

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 954 249**

51 Int. Cl.:

H01B 7/295 (2006.01)
C01B 32/174 (2007.01)
H01B 3/22 (2006.01)
C08K 3/016 (2008.01)
H01B 3/44 (2006.01)
C08L 23/08 (2006.01)
C08K 3/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.04.2018** **PCT/EP2018/060664**
87 Fecha y número de publicación internacional: **31.10.2019** **WO19206412**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.04.2018** **E 18721995 (1)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2023** **EP 3785281**

54 Título: **Cable eléctrico ignífugo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.11.2023

73 Titular/es:

PRYSMIAN S.P.A. (50.0%)
Via Chiese, 6
20126 Milano, IT y
POLITECNICO DI MILANO (50.0%)

72 Inventor/es:

SCRIMA, VITO;
CAIMI, LUIGI;
GOLA, MASSIMO y
CITTERIO, ATTILIO

74 Agente/Representante:

PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 2 954 249 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 eléctrico ignífugo

5 Campo de aplicación

[0001] La presente divulgación se refiere a un cable eléctrico ignífugo.

[0002] En particular, la presente divulgación se refiere a un cable eléctrico ignífugo que presenta un goteo reducido (aparición de gotas) de sus cubiertas de plástico cuando se expone a las temperaturas de la llama, por ejemplo, en caso de incendio.

[0003] El cable según la divulgación se puede utilizar particularmente para aplicaciones de bajo voltaje (BV).

15 Técnica anterior

[0004] Un requisito importante para los cables eléctricos en presencia de fuego es la capacidad de impedir la propagación de llamas y de humo, como se especifica, por ejemplo, en la norma IEC 60332-3-24 (2000)), especialmente en las casas o, más generalmente, en los locales donde residen personas. En particular, los cables protegidos con capas piroresistentes o ignífugas son adecuados para los requisitos de seguridad más estrictos en caso de incendio, tales como: luces de emergencia, alarmas y sistemas automáticos de detección de incendios, activación de salidas de humo o persianas, ventiladores, aire acondicionado y sistemas de vigilancia telefónica y de vídeo.

[0005] La piroresistencia de un cable eléctrico puede evaluarse para comprobar su conformidad y certificación bajo las normas nacionales y/o internacionales.

[0006] Se sabe que algunas normas, particularmente las normas internacionales, requieren condiciones cada vez más estrictas sobre el rendimiento requerido para un cable ignífugo con el fin de mejorar la seguridad en los edificios en caso de incendio.

[0007] Un papel importante en el rendimiento de un cable en caso de incendio lo desempeñan los revestimientos de plástico, por ejemplo, el aislamiento eléctrico, que suele ser el más grueso. En particular, un aspecto importante del rendimiento ignífugo de un cable está relacionado con la posible aparición de gotas cuando el cable eléctrico se expone a temperaturas de llama, debido a la fusión del material plástico que forma el aislamiento eléctrico u otras cubiertas del cable y, cuando se generan gotas, con sus cantidades y con el tiempo transcurrido hasta que las gotas terminan quemándose.

[0008] El recientemente introducido Reglamento de Productos de Construcción (CPR, 2016) de la Unión Europea proporciona una clasificación del rendimiento al fuego de los productos de construcción, como los cables, incluida la aparición de gotas bajo fuego según la norma EN 50399:2011/A1 (2016). Específicamente, el cable se clasifica según la norma anterior como:

- d0: Sin gotas o partículas en combustión en un lapso de 1200 s;

45 - d1: Sin gotas o partículas en combustión que persistan más de 10 s en un lapso de 1200 s;

- d2: ninguna de las anteriores.

[0009] Actualmente, muchos cables ignífugos presentan un comportamiento, particularmente en relación con la aparición de gotas durante la combustión, como que pueden obtener la certificación solo en clases inferiores de las normas internacionales actuales, por ejemplo, EN 50399:2011/A1 (2016), o incluso pueden no cumplir con algunas de ellas.

[0010] Un procedimiento para reducir el goteo bajo el fuego de los cables ignífugos es usar polímeros especiales (por ejemplo, polímeros de olefina tratados con composiciones a base de fósforo) en la fabricación del aislamiento eléctrico del cable. Sin embargo, el uso de esos polímeros especiales da como resultado un aumento significativo de los costos de producción del cable.

[0011] El documento US 2006/0068201 desvela composiciones poliméricas que tienen propiedades útiles de resistencia al fuego y que pueden usarse en cables eléctricos. En particular, una capa aislante para proporcionar un material cerámico resistente al fuego en condiciones de fuego comprende:

- al menos el 15 % en peso tomando como base el peso total de la composición de una composición de base polimérica que comprende al menos el 50 % en peso de un polímero orgánico;

- al menos el 15 % en peso tomando como base el peso total de la composición de una carga mineral de silicato; y

65 - al menos una fuente de óxido fundente que está opcionalmente presente en dicha carga mineral de silicato,

donde después de la exposición a una temperatura elevada experimentada en condiciones de fuego, un óxido fundente está presente en una cantidad del 1 al 15 % en peso del residuo.

5 **[0012]** La composición se puede utilizar para proporcionar aislamiento resistente al fuego para cables eléctricos.

[0013] El documento US 2008/0251273 desvela un componente de cable de cámara impelente con excelentes propiedades ignífugas preparado a partir de una composición a base de poliolefina que comprende un polímero de olefina y un hidróxido metálico que se trata en la superficie con una composición a base de fósforo. El componente de cable de la cámara impelente puede ser una capa de aislamiento. Los polímeros de etileno y vinil silanos se pueden usar como polímero de olefina. En particular, se puede obtener una composición reticulable por humedad usando un polietileno injertado con un vinilsilano. La composición a base de poliolefina puede contener otros retardantes de llama que incluyen sílice, nanotubos de carbono y talco.

15 **[0014]** El documento CN 105367965 desvela un material cerámico de cable de poliolefina retardante de llama libre de halógenos que comprende 40-60 partes de copolímero de etileno-acetato de vinilo, 40-60 partes de copolímero de etileno- α -olefina, 5-10 partes de resina de polietileno de alta densidad, 5-10 partes de poliolefina amorfa injertada con anhídrido maleico, 30-60 partes de polvo de mica, 40-60 partes de polvo cerámico, 5-20 partes de óxido de calcio, 20 2-10 partes de óxido de cinc, 10-20 partes de fósforo rojo microencapsulado, 40-60 partes de hidróxido de nanoaluminio, 2-5 partes de montmorillonita orgánica, 2-5 partes de nanotubos de carbono de paredes múltiples, 0,5-2 partes de antioxidante y 2-8 partes de mezcla madre de lubricante de silicio.

25 **[0015]** El documento WO 2006/094250 desvela un componente de cable de cámara impelente preparado a partir de una composición a base de poliolefina, que contiene un polímero olefínico y un hidróxido metálico de superficie tratada. La composición también puede comprender una nanoarcilla.

[0016] El documento US 2011240335 desvela un cable ignífugo que incluye al menos un conductor y al menos un recubrimiento hecho de una composición ignífuga que comprende (a) al menos un homopolímero o copolímero de propileno cristalino; (b) al menos un copolímero de etileno con al menos una α -olefina C_3-C_{12} , que tiene una densidad de 0,860 a 0,904 g/cm³ y un Índice de distribución de peso molecular no superior a 5; (c) al menos un homopolímero o copolímero de etileno con al menos una α -olefina C_3-C_{12} que tiene una densidad de 0,905 a 0,970 g/cm³; y (d) al menos una carga ignífuga.

35 **[0017]** El documento US 2015/274927 desvela una composición polimérica que comprende un ionómero inorgánico y un líquido iónico.

Resumen de la descripción

40 **[0018]** Un objeto de la presente descripción es proporcionar un cable eléctrico ignífugo, en particular un cable eléctrico ignífugo para aplicaciones de baja tensión, que tenga un goteo reducido (aparición de gotas) o que no gotee cuando se expone a temperaturas de llama, como las que aparecen en un incendio, para cumplir con los requisitos de certificación según las normas internacionales actuales, por ejemplo, la norma EN 50399:2011/A1 (2016), en una clase lo más alta posible.

45 **[0019]** Un cable eléctrico ignífugo como el anterior que también debe mostrar buenas propiedades mecánicas y trabajabilidad, así como propiedades dieléctricas adecuadas de su recubrimiento aislante.

[0020] El solicitante descubrió que un cable eléctrico tiene propiedades ignífugas mejoradas, particularmente un goteo reducido bajo el fuego, cuando sus conductores están recubiertos con un recubrimiento aislante hecho de una composición a base de poliolefina ignífuga que comprende una poliolefina reticulada como polímero base y una combinación equilibrada de sílice y nanotubos de carbono.

55 **[0021]** Por consiguiente, la presente divulgación se refiere a un cable eléctrico ignífugo que tiene un núcleo que comprende un conductor eléctrico y un recubrimiento de aislamiento eléctrico hecho de una composición a base de poliolefina ignífuga que comprende:

- a) una poliolefina reticulada como polímero base;
- b) sílice; y
- 60 c) nanotubos de carbono,

donde la cantidad de sílice es del 5 % en peso al 10 % en peso de la composición a base de poliolefina, y la cantidad de nanotubos de carbono es del 0,5 % en peso al 2 % en peso de la composición a base de poliolefina.

65 **[0022]** En una realización, la composición a base de poliolefina para la capa aislante de cables de la divulgación

comprende además talco.

[0023] En otra realización, la composición a base de poliolefina para la capa aislante de cable de la divulgación comprende además talco y grafeno.

5

[0024] El Solicitante encontró que un cable provisto de un recubrimiento aislante hecho de una composición retardante de llama como se especifica anteriormente ha mejorado las propiedades retardantes de llama, especialmente con respecto a un menor goteo o incluso ausencia de goteo durante la combustión, lo que hace que el cable de la divulgación pueda certificarse en clases altas de las normas internacionales actuales, por ejemplo, del

10

Reglamento Delegado (UE) 2016/364 de la Comisión de 1 de julio de 2015. Además, se ha descubierto que la provisión de un recubrimiento aislante hecho de la composición a base de poliolefina retardante de llama como se ha especificado anteriormente permite impartir propiedades retardantes de llama mejoradas al cable sin perjudicar sus propiedades mecánicas y dieléctricas, así como la viabilidad de la capa aislante, por ejemplo, mediante técnicas de extrusión convencionales.

15

Descripción detallada

[0025] En la presente descripción y en las reivindicaciones siguientes, a menos que se indique lo contrario, todos los números que expresan cifras, cantidades, porcentajes, etc., debe entenderse que están modificados, en

20

todos los casos, por el término «aproximadamente». Además, todos los intervalos incluyen cualquier combinación de los puntos máximos y mínimos descritos e incluyen cualquier intervalo intermedio en los mismos, que puede o no enumerarse específicamente en esta invención. Además, a menos que se indique lo contrario, todos los porcentajes referidos a los componentes de la composición a base de poliolefina ignífuga utilizada para obtener el recubrimiento aislante del cable según la descripción deben entenderse como porcentajes en peso sobre el peso total de la

25

[0026] El cable según la divulgación se puede utilizar particularmente para aplicaciones de bajo voltaje (BV).

[0027] En la presente descripción y reivindicaciones, como cable de bajo voltaje (BV) se refiere a un voltaje de

30

menos de aproximadamente 1 kV.

[0028] El cable de la presente divulgación es adecuado para transportar corriente eléctrica para energía y para telecomunicaciones.

[0029] En la Figura 1, se muestra un cable 10 según la divulgación. El cable 10 tiene un núcleo que comprende un conductor 11 que es un elemento de forma alargada hecho de un material eléctricamente conductor, por ejemplo, aluminio, cobre, nanotubos de carbono o material compuesto de los mismos. El conductor 11 puede tener la forma de una barra sólida o un haz de filamentos, preferentemente trenzados.

35

[0030] En el cable de la divulgación, el núcleo puede incluir un único conductor o preferentemente una pluralidad de conductores.

40

[0031] Cada conductor (en el caso de la Figura 1, el conductor único 11) del cable de la divulgación está eléctricamente aislado por una capa aislante 12 en forma de un recubrimiento polimérico extruido que tiene

45

propiedades ignífugas. En una realización, la capa aislante se extruye en contacto directo con el conductor.

[0032] Se puede proporcionar una camisa externa 13, en material polimérico extruido tal como polietileno, para rodear la capa aislante 12 y en contacto directo con la misma.

[0033] Según la presente divulgación, la capa aislante de cable está hecha de una composición a base de poliolefina que comprende una poliolefina reticulada como polímero base.

50

[0034] La poliolefina reticulada de la composición a base de poliolefina para la capa aislante de cable de la divulgación puede ser un homopolímero de polietileno tal como polietileno de baja densidad (LDPE) o polietilenos de muy baja densidad (VLDPE), o un copolímero de polietileno tal como polietileno de baja densidad lineal (LLDPE), caucho de etileno propileno (EPR) o caucho de monómero de etileno propileno dieno (EPDM).

55

[0035] El polímero base se puede reticular mediante un agente de reticulación a base de silano, tal como un vinil silano y/o mediante un peróxido, tal como peróxido de dibutilo.

60

[0036] Según una realización de la presente divulgación, la composición a base de poliolefina incluye el 5-10 % en peso de sílice y el 0,5-2 % en peso de nanotubos de carbono, refiriéndose el porcentaje al peso de la composición a base de poliolefina.

[0037] Sorprendentemente, se ha encontrado que una composición a base de poliolefina que tiene la

65

combinación anterior de cargas en los respectivos intervalos de cantidad especificados anteriormente proporciona un recubrimiento eléctricamente aislante con propiedades ignífugas mejoradas, particularmente un goteo reducido o nulo durante la combustión, sin perjudicar sustancialmente sus propiedades dieléctricas y mecánicas.

- 5 **[0038]** En una realización, la sílice (también conocida como dióxido de silicio) de la composición a base de poliolefina para la capa aislante de cables de la divulgación es sílice amorfa. En otra realización, la sílice es un material en polvo en el que las partículas tienen una forma sustancialmente esférica. El uso de una sílice que es amorfa y/o está hecha de partículas sustancialmente esféricas facilita la extrusión de la poliolefina.
- 10 **[0039]** En una realización, el diámetro medio (D50) de las partículas esféricas de sílice está dentro del intervalo de 100-200 nm. El área de superficie específica (medida por el método BET) puede estar dentro de un rango de 10-30 m²/g.
- [0040]** En la presente descripción y reivindicaciones, el término "nanotubo de carbono" significa cualquier forma alótropa de carbono con una nanoestructura cilíndrica. Los nanotubos de carbono son miembros de la familia estructural del fullereno y se clasifican como nanotubos de pared única (SWCNT) y nanotubos de pared múltiple (MWCTN).
- 15 **[0041]** En una realización, el nanotubo de carbono de la composición a base de poliolefina para la capa aislante de cable de la descripción es MWCNT. Con respecto a los SWCNT, los MWCNT muestran una mejor resistencia al fuego y una menor influencia en el rendimiento dieléctrico de la composición.
- 20 **[0042]** Según la presente descripción, la composición a base de poliolefina para la capa aislante de cable de la descripción comprende nanotubos de carbono en una cantidad de hasta el 2 % en peso de la composición a base de poliolefina. Cuando la cantidad de nanotubos de carbono excede dicha cantidad, las propiedades aislantes del recubrimiento aislante resultante pueden empeorar en una medida inaceptable debido a la conductividad eléctrica intrínseca de los nanotubos de carbono.
- 25 **[0043]** Según otra realización, la composición a base de poliolefina para la capa aislante de cable de la descripción incluye además talco (es decir, silicato de magnesio hidratado, Mg₃S₁₄O₁₀(OH)₂).
- 30 **[0044]** El talco se puede añadir en una cantidad del 2,5 % en peso al 5 % en peso con respecto al peso de la composición a base de poliolefina. El talco ayuda a proporcionar una capa aislante con una superficie lisa después de la extrusión. Además, el Solicitante percibió que el talco puede desempeñar un papel en la mejora de las propiedades ignífugas de la composición a base de poliolefina.
- 35 **[0045]** En una realización, la cantidad total de talco más sílice es de hasta un 10 % en peso con respecto al peso de la composición a base de poliolefina.
- 40 **[0046]** En otra realización, la composición a base de poliolefina para la capa aislante de cable de la divulgación comprende además talco y grafeno.
- [0047]** En la presente descripción y reivindicaciones, el término "grafeno" significa cualquier forma alótropa de carbono hecha de una sola capa de átomos de carbono dispuestos en una red hexagonal. Puede estar en forma de nanocintas, nanoplaquetas y nano-cebollas.
- 45 **[0048]** El grafeno puede añadirse en una cantidad de hasta el 0,2 % en peso con respecto al peso de la composición a base de poliolefina.
- 50 **[0049]** En una realización, el grafeno se utiliza en forma de plaquetas. En particular, las nanoplaquetas de grafeno pueden tener un espesor promedio de 5-10 nm (nanómetros) y un tamaño variable de hasta 50 µm.
- [0050]** El Solicitante experimentó que si solo se usa sílice como carga de una composición a base de poliolefina para una capa aislante de cable, el recubrimiento aislante resultante no muestra ninguna reducción significativa del goteo bajo el fuego. Por otro lado, en ausencia de sílice, los nanotubos de carbono, como única carga o en combinación con talco y/o grafeno en una composición a base de poliolefina para una capa aislante de cable, proporcionaron un recubrimiento aislante con poco o ningún goteo bajo el fuego, pero sin carbonilla cohesiva y, además, el recubrimiento tenía propiedades mecánicas deficientes y una constante dieléctrica inadecuada para el uso como capa aislante.
- 55 **[0051]** La producción del cable según la descripción se puede llevar a cabo mediante técnicas convencionales que implican preparar una composición de poliolefina reticulable que incluye las cargas y otros aditivos, tales como un agente de reticulación, en una extrusora. La composición resultante se extruye y reticula a continuación. En el caso de la reticulación de silano, la etapa se puede llevar a cabo en un baño de agua, cámara de vapor o en condiciones ambientales (humedad ambiente).
- 60 **[0051]**
- 65

[0052] El cable eléctrico de la presente divulgación se puede utilizar para transportar energía eléctrica o datos. En una realización, el cable de la presente divulgación sirve para transportar corrientes eléctricas de bajo voltaje (BV), es decir, corrientes eléctricas a un voltaje igual o inferior a 1 kV.

5 **[0053]** La presente divulgación se describirá ahora con referencia a los siguientes ejemplos que se proporcionan solo con fines ilustrativos y, por lo tanto, no deben interpretarse como limitantes del alcance de la presente divulgación de ninguna manera.

Ejemplo 1

10

Preparación de muestras de prueba de cables según la divulgación y cables comparativos.

[0054] Las muestras de prueba de cables según la divulgación y el cable comparativo (en lo sucesivo denominados Cables A a G) se prepararon utilizando un recubrimiento aislante que comprende, respectivamente, las
15 cargas y sus cantidades según la presente divulgación y no.

[0055] Los recubrimientos aislantes de los cables de prueba se obtuvieron procesando y curando composiciones reticulables a base de copolímero de LLDPE que contiene hexeno-1 como comonomero, un sistema de reticulación que comprende vinil trimetoxi y terc-butil-cumil peróxido, y una o más cargas como se indica en la Tabla
20 1.

[0056] Las cargas ignífugas utilizadas en las composiciones fueron:

- 25 1) un dióxido de silicio amorfo no reforzante de forma esférica con un tamaño de partícula primaria promedio de 150 nm, (área de superficie específica, 20 m²/g);
2) talco (silicato de magnesio hidratado), con un tamaño de partícula primario promedio de 1,9 µm (talco 94 %, área de superficie específica, 15 m²/g);
3) Nanotubos de carbono de pared múltiple (10-15 nm de diámetro, 0,1-10 µm de longitud)
30 4) Grafeno (10 µm de lateral, 4 nm de espesor) sobre portador polimérico.

[0057] También se incluyó un aditivo adicional que consistía en una mezcla madre de LDPE que contenía un catalizador de estaño en las composiciones reticulables.

[0058] La Tabla 1 a continuación informa de las cantidades de polímero base de LLDPE, sistema de reticulación
35 y cargas incluidos en las composiciones reticulables utilizadas para fabricar el recubrimiento aislante de cada uno de los Cables A a G, donde los cables comparativos están marcados con un asterisco.

[0059] Las cantidades se dan en gramos y, en el caso de los cargas, el porcentaje en peso se da entre
40 paréntesis.

Tabla 1

Componente	A	B*	C	D	E	F*	G*
LLDPE	1829,6	1689,6	1794,6	1759,6	1757,0	1757,0	2799,6
Sistema de reticulación	53,05	53,05	53,05	53,05	53,05	53,05	53,05
Sílice	10 % en peso	10 % en peso	10 % en peso	10 % en peso	5 % en peso	10 % en peso	-
Nanotubos de carbono	1 % en peso	3 % en peso	1,5 % en peso	2 % en peso	2 % en peso	2 % en peso	-
Talco	-	-	-	-	5 % en peso	-	-
Grafeno	-	-	-	-	0,2 % en peso	0,2 % en peso	-

[0060] Las composiciones reticulables se extruyeron con la configuración indicada en la siguiente Tabla 2 sobre los respectivos núcleos de conductores eléctricos y luego se curaron para formar las capas de aislamiento de los
45 Cables A a G.

Tabla 2

Tornillo (°C)	Neutral	Tipo tornillo	PE-LSZH
Zócalo (°C)	No enfriado	Conductor	Un solo cable de cobre rojo de 1,37 mm

(continuación)

Tornillo (°C)	Neutral	Tipo tornillo	PE-LSZH
Zona 1 (°C)	160	Filtros	Sin filtración
Zona 2 (°C)	170	Refrigeración del filamento	Agua fría
Zona 3 (°C)	190	Macho (mm)	1,50
Zona 4 (°C)	210	Hembra (mm)	2,90
Cabezal (°C)	230	Diámetro final (mm)	3,00
Hembra (°C)	270	Extruido m	15 + 15 + 30

Ejemplo 2

5 Pruebas para la aparición y persistencia de gotitas en condiciones de fuego, propiedades mecánicas y dieléctricas.

[0061] Las muestras de prueba de los cables obtenidos según el Ejemplo 1 se sometieron a pruebas para determinar su comportamiento de goteo, así como sus propiedades mecánicas y dieléctricas.

- 10 **[0062]** Se evaluó la aparición y persistencia de gotas en condiciones de fuego. La configuración utilizada para las pruebas en condiciones de fuego fue sustancialmente la especificada en la norma EN 50399:2011/A1 (2016) e IEC 61034-2 (2005), que, según la Tabla 4 del Reglamento Delegado (UE) 2016/364 de la Comisión de 1 de julio de 2015, permite determinar, entre otras cosas, la aparición y persistencia de gotas en llamas. En particular, la combustión horizontal y/o la combustión vertical más desafiantes se realizaron en las muestras probadas de acuerdo con la norma europea anterior. Antes de la prueba, cada muestra de prueba se acondicionó durante 21 días a temperatura ambiente (25 °C) y a una humedad relativa del 50 %.

[0063] Las propiedades mecánicas se evaluaron midiendo los siguientes parámetros:

- 20 - Resistencia a la tracción (TS) en MPa (valores >8,5 se consideran aceptables);
 - Elongación a la rotura (EB) en porcentaje (valores >200 % se consideran aceptables);
 - Módulo a 150 % en MPa (valores >4,5 se consideran aceptables);
 - Alargamiento máximo bajo carga en porcentaje a 250 °C (<100 % de fraguado en caliente a 250 °C según la norma CEI EN 50363 ed. 5 G7);
 25 - Alargamiento máximo después de la descarga en porcentaje a 250 °C (<10 % de fraguado en caliente a 250 °C según la norma CEI EN 50363 ed. 5 G7 (2006);

[0064] Para la evaluación de los parámetros mecánicos anteriores, cada muestra se acondicionó durante 16 horas a 80 °C y a una humedad relativa del 80 %.

- 30 **[0065]** El comportamiento de extrusión de las muestras de prueba obtenidas según el Ejemplo 1 también se evaluó y se indica como OK cuando la superficie de la capa aislante extruida era satisfactoriamente lisa, o NO cuando era tan "áspera" como para proporcionar discontinuidades potenciales en la interfaz con la cubierta del cable a extruir sobre la misma, y X cuando podría mejorarse con técnicas de extrusión conocidos por el experto en la materia.

- 35 **[0066]** Las propiedades dieléctricas se evaluaron midiendo la conductividad eléctrica según la norma CEI 20-34 (2001). Con base en los resultados obtenidos, las propiedades dieléctricas se dan como OK cuando son adecuadas para una capa aislante para un cable de bajo voltaje (aceptable/buena) o NO cuando no.

- 40 **[0067]** Los resultados de las pruebas se muestran en la siguiente Tabla 3:

Tabla 3

Cable	A	B*	C	D	E	F*	G*
Comportamiento de extrusión	OK	OK	OK	X	OK	OK	OK
Combustión horizontal	Pocas gotas	Sin gotas	Sin gotas	Sin gotas	-	-	Caen muchas gotas
Combustión vertical	Pocas gotas	Sin gotas	Pocas gotas	Pocas gotas	Sin gotas	Goteo intenso	Goteo intenso

(continuación)

Cable	A	B*	C	D	E	F*	G*
T.S. (MPa)	18,0	13,0	14,6	15,1	18,1	16,6	23,2
E.B. (%)	454	334	392	441	373	360	578
Módulo a 150 % (MPa)	11,7	10,8	10,8	10,8	13,5	13,6	10,9
Máx. Elong. bajo carga % a 250 °C	75	65	90	130	50	35	60
Máx. Elong. después de descargar % a 250 °C	5	0	5	5	0	0	5
Dieléctrico	OK	NO	OK	OK	OK	OK	OK

[0068] A partir de los resultados anteriores, el cable comparativo G, que tiene un recubrimiento aislante sin cargas, muestra propiedades mecánicas y dieléctricas compatibles para el uso previsto, pero al mismo tiempo presenta un goteo intenso, de modo que un cable que comprende este aislamiento podría calificarse como d2 según la norma europea EN 50399 en el mejor de los casos (si las otras capas del cable no tienen un peor rendimiento de goteo).

[0069] La presencia de sílice y nanotubos de carbono como cargas en cantidades dentro de los intervalos respectivos proporcionados por la presente divulgación da como resultado una composición a base de poliolefina para capas aislantes de cable que proporcionan propiedades mecánicas y dieléctricas que son compatibles para el uso previsto y, al mismo tiempo, exhiben poco goteo (Cable A y C de acuerdo con la divulgación). En particular, la poca aparición y persistencia observada de gotas en combustión es tal que los cables A y C según la divulgación podrían calificarse ventajosamente como d1 según la norma europea EN 50399 (si las otras capas del cable tienen un rendimiento de goteo similar o mejor). Por lo tanto, ambos cables probados cualifican para ser adecuados para áreas con riesgos de incendio muy altos.

[0070] El aumento de la cantidad de nanotubos de carbono parece dar como resultado un cable que tiene un goteo reducido pero con propiedades mecánicas compatibles no totalmente satisfactorias (Máx. Elong. bajo carga % a 250 °C) y comportamiento de extrusión cuestionable (cable D). Es posible que estos inconvenientes se deban a la inexactitud en el proceso de extrusión y/o en la evaluación mecánica, porque un aumento adicional de la cantidad de nanotubos de carbono a valores más altos en el extremo superior del rango de nanotubos de carbono proporcionado por la presente divulgación dio como resultado un cable con propiedades mecánicas y comportamiento de extrusión adecuados (cable comparativo B). Lo que no es aceptable en el cable comparativo B son las propiedades dieléctricas.

[0071] La presencia de talco como reemplazo parcial de la sílice y la presencia de grafeno como cargas adicionales en cantidades dentro de los intervalos respectivos proporcionados por la presente descripción da como resultado una composición a base de poliolefina para capas aislantes de cable que tienen propiedades mecánicas y dieléctricas que son tanto compatibles para el uso previsto como, al mismo tiempo, que exhiben poco goteo (Cable E de acuerdo con la divulgación). En particular, la poca aparición y persistencia observada de gotas en llamas es tal que el Cable E según la divulgación podría calificarse ventajosamente como d1 según la norma europea EN 50399 (si las otras capas del cable tienen un rendimiento de goteo similar o mejor). Por lo tanto, el cable probado cualifica para ser adecuado para áreas con riesgos de incendio muy altos.

[0072] Si solo está presente el grafeno como carga adicional como en el cable comparativo F, el comportamiento de goteo empeora considerablemente, de modo que el cable podría calificarse solo como d2 según la norma europea EN 50399 en el mejor de los casos (si las otras capas del cable no tienen un peor rendimiento de goteo).

REIVINDICACIONES

1. Un cable eléctrico ignífugo (10) que tiene un núcleo que comprende un conductor eléctrico (11) y una capa eléctricamente aislante (12) hecha de una composición a base de poliolefina ignífuga que comprende:
- 5 a) una poliolefina reticulada como polímero base;
b) sílice; y
c) nanotubos de carbono
- 10 donde la cantidad de sílice es del 5 % en peso al 10 % en peso de la composición a base de poliolefina, y la cantidad de nanotubos de carbono es del 0,5 % en peso al 2 % en peso de la composición a base de poliolefina.
2. El cable eléctrico ignífugo según la reivindicación 1, donde la poliolefina reticulada de la composición a base de poliolefina ignífuga se selecciona entre un homopolímero de polietileno y un copolímero de polietileno.
- 15 3. El cable eléctrico ignífugo según la reivindicación 1, donde la sílice es sílice amorfa.
4. El cable eléctrico ignífugo según la reivindicación 1 o 3, donde la sílice es un material en polvo en el que las partículas tienen una forma esférica.
- 20 5. El cable eléctrico ignífugo según la reivindicación 1, donde los nanotubos de carbono son nanotubos de paredes múltiples.
6. El cable eléctrico ignífugo según la reivindicación 1, donde la composición a base de poliolefina
- 25 comprende además talco.
7. El cable eléctrico ignífugo según la reivindicación 6, donde la cantidad total de talco más sílice es de hasta el 10 % en peso con respecto al peso de la composición a base de poliolefina.
- 30 8. El cable eléctrico ignífugo según la reivindicación 6, donde la composición a base de poliolefina comprende además grafeno.
9. El cable eléctrico ignífugo según la reivindicación 8, donde la cantidad de grafeno en la composición a base de poliolefina ignífuga es de hasta el 0,2 % en peso con respecto al peso de la composición a base de poliolefina.
- 35 10. El cable eléctrico ignífugo según la reivindicación 8, donde el grafeno se utiliza en forma de plaquetas.

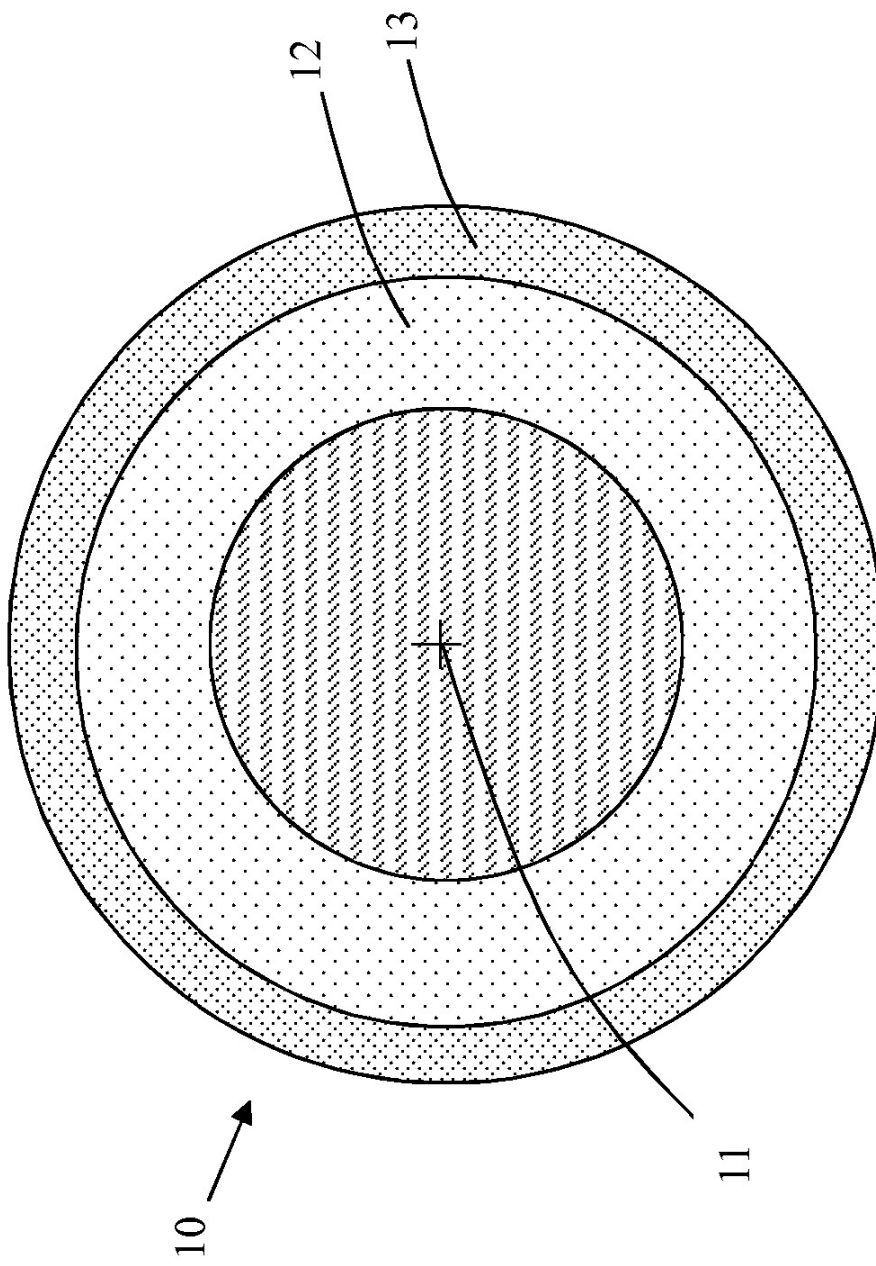


Figura 1