1812816**

54 Título: **Procedimiento para controlar la propagación de agua en un cable óptico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.08.2017

73 Titular/es:
PRYSMIAN S.P.A. (100.0%)
Via Chiese, 6
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 2 628 038 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 controlar la propagación de agua en un cable óptico

Campo de la invención

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

Estado de la técnica

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

El cable óptico normalmente comprende elementos amortiguadores en posición radialmente externa con respecto a las fibras ópticas, proporcionando funciones tales como aislamiento mecánico, protección contra daños físicos e identificación de las fibras.

15 Por ejemplo, una o más fibras ópticas, por ejemplo, dispuestas en grupo, paquete o cinta, se puede alojar en una vaina flexible o tubo (en lo sucesivo denominado "elemento de retención") de material polimérico dotado de propiedades mecánicas específicas (tales como el módulo de Young, resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura) a fin de disponer de asegurar una protección adecuada a las fibras.

El conjunto de fibra óptica/elemento de retención generalmente se denomina "unidad óptica".

20 Entre los cables ópticos en los que la fibra o fibras ópticas están alojadas en un elemento de retención tubular, hay cables en los que la fibra o fibras ópticas se insertan en un tubo, a veces llamado "tubo amortiguador" o "tubo suelto", proporcionando protección e identificación de fibra. El elemento de retención de este tipo de unidad óptica usualmente tiene un espesor superior a aproximadamente 0,2 mm, normalmente de aproximadamente 0,3 mm a aproximadamente 0,8 mm, y un diámetro interno de 1,6-1,8 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 de espesor de la vaina. Normalmente, las unidades ópticas se denominan "micromódulos", y el elemento de retención de la misma generalmente se denomina "microvaina" o "minivaina". En este caso, el material del elemento de retención está especialmente diseñado para permitir la identificación de fibras o de grupos de fibras, y para conseguir un fácil acceso a las fibras ópticas, por ejemplo, simplemente rasgando y deslizando el elemento de retención, para facilitar la conexión tanto entre las fibras ópticas como el equipo del sistema o la interconexión entre los cables. La microvaina normalmente está fabricada de un material que tiene un módulo de elasticidad y una elongación máxima relativamente bajos, tal como PVC, acetato de etilvinilo (EVA) y polietileno. Ventajosamente, el uso de los materiales anteriores para formar una microvaina delgada también da como resultado una microvaina que es más fácil de retirar o de quitar, simplemente usando los dedos o las uñas de los dedos. En un cable óptico de micromódulo típico, un elemento de retención que contiene doce fibras ópticas
35 tiene un diámetro interior de aproximadamente 1,1 mm y un espesor de 0,2 mm o menos, por ejemplo de 0,15 mm.

Un cable óptico de micromódulo es conocido, por ejemplo, del documento WO00/58768 (a nombre del Solicitante), y comprende un número de micromódulos, un tubo interno que rodea los micromódulos y una vaina externa que cubre el tubo interno. Los micromódulos opcional y ventajosamente pueden mostrar diferentes colores para distinguirse entre sí.

40 El documento US 5.157.889 (a nombre de Société Industrielle de Liaisons Électriques SILEC y État Français (Centre National d'Étude des Télécommunications - CNET)) proporciona un cable de telecomunicación que comprende fibras ópticas divididas en módulos, cada módulo que está envuelto en una vaina de soporte delgada que se rasga fácilmente, en el que las vainas de soporte están en contacto con las fibras ópticas para sujetarlas juntas.

45 La disposición de las fibras ópticas en micromódulos como se ha definido anteriormente permite emplear un número elevado de fibras ópticas en un cable óptico relativamente pequeño. La disposición de micromódulos puede proporcionar, por ejemplo, hasta 144 fibras ópticas en un cable óptico que tiene un diámetro inferior o igual a 13 mm (este diámetro no está compuesto exclusivamente de capas protectoras adicionales proporcionadas opcionalmente para fines y requisitos específicos), haciendo que dicho cable sea especialmente adecuado para redes de distribución urbana.

50 En la presente descripción y en las reivindicaciones, "bloqueado con respecto a la propagación del agua" significa que se evita o se limita sustancialmente la propagación del agua, principalmente concebida como una difusión a lo largo de la dirección longitudinal del micromódulo como consecuencia de un daño en la integridad del cable, que resulta en un llenado progresivo del mismo. Tanto el micromódulo como el cable que lo contiene deben cumplir los requisitos del ensayo según el procedimiento F5B proporcionado por la norma internacional IEC 60794-1-2: a

continuación se proporcionarán más detalles sobre este ensayo.

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

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

10 Se conocen procedimientos para evitar dicha propagación. Por ejemplo, se conocen micromódulos y cables que comprenden los mismos que están bloqueados con agua por medio de material de relleno incluido en diferentes pasos. Más en particular, se puede incluir un material de relleno en el elemento de retención de cada micromódulo entre las fibras ópticas contenidas en el mismo.

15 El documento US 2003/0168243 (Jamet y col.) Se refiere a un cable de telecomunicación que incluye una pluralidad de módulos que tienen cada uno una fina fibra de retención que sujetan fibras ópticas entre sí, y una camisa alrededor de los módulos se caracteriza porque comprende unas vainas de retención cada una que contiene una pluralidad de módulos respectivos y cada uno de los cuales está mecánicamente acoplado a las vainas de retención de los respectivos módulos para formar supermódulos en contacto con la camisa.

20 Dentro del micromódulo puede proporcionarse un material de relleno, por ejemplo, un producto sellante tal como silicona o grasa sintética, aceite o gel, o un producto "seco" obtenido asociando polvos de hinchamiento y/o filamentos de hinchamiento y/o cintas de hinchamiento que se hinchan en presencia de agua para formar un tapón que evita la propagación del agua.

25 Como se ha señalado, por ejemplo, mediante el documento US 5.157.752 (a nombre de Northern Telecom Ltd.), existen problemas asociados con el uso de grasas o geles. Por ejemplo, dichos materiales son difíciles y costosos de aplicar y de llenar en pasos de cable. La grasa o gel también hace 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) el cambio en la viscosidad de la grasa o gel que rodea y las fibras de contacto pueden aumentar la atenuación de la señal en las fibras. Un problema adicional es que, puesto que las grasas o los geles pueden ser incompatibles con plásticos económicamente deseables, que normalmente podrían extruirse como tubos para contener las fibras, pueden requerirse polímeros diseñados de más manera costosa para los tubos.

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

El documento US 5.157.752 antes mencionado describe un cable óptico que define un paso que se extiende axialmente y un medio de fibra óptica y un medio de bloqueo de agua dispuesto dentro y que se extiende a lo largo del paso, los medios de bloqueo de agua que comprenden un elemento alargado que se hincha al entrar en contacto con el agua para bloquear el paso contra el flujo de agua.

35 El solicitante observó que la elección del material hinchable en agua "seco", por ejemplo, un hilo hinchable en agua o un polvo hinchable en agua soportado opcionalmente sobre un soporte alargado, para obtener un micromódulo bloqueado con respecto a la propagación del agua, supone un problema.

40 El material hinchable en agua tiene que coexistir con las fibras ópticas sin causar daños a las mismas. Por ejemplo, las tensiones que surgen del contacto con el material hinchable en agua pueden inducir micro-flexión en las fibras ópticas y perjudicar su rendimiento de transmisión.

45 En particular, el solicitante observó que los polvos hinchables en agua disponibles en el mercado, dispersados entre fibras ópticas o soportados, por ejemplo, por un filamento proporcionado dentro del elemento de retención, pueden impedir eficazmente la propagación del agua a lo largo del micromódulo, pero, debido a su tamaño de grano, normalmente de un orden de magnitud micrométrico o mayor, puede perjudicar las propiedades de transmisión de la fibra óptica por micro-flexión. El polvo también puede producir aglomerados que exacerban el fenómeno de micro-flexión.

50 El solicitante también observó que la molienda de dichos polvos para disminuir su tamaño de grano deteriora su capacidad de hinchamiento. Por otro lado, los polvos con un tamaño de grano en orden nanométrico, obtenidos por molienda o por procedimientos distintos de la molienda, dan lugar a problemas relacionados con el coste y la manipulación durante la producción del cable y con la salud de los operadores.

Además, el Solicitante observó que es difícil obtener una distribución física uniforme y controlada de dichos polvos dentro del micromódulo desde el punto de vista industrial.

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

En la presente descripción y reivindicaciones, como "hilo hinchable en agua" se pretende una cinta o filamento

hinchable en agua opcionalmente soportado por o trenzado con un soporte filamentosos, o un filamento cubierto con un material no pulverulento hinchable en agua, por ejemplo, una emulsión polimérica hinchable en agua.

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

- 5 El documento US 6.633.709 (a nombre de Sumitomo Electric Lightware Corp.) se refiere a un cable que comprende una pluralidad de cintas de fibra óptica apiladas que tienen una pluralidad de hilos de bloqueo de agua que generalmente se extienden a lo largo de la longitud de la pila de cintas de fibra óptica y situados alrededor de al menos una parte de la circunferencia de la pila en la que la pluralidad de hilos de bloqueo de agua poseen características hinchables por agua. La pila de cintas de fibra óptica y la pluralidad de hilos de bloqueo de agua que se extienden a lo largo de la longitud de la pila de cintas de fibra óptica están todas dispuestas libremente en un tubo intermedio que tiene un canal interior mayor que la pila de cintas de fibra óptica. La capacidad de hinchamiento de la pluralidad de hilos de bloqueo de agua debe superar la masa crítica de agua que podría entrar en el tubo amortiguador en un factor de 2,0 o más. La capacidad de hinchamiento se determina en función del número de hilos de bloqueo de agua, del denier del hilo y de la absorbencia que, a su vez, se da en función del denier del hilo y se expresa como masa de hinchamiento por masa de hilo. Así, para un número dado de hilos N, de denier d, y absorbencia B, la capacidad total de absorción de agua se expresa en masa por unidad de longitud. La masa crítica de agua se determina en función del área abierta del tubo amortiguador y de la densidad del agua.

El solicitante observa que en este documento no se consideran ni el diámetro del elemento de retención ni su disposición en términos de número de fibras alojadas en el mismo.

- 20 El documento US 6 205 277 B1 describe un procedimiento de fabricación de cable de fibra óptica de núcleo seco que comprende las etapas de: proporcionar al menos un hilo de bloqueo de agua; proporcionar un organizador alargado; envolver dicho hilo de bloqueo de agua alrededor de dicho organizador; envolver una pluralidad de subunidades alrededor de dicho hilo de bloqueo de agua en una disposición de oscilación inversa, cada una de dichas subunidades que comprende: una pluralidad de fibras ópticas, una capa de hilo y una camisa de subunidades, cada una de dichas fibras ópticas que ésta dispuesta adyacente a otra de dichas fibras ópticas, dicha camisa de subunidades que rodea a las fibras ópticas, dicha capa de hilo que está dispuesta entre dichas fibras ópticas y dicha camisa de subunidades; envolver dicha pluralidad de subunidades con cinta de bloqueo de agua; y formar una camisa exterior alrededor de dicha pluralidad de subunidades y dicha cinta de bloqueo de agua de manera que dicha cinta de bloqueo de agua esté dispuesta entre dicha pluralidad de subunidades y dicha camisa exterior.

- 35 La solicitud de patente japonesa no examinada JP 62-222214 describe un cable de fibra óptica impermeable que se dice que es excelente en características de prevención de la hidrotaxis y que tiene resistencia contra microorganismos al enrollar una cinta absorbente de agua alrededor de la periferia de un miembro de tensión central. El cable descrito consiste en el miembro de tensión, un núcleo de fibra óptica, una capa amortiguadora dispuesta alrededor del núcleo, una cinta de bobinado de prensa para un núcleo de cable de fibra óptica que recoge todos los elementos constitutivos y una carcasa. La cinta de absorción de agua se enrolla alrededor del miembro de tensión central y la cinta, la capa de amortiguación y la cinta de bobinado de prensa para un núcleo están constituidas por un material que consiste en un material de alto contenido de agua del grupo acrílico.

- 40 De acuerdo con esta referencia, cuando la relación de volumen de un espacio ocupado por el material absorbente de agua a un espacio en el cable formado antes de llenar el cable con el material absorbente de agua es R0 (%) y un aumento de la absorción de agua expresado por la relación ponderal del material absorbente de agua es M (veces), el cable de fibra óptica impermeable está diseñado de tal manera que el producto MR0 excede el 300 %.

Sumario de la invención

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

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

- 50 a) mostrar una superficie tan lisa como para evitar la fricción contra la fibra óptica, que puede dar lugar a microflexión; normalmente, las fricciones pueden ocurrir durante el procedimiento de fabricación del cable, la instalación y la vida útil;
- b) tener una estabilidad dimensional térmica a lo largo del intervalo térmico de funcionamiento del cable para no provocar tensiones a las fibras ópticas;
- 55 c) mostrar propiedades mecánicas adecuadas para el procedimiento de fabricación del cable óptico, en particular resistencia a la tracción;

- d) tener una absorción de agua efectiva en términos de volumen de hinchamiento y velocidad de reacción de hinchamiento.

5 El solicitante encontró que entre las propiedades mencionadas anteriormente, la alteración dimensional y las características de hinchamiento son particularmente importantes para impedir la propagación del agua a lo largo del micromódulo hasta tal punto que el micromódulo cumpla con el requisito del estándar internacional.

10 Dentro de la presente invención, el Solicitante percibió 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 empaquetado con fibras ópticas e hilo hinchable en agua, la capacidad de hinchamiento en términos de aumento de volumen del hilo hinchable en agua se ve obstaculizada y, como consecuencia, se perjudica la capacidad de impedir la propagación del agua a lo largo del micromódulo.

15 El Solicitante encontró que la propagación del 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 micro-flexión, utilizando 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 encontró que la capacidad para impedir la propagación del agua depende no solo de la relación del volumen de hinchamiento con el 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.

20 La presente invención se refiere a un procedimiento para controlar la propagación del agua en un cable óptico para comunicación que comprende:

- un elemento de retención;
- por lo menos dos fibras ópticas individuales alojadas dentro de dicho elemento de retención; y
- un hilo hinchable en agua alojado dentro de dicho elemento de retención, y dispuesto junto y en contacto con dichas por lo menos dos fibras ópticas individuales;

25 en el que el procedimiento comprende seleccionar el volumen mínimo del hilo hinchable en agua de acuerdo con la siguiente ecuación:

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

en la que

V_w es el volumen mínimo del hilo hinchable en agua después del hinchamiento al contactar con agua;

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

k es una constante = 180 mm³/m

R es una constante = 1,4; y

V_t es el volumen libre por cada fibra óptica.

35 A los efectos de la presente descripción y de las reivindicaciones que siguen, salvo que se indique lo contrario, todos los números que expresan cantidades, porcentajes, etc., debe entenderse que están modificados en todos los casos por el término "aproximadamente". Además, todos los intervalos incluyen cualquier combinación de los puntos máximo y mínimo descritos e incluyen cualquier intervalo intermedio en el mismo, que puede o puede no enumerarse específicamente en la presente memoria.

40 De acuerdo con la presente descripción y reivindicaciones, los volúmenes de las fibras ópticas, del hilo hinchable en agua y del elemento de retención están previstos como volumen por unidad de longitud, por ejemplo, mm³/m y se calculan sobre la base del área de su sección transversal. En el caso del elemento de retención, el volumen interior V_t se calcula sobre la base del área interior de la sección transversal.

45 En una realización del procedimiento de la presente invención, el elemento de retención tiene un espesor de 0,3 a 0,8 mm, y en lo sucesivo se indica como "tubo suelto". En este tipo de elemento de retención, las fibras ópticas se pueden proporcionar en haces, en cintas o en ambas configuraciones.

En otra realización del procedimiento de la presente invención, el elemento de retención tiene un espesor de 0,2 mm

o menos, por ejemplo de 0,15 mm, y en lo sucesivo se indica como "micromódulo". Dentro de cada micromódulo, las fibras ópticas se pueden disponer con o sin holgura. Como "holgura" en el presente documento se entiende una diferencia entre el diámetro interior del elemento de retención y el diámetro del círculo más pequeño que envuelve las fibras ópticas igual o mayor que el 1 %.

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

De acuerdo con el procedimiento de la presente invención, se prefiere un micromódulo del tipo suelto.

- 10 El volumen libre total V_{TF} es el volumen dentro del elemento de retención que queda vacante después de la inserción de las fibras ópticas. Se define de acuerdo con la siguiente relación:

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

en la que

m es el número de fibras ópticas;

- 15 V_i es el volumen interior del elemento de retención; y

V_f es el volumen de una sola fibra óptica.

Ventajosamente, el elemento de retención está fabricado de un material polimérico.

- 20 Los materiales adecuados, según las necesidades específicas, incluyen: polímeros y copolímeros de α -olefina, tales como polietileno de baja densidad (LDPE), polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno lineal de baja densidad (LLDPE), polietileno de densidad ultra baja (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-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 alcohol vinílico; terpolímeros de etileno-acrilato de metilo-ácido acrílico; o mezclas de los mismos. También se pueden usar olefinas, polímeros y copolímeros halogenados, cuando no se requiere ausencia de halógenos. Se prefieren el copolímero de etileno-acrilato de butilo, polietileno lineal de baja densidad (LLDPE), o mezclas de los mismos.

- 25 Ventajosamente, se añade una carga inorgánica (b) 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 carbonato de magnesio, carbonato de magnesio, hidrato de carbonato de calcio y magnesio, carbonato de magnesio y calcio o mezclas de los mismos. Son particularmente preferidos el hidróxido de magnesio, el hidróxido de aluminio, el trihidrato de alúmina ($Al_2O_3 \cdot 3H_2O$), o sus mezclas.

Ventajosamente al material polimérico pueden añadirse otros aditivos, tales como coadyuvantes de procesamiento, lubricantes, pigmentos, y otras cargas.

- 35 Como volumen interno V_i del elemento de retención se entiende en el presente documento el volumen por unidad de longitud confinado dentro del elemento de retención. Preferentemente, el volumen interno V_i se calcula sobre un diámetro interior de 1 mm a 1,2 mm. Preferentemente, el elemento de retención tiene un diámetro exterior de 1,3 mm a 1,5 mm.

- 40 Como V_f en el presente documento se entiende el volumen por unidad de longitud de una fibra óptica. Normalmente, en el caso de fibras ópticas como elementos de transmisión, su diámetro individual es de aproximadamente 0,25 mm. Preferentemente, el número de fibras ópticas es de 4 a 12.

- 45 Las fibras ópticas se pueden disponer sustancialmente paralelas o, preferentemente, según un patrón de hélice abierto (o hilado en SZ) alrededor del eje longitudinal del micromódulo, es decir, las fibras ópticas están trenzadas alrededor de dicho eje en secciones con una primera dirección de hilado (en forma de S) que se alternan con secciones con una dirección de hilado opuesta (en forma de Z).

El volumen libre V_t , en lo sucesivo denominado también "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 inferior a 2 minutos, ya que el tiempo de hinchamiento es el tiempo para alcanzar al menos el 90 % de la expansión máxima en contacto con el agua.

- 5 Ejemplos de hilos hinchables en agua útiles para llevar a cabo el procedimiento de la presente invención son filamentos o fibras de poliacrilato asociados opcionalmente a filamentos o hilos de poliéster, y filamentos o hilos de poliamida aromáticos revestidos con un polímero superabsorbente, tal como un poliacrilato.

De acuerdo con el procedimiento de la presente invención, el volumen V_w del hilo hinchable en agua (en lo sucesivo también denominado en el presente documento como "volumen de hinchamiento") se selecciona de acuerdo con la ecuación (1). La selección de V_w está correlacionada con el número de fibras ópticas destinadas a ser alojadas en el elemento de retención, y al volumen libre por fibra V_i del elemento de retención, como se deduce sustituyendo V_{TF} en la ecuación (1) por $V_t \cdot m$ según Ecuación (3) para obtener:

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

Multiplicando (4) de $V_t \cdot m$, se obtiene:

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

Breve descripción de los dibujos

El procedimiento de la invención se ilustrará más adelante con referencia a los siguientes ejemplos y figuras, en los que:

- La Figura 1 muestra un micromódulo del tipo suelto;
- 20 – la figura 2 muestra esquemáticamente un cable óptico que contiene micromódulos del tipo suelto;
- las figuras 3 y 4 ilustran los resultados de los ensayos de propagación del agua;
- la figura 5 ilustra la relación V_w/V_{TF} en función del volumen libre por fibra V_t .

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

25 La figura 1 representa un micromódulo 1 de tipo suelto. El elemento de retención 2 tiene un diámetro exterior de 1,46 mm, un diámetro interior de 1,23 mm y un espesor de 0,115 mm. El elemento de retención 2 incluye doce elementos de transmisión 3 en forma de fibras ópticas con un diámetro de 0,245 mm y un hilo hinchable en agua 4 con un diámetro de 0,5 mm. El hilo hinchable en agua 4 se muestra de forma arbitraria en el centro del elemento de retención 2, pero en la práctica es libre de moverse dentro del elemento de retención en la medida permitida por las fibras ópticas alojadas en el mismo.

30 Los materiales poliméricos termoplásticos adecuados para el elemento de retención, de acuerdo con las necesidades específicas, incluyen: polímeros y copolímeros de α -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-4-penteno, copolímero de etileno-alcohol vinílico; terpolímeros de etileno-acrilato de metilo-ácido acrílico; o mezclas de los mismos. También se pueden usar olefinas, polímeros y copolímeros halogenados, cuando no se requiere ausencia de halógenos. Se prefieren el copolímero de etileno-acrilato de butilo, el polietileno lineal de

40 baja densidad (LLDPE), o mezclas de los mismos.

Ejemplos de olefinas que se pueden usar y están disponibles en el mercado son el producto conocido con el nombre de Lotryl® de Atofina, Flexirene® de Polimeri Europa.

Ventajosamente, se añade una carga inorgánica (b) 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 carbonato de magnesio, carbonato de magnesio, hidrato de carbonato de calcio y magnesio, carbonato de magnesio y calcio o mezclas de los mismos. Son particularmente preferidos el hidróxido de magnesio, el hidróxido de aluminio, el trihidrato de alúmina ($Al_2O_3 \cdot 3H_2O$), o sus mezclas.

- 5 Ejemplos de cargas inorgánicas que pueden usarse para el elemento de retención y están disponibles en el mercado son los productos conocidos con el nombre Hydrofy® de Sima o Atomfor® de Omya.

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

- 10 La figura 2 ilustra esquemáticamente un cable óptico 100 que contiene doce micromódulos del tipo suelto 101, alojados en un tubo protector 102 de un material polimérico termoplástico, tal como el conocido en la técnica como LSOH (Low Smoke Zero Halogen) o de polietileno de media o alta densidad (MDPE o HDPE), opcionalmente añadido con una carga mineral tal como magnesio o hidróxido de aluminio, y que tiene un diámetro interior de 6,4 mm y un diámetro exterior de 8,4 mm.

- 15 Una cinta longitudinal 103 se aplica en posición radialmente externa sobre el tubo protector 102 y separa este último de la vaina 106. La vaina 106 puede ser de MDPE o HDPE, opcionalmente añadida con carga mineral, o de un material LSOH. En el presente caso, el espesor de la vaina es de 2,30 mm.

La cinta longitudinal 103 facilita la separación de la vaina 106 del tubo protector 102 durante la terminación del cable. Se proporcionan dos cordones de corte 104 en contacto con la cinta longitudinal 103, incrustados en la vaina 106, y en posición diametralmente opuesta entre sí.

- 20 Los refuerzos longitudinales 105 están incrustados en la vaina 106, paralelos entre sí. Dichos refuerzos longitudinales 105 restringen las alteraciones longitudinales del cable debido a tensiones termo-mecánicas. Preferentemente, los refuerzos longitudinales 105 están situados tangencialmente con respecto a la circunferencia del diámetro interior de la vaina 106 para minimizar la dimensión del cable. En el presente caso, el diámetro del refuerzo longitudinal 105 es de 1,6 mm. El material de estos componentes se puede seleccionar, por ejemplo, entre
25 plástico reforzado con fibra de vidrio, aramida/resina (aramida: poliamida aromática) o acero.

Ejemplo 1

Cables ópticos

Se fabricaron tres cables ópticos con el diseño de la Figura 2 y un diámetro externo de 13,8 mm con micromódulos bloqueados por agua, de acuerdo con las siguientes especificaciones:

- 30 – tubo protector de HDPE interiormente amortiguado con polvo hinchable en agua y talco; el tubo protector tenía un diámetro exterior de 6,1 mm y un diámetro interior de 4,6 mm;
– armadura de refuerzo provista en posición radialmente externa sobre la vaina, y fabricada de fibras de vidrio, que contiene filamentos tratados con polvo hinchable en agua;
35 – cinta longitudinal hinchable en agua;
– dos cordones de corte;
– dos refuerzos longitudinales en plástico reforzado con fibra de vidrio con un diámetro de 1,7 mm;
– vaina termoplástica que envuelve los refuerzos longitudinales, fabricada de HDPE con un espesor de aproximadamente 2,4 mm;
40 – cuatro micromódulos SZ trenzados con un ángulo de oscilación de $\pm 280^\circ$ y un paso de 2 m, cada uno de los cuales comprende:
– doce fibras ópticas Pirelli NEON®, cada una de las cuales tiene un diámetro de aproximadamente 0,245 mm;
– un elemento de retención de material LSOH, basado en LLDPE y EVA como materiales poliméricos termoplásticos e hidróxido de magnesio como carga inorgánica, que tiene diámetros y volumen interior de acuerdo con la Tabla 3; y
45 – un hilo hinchable en agua a partir de la siguiente Tabla 1.

Tabla 1

Cable	Hilo hinchable en agua	[mm ³ /m]	Hinchamiento después de 2 minutos (%)
1	GTB 150 (667 dTex)	3023	100
2	GTB 200 (500 dTex)	1915	100

(continuación)

Cable	Hilo hinchable en agua	[mm ³ /m]	Hinchamiento después de 2 minutos (%)
3	Twaron ® 1052 (1750 dTex)	1897	88
El volumen de hinchamiento V_w y el porcentaje de hinchamiento en el tiempo (velocidad de hinchamiento) se evaluaron por medio de un recipiente cilíndrico (diámetro = 75 mm) que aloja un pistón con un peso conocido (60 g), siendo este último libre de moverse verticalmente. Se puso una longitud conocida del hilo hinchable en agua a analizar (muestra seca) entre el pistón y el fondo del recipiente cilíndrico, para componer una urdimbre monocapa. El hilo se dejó hincharse en contacto con agua bidestilada que fluye a través de orificios en la base del pistón. Un comparador micrométrico midió el movimiento del pistón con el tiempo:			

También se analizaron los hilos hinchables en agua por sus características mecánicas. Los resultados se exponen en la Tabla 2.

5

Tabla 2

Cable	Hilo hinchable en agua	Resistencia a la tracción (N)	Alargamiento hasta rotura (%)
1	GTB 150	7	11
2	GTB 200	6	11
3	Twaron ® 1052	350	2,7
GTT 150-667 dTex y GTB 200-500 dTex son hilos hinchables en agua compuestos por fibras hinchables de poliácrlato sobre fibras de soporte de poliéster (Geca-Tapes). Twaron®1052-1750 dTex es un hilo hinchable en agua impregnado con un polímero superabsorbente (Twaron Products V.o.F., Países Bajos).			

Ejemplo 2

Ensayos de propagación de agua a lo largo de micromódulos bloqueados con agua

10 Los ensayos de propagación del agua se realizaron de acuerdo con el procedimiento F5B proporcionado por la norma internacional IEC 60794-1-2 (2001). En particular, se evaluó la resistencia a la propagación del agua a lo largo de los micromódulos aplicando una cabeza de agua de 1 m durante 24 horas en un extremo de muestras de micromódulos que tenían una longitud de 1 a 4 m. Las muestras de cable contienen micromódulos como los identificados en el Ejemplo 1, pero con diferente número de fibras ópticas, como se especifica en los resultados de los ensayos y comentarios.

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

20 Los ensayos se efectuaron en micromódulos que contenían un hilo que se hinchaba con agua y un número de fibras ópticas que oscilaba entre 1 y 12, así como el hilo hinchable en agua solamente. El volumen interior V_i de cada elemento de retención analizado permaneció sin cambios mientras se varió el número de fibras ópticas alojadas en el mismo y, por consiguiente, el volumen libre por fibra V_f .

25 Las figuras 3 y 4 muestran los resultados de la serie de ensayos realizados sobre 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 el micromódulo, las muestras del micromódulo n.º 8 se han analizado y los valores reportados son el promedio de los resultados de los ensayos individuales.

30 El efecto de bloqueo de agua realizado por cada hilo hinchable en agua analizado fue satisfactorio en ausencia de fibras ópticas en el micromódulo. Aumentando el número de fibras ópticas alojados en el micromódulo, se alargó la propagación del agua. Esto es sorprendente porque a diferencia de la hipótesis de que la propagación del agua debe reducirse disminuyendo progresivamente la holgura (el volumen libre total V_{TF} y el volumen libre por fibra V_f) que se deja a la propagación longitudinal del agua.

En particular, la Figura 3 muestra la influencia del número de fibras ópticas sobre la capacidad de bloqueo de agua del hilo hinchable en agua. Al aumentar el número de fibras ópticas, aumentó la propagación del agua a lo largo de cada micromódulo. En el cable 1 que contiene el GTB 150 como hilo hinchable en agua, la propagación del agua se

confinó en aproximadamente 1 m incluso cuando las fibras ópticas ascendían a 12; en los otros cables, que contienen hilo hinchable con un V_w notablemente menor que el GTB 150, se observó una penetración de agua tan limitada con un número de fibras ópticas de hasta 3-4.

5 Los ensayos para el cable 1 continuaron durante 14 días (ensayo suspendido al 15º día) y la propagación del agua nunca alcanzó los 200 cm de longitud. Más específicamente, las muestras de cable 1 que contenían 12 fibras ópticas mostraron una longitud de propagación del agua superior a 68-145 cm después de un ensayo de 14 días.

10 La figura 4 muestra que la propagación del agua a lo largo de los micromódulos analizados cambia en función del volumen libre por fibra V_t . La adición de fibras ópticas redujo progresivamente V_t . El volumen de hinchamiento del hilo hinchable en agua es uno de los factores que limitan la propagación del agua. El gráfico de la figura 4 confirma que los hilos hinchables en agua con V_w inferior pueden comportarse de manera eficiente solo para un volumen libre por fibra óptica V_t mayor que el valor predeterminado.

La Tabla 3 siguiente resume las características geométricas de los componentes de micromódulo, la relación de volumen descrita por la ecuación de acuerdo con el procedimiento de la invención y los resultados obtenidos a partir de los ensayos de propagación de agua.

15 Tabla 3

Elemento de retención DE/DI [mm]	V_i [mm ³ /m]	Hilo hinchable en agua V_w [mm ³ /m]	m	$V_i \times m$ [mm ³ /m]	V_t [mm ³ /m]	V_{TF} [mm ³ /m]	V_w/V_{TF}	Longitud de propagación del agua (promedio) [m]	ID Fig. 6
1,46/1,21	1149,9	GTB150 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	GTB150	12	565,7	51,88	622,5	4,86	<u>1,02</u>	F

DE = diámetro externo
DI = diámetro interior
El hilo Twaron® es un tipo 1052 de la Tabla 1 y 2 anterior.

Los datos de propagación del agua subrayados son los de acuerdo con la F5B de la norma internacional IEC 60794-1-2 (2001).

20 La figura 5 ilustra la relación V_w/V_{TF} en función del volumen libre por fibra V_t que, a su vez, depende del número de fibras ópticas alojadas en el elemento de retención. La curva de la figura 5 corresponde a la ecuación (1) según el procedimiento de la invención, en la que $k = 182$ mm³/m y $R = 1,42$. Algunos de los puntos de la Figura 5 corresponden a los experimentos detallados en la Tabla 3 y se identifican mediante la letra ID. Los puntos D, B, G, H, e I, por debajo de la curva, corresponden a experimentos que resultan en una migración de agua sensiblemente superior a 1 m. Los puntos I, M y N, por encima de la curva, corresponden a experimentos que resultan en una migración de agua menor de 1 m.

25 En particular, para valores altos de V_t , típicos del diseño de tubos sueltos, V_w/V_{TF} es casi constante, mientras que para valores bajos de V_t , típicos de la construcción de micromódulos, V_w/V_{TF} está fuertemente afectado por la variación de V_t . A V_{TF} constante, el comportamiento es significativamente diferente en el caso de pocas fibras ópticas o muchas fibras ópticas alojadas en el elemento de retención.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para controlar la propagación de agua en un cable óptico (100) para comunicación que comprende:

- un elemento de retención (2);
- por lo menos dos fibras ópticas individuales (3) alojadas dentro de dicho elemento de retención (2); y
- un hilo hinchable en agua (4) alojado dentro de dicho elemento de retención (2) y dispuesto junto, y en contacto, con dichas por lo menos dos fibras ópticas individuales (3);

en el que el procedimiento comprende seleccionar el volumen mínimo del hilo hinchable en agua (4) de acuerdo con la siguiente ecuación:

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

en la que

- V_w es el volumen mínimo del hilo hinchable en agua (4) después de hincharse tras el contacto con agua;
- V_{TF} es el volumen libre total en el elemento de retención (2);
- k es una constante = 180 mm³/m;
- R es una constante = 1,4; y
- V_i es el volumen libre por cada fibra óptica individual (3).

2. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el elemento de retención (2) tiene un espesor de 0,3 a 0,8 mm.

3. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el elemento de retención (2) tiene un espesor igual o inferior a 0,2 mm.

4. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, en el que dichas fibras ópticas individuales (3) están alojadas dentro del elemento de retención (2) con una holgura, prevista como una diferencia entre el diámetro interior del elemento de retención y el diámetro del círculo más pequeño que envuelve las fibras ópticas (3), igual o superior al 1 %.

5. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el elemento de retención (2) tiene un diámetro interior de 1 mm a 1,2 mm.

6. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el número de fibras ópticas (3) es de 4 a 12.

7. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las fibras ópticas (3) están trenzadas en SZ.

8. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el hilo hinchable en agua (4) tiene un tiempo de hinchamiento igual o inferior a 2 minutos.

9. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el hilo hinchable en agua (4) se selecciona de filamentos o fibras de poliacrilato asociados opcionalmente a filamentos o hilos de poliéster, y filamentos o hilos de poliamida aromática recubiertos con un polímero superabsorbente.

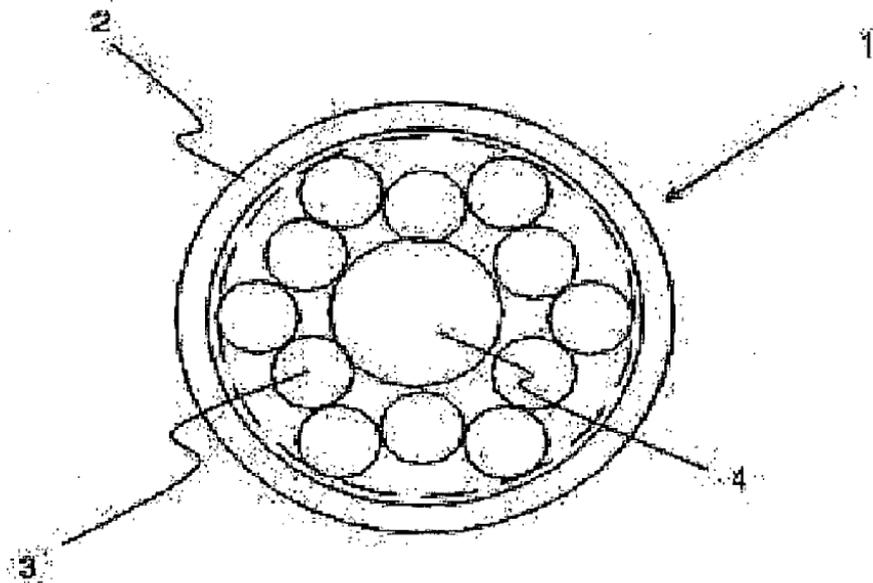


Fig. 1

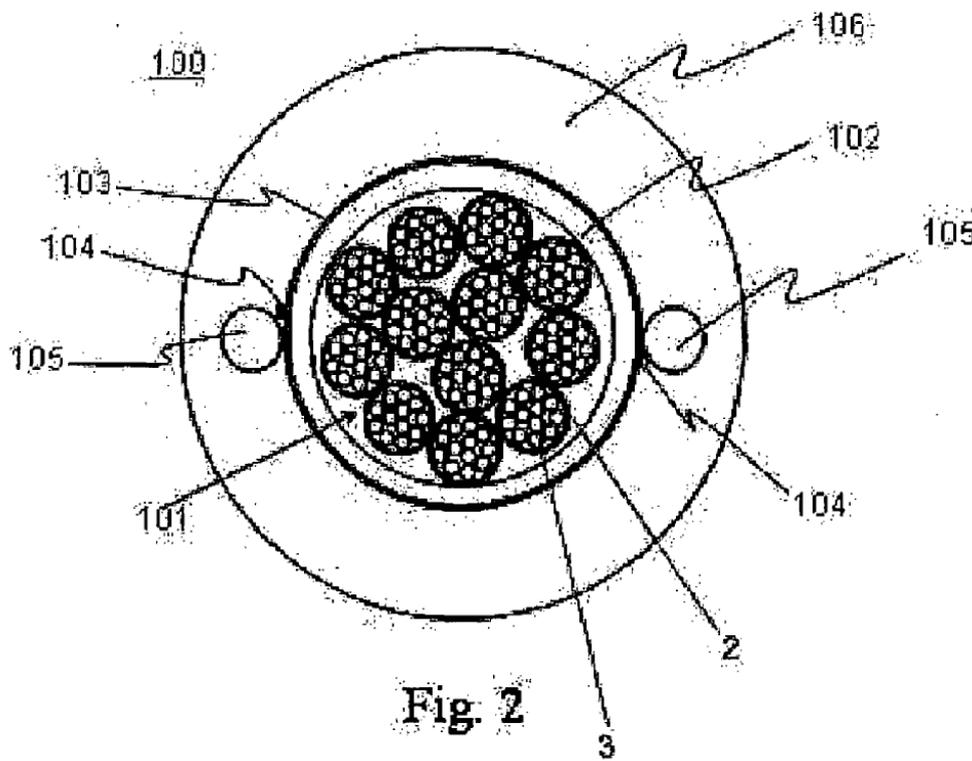


Fig. 2

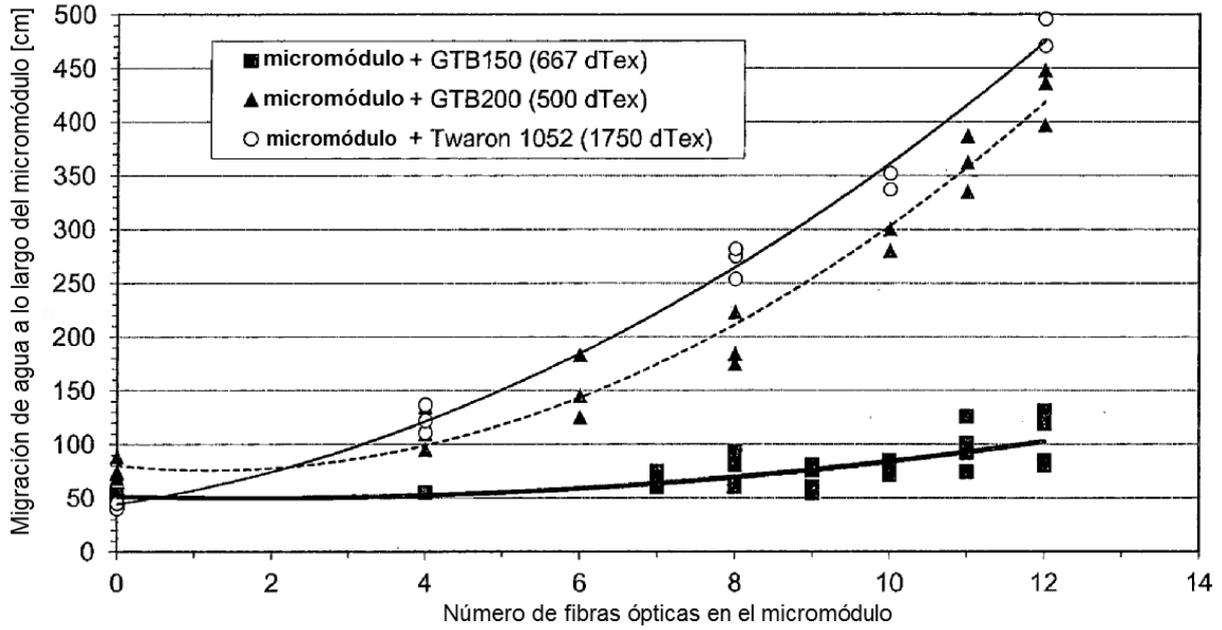


Fig. 3

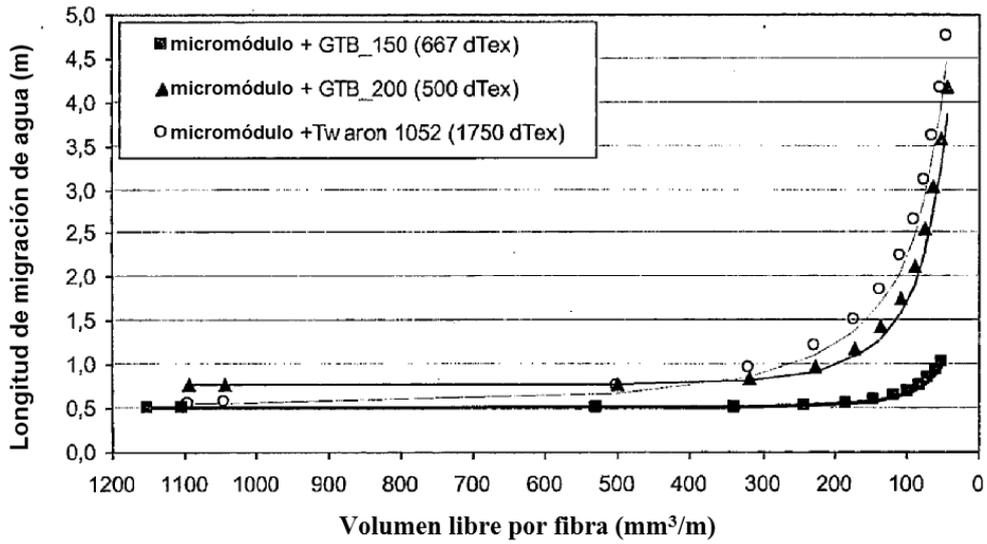


Fig. 4

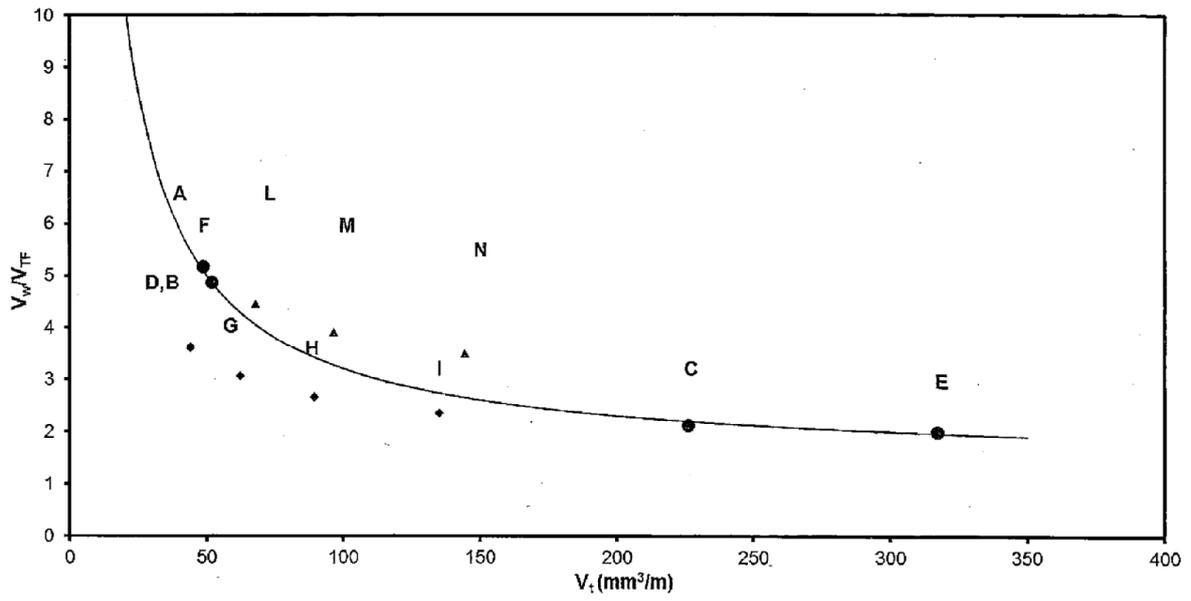


Fig. 5