

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 714 526**

51 Int. Cl.:

H01B 3/00 (2006.01)

H01B 13/00 (2006.01)

C01B 39/46 (2006.01)

H01B 13/22 (2006.01)

H01B 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.10.2013 PCT/IB2013/059562**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.04.2015 WO15059520**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.10.2013 E 13821961 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.12.2018 EP 3033753**

54 Título: **Cable de de transporte de energía con una capa reticulada aislante eléctricamente, y procedimiento para la extracción de subproductos reticulados de esta**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.05.2019

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

72 Inventor/es:
SICA, RODOLFO y
ANELLI, PIETRO

74 Agente/Representante:
CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 714 526 T3

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

DESCRIPCIÓN

Cable de de transporte de energía con una capa reticulada aislante eléctricamente, y procedimiento para la extracción de subproductos reticulados de esta

Antecedentes de la invención

5 La presente invención versa sobre un cable de de transporte de energía que tiene una capa reticulada aislante eléctricamente, y sobre un procedimiento para extraer subproductos reticulados de esta.

10 Los cables para transportar energía eléctrica generalmente incluyen al menos un núcleo de cable. El núcleo de cable está formada habitualmente por al menos un conductor cubierto secuencialmente por una capa polimérica interior que tiene propiedades semiconductoras, una intermedia que tiene propiedades aislantes eléctricamente, una capa polimérica externa que tiene propiedades semiconductoras. Los cables para transportar energía eléctrica de tensión media o alta generalmente incluyen al menos un núcleo de cable rodeada por al menos una capa de apantallamiento, normalmente fabricada de metal o de metal y de material polimérico. La capa de apantallamiento puede fabricarse en forma de hilos (trenzas), de una cinta helicoidalmente envuelta en torno al núcleo de cable o una lámina enrollada longitudinalmente en torno al núcleo de cable.

15 Las capas poliméricas que rodean el conductor están fabricadas comúnmente de un polímero reticulado a base de poliolefina, en particular polietileno reticulado (XLPE), o copolímeros elastoméricos de etileno/propileno (EPR) o etileno/propileno/dieno (EPDM), también reticulados, según se divulga, por ejemplo, en el documento WO 98/52197. La etapa de reticulación, llevada a cabo después de extrudir el material polimérico sobre el conductor, da al material propiedades mecánicas y eléctricas satisfactorias incluso a temperaturas elevadas tanto durante un uso convencional como con una sobrecarga de corriente.

20 El procedimiento reticulado de materiales de poliolefina, particularmente polietileno (XLPE), requiere la adición al material polimérico de un agente reticulante, habitualmente un peróxido orgánico, y subsiguientemente calentarlos a una temperatura que provoque la escisión y la reacción del peróxido. Se forman subproductos principalmente derivados de la descomposición del peróxido orgánico. En presencia de un campo eléctrico continuo, tales subproductos, estando atrapados dentro del material reticulado, provocan una acumulación de cargas espaciales que puede provocar descargas eléctricas y finalmente la perforación del aislamiento, particularmente en cables de de transporte de energía de corriente continua (CC). Por ejemplo, peróxido de dicumilo, el agente reticulado más común usado para el aislamiento de cables, forma metano (subproducto ligero) y subproductos pesados, principalmente acetofenona y alcohol cumílico. El metano puede ser eliminado del núcleo del cable con un procedimiento de desgasificación a una temperatura relativamente baja (en torno a 70°C), mientras que se puede eliminar la acetofenona y el alcohol cumílico solamente sometiendo el núcleo del cable a un procedimiento prolongado de desgasificación, a una temperatura adecuada para provocar la migración de los subproductos (habitualmente en torno a 70°C÷780°C) y la subsiguiente evaporación del núcleo de cable. Este procedimiento de desgasificación debe llevarse a cabo durante un largo periodo de tiempo (habitualmente de 15 días a aproximadamente 2 meses, dependiendo de las dimensiones del cable) y no puede llevarse a cabo continuamente sino solamente de lote en lote en dispositivos grandes de desgasificación que pueden albergar una longitud dada de cable. Esto aumenta en gran medida el tiempo y los costes de producción de los cables de de transporte de energía de CC.

40 En el documento US 2010/0314022 se describe un procedimiento para producir un cable aislado de CC con un sistema de aislamiento eléctrico a base de polímero extrudido, que comprende las etapas de: proporcionar un sistema de aislamiento a base de polímeros que comprende una composición formulada con polímeros, preferentemente una composición formulada con polietileno; opcionalmente la reticulación de la composición de polímeros; y finalmente exponer el sistema de aislamiento a base de polímeros a un procedimiento de tratamiento térmico mientras que se cubre la superficie exterior del sistema de aislamiento a base de polímeros mediante una cubierta impermeable a al menos una sustancia presente en el sistema de aislamiento a base de polímeros en una distribución no homogénea, igualando la concentración, de ese modo de la al menos una sustancia en el sistema de aislamiento a base de polímeros. La al menos una sustancia comprende habitualmente subproductos reticulados y diversos aditivos, que habitualmente aumentan la conductividad del material. Preferentemente, un papel metálico delgado o similar está enrollado en torno al rollo del cable de CC. Alternativamente, la cubierta impermeable puede ser el apantallamiento metálico o la cubierta o vaina exterior dispuesta por fuera del apantallamiento metálico. El efecto general de tal procedimiento es el de igualar tanto como sea posible la concentración de los subproductos reticulados en el interior de la capa aislante que, sin embargo, no son eliminados del núcleo del cable.

55 El documento JP 64-024308 versa sobre un cable de de transporte de energía de CC dotado de una capa amortiguadora de cargas espaciales colocada entre la capa semiconductora interna y la capa aislante o entre la capa semiconductora externa y la capa aislante, estando formada la capa amortiguadora de cargas espaciales por un copolímero de etileno con un monómero aromático, por ejemplo, estireno, en una cantidad de 0,01 a 2% molar por 1 mol de etileno. Debido al efecto de resonancia del anillo de benceno del monómero aromático, la energía de electrones circundantes es absorbida y se evita la formación de la carga espacial y, además, es posible mejorar la resistencia dieléctrica del polímero base.

El documento JP 02-253513 versa sobre un cable aislante reticulado de polietileno que debería evitar la degradación oxidativa provocada por el contacto con el oxígeno y debería permitir la operación continua a elevadas temperaturas. Como subproducto del peróxido orgánico, el alcohol cumílico experimenta una degradación para formar α -metilestireno y agua. La degradación de alcohol cumílico se acelera en la presencia del oxígeno. La humedad que se forma por la anterior degradación puede provocar la aparición de vacíos y arborescencias con nudos con la consecuente degradación del material aislante. Para evitar tales desventajas, un material plástico que contiene un absorbente de oxígeno dispuesto en la parte central y la capa semiconductora externa del conductor. Como absorbente de oxígeno, se puede usar un desoxidante, tal como un producto comercialmente disponible denominado Ageless de Mitsubishi Gas Chemical Co., que está formado por óxido de hierro/cloruro de potasio.

El documento US6383634B1 divulga un cable eléctrico de alta tensión para la transmisión o distribución de energía eléctrica que tiene al menos un conductor y un sistema aislante impregnado que comprende una parte dieléctrica maciza aislante eléctricamente, en la que las partículas dieléctricas finas en la parte sólida aislante eléctricamente comprenden una zeolita. La zeolita dispersada en un agente gelante rellena los vacíos en el cable. Como resultado, se puede reducir sustancialmente la sensibilidad a la temperatura durante la producción.

15 **Sumario de la invención**

El solicitante se ha enfrentado al problema de eliminar el procedimiento de desgasificación de larga duración a alta temperatura de los núcleos de cables de de transporte de energía que tienen una capa reticulada aislante, o al menos para reducir la temperatura y/o la duración del mismo, de forma que aumente la productividad y se reduzcan los costes de fabricación. El anterior objetivo debería lograrse sin aumentar la complejidad de la producción del cable y, por supuesto, sin ningún efecto perjudicial en el rendimiento del cable ni si quiera después de muchos años de su instalación.

El anterior problema y otros que serán más evidentes a partir de la siguiente descripción pueden ser resueltos al dotar al núcleo del cable de partículas de zeolita colocadas en las inmediaciones de la capa reticulada aislante, más específicamente en el núcleo del cable, por ejemplo, dentro del conductor del cable y/o en la capa semiconductora externa. Las partículas de zeolita son capaces de extraer y absorber, muy eficazmente y de manera irreversible, los subproductos derivados de la reacción reticulada, de forma que se evite la acumulación de carga espacial en el material aislante durante la vida útil del cable.

Por lo tanto, según un primer aspecto, la presente invención versa sobre un cable de de transporte de energía que comprende al menos un núcleo de cable que comprende un conductor eléctrico, una capa reticulada aislante eléctricamente, y partículas de zeolita colocadas en el núcleo del cable.

Según un segundo aspecto, la presente invención versa sobre un procedimiento para la extracción de subproductos reticulados de una capa reticulada aislante eléctricamente de un núcleo del cable de de transporte de energía, comprendiendo dicho procedimiento las siguientes etapas secuenciales:

35 fabricar un núcleo del cable de de transporte de energía que comprende un conductor eléctrico, una capa reticulada aislante eléctricamente que contiene subproductos reticulados, y partículas de zeolita;
calentar el núcleo del cable de de transporte de energía hasta una temperatura que provoca la migración de los subproductos reticulados de la capa reticulada aislante eléctricamente y, entonces, colocar un apantallamiento metálico en torno al núcleo del cable de de transporte de energía.

La etapa de calentar del procedimiento de la invención provoca que al menos una fracción de los subproductos reticulados sea absorbida sustancialmente de manera irreversible en las partículas de zeolita, mientras que otra fracción se difunde por fuera del núcleo del cable.

En particular, las partículas de zeolita absorben sustancialmente de manera irreversible algunos de los subproductos reticulados durante la etapa de calentamiento. Durante la etapa de calentamiento, una fracción de subproductos reticulados que es gaseosa a temperatura ambiente, tal como metano, o que tiene un punto bajo de ebullición, es eliminada haciendo que se difunda fuera del núcleo del cable. Preferentemente, se lleva a cabo la etapa de calentamiento a una temperatura de 70°C a 80°C, durante un tiempo de 7 a 15 días. La presencia de partículas de zeolita en las inmediaciones de la capa reticulada aislante eléctricamente evita que se extienda el procedimiento de desgasificación durante un tiempo mayor (habitualmente de 15 a 30 días), para eliminar subproductos de alto punto de ebullición, tales como alcohol cumílico y acetofenona.

Para el fin de la presente divulgación y de las siguientes reivindicaciones, salvo cuando se indique algo distinto, deberá entenderse que todos los números que expresan cantidades, cuantías, porcentajes, etcétera, están modificados en todos los casos por el término "aproximadamente". Además, todos los intervalos incluyen cualquier combinación de los puntos máximos y mínimos divulgados e incluyen cualquier intervalo intermedio de los mismos, que pueden o no estar enumerados específicamente en la presente memoria.

Para los fines de la invención, el término "tensión media" generalmente quiere decir una tensión entre 1 kV y 35 kV, mientras que "alta tensión" quiere decir tensiones más altas que 35 kV.

Con “capa aislante eléctricamente” se quiere decir una capa de cubierta fabricada de un material que tiene propiedades aislantes, en concreto, que tiene una rigidez dieléctrica (resistencia dieléctrica de ruptura) de al menos 5 kV/mm, preferentemente de al menos 10 kV/mm.

Con “capa reticulada aislante eléctricamente” se quiere decir una capa aislante fabricada de un polímero reticulado.

- 5 Para el fin de la presente divulgación y de las siguientes reivindicaciones, con “absorción irreversible” y similar, se quiere decir que una vez absorbido por las partículas de zeolita no se observa una liberación sustancial de subproductos después de encerrar el cable en una vaina hermética, tal como, por ejemplo, el apantallamiento metálico.

- 10 Con “núcleo” o “núcleo del cable” se quiere decir la porción del cable que comprende un conductor eléctrico, una capa aislante que rodea dicho conductor y, opcionalmente, al menos una capa semiconductor, por ejemplo, una capa semiconductor interna que rodea el conductor en una posición radialmente interna con respecto a la capa aislante y/o una capa semiconductor externa que rodea la capa aislante.

Para el fin de la presente divulgación y de las siguientes reivindicaciones, el término “en el núcleo del cable” quiere decir cualquier posición dentro o en contacto directo con al menos uno de los componentes del núcleo del cable.

- 15 Según una primera realización, el conductor eléctrico está formado por una pluralidad de filamentos trenzados conductores eléctricamente y las partículas de zeolita están colocadas dentro de los vacíos entre dichos filamentos.

El cable de la invención puede tener uno, dos o tres núcleos de cable.

Preferentemente, el cable de la invención comprende un núcleo del cable que comprende al menos una capa semiconductor.

- 20 Según una segunda realización, se colocan las partículas de zeolita en contacto con la capa semiconductor. Preferentemente, tal capa semiconductor es una capa semiconductor externa dispuesta sobre la capa reticulada aislante eléctricamente.

Según una tercera realización, se colocan las partículas de zeolita en la capa semiconductor. Preferentemente, tal capa semiconductor se encuentra en una capa semiconductor interna dispuesta sobre el conductor eléctrico.

- 25 Según una cuarta realización, se colocan las partículas de zeolita tanto dentro de los vacíos entre los filamentos del conductor eléctrico, como en una capa semiconductor, o en contacto con la misma, preferentemente la capa semiconductor exterior. De ese modo, el efecto de las partículas de zeolita se ejerce en ambos lados de la capa aislante eléctricamente y, por lo tanto, la extracción y absorción de los subproductos reticulados son más eficientes.

- 30 Las partículas de zeolita de la invención pueden ser dispersadas en un material, o sobre el mismo, colocado en el núcleo del cable.

- Según una realización preferente, las partículas de zeolita están dispersadas en un material de relleno. Preferentemente, el material de relleno es un material polimérico de relleno que puede ser proporcionado en el núcleo del cable mediante un procedimiento continuo de deposición, especialmente mediante extrusión o mediante extrusión por estirado. Preferentemente, el material de relleno es un material de relleno amortiguador que es colocado habitualmente entre los filamentos que forman el conductor eléctrico de un cable de transporte de energía para evitar la propagación de agua o humedad que pueda penetrar en el conductor del cable, especialmente cuando se ha de instalar el cable en entornos muy húmedos o por debajo del agua. El material de relleno amortiguador de generalmente comprende un material polimérico y un material higroscópico, por ejemplo, un compuesto basado en un copolímero de etileno, por ejemplo, un copolímero de etileno/acetato de vinilo, relleno con un polvo de absorción de agua, por ejemplo, polvo de poliacrilato sódico.
- 35
- 40

- Según otra realización, las partículas de zeolita están dispersadas sobre la superficie de un hilo higroscópico o una cinta higroscópica. En general, se conocen los hilos higroscópicos en cables de transporte de energía para ser colocados en contacto con los filamentos conductores y/o con la capa semiconductor externa, de forma que proporcione propiedades hidrófobas. Los hilos higroscópicos están fabricados, en general, de filamentos poliméricos, por ejemplo, filamentos de poliéster, en los que se depositan partículas de un material higroscópico, por ejemplo, sales de poliacrilato, por medio de un material adhesivo, normalmente alcohol de polivinilo (PVA). Tales hilos pueden ser modificados según la presente invención depositando una mezcla de partículas higroscópicas y de partículas de zeolita sobre los filamentos poliméricos. En particular, los filamentos poliméricos pueden humedecerse con una solución de un material adhesivo y, entonces, las partículas de zeolita son espolvoreadas sobre la misma y permanecen atrapadas en la solución y, tras el secado, en el material adhesivo.
- 45
- 50

Se puede usar una técnica similar para proporcionar cintas higroscópicas que incluyen partículas de zeolita. Las cintas higroscópicas usadas comúnmente en cables de transporte de energía pueden no ser conductoras, en caso de que estén colocadas en el cable de apantallamiento, o pueden ser semiconductoras cuando se coloquen en contacto con la capa semiconductor exterior. En las cintas, normalmente fabricadas de un material no tejido de

filamentos poliméricos, se depositan partículas de un material higroscópico, por ejemplo, sales de poliacrilato, mediante un material adhesivo, según se ha mencionado anteriormente. Tales cintas pueden ser modificadas según la presente invención depositando una mezcla de partículas higroscópicas y de partículas de zeolita en el material no tejido.

- 5 Según las anteriores realizaciones preferentes, es evidente que las partículas de zeolita pueden ser colocadas en las inmediaciones de la capa reticulada aislante eléctricamente por medio de los elementos del cable que ya son componentes habituales de los cables de transporte de energía, tales como cintas o hilos higroscópicos o materiales de relleno amortiguadores de evitando, así, añadir al cable un componente adicional que no sería necesario para un cable convencional. Esto reduce notablemente el tiempo y los costes de fabricación del cable. La
10 ventaja anterior no excluye la posibilidad de dotar al cable de transporte de energía de partículas de zeolita por medio de uno o más componentes adicionales colocados intencionalmente en el cable para obtener la extracción y la absorción de los subproductos reticulados.

- Con relación a las partículas de zeolita adecuadas para la presente invención, pueden ser seleccionadas de una amplia gama de aluminosilicatos de origen natural o sintético, que tienen una estructura microporosa que puede
15 acomodar una variedad de cationes, tales como Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} y otros. Actúan como cribas moleculares debido a su capacidad de clasificar selectivamente moléculas principalmente en función de un procedimiento de exclusión por tamaño. También se usan ampliamente como catalizadores, especialmente en la industria petroquímica.

- Sin entrar en consideraciones teóricas para explicar la presente invención, el solicitante cree que las partículas de zeolita son particularmente eficaces como absorbentes irreversibles para los subproductos reticulados, tales como la acetofenona y el alcohol cumílico, dado que estas moléculas, cuando son introducidas en la estructura microporosa
20 de la zeolita, parecen experimentar una reacción de oligomerización (específicamente, una reacción de dimerización) que las convierte en moléculas mucho más voluminosas. Como resultado, se atrapan de manera irreversible los subproductos reticulados, ahora voluminosos, en la estructura de la zeolita y no pueden migrar de vuelta al exterior, ni si quiera después de una exposición prolongada a temperaturas relativamente altas, tales como
25 las alcanzadas por el cable de transporte de energía durante el uso. Incluso en la ausencia de las reacciones de oligomerización, los subproductos permanecen principalmente en las partículas de zeolita dado que su solubilidad en el polímero reticulado es menor que la de las partículas de zeolita.

Preferentemente, las partículas tienen una proporción molar $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ igual o inferior a 20, más preferentemente igual o inferior a 15.

- 30 Preferentemente, las partículas de zeolita tienen un diámetro máximo de una esfera que puede difundirse a lo largo de al menos una (preferentemente, las tres) de las direcciones de los ejes celulares (en lo que sigue también denominado "diámetro de esfera") igual o mayor que 3 Å. Según es bien sabido en la técnica de la zeolita, este diámetro de esfera proporciona información cuantitativa sobre el tamaño de los canales presentes en la estructura de zeolita, que puede desarrollarse en una dimensión, dos dimensiones o tres dimensiones (lo que se denomina
35 "dimensionalidad" que puede ser 1, 2 o 3). Preferentemente, las partículas de zeolita de la invención tienen una dimensionalidad de 2, más preferentemente de 3.

Preferentemente, las partículas de zeolita tienen un contenido de sodio, expresado como Na_2O , igual o inferior a 0,3% en peso.

- 40 Las partículas de zeolita que tienen una proporción molar $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, el diámetro de esfera y el contenido de sodio en los intervalos preferentes según la invención son capaces de absorber una cantidad de subproductos reticulados de alta punto de ebullición en un momento dado mayor que otras partículas de zeolita que tienen al menos una de las características mencionadas fuera del intervalo según la invención.

- Se pueden encontrar más detalles sobre la nomenclatura y los parámetros de la zeolita, en, por ejemplo, IUPAC
45 Recommendations 2001, Pure Appl. Chem., Vol. 73, No. 2, pp. 381-394, 2001, o en su página web de International Zeolite Association (IZA) (<http://www.iza-structure.org/>).

- Con relación a la cantidad de partículas de zeolita que han de ser colocadas en las inmediaciones de la capa reticulada aislada eléctricamente, puede variar dentro de un amplio intervalo y depende, principalmente, sobre el tipo de zeolita, la cantidad de subproductos que ha de ser eliminada, el grosor de la capa aislante, la temperatura de
50 desgasificación, y el contenido diana final de subproductos. Según evaluaciones preliminares, suponiendo una diana final del 0,32% en peso de contenido de alcohol cumílico, las partículas de zeolita están, preferentemente, presentes en una cantidad de 70 g/m a 1000 g/m para un grosor aislante de 25 mm y de 27 g/m a 450 g/m para un grosor aislante de 15 mm, más preferentemente de 70 g/m a 210 g/m para un grosor aislante de 25 mm y de 27 g/m a 80 g/m para un grosor aislante de 15 mm, estando expresadas las unidades como cantidad de partículas de zeolita (en gramos) con respecto a la longitud del cable (en metros). En vista de los intervalos e indicaciones anteriores, una
55 persona experta es capaz de determinar sin una carga indebida una cantidad adecuada de partículas de zeolita que ha de ser añadida a una capa aislante dada.

Con relación a la capa reticulada aislante eléctricamente, comprende preferentemente, al menos una poliolefina, más preferentemente al menos un homopolímero de etileno o copolímero de etileno con al menos una alfaolefina C₃-C₁₂, que tiene una densidad de 0,910 g/cm³ a 0,970 g/cm³, más preferentemente de 0,915 g/cm³ a 0,940 g/cm³.

5 Preferentemente, el homopolímero o copolímero de etileno tiene una temperatura (T_m) de fusión superior a 100°C y/o una entalpía de fusión (ΔH_m) superior a 50 J/g.

10 Preferentemente, el homopolímero o copolímero de etileno es seleccionado de: polietileno (MDPE) de densidad media que tiene una densidad de 0,926 g/cm³ a 0,970 g/cm³; polietileno (LDPE) de baja densidad y polietileno (LLDPE) de densidad baja lineal que tiene una densidad de 0,910 g/cm³ a 0,926 g/cm³; polietileno (HDPE) de alta densidad que tiene una densidad de 0,940 g/cm³ a 0,970 g/cm³. En una realización de la invención, la capa reticulada aislante eléctricamente comprende LDPE.

15 Preferentemente, la poliolefina que forma la capa reticulada aislante eléctricamente está reticulada por la reacción con al menos un peróxido orgánico. Preferentemente, el peróxido orgánico tiene la fórmula R₁-O-O-R₂, en la que R₁ y R₂, iguales o diferentes entre sí, son alquilos C₁-C₁₈, arilos C₆-C₁₂, alquilarilos o arilalquilos C₇-C₂₄ lineales o, preferentemente, ramificados. En una realización, el peróxido orgánico es seleccionado de: peróxido dicumílico, peróxido t-butil cumílico, 2,5-dimetil-2,5-di(t-butil peroxi)hexano, peróxido di-t-butílico, o mezclas de los mismos.

Preferentemente, se añade el peróxido orgánico a la poliolefina en una cantidad de 0,05% a 8% en peso, más preferentemente de 0,1% a 5% en peso.

20 La capa reticulada aislante eléctricamente puede comprender, además, una cantidad eficaz de uno o más aditivos, seleccionados de, por ejemplo: antioxidantes, estabilizadores térmicos, adyuvantes al procedimiento, agentes de antiprevulcanización y materiales inorgánicos de relleno.

25 El cable según la presente invención incluye, además, al menos una capa semiconductor. La capa semiconductor está formada, preferentemente, por un material polimérico reticulado, más preferentemente la misma poliolefina reticulada usada para la capa aislante eléctricamente, o al menos un material de relleno conductor de , preferentemente, un material de relleno negro de carbón. El material de relleno conductor de está dispersado, generalmente, dentro del material polimérico reticulado en una cantidad tal para proporcionar al material propiedades semiconductoras, en concreto, para obtener un valor de resistividad volumétrica, a temperatura ambiente, inferior a 500 Ω·m, preferentemente inferior a 20 Ω·m. Habitualmente, la cantidad de negro de carbón puede encontrarse entre 1 y 50% en peso, preferentemente entre 3 y 30% en peso, con respecto al peso del polímero.

30 La producción del cable de de transporte de energía según la presente invención puede llevarse a cabo según técnicas conocidas, particularmente mediante extrusión de la capa aislante eléctricamente y de al menos una capa semiconductor sobre el conductor eléctrico.

Según una realización preferente, el conductor eléctrico está formado por una pluralidad de filamentos trenzados conductores eléctricamente y se colocan las partículas de zeolita dentro de los vacíos entre dichos filamentos.

35 Alternativamente, las partículas de zeolita pueden ser depositadas, preferentemente, en al menos un hilo higroscópico colocado en contacto con los filamentos trenzados conductores eléctricamente.

Según otra realización, las partículas de zeolita pueden ser dispersadas en un material de relleno y el material de relleno que contiene las partículas de zeolita es extrudido o extrudido por estirado sobre el conductor eléctrico, de forma que rellene vacíos entre los filamentos del conductor.

40 Según otra realización preferente, la cinta higroscópica que contiene las partículas de zeolita es envuelta sobre una capa semiconductor externa dispuesta sobre la capa aislante eléctricamente. Subsiguientemente, el núcleo del cable, desprovista del apantallamiento metálico, es calentada a una temperatura para que provoque la migración de los subproductos reticulados de la capa reticulada aislante eléctricamente a las partículas de zeolita absorbiendo, así, los subproductos reticulados. Después, se coloca un apantallamiento metálico en torno al núcleo del cable de de transporte de energía según las técnicas bien conocidas.

45

Breve descripción de los dibujos

Características adicionales serán evidentes a partir de la descripción detallada dada en lo que sigue con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

50 la Figura 1 es una sección transversal de una primera realización de un cable de de transporte de energía, particularmente adecuado para tensión media o alta, según la presente invención;
la Figura 2 es una sección transversal de una segunda realización de un cable de de transporte de energía, particularmente adecuado para tensión media o alta, según la presente invención;
las Figuras 3, 4 y 5 muestran algunos resultados experimentales obtenidos según los ejemplos documentados en lo que sigue.

Descripción detallada de las realizaciones preferentes

En la Figura 1, se representa esquemáticamente una sección transversal de una primera realización de un cable (1) según la presente invención, que comprende un conductor eléctrico (2), una capa semiconductor interna (3), una capa aislante eléctricamente (4), una capa semiconductor externa (5), un apantallamiento metálico (6) y una vaina (7). El conductor eléctrico (2), la capa semiconductor interna (3), la capa aislante eléctricamente (4), y la capa semiconductor externa (5) constituyen el núcleo del cable (1). El cable (1) está concebido particularmente para el transporte de corriente de tensión media o alta.

El conductor (2) consiste en filamentos metálicos (2a), preferentemente de cobre o aluminio o ambos, trenzados entre sí mediante procedimientos convencionales. La capa aislante eléctricamente (4), las capas semiconductoras (3) y (5) están fabricadas extrudiendo materiales poliméricos según técnicas conocidas. Normalmente, se coloca en torno a la capa conductora externa (5), una capa (6) de apantallamiento metálico, fabricada de bandas o hilos conductores envueltos helicoidalmente en torno al núcleo del cable o de una cinta conductora eléctricamente enrollada longitudinalmente y solapada (preferentemente encolada) sobre la capa subyacente. Normalmente el material conductor eléctricamente de dichos hilos, bandas o cinta es cobre o aluminio o ambos. La capa (6) de apantallamiento puede estar cubierta por una vaina (7), generalmente fabricada de una poliolefina, habitualmente polietileno, en particular, polietileno de alta densidad. Según una realización de la presente invención, se colocan las partículas de zeolita dispersadas en un material de relleno dentro de vacíos (2b) entre dichos filamentos (2a).

En la Figura 2, se representa esquemáticamente una sección transversal de otra realización del cable (1) según la presente invención, que comprende los mismos elementos descritos en la Figura 1, con la adición de una cinta higroscópica (8), enrollada sobre la capa conductora externa (5), en la que se dispersan las partículas de zeolita. En una realización adicional, también se pueden dispersar las partículas de zeolita en un material de relleno colocado dentro de vacíos (2b) entre los filamentos metálicos (2a) que forman el conductor eléctrico (2), de manera análoga a lo descrito en la Figura 1.

En otra realización adicional, la capa semiconductor (3) del cable (1) tiene la forma de una cinta semiconductor enrollada en torno al conductor eléctrico (2), tal como una cinta semiconductor que contiene partículas de zeolita.

Las Figuras 1 y 2 muestran solamente dos realizaciones de la presente invención. Se pueden realizar modificaciones adecuadas a estas realizaciones según necesidades técnicas específicas y requisitos de aplicación sin alejarse del alcance de la invención.

Se proporcionan los siguientes ejemplos para ilustrar adicionalmente la invención.

Ejemplos 1-7

Se llevaron a cabo algunos ensayos para evaluar la capacidad de diferentes materiales para absorber alcohol cumílico, uno de los subproductos principales derivados de la reacción de reticulación de polietileno con peróxido cumílico. Cada material que tiene la forma de partículas finas fue colocado en una cantidad de aproximadamente 0,6 g en bolsitas fabricadas de un material de poliéster no tejido, que son porosas para permitir la migración libre de las moléculas de alcohol cumílico.

Las bolsitas de los materiales que han de ser sometidos a ensayo fueron colocadas en un cilindro fabricado de aluminio, que tiene una pluralidad de rebajes para albergar las muestras y una cavidad circular central en la que se colocó un vaso de vidrio para precipitados que contenía alcohol cumílico. En uno de los rebajes, se colocó una muestra completamente desgasificada de polietileno reticulado (XLPE) para medir la solubilidad del alcohol cumílico en ese material como referencia. El cilindro, que contenía las bolsitas de los materiales que han de ser sometidos a ensayo, la muestra de XLPE y el alcohol cumílico, fue cerrado con una placa dotada de una junta tórica para obtener un cierre estanco. La cantidad de alcohol cumílico absorbida por cada muestra fue medida pesando la muestra a intervalos regulares de hasta 1460 horas de exposición al alcohol cumílico cuando se han alcanzado las condiciones asintóticas a todas las temperaturas en el intervalo de 40° a 70°C. La solubilidad del alcohol cumílico en cada muestra fue calculada como:

$$\text{Solubilidad A.C.} = \frac{\text{A.C. \%}}{p(\text{A.C.})}$$

en la que:

A.C. % es el porcentaje de peso del alcohol cumílico absorbido por la muestra con respecto al peso inicial de la muestra;
p(A.C.) es la tensión de vapor del alcohol cumílico a la temperatura de ensayo (expresada en bares).

El ensayo se llevó a cabo a diferentes temperaturas (40°C, 60°C y 70°C). Los resultados están documentados en la Tabla 1.

TABLA 1

Ejemplo	Material	Solubilidad de A.C. (% en peso/bar)		
		40°C	60°C	70°C
1(*)	XLPE	15.804	7.648	5.421
2(*)	Dellite 72T	106.438	24.068	19.322
3(*)	Carbon D	212.452	52.204	35.184
4(*)	Supelcarb	241.933	61.572	41.330
5(*)	J550	278.031	20.396	26.292
6	CBV 600	1.154.989	257.433	131.559
7	CBV 712	1.151.132	255.940	128.989

Los ejemplos marcados con un asterisco (*) son comparativos.

XLPE: polietileno (Borealis LE 4253) reticulado por peróxido cumílico (1.45% en peso, precalentando a 120°C durante 2 minutos, calentando a 150°C durante 15 minutos y enfriamiento final a 20°C);

5 Dellite 72T: nanoarcilla de montmorilonita modificada con sal amónica cuaternaria (Laviosa Chimica Mineraria S.p.A.);

Carbon D: carbón activo Carbon Decolorans código 434507 (Carlo Erba, IT);

Supercarb: carbón activo Adsorbent 2-4566 (SUPELCO, Bellefonte PA USA);

10 J550: resina de poliácrlato de sodio Aqua Keep 10SH-P (SUMITOMO SEIKA);

CBV 600: zeolita de tipo Y que tiene: área superficial específica = 660 m²/g; proporción de SiO₂/Al₂O₃ = 5,2; Na₂O % = 0,2; dimensionalidad = 3; diámetro máximo de la esfera de difusión = 7,35 Å (ZEOLYST);

CBV 712: zeolita de tipo Y que tiene: área superficial específica = 730 m²/g; proporción de SiO₂/Al₂O₃ = 12; Na₂O % = 0,05; dimensionalidad = 3; diámetro máximo de la esfera de difusión = 7,35 Å (ZEOLYST).

15 Por los datos documentados en la Tabla 1, es evidente que en los Ejemplos 6 y 7 según la invención las zeolitas son capaces de absorber alcohol cumílico en grandes cantidades, mucho mayores que las obtenibles por medio de otros materiales absorbentes, tales como la nanoarcilla de montmorilonita, partículas de carbono y resina de poliácrlato sódico, un material de absorción de agua comúnmente usado en cables de de transporte de energía.

20 **Ejemplos 8-11**

Para simular las condiciones en un cable de de transporte de energía, se evaluó la capacidad de absorción de la zeolita CBV 600 según el siguiente procedimiento.

El Borealis reticulado LE 4253, comúnmente usado como material aislante para cables de de transporte de energía de CC, fue usado para producir discos de polietileno recién reticulado según se ha divulgado anteriormente.

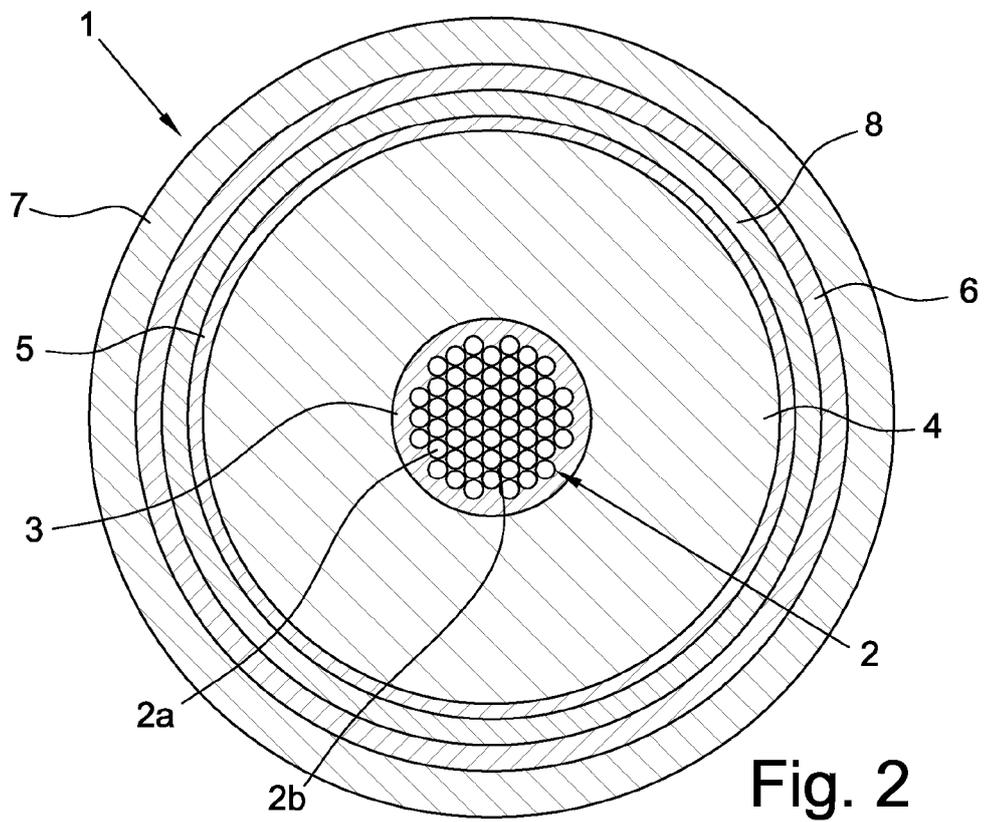
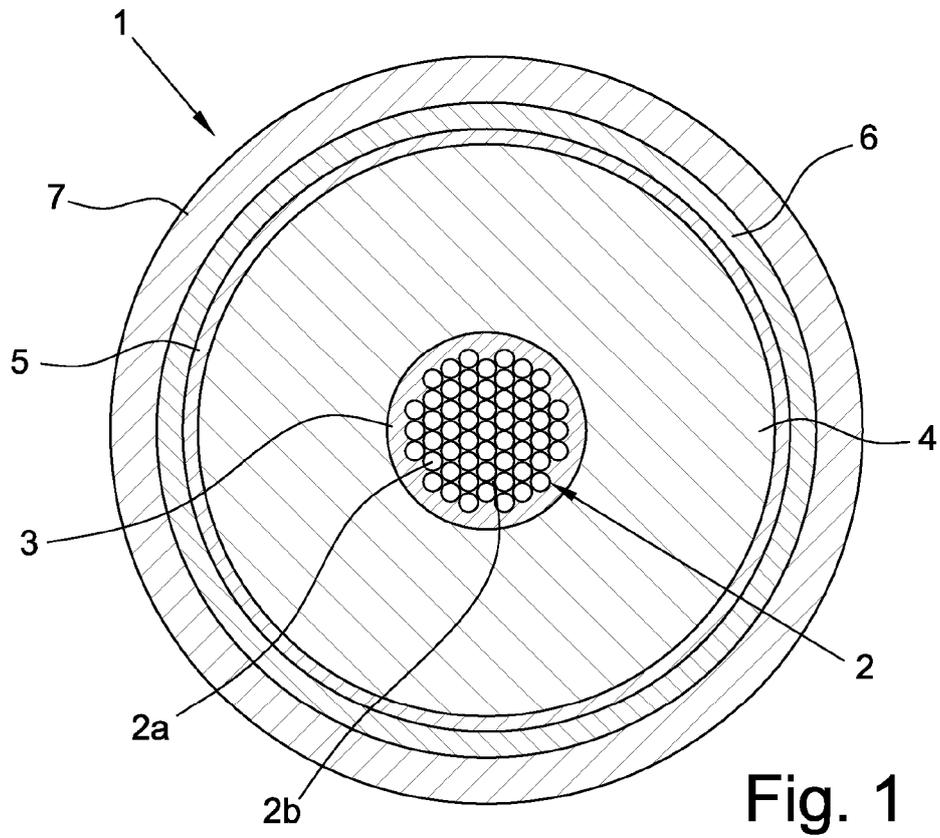
25 Se colocó un disco de LE 4253 recién reticulado (diámetro 140 mm, grosor 2,87 mm) en un cilindro similar al de los Ejemplos 1-7, pero desprovisto de rebajes y de una cavidad para albergar muestras y un recipiente, y se colocaron las tres bolsitas, según se describe en los Ejemplos 1-7 que contienen zeolita CBV 600, en el disco (proporción de peso de la zeolita/LE 4253 = 0,013). Se cerró el dispositivo de ensayo de manera estanca y se mantuvo a la temperatura de ensayo (60°C o 40°C) durante 16 días. En los diagramas de las Figuras 3-4, se documentan las cantidades de acetofenona y alcohol cumílico en el disco de LE 4253 como tales (es decir, inmediatamente después de la reticulación) y después del contacto con la zeolita. Es evidente una reducción notable de la cantidad de subproductos reticulantes en el material aislante cuando se coloca en contacto con las partículas de zeolita.

30 **Ejemplos 12-13**

35 Para evaluar la capacidad de las partículas de zeolita para absorber los subproductos reticulados incluso durante almacenamiento a temperatura ambiental, se colocó una muestra de zeolita CBV600 (Ejemplo 12) o de zeolita CBV712 (Ejemplo 13) en una bolsa fabricada de Polylam™, en la que también se colocó un pequeño recipiente que contenía alcohol cumílico. La bolsa fue cerrada herméticamente. La cantidad de alcohol cumílico absorbida por la muestra de zeolita fue medida con el paso del tiempo extrayendo la muestra de zeolita de la bolsa tras cierto tiempo. Los resultados están documentados en el diagrama de la Figura 5, por la cual parece que la zeolita siguió absorbiendo alcohol cumílico incluso después de más de 4000 horas de exposición a 23°C. A partir de estos datos, podemos deducir que las partículas de zeolita colocadas en las inmediaciones de la capa aislante de un cable de de transporte de energía deberían ser capaces de eliminar subproductos reticulantes no solo durante el calentamiento de desgasificación sino también durante el almacenamiento del cable a temperatura ambiental.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un cable de de transporte de energía que comprende al menos un núcleo del cable que comprende un conductor eléctrico, una capa reticulada aislante eléctricamente que comprende al menos una poliolefina reticulada por reacción con al menos un peróxido orgánico, y partículas de zeolita colocadas en el núcleo del cable.
2. Cable de de transporte de energía según la reivindicación 1, en el que el conductor eléctrico está formado por una pluralidad filamentos trenzados conductores eléctricamente y las partículas de zeolita están colocadas dentro de los vacíos entre dichos filamentos.
- 10 3. Cable de de transporte de energía según la reivindicación 1, en el que el núcleo del cable comprende al menos una capa semiconductora.
4. Cable de de transporte de energía según la reivindicación 3, en el que las partículas de zeolita están colocadas en contacto con la capa semiconductora.
5. Cable de de transporte de energía según la reivindicación 4, en el que la capa semiconductora es una capa semiconductora exterior que rodea la capa aislante eléctricamente.
- 15 6. Cable de de transporte de energía según la reivindicación 3, en el que las partículas de zeolita están colocadas en una capa semiconductora.
7. Cable de de transporte de energía según la reivindicación 6, en el que la capa semiconductora es una capa semiconductora interior que rodea el conductor eléctrico.
- 20 8. Cable de de transporte de energía según la reivindicación 1, en el que las partículas de zeolita están dispersadas en/sobre un sustrato, incluyendo tal sustrato cualquier material de relleno, hilo higroscópico o cinta higroscópica.
9. Cable de de transporte de energía según la reivindicación 1, en el que las partículas de zeolita tienen una proporción molar $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ igual o inferior a 20.
- 25 10. Cable de de transporte de energía según la reivindicación 1, en el que las partículas de zeolita tienen una proporción molar $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ igual o inferior a 15.
11. Cable de de transporte de energía según la reivindicación 1, en el que las partículas de zeolita tienen un diámetro máximo de una esfera que puede difundirse a lo largo de al menos una de las direcciones de ejes celulares igual o mayor que 3 Å.
- 30 12. Cable de de transporte de energía según la reivindicación 1, en el que las partículas de zeolita tienen un contenido de sodio, expresado como Na_2O , igual o inferior al 0,3% en peso.
13. Un procedimiento para la extracción de subproductos reticulados de una capa reticulada aislante eléctricamente de un núcleo del cable de de transporte de energía, comprendiendo dicho procedimiento las siguientes etapas secuenciales:
 - 35 fabricar un núcleo de cable de de transporte de energía que comprende un conductor eléctrico, una capa reticulada aislante eléctricamente que comprende al menos una poliolefina reticulada por reacción con al menos un peróxido orgánico y que contiene subproductos reticulados, y partículas de zeolita;
 - calentar el núcleo del cable de de transporte de energía hasta una temperatura que provoca la migración de los subproductos reticulados desde la capa reticulada aislante eléctricamente hasta las partículas de zeolita absorbiendo, con ello, las partículas de zeolita los subproductos reticulados; y
 - 40 colocar, a continuación, un apantallamiento metálico en torno al núcleo del cable de de transporte de energía.
14. Procedimiento según la reivindicación 13, en el que la etapa de calentamiento se lleva a cabo a una temperatura de 70°C a 80°C, durante un tiempo de 7 a 15 días.
- 45 15. Procedimiento según la reivindicación 13, en el que la etapa de calentamiento provoca que al menos una fracción de los subproductos reticulados sea absorbida de manera irreversible en las partículas de zeolita.



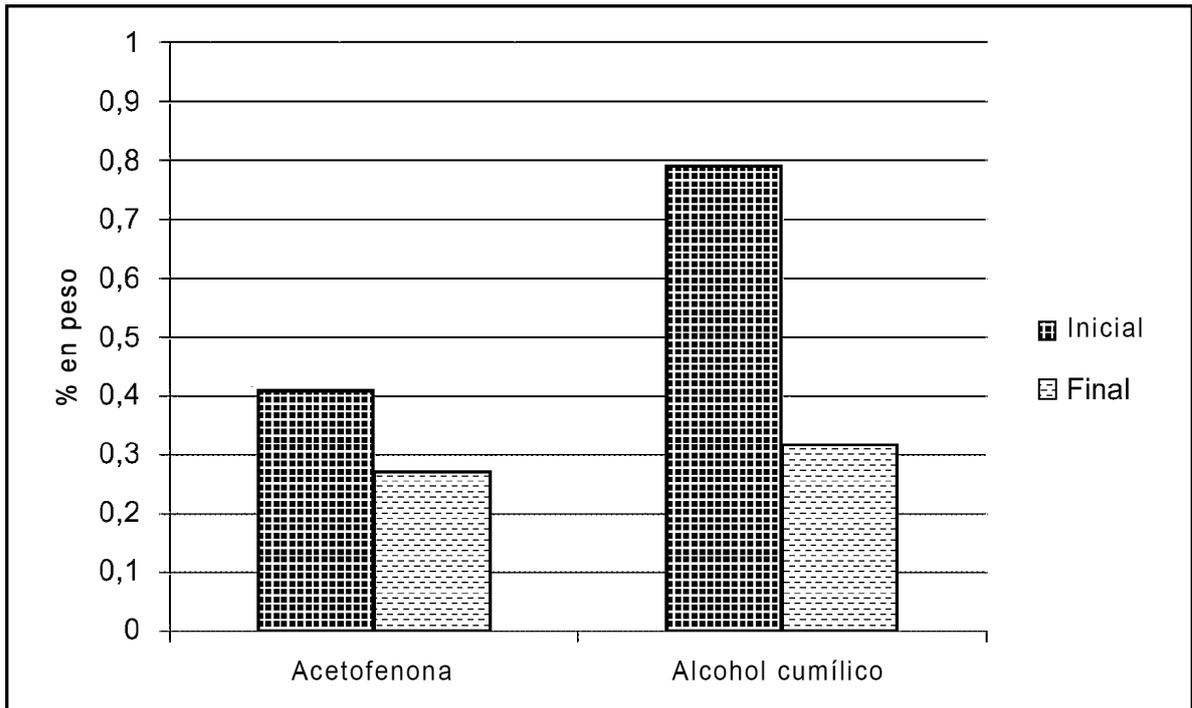


Fig. 3

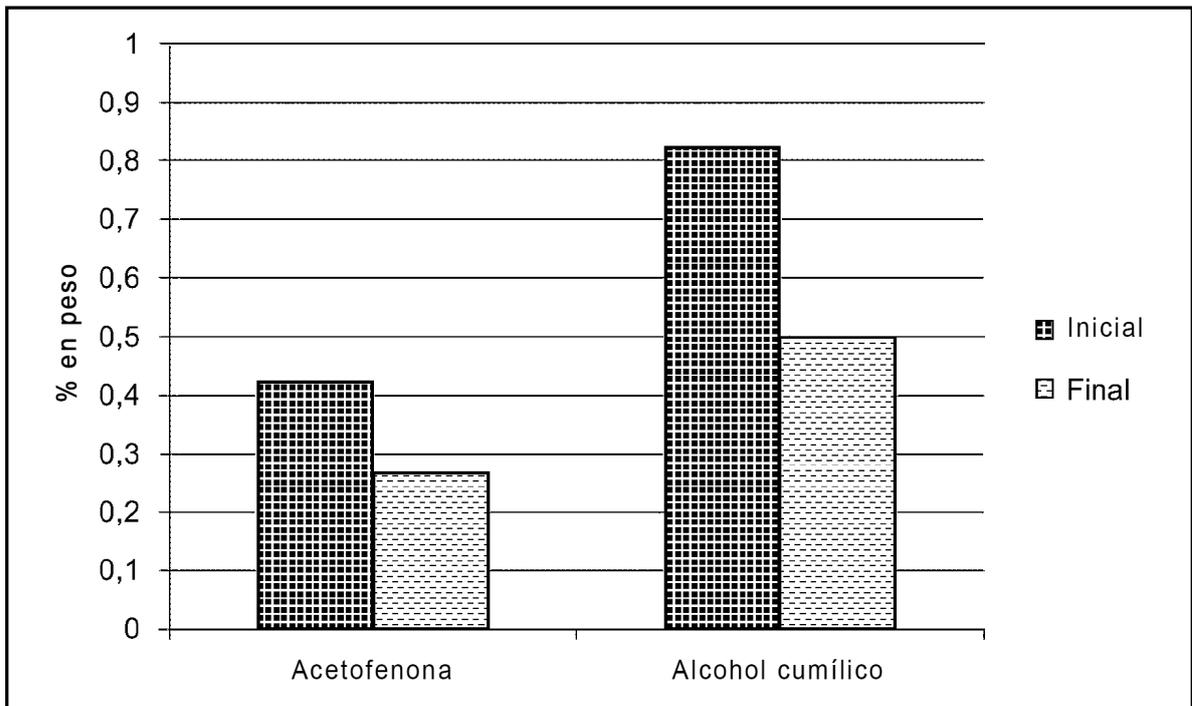


Fig. 4

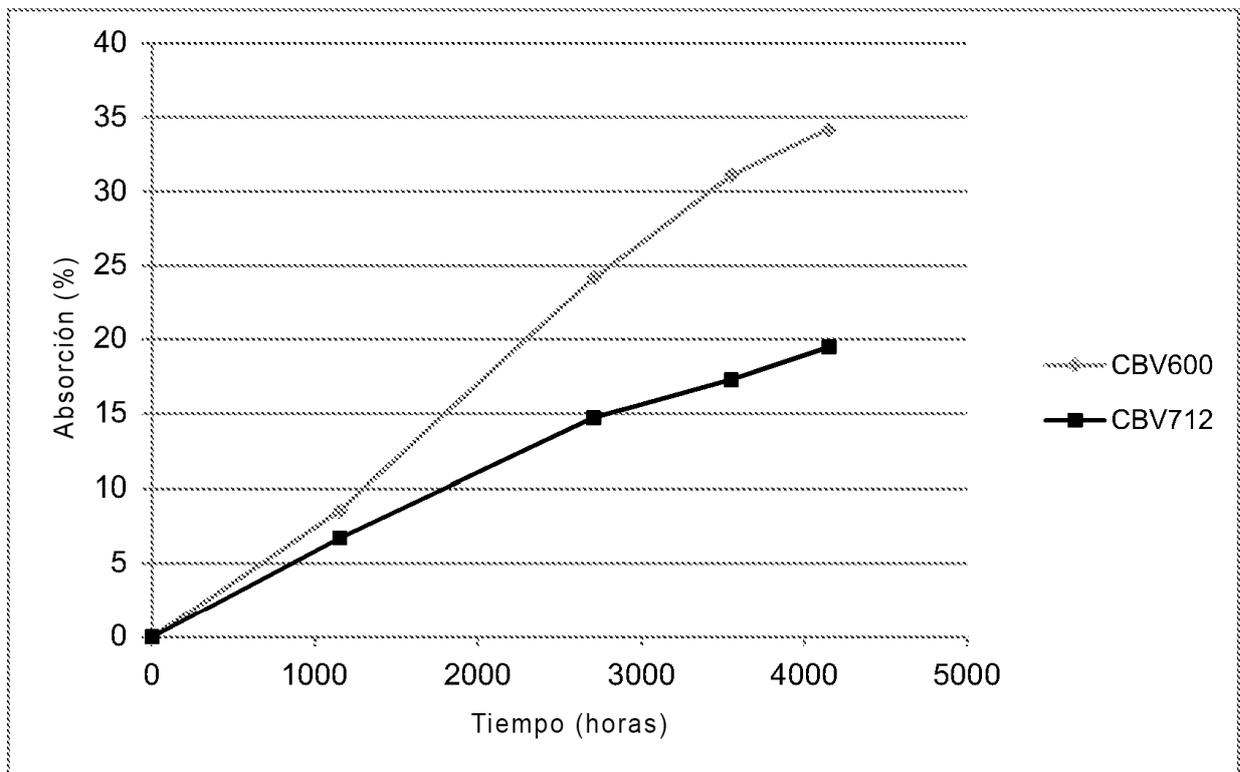


Fig. 5