

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 468 817**

51 Int. Cl.:

H01B 3/18 (2006.01)

H01B 3/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.08.2011 E 11178997 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.04.2014 EP 2562768**

54 Título: **Cable que comprende una composición polimérica de silano apta para reticulación**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.06.2014

73 Titular/es:

**BOREALIS AG (100.0%)
Wagramerstrasse 17-19
1220 Vienna, AT**

72 Inventor/es:

**FOSSUM, KJELL;
ANKER, MARTIN;
BERGQVIST, MATTIAS;
DAHLEN, KRISTIAN;
HJERTBERG, THOMAS;
NYLANDER, PERRY y
FAGRELL, OLA**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 468 817 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 que comprende una composición polimérica de silano apta para reticulación

5 La presente invención se refiere a un cable que comprende una composición polimérica que comprende una poliolefina que porta grupos silano hidrolizables y un catalizador de condensación de silanol, al proceso de preparación de un cable que comprende dicha composición, incluyendo el proceso una etapa de reticulación de silano de al menos la capa que comprende la composición polimérica y a un uso de dicha composición polimérica para producir un cable.

10 En las aplicaciones de alambres y cables (W & C), un cable típico comprende un conductor rodeado por una o más capas de materiales poliméricos. Los cables se producen comúnmente por medio de extrusión de las capas sobre un conductor. Con frecuencia, una o más de dichas capas se reticulan para mejorar, entre otros, la resistencia frente a la deformación a temperaturas elevadas, así como la resistencia mecánica y/o la resistencia química, de la(s) capa(s) del cable. La reticulación de los polímeros se puede llevar a cabo, por ejemplo, por medio de una reacción de radicales libres usando irradiación o usando un agente de reticulación que es un agente de generación de radicales libres; o por medio de los grupos silano hidrolizables presentes en el polímero usando un catalizador de condensación en presencia de agua.

15 El cable de energía se define como un cable para transferir energía que opera a cualquier nivel de voltaje. El voltaje aplicado al cable de energía puede ser alterno (AC), directo (DC) o transitorio (impulso). Además, normalmente los cables de energía vienen indicados de acuerdo con su nivel de voltaje de operación, por ejemplo, un cable de energía de bajo voltaje (LV), voltaje medio (MV) o alto voltaje (HV) o extra alto voltaje (EHV), cuyos términos resultan bien conocidos. El cable de energía se define como un cable que transfiere energía que opera a cualquier nivel de voltaje, normalmente que opera a un voltaje más elevado que 100 V. Normalmente el cable de energía LV opera a voltajes por debajo de 3 kV. Los cables de energía de MV y HV operan a niveles de voltaje elevados y en aplicaciones diferentes a las de los cables LV. Un cable de energía MV típico, normalmente opera a voltajes de 3 a 20 36 kV, y un cable de energía HV típico a voltajes mayores de 36 kV. El cable de energía EHV opera a voltajes que son incluso más elevados que los que se usan normalmente para las aplicaciones de cable de energía HV. El cable de energía LV y, en alguna realización, los cables de energía de voltaje medio (MV) normalmente comprenden un conductor eléctrico que está revestido con una capa de aislamiento. Normalmente, los cables de energía MV y HV comprenden un conductor rodeado al menos por una capa semiconductor interna, una capa de aislamiento y una capa semiconductor externa, en ese orden.

25 Los materiales curados de silano se usan en la actualidad principalmente como capa de aislamiento en los cables de bajo voltaje y como capa de aislamiento y semiconductor en cables de voltaje medio y, en cierto modo, de alto voltaje.

30 En el caso de que la composición polimérica sea apta para reticulación por medio de los grupos silano hidrolizables, entonces se pueden introducir los grupos silano hidrolizables en el polímero por medio de copolimerización de un monómero, por ejemplo, una olefina, junto con un comonómero que contiene un grupo silano o por medio de injertado de un compuesto que contiene grupos silano en un polímero. El injerto es una modificación química del polímero por medio de adición de un compuesto que contiene grupos silano, normalmente por medio de una reacción de radicales. Dichos comonómeros que contienen grupos silano y compuestos se conocen bien en el campo y, por ejemplo, se encuentran disponibles a nivel comercial. Normalmente, los grupos silano hidrolizables se reticulan posteriormente por medio de hidrólisis y condensación posterior en presencia de un catalizador de condensación de silanol y H₂O de manera conocida en la técnica. Las técnicas de reticulación se conocen y se describen por ejemplo en los documentos US 4.413.066, US 4.297.310, US 4.351.876, US 4.397.981, US 4.446.283 y US 4.456.704.

35 Para la reticulación de poliolefinas que contienen grupos hidrolizables, se debe usar un catalizador de condensación de silanol. Los catalizadores convencionales son, por ejemplo, compuestos orgánicos de estaño, cinc, hierro, plomo o cobalto tales como dilaurato de dibutil estaño (DBTDL). No obstante, se sabe que DBTDL tiene un impacto negativo sobre el medio ambiente natural cuando se incorporan los productos reticulados, tal como los cables, al suelo. Además, es un material con el que resulta peligroso trabajar.

40 El documento EP 1985666 (WO 2007094273) describe una composición que no es de organoestaño apta para curado que comprende (a) un polímero que contiene un grupo sililo, (b) un compuesto de amidina como catalizador de condensación y (c) un ácido carboxílico como refuerzo de reticulación, en el que la proporción molar de (b) de todos los átomos de nitrógeno con respecto a (c) de todos los grupos hidroxilo es mayor que 2. Se afirma que la composición sirve para uso como sellante, adhesivo, revestimiento o producto curado de tipo caucho. El documento US 20030132017 (EP1306392) describe un proceso para producir una capa de cable por medio de extrusión y reticulación de una composición polimérica que comprende un polímero de base injertado de silano. La reticulación se lleva a cabo en presencia de un compuesto que contiene un grupo amina secundario que actúa como catalizador de reticulación. Se afirma que en presencia del compuesto, la composición polimérica "experimenta auto-reticulación" sin necesidad de ninguna humedad que no sea la humedad ambiental. Por consiguiente, se puede evitar la etapa de reticulación en el baño de agua o sauna.

El documento WO 2006101754 describe una composición polimérica con humedad apta para reticulación que comprende una poliolefina con funcionalidad de silano, un catalizador de condensación de silanol ácido (por ejemplo, un ácido sulfónico orgánico) y un antioxidante que es una amina secundaria sustituida con dos ligandos aromáticos.

- 5 El documento EP 1524292 describe un proceso para reticular una composición polimérica injertada con silano en presencia de agua y un catalizador de condensación que es una amina que tiene un peso molecular de más que 2000 g/mol. Aminas preferidas son polímeros basados en poliamino.

Además, es un objetivo de la presente invención proporcionar un catalizador de condensación de silanol adicional para una composición polimérica que comprende una poliolefina que porta grupos silano hidrolizables, que evite los inconvenientes de los catalizadores de condensación basados en estaño, es decir, que sea más respetuosa con el medio ambiente y menos peligrosa para trabajar con ella.

Descripción de la Invención

15 Sorprendentemente se ha descubierto que se pueden usar compuestos básicos para la hidrólisis y posterior condensación de un polímero que contiene silano, es decir, un catalizador de reticulación, en aplicaciones exigentes de alambres y cables (W & C). De manera inesperada, los catalizadores de condensación de la invención cumplen los requisitos establecidos para la eficacia de reticulación sin afectar de forma desfavorable a las propiedades eléctricas, tales como los requisitos de conductividad, que se requieren en las aplicaciones exigentes para cables. Los catalizadores de condensación de silanol de la invención son altamente ventajosos desde el punto de vista industrial para reticular con silano una composición polimérica en capa(s) de un cable con el fin de obtener un cable reticulado con silano.

20

Por consiguiente, la presente invención proporciona un cable que comprende un conductor rodeado por al menos una capa que comprende, preferentemente que consiste en, una composición polimérica que comprende

(a) una poliolefina que porta grupos silano hidrolizables y

25 (b) un compuesto de catalizador de condensación de silanol, en el que el catalizador (b) de condensación de silanol es un compuesto orgánico que comprende un resto que contiene al menos un átomo de nitrógeno, en el que dicho resto que contiene un átomo de nitrógeno es diferente de un resto de amina secundaria y en el que el compuesto orgánico tiene un peso molecular de menos que 2000 g/mol.

El peso molecular de menos que 2000 g/mol está basado en el peso atómico.

El término "cable" significa cables y alambres.

30 La composición polimérica de la invención como se ha definido anteriormente o a continuación se denomina también en la presente memoria de forma corta "composición polimérica". Como para el caso de los componentes de la composición polimérica, la poliolefina que porta los grupos (a) silano hidrolizables es denominada en la presente memoria también de forma corta "poliolefina (a)" y el compuesto (b) de catalizador de condensación de silanol es denominado también en la presente memoria de forma corta "catalizador (b)".

35 Además, el catalizador (b) puede estar presente en la composición polimérica antes o después de la formación de la capa de cable.

El cable preferido comprende un conductor rodeado de al menos una capa que está seleccionada entre una capa de aislamiento, una capa semiconductor o una capa de revestimiento. Más preferentemente, dicha al menos una capa es una capa de aislamiento.

40 Incluso más preferentemente, el cable es un cable de energía que comprende un conductor rodeado al menos por una capa semiconductor interna, una capa aislante y una capa semiconductor externa, en la que al menos una capa, preferentemente al menos la capa de aislamiento o al menos una de la capa semiconductor interna y externa, preferentemente al menos la capa de aislamiento, comprende, preferentemente consiste en, la composición polimérica que comprende

45 (a) una poliolefina que porta grupos silano hidrolizables y

(b) un compuesto de catalizador de condensación de silanol, en el que el catalizador (b) de condensación de silanol es un compuesto orgánico que comprende un resto que contiene al menos un átomo de nitrógeno, en el que dicho resto que contiene un átomo de nitrógeno es diferente de un resto de amina secundaria y en el que el compuesto orgánico tiene un peso molecular de menos que 2000 g/mol.

50 De forma natural, la composición polimérica puede comprender dos o más catalizadores (b). También de forma natural, además del resto que contiene el átomo de nitrógeno, el catalizador (b) puede comprender otro/s resto/restos que contienen nitrógeno.

Preferentemente, el cable es apto para reticulación y posteriormente se reticula antes del uso final. "Apto para reticulación" significa que la composición polimérica se puede reticular con silano usando el catalizador (b) antes de usar el cable en su aplicación final.

- 5 Las siguientes realizaciones preferidas, propiedades y subgrupos de la poliolefina (a) y catalizador (b), de la composición polimérica y del cable son generalizables de manera independiente, ya que se pueden usar en cualquier orden o combinación para definir de manera adicional las realizaciones preferidas de la composición polimérica y el cable, de la invención. Además, a menos que se afirme lo contrario, resulta evidente que la descripción de la poliolefina (a) concreta aplica a la poliolefina antes de la reticulación opcional.

Catalizador de condensación de silanol (Catalizador (b))

- 10 El catalizador (b) es un compuesto orgánico como se ha definido anteriormente, a continuación o en las reivindicaciones, que cataliza la reticulación de grupos silano por medio de hidrólisis y posterior reacción de condensación en presencia de dicho catalizador (b).

El compuesto orgánico como dicho catalizador (b) comprende un resto hidrocarbilo.

- 15 El peso molecular del catalizador (b) es preferentemente de 1800 g/mol o menos, preferentemente de 1500 g/mol o menos, más preferentemente de 30 a 1000 g/mol, incluso más preferentemente de 50 a 800 g/mol, más preferentemente de 50 a 500 g/mol.

El catalizador (b) apropiado para la composición polimérica presente en al menos una capa del cable de la invención está más preferentemente seleccionado entre

- un compuesto de fórmula (I)

- 20 $R^4R^3N-CR^2=NR^1$ (I) (también denominado compuesto (I));

en la que R^1 , R^2 , R^3 y R^4 son cada uno de forma independiente un hidrógeno o un grupo hidrocarbilo saturado o parcialmente insaturado, sustituido o no sustituido, que opcionalmente contiene uno o más heteroátomo(s); un grupo hidrocarbilo aromático sustituido o no sustituido que opcionalmente contiene uno o más heteroátomo(s); o cualesquiera dos de R^1 , R^2 , R^3 y R^4 junto con el átomo al cual están unidos forman un sistema de anillo sustituido o no sustituido que opcionalmente está condensado con uno o más anillos y que opcionalmente contiene uno o más heteroátomo(s); con la condición de que al menos uno de R^1 , R^2 , R^3 y R^4 sea diferente de H;

- 25 - un compuesto de fórmula (II)

$R^4R^3N-CR^2=CR^1R^5$ (II) (también denominado compuesto (II));

- 30 en la que R^1 , R^2 , R^3 , R^4 y R^5 son cada uno de forma independiente un hidrógeno o un grupo hidrocarbilo saturado o parcialmente insaturado, sustituido o no sustituido, que opcionalmente contiene uno o más heteroátomo(s); un grupo hidrocarbilo aromático sustituido o no sustituido que opcionalmente contiene uno o más heteroátomo(s); o cualesquiera dos de R^1 , R^2 , R^3 , R^4 y R^5 junto con el átomo al cual están unidos forman un sistema de anillo sustituido o no sustituido que opcionalmente está condensado con uno o más anillos y que opcionalmente contiene uno o más heteroátomo(s); con la condición de que al menos uno de R^1 , R^2 , R^3 , R^4 y R^5 sea diferente de H;

- 35 o

- un compuesto que sea diferente del compuesto (I) o del compuesto (II) y que comprenda un resto hidrocarbilo aromático o hidrocarbilo saturado o parcialmente insaturado, en el que dicho resto hidrocarbilo saturado o parcialmente insaturado o resto hidrocarbilo aromático opcionalmente contiene un o más heteroátomo(s) y en el que el compuesto porta al menos dos sustituyentes amina que están seleccionados de forma independiente entre sustituyentes de amina primaria o secundaria y opcionalmente sustituyente(s) adicional(es), con la condición de que al menos uno de los dos sustituyentes de amina sea diferente de un sustituyente de amina secundaria (también denominado como compuesto (III));

- 40 - de manera que cada uno de los compuestos (I), (II) o (III) tiene un peso molecular de menos que 2000.

- 45 Resulta evidente para la persona experta que la presencia o ausencia de cualquiera de los sustituyentes R^1 , R^2 , R^3 , R^4 y, respectivamente, R^5 de las fórmulas (I) y (II) anteriores depende de la valencia del átomo al cual se encuentran unidos.

- 50 Un grupo hidrocarbilo puede ser lineal, ramificado o cíclico o una mezcla de grupos lineales o ramificados. Para evitar la duda, el término "hidrocarbilo" usado en la presente memoria no significa grupos cíclicos aromáticos como resulta evidente a partir de las definiciones usadas en la presente memoria, es decir los grupos cíclicos aromáticos se definen como hidrocarbilo aromático. La expresión "parcialmente insaturado" significa que el resto puede comprender uno o más enlaces dobles o triples e incluye radicales alqueno que comprenden al menos un doble

enlace y radicales alquínulo que comprenden al menos un enlace triple. En el caso de "hidrocarbilo cíclico parcialmente insaturado" pueden existir uno más dobles enlaces en los sistemas de anillo, lo que significa que el anillo es no aromático para diferenciar dichos restos de anillo "parcialmente insaturados" de los "anillos aromáticos" tales como los radicales fenilo o piridilo.

- 5 El término "monocíclico" incluye sistemas de anillo monocíclicos, tales como ciclopentilo, ciclohexilo, cicloheptilo o fenilo. La expresión "multicíclico" significa en la presente memoria sistemas de anillo condensados, incluyendo anillos bicíclicos, tales como naftilo.

10 El término "opcional" en el compuesto (I), (II) o (III) significa que "puede estar presente o no", por ejemplo "opcionalmente sustituido" engloba las posibilidades de que el sustituyente esté presente o no esté presente. La expresión "no sustituido" significa de forma natural que no está presente ningún sustituyente.

15 Además, el(los) "heteroátomo(s) opcional(es)" que puede(n) estar presente(s) en cualquiera de los sustituyentes, como restos en los sustituyentes o en el sistema de anillo formado por dos sustituyentes en las fórmulas anteriores (I), (II) y (III) como se ha definido anteriormente o a continuación, está(n) seleccionado(s) de forma independiente entre N, O, P ó S, preferentemente N, O ó S, más preferentemente N o O. N, P ó S pueden estar presentes en forma de óxidos, tales como SO₂. La posición del(de los) heteroátomo(s) no se encuentra limitada. Por ejemplo, un sustituyente hidrocarbilo que contiene un(unos) heteroátomo(s) puede unirse a la cadena principal del compuesto (I), (II) o (III) por medio de un heteroátomo, o dicho sustituyente de hidrocarbilo pueden estar interrumpido por uno o más heteroátomo(s). Por ejemplo N u O, si están presentes en el sustituyente de hidrocarbilo, pueden interrumpir el resto de hidrocarbilo del compuesto (I), (II) o (III) (por ejemplo, estando presentes como -NX-, en la que X indica H o un grupo hidrocarbilo como se ha definido anteriormente o a continuación, o como -O-), o el sustituyente de hidrocarbilo se une a la cadena principal del compuesto (I), (II) o (III) por medio del átomo de N u O, es decir el sustituyente de hidrocarbilo es -N=Y, -NH-Y o -N(Y)₂, en la que cada resto Y indica de forma independiente el resto de dicho sustituyente hidrocarbilo diferente de H (que puede además contener un(unos) heteroátomo(s), tal como O, que interrumpe el grupo hidrocarbilo). Se aprecia en la presente memoria que el hidrocarbilo que contiene uno o más heteroátomos, con frecuencia se nombra en química orgánica (por ejemplo, en el sistema de nomenclatura IUPAC bien conocido) de acuerdo con su funcionalidad, por ejemplo los hidrocarbilos anteriores que contienen N y O se definen como aminas o iminas (en la presente memoria contienen al menos un resto hidrocarbilo) y, respectivamente, éteres o por ejemplo grupos alcoxi o alquilalcoxi. No obstante, en la presente memoria se incluyen los heteroátomos que interrumpen el sustituyente de hidrocarbilo o que unen el sustituyente de hidrocarbilo al compuesto de la cadena principal, bajo la denominación de "grupo hidrocarbilo", con el fin de enfatizar que debe haber al menos un resto hidrocarbilo presente en dichos sustituyentes de hidrocarbilo del compuesto (I), (II) o (III). Similarmente, las expresiones específicamente mencionadas "resto que contiene al menos un átomo de nitrógeno", "amina primaria", "amina secundaria" y restos nucleares que contienen N dibujados en las fórmulas (I-III) del catalizador (b) se usan para enfatizar la funcionalidad de estos grupos específicos, ya que se piensa que, sin pretender quedar ligado a teoría alguna, el grupo especificado tiene un efecto catalítico para provocar la reticulación de silano. Por consiguiente, se entiende que cualquier sustituyente de hidrocarbilo que contiene un átomo de N es otro resto (adicional) diferente del "resto que contiene al menos un átomo de nitrógeno", "amina primaria" y "amina secundaria" anteriormente mencionados, presentes en el compuesto orgánico y, respectivamente, en el resto nuclear de los compuestos (I), (II) y (III) que incluyen sus subgrupos preferidos. El número de heteroátomo(s), si está(n) presente(s), en el grupo hidrocarbilo es preferentemente de 1 a 4, más preferentemente de 1 ó 2.

En los compuestos preferidos (I), (II) ó (III) de la invención, se generalizan los siguientes sustituyentes preferidos o subgrupos de compuestos (I), (II) o (III) y pueden combinarse en cualquier combinación.

45 Cuando se encuentra presente, el hidrocarbilo saturado o parcialmente insaturado, opcionalmente sustituido que contiene de manera opcional uno o más heteroátomos, como se ha definido anteriormente como sustituyente R¹, R², R³, R⁴ o R⁵ de los compuestos (I) o (II) o como resto de hidrocarbilo del compuesto (III), es más preferentemente

(i) un grupo hidrocarbilo saturado o parcialmente insaturado, lineal o ramificado y opcionalmente sustituido;

50 (ii) un grupo hidrocarbilo saturado o parcialmente insaturado, lineal o ramificado, opcionalmente sustituido que porta un resto hidrocarbilo cíclico saturado o parcialmente insaturado o un grupo hidrocarbilo saturado o parcialmente insaturado, lineal o ramificado y opcionalmente sustituido que porta un resto hidrocarbilo aromático; preferentemente, un grupo hidrocarbilo saturado o parcialmente insaturado, lineal o ramificado y opcionalmente sustituido que porta un resto hidrocarbilo cíclico saturado o parcialmente insaturado; o

(iii) un grupo hidrocarbilo cíclico saturado o parcialmente insaturado y opcionalmente sustituido.

55 Preferentemente, cuando está presente, el sistema de anillo (iii) anterior o el resto de hidrocarbilo cíclico saturado o parcialmente insaturado del hidrocarbilo anterior (ii) contiene de 5 a 15 átomos de anillo, y más preferentemente es un sistema de anillo de hidrocarbilo mono o multicíclico, saturado o parcialmente insaturado, que tiene de 5 a 12 átomos de anillo y que puede contener uno o más heteroátomos como se ha definido anteriormente, más preferentemente un sistema de anillo hidrocarbilo, mono o multicíclico, saturado o parcialmente insaturado y opcionalmente sustituido con 5 a 12 átomos de anillo, incluso más preferentemente un anillo de hidrocarbilo

monocíclico saturado o parcialmente insaturado con 5 a 7 átomos de anillo que puede contener heteroátomos.

Cada una de las opciones anteriores (i), (ii) y (iii) como grupo hidrocarbilo saturado o parcialmente insaturado y opcionalmente sustituido puede contener, de manera independiente, uno o más heteroátomos como se ha definido anteriormente, preferentemente uno o dos, que está/están preferentemente seleccionado(s) de forma independiente entre O o N, preferentemente un átomo de O.

Si se encuentra presente, entonces el sustituyente (i) de hidrocarbilo lineal o ramificado más preferido o el resto de hidrocarbilo lineal o ramificado más preferido del hidrocarbilo (ii), como se ha definido anteriormente como sustituyente R^1 , R^2 , R^3 , R^4 o R^5 del sustituyente de los compuestos (I) o (II) o como resto hidrocarbilo del compuesto (III) está seleccionado, cada uno de forma independiente, entre un grupo hidrocarbilo lineal o ramificado opcionalmente sustituido que no contiene ningún heteroátomo, $-Y-NH-Y$, $Y-N(Y)_2$, $-NH-Y$, $-NY_2$, $-O-Y$, $-Y-O-Y$ o $-N(Y-O-Y)_2$, en la que cada resto Y de los grupos anteriores es un grupo hidrocarbilo lineal o ramificado y opcionalmente sustituido que no contiene ningún heteroátomo. Más preferentemente, dicho grupo de hidrocarbilo lineal o ramificado y opcionalmente sustituido sin heteroátomos como sustituyente hidrocarbilo o como resto Y de los compuestos (I) o (II) o como resto hidrocarbilo lineal o ramificado del compuesto (III) es un grupo alquilo (C1-C50) lineal o ramificado opcionalmente sustituido, un grupo alqueno (C2-C50) lineal o ramificado opcionalmente sustituido o un grupo alquino (C2-C30) lineal o ramificado opcionalmente sustituido; más preferentemente un grupo alquilo (C1-C50) lineal o ramificado, preferentemente un grupo alquilo (C1-C30) lineal o ramificado, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C20) lineal o ramificado, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C12) lineal o ramificado, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C6) lineal o ramificado.

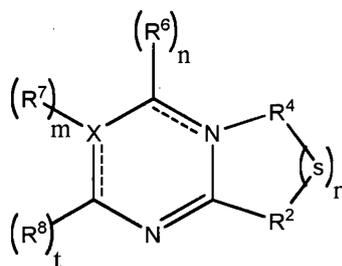
Cuando está presente, el grupo hidrocarbilo aromático opcionalmente sustituido como se ha definido anteriormente como sustituyente R^1 , R^2 , R^3 , R^4 o R^5 o como resto hidrocarbilo aromático en el hidrocarbilo (ii) anterior de los compuestos (I) o (II) o como el resto hidrocarbilo aromático del compuesto (III), es más preferentemente un anillo mono o multicíclico que tiene de 6 a 12 átomos de anillo y que puede contener uno o más heteroátomos como se ha definido anteriormente, más preferentemente un anillo mono o multicíclico con átomos de anillo de carbono, más preferentemente un resto fenilo. El grupo hidrocarbilo aromático puede opcionalmente portar uno o más sustituyentes opcionales y, si está presente, entonces porta preferentemente un grupo funcional como se define a continuación o un grupo hidrocarbilo (i) saturado o parcialmente insaturado, lineal o ramificado y opcionalmente sustituido como se ha definido anteriormente o a continuación.

Cuando en el compuesto (I) cualesquiera dos de R^1 , R^2 , R^3 y R^4 junto con el átomo al cual están unidos forman un sistema de anillo sustituido o no sustituido como se ha definido anteriormente, entonces el sistema de anillo es preferentemente un sistema de anillo aromático saturado o parcialmente insaturado, que opcionalmente está condensado con uno o más anillos, en el que dicho sistema de anillo y el sistema de anillo condensado opcional contienen un(unos) heteroátomo(s) adicional(es) y pueden estar opcionalmente sustituidos. Preferentemente, dicho sistema de anillo contiene de 5 a 15 átomos de anillo, más preferentemente es un sistema de anillo mono o multicíclico aromático, saturado o parcialmente insaturado, sustituido o no sustituido que tiene de 5 a 12 átomos de anillo, preferentemente con 5-10 átomos de anillo, más preferentemente un sistema de anillo monocíclico aromático, saturado o parcialmente insaturado, sustituido o no sustituido con 5 a 7 átomos de anillo, que opcionalmente está condensado con otro sistema de anillo aromático, saturado o parcialmente insaturado, sustituido o no sustituido, preferentemente un anillo monocíclico formado por otros dos de R^1 , R^2 , R^3 y R^4 junto con el átomo al cual está unidos y que puede contener uno o más heteroátomos como se ha definido anteriormente.

Cuando en el compuesto (II) cualesquiera dos de R^1 , R^2 , R^3 , R^4 y R^5 junto con el átomo al cual están unidos forman un sistema de anillo sustituido o no sustituido como se ha definido anteriormente, entonces el sistema de anillo preferentemente es un sistema de anillo aromático, saturado o parcialmente insaturado, que opcionalmente está condensado con uno o más anillos, en el que dicho sistema de anillo y el sistema de anillo condensado opcional contienen un(unos) heteroátomo(s) adicional(es) y pueden opcionalmente estar sustituidos. Preferentemente, dicho sistema de anillo contiene de 5 a 15 átomos de anillo, más preferentemente es un sistema de anillo mono o multicíclico aromático, saturado o parcialmente insaturado, sustituido o no sustituido que tiene de 5 a 12 átomos de anillo, preferentemente con 5 a 10 átomos de anillo, más preferentemente un sistema de anillo monocíclico aromático, saturado o parcialmente insaturado, sustituido o no sustituido con 5 a 7 átomos de anillo, que opcionalmente está condensado con otro sistema de anillo aromático, saturado o parcialmente insaturado, sustituido o no sustituido, preferentemente un anillo monocíclico, formado por otros dos de R^1 , R^2 , R^3 , R^4 y R^5 junto con el átomo al cual están unidos y que puede contener uno o más heteroátomos como se ha definido anteriormente.

Además, cuando cualquiera del grupo hidrocarbilo (i) saturado o parcialmente insaturado, lineal o ramificado "opcionalmente sustituido", cualquiera del grupo hidrocarbilo cíclico saturado o parcialmente insaturado "opcionalmente sustituido" como sustituyente de acuerdo con la opción de hidrocarbilo (iii) o como resto en un sustituyente hidrocarbilo de acuerdo con la opción de hidrocarbilo (ii); cualquiera del hidrocarbilo aromático "opcionalmente sustituido" como sustituyente o como resto de la opción de hidrocarbilo (ii); cualquiera del resto de anillo aromático saturado o parcialmente insaturado "opcionalmente sustituido" del compuesto (III); o cualquiera del sistema de anillo "opcionalmente sustituido" formado por cualesquiera dos de R^1 , R^2 , R^3 , R^4 o, respectivamente R^5 , de los compuestos (I) o, respectivamente (II), incluyendo los subgrupos preferidos siguientes de los mismos, como

- se ha definido anteriormente o a continuación, está sustituido, entonces el(los) "sustituyente(s) opcional(es)" está preferentemente seleccionado entre un "grupo funcional", que es una expresión bien conocida y es un grupo colgante, por ejemplo un grupo sustituido unido a un anillo fenilo. Preferentemente, el número del(de los) grupo(s) funcional(es) opcional(es) es preferentemente de 1 a 4, preferentemente de 1 a 3, más preferentemente de 1 ó 2. Es preferible que el(los) grupo(s) funcional(es) opcional(es) esté(n) seleccionado(s) de forma independiente entre cualquiera de los siguientes grupos -OH, -NH₂, =NH, nitro, tiol, tioalquilo C₁₋₁₂, CN o halógeno, tal como -F, -Cl, -Br o -I, -COR', -CONR'₂, -COOR', en el que cada R' es de manera independiente H o alquilo(C1-C12), más preferentemente entre -NH₂, =NH, incluso más preferentemente dicho grupo funcional es -NH₂.
- Además, el grupo hidrocarbilo cíclico saturado o parcialmente insaturado como sustituyente de acuerdo con la opción de hidrocarbilo (iii) o como resto en un sustituyente hidrocarbilo de acuerdo con la opción de hidrocarbilo (ii), el hidrocarbilo aromático como sustituyente o como resto de la opción de hidrocarbilo (ii), el resto de anillo aromático, saturado o parcialmente insaturado del compuesto (III); o el sistema de anillo formado por cualesquiera dos de R¹, R², R³, R⁴ y, respectivamente R⁵ de los compuestos (I) o, respectivamente (II), incluyendo los subgrupos preferidos siguientes de los mismos, como se ha definido anteriormente o a continuación, puede, de manera adicional o alternativa a un grupo funcional como "sustituyente opcional", portar también un grupo hidrocarbilo (i) saturado o parcialmente insaturado, lineal o ramificado, opcionalmente sustituido como se ha definido anteriormente o a continuación como dicho sustituyente "opcional", que es más preferentemente un grupo alquilo (C1-C20) lineal o ramificado, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C12) lineal o ramificado, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C6) lineal o ramificado; o cualesquiera mezclas de dichos grupos funcionales e hidrocarbilo.
- Nótese que el "grupo funcional" como sustituyente "opcional" es diferente de cualquier sustituyente "de hidrocarbilo que contiene heteroátomo" del compuesto de catalizador (b) que incluye los subgrupos preferidos (I)-(III), diferente del "resto que contiene al menos un nitrógeno" anteriormente definido del compuesto de catalizador (b) y, respectivamente, diferente del resto de núcleo mostrado en la cadena principal de los compuestos (I) o (II), así como diferente de la "amina primaria" o "amina secundaria" del compuesto (III), del compuesto de catalizador (b).
- Más preferentemente, el catalizador (b) está seleccionado entre
- un compuesto (Ia) que es un compuesto de fórmula (I), en el que R³ y R¹ forman junto con los átomos a los que están unidos un anillo aromático o parcialmente insaturado que puede opcionalmente estar condensado con un sistema de anillo aromático, saturado o parcialmente insaturado, formado por R² y R⁴, en el que dicho anillo o dicho sistema de anillo opcionalmente condensado contiene de manera opcional uno o más heteroátomos adicionales y puede opcionalmente estar sustituido con uno o más grupos seleccionados entre un grupo hidrocarbilo o un grupo funcional como se ha definido anteriormente;
 - un compuesto (IIa) que es un compuesto de fórmula (II), en el que R³ y R⁴ forman junto con los átomos a los que están unidos un anillo aromático o parcialmente insaturado que puede opcionalmente estar condensado con un sistema de anillo aromático, saturado o parcialmente insaturado formado por R² y R⁴, en el que dicho anillo o dicho sistema de anillo opcionalmente condensado contiene de manera opcional uno o más heteroátomos adicionales y puede opcionalmente estar sustituido con uno o más grupos seleccionados entre un grupo hidrocarbilo o un grupo funcional como se ha definido anteriormente; o
 - un compuesto (IIIa) que es un compuesto (III), en el que el resto de hidrocarbilo aromático, saturado o parcialmente insaturado, que comprende dos restos de amina primaria como se ha definido anteriormente, está seleccionado entre (i) un grupo de hidrocarbilo (ii) saturado o parcialmente insaturado, lineal o ramificado, opcionalmente sustituido, (ii) un grupo hidrocarbilo o (iii) un grupo hidrocarbilo cíclico saturado o parcialmente insaturado, opcionalmente sustituido; o un grupo hidrocarbilo aromático; como se ha definido anteriormente y puede opcionalmente estar sustituido con uno o más sustituyentes adicionales seleccionados entre un grupo hidrocarbilo o un grupo funcional como se ha definido anteriormente.
- Preferentemente, el catalizador (b) está seleccionado entre un compuesto (Ia), compuesto (IIa) que adicionalmente contiene un átomo de nitrógeno adicional al menos en uno de los sustituyentes R⁵, R⁶, R⁷ ó R⁸ o como al menos un átomo de anillo; o compuesto (IIIa).
- Preferentemente, el catalizador (b) está seleccionado entre subgrupos de compuestos (Ia), (IIa) y (IIIa), concretamente entre compuestos de fórmula (Ia1), (Ia2) o (IIIa1):
- un compuesto de fórmula (Ia1)



(Ia1),

en la que

----- es un doble enlace opcional;

s es un grupo hidrocarbilo divalente con 1 a 4 átomos;

5 r es 0 ó 1;

el número de n, m y t depende de si hay un doble enlace y

n = 1 ó 2;

m = 0 ó 1, cuando X = N, y m = 1 ó 2, cuando X = C;

t = 1 ó 2;

10 cada R⁶, cada R⁷ y cada R⁸ son de forma independiente H o un hidrocarbilo (i), un hidrocarbilo (ii) o un hidrocarbilo (iii), más preferentemente como hidrocarbilo (i) lineal o ramificado o el hidrocarbilo (ii), más preferentemente como hidrocarbilo (i) lineal o ramificado; como se ha definido anteriormente o a continuación, más preferentemente cada R⁶, cada R⁷ y cada R⁸ está seleccionado de forma independiente entre H o un grupo hidrocarbilo lineal o ramificado y opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos, -Y-NH-Y, Y-N(Y)₂, -NH-Y, -NY₂, -O-Y, -Y-O-Y o -N(Y-O-Y)₂, en la que cada Y de las fórmulas anteriores es de manera independiente un grupo hidrocarbilo lineal o ramificado y opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos; incluso más preferentemente, dicho grupo hidrocarbilo lineal o ramificado y opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos como sustituyente hidrocarbilo o como el resto Y es un grupo alquilo (C1-C50) lineal o ramificado opcionalmente sustituido, un grupo alquenilo (C2-C50) lineal o ramificado opcionalmente sustituido o un grupo alquinilo (C2-C30) lineal o ramificado opcionalmente sustituido; más preferentemente un grupo alquilo (C1-C50) lineal o ramificado, preferentemente un grupo alquilo (C1-C30) lineal o ramificado, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C20) lineal o ramificado, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C12) lineal o ramificado, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C6) lineal o ramificado; y

25 - cuando r es 1, entonces la unión entre los átomos de anillo C y N es C-N y R² y R⁴ forman junto con s, N y C, a los cuales están unidos, un anillo aromático saturado o parcialmente insaturado que opcionalmente está condensado con uno o más anillos, en el que dicho anillo o el sistema de anillo condensado opcional contiene de manera opcional uno o más heteroátomos adicionales y puede opcionalmente estar sustituido; preferentemente forman un sistema de anillo mono o multicíclico aromático saturado o parcialmente insaturado, opcionalmente sustituido que tiene de 5 a 15 átomos de anillo y puede contener un(unos) heteroátomo(s) adicional(es); más preferentemente forman un sistema de anillo mono o multicíclico aromático, saturado o parcialmente insaturado, opcionalmente sustituido que tiene de 5 a 12 átomos de anillo, preferentemente de 5 a 10 átomos de anillo, y que puede contener heteroátomos adicionales; incluso más preferentemente forman un anillo hidrocarbilo monocíclico aromático, saturado o parcialmente insaturado, opcionalmente sustituido que tiene de 5 a 7 átomos de anillo y que puede contener uno o más heteroátomos adicionales; o

35 - cuando r es 0 y si el enlace entre los átomos de anillo C y N es C=N, entonces R⁴ está ausente y R² es H o un hidrocarbilo (i), un hidrocarbilo (ii) o un hidrocarbilo (iii), más preferentemente un hidrocarbilo (i) lineal o ramificado o un hidrocarbilo (ii), incluso más preferentemente un hidrocarbilo (i) lineal o ramificado, como se ha definido anteriormente o a continuación; o

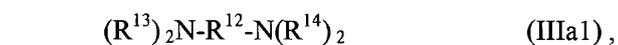
40 cuando r es 0, y si el enlace entre los átomos de anillo N y C es C-N, entonces R² y R⁴ son de manera independiente como se ha definido anteriormente para R²;

45 más preferentemente cada R⁶, cada R⁷ y cada R⁸ está seleccionado de manera independiente entre H o un grupo hidrocarbilo lineal o ramificado opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos, Y-NH-Y, Y-N(Y)₂, -NH-Y, -NY₂, -O-Y, -Y-O-Y o -N(Y-O-Y)₂, en la que cada Y de las fórmulas anteriores es de manera independiente un grupo hidrocarbilo lineal o ramificado y opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos; incluso más preferentemente dicho grupo hidrocarbilo lineal o ramificado opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos

cuando r es 0, y si el enlace entre los átomos de anillo N y C es C-N, entonces R^2 y R^4 son de manera independiente como se ha definido anteriormente para R^2 ;

5 más preferentemente cada R^6 , cada R^7 , cada R^8 y R^5 está seleccionado de manera independiente entre H o un grupo hidrocarbilo lineal o ramificado opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos, Y-NH-Y, Y-N(Y)₂, -NH-Y, -NY₂, -O-Y, -Y-O-Y o -N(Y-O-Y)₂, en la que cada Y de las fórmulas anteriores es de manera independiente un grupo hidrocarbilo lineal o ramificado y opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos; incluso más preferentemente dicho grupo hidrocarbilo lineal o ramificado opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos como sustituyente hidrocarbilo o como resto Y es un grupo alquilo (C1-C50) lineal o ramificado opcionalmente sustituido, un grupo alqueno (C2-C50) lineal o ramificado opcionalmente sustituido o un grupo alquino (C2-C30) lineal o ramificado opcionalmente sustituido; más preferentemente un grupo alquilo (C1-C50) lineal o ramificado, preferentemente un grupo alquilo (C1-C30) lineal o ramificado, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C20) lineal o ramificado, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C12) lineal o ramificado, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C6) lineal o ramificado; o

un compuesto de fórmula (IIIa1)



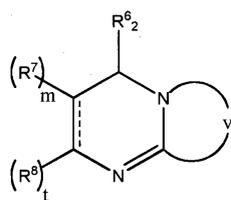
en la que cada R^{13} y cada R^{14} es de manera independiente H o un hidrocarbilo (i), un hidrocarbilo (ii) o un hidrocarbilo (iii), más preferentemente un hidrocarbilo (i) lineal o ramificado o un hidrocarbilo (ii), más preferentemente un hidrocarbilo (i) lineal o ramificado, como se ha definido anteriormente o a continuación, más preferentemente cada R^{13} y cada R^{14} se escogen de manera independiente entre H o un grupo hidrocarbilo lineal o ramificado opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos, Y-NH-Y, Y-N(Y)₂, -NH-Y, -NY₂, -O-Y, -Y-O-Y o -N(Y-O-Y)₂, en la que cada Y de las fórmulas anteriores es de manera independiente un grupo hidrocarbilo lineal o ramificado y opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos; incluso más preferentemente dicho grupo hidrocarbilo lineal o ramificado opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos como sustituyente hidrocarbilo o como resto Y es un grupo alquilo (C1-C50) lineal o ramificado opcionalmente sustituido, un grupo alqueno (C2-C50) lineal o ramificado opcionalmente sustituido o un grupo alquino (C2-C30) lineal o ramificado opcionalmente sustituido; más preferentemente un grupo alquilo (C1-C50) lineal o ramificado, preferentemente un grupo alquilo (C1-C30) lineal o ramificado, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C20) lineal o ramificado, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C12) lineal o ramificado, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C6) lineal o ramificado; y

30 R^{12} es un hidrocarbilo (i), un hidrocarbilo (ii) o un hidrocarbilo (iii), más preferentemente un hidrocarbilo (i) lineal o ramificado o un hidrocarbilo (ii), incluso más preferentemente un hidrocarbilo (i) lineal o ramificado, como se ha definido anteriormente, más preferentemente R^{12} está seleccionado de manera independiente entre H o un grupo hidrocarbilo lineal o ramificado opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos, Y-NH-Y, Y-N(Y)₂, -NH-Y, -NY₂, -O-Y, -Y-O-Y o -N(Y-O-Y)₂, en la que cada Y de las fórmulas anteriores es de manera independiente un grupo hidrocarbilo lineal o ramificado y opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos; incluso más preferentemente dicho grupo hidrocarbilo lineal o ramificado opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos como sustituyente hidrocarbilo o como resto Y es un grupo alquilo (C1-C50) lineal o ramificado opcionalmente sustituido, un grupo alqueno (C2-C50) lineal o ramificado opcionalmente sustituido o un grupo alquino (C2-C30) lineal o ramificado opcionalmente sustituido; más preferentemente un grupo alquilo (C1-C50) lineal o ramificado, preferentemente un grupo alquilo (C1-C30) lineal o ramificado, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C20) lineal o ramificado, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C12) lineal o ramificado, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C6) lineal o ramificado.

El catalizador (b) es más preferentemente un compuesto (Ia1), en el que r es 1 ó; r es 0, en el que R^2 y R^4 es cada uno de forma independiente H o un grupo hidrocarbilo como se ha definido anteriormente; y X es un átomo de N.

45 Incluso más preferentemente, el catalizador (b) está seleccionado entre subgrupos de compuestos (Ia1), (IIa2) y (IIIa1), concretamente entre los compuestos de fórmula (Ia2), (Ia3) o (IIIa2):

un compuesto de fórmula (Ia2)



(Ia2)

en la que

----- es un doble enlace opcional;

v es un grupo hidrocarbilo divalente con 3 a 6 átomos de anillo;

5 r es 0 ó 1; el número de m y t depende de si hay un doble enlace y

m = 1 ó 2;

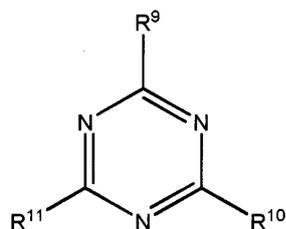
t = 1 ó 2;

10 cada R⁶, cada R⁷, cada y cada R⁸ son de forma independiente H o un grupo hidrocarbilo como se ha definido anteriormente como el hidrocarbilo (i), el hidrocarbilo (ii) o el hidrocarbilo (iii), más preferentemente como hidrocarbilo (i) lineal o ramificado o el hidrocarbilo (ii), más preferentemente como hidrocarbilo (i) lineal o ramificado, como se ha definido anteriormente, más preferentemente cada R⁶, cada R⁷ y cada R⁸ está seleccionado de forma independiente entre H o un grupo hidrocarbilo lineal o ramificado y opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos, -Y-NH-Y, Y-N(Y)₂, -NH-Y, -NY₂, -O-Y, -Y-O-Y o -N(Y-O-Y)₂, en la que cada Y de las fórmulas anteriores es de manera independiente un grupo hidrocarbilo lineal o ramificado y opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos;

15 incluso más preferentemente, dicho grupo hidrocarbilo lineal o ramificado y opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos como sustituyente hidrocarbilo o como el resto Y es un grupo alquilo (C1-C50) lineal o ramificado opcionalmente sustituido, un grupo alquenilo (C2-C50) lineal o ramificado opcionalmente sustituido o un grupo alquinilo (C2-C30) lineal o ramificado opcionalmente sustituido; más preferentemente un grupo alquilo (C1-C50) lineal o ramificado opcionalmente sustituido, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C30) lineal o ramificado opcionalmente sustituido, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C20) lineal o ramificado no sustituido, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C12) lineal o ramificado no sustituido, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C6) lineal o ramificado no sustituido; y

25 v forma junto con N y C, a los cuales está unido, un anillo aromático, saturado o parcialmente insaturado, que opcionalmente está condensado con uno o más de otros anillos, en el que dicho anillo o el sistema de anillo condensado opcional contiene de manera opcional uno o más heteroátomos adicionales y puede opcionalmente estar sustituido, preferentemente forma un sistema de anillo mono o multicíclico aromático, saturado o parcialmente insaturado que tiene de 5 a 15 átomos de anillo y que puede contener heteroátomo(s) adicional(e)s, más preferentemente forma un sistema de anillo mono o multicíclico aromático, saturado o parcialmente insaturado que tiene de 5 a 12 átomos de anillo, preferentemente de 5 a 10 átomos de anillo, y que puede contener heteroátomos adicionales, incluso más preferentemente forma un anillo hidrocarbilo monocíclico aromático, saturado o parcialmente insaturado y opcionalmente sustituido que tiene de 5 a 7 átomos de anillo y que preferentemente no está sustituido y, preferentemente, no contiene heteroátomos adicionales;

un compuesto de fórmula (Ia3)



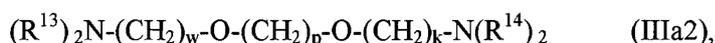
(Ia3),

35 en el que cada R⁹, R¹⁰ y R¹¹ es de forma independiente H; un grupo funcional o un grupo hidrocarbilo como se ha definido anteriormente como el hidrocarbilo (i), el hidrocarbilo (ii) o el hidrocarbilo (iii), más preferentemente hidrocarbilo (i) lineal o ramificado o hidrocarbilo (ii), más preferentemente como hidrocarbilo (i) lineal o ramificado, como se ha definido anteriormente; más preferentemente cada R⁹, R¹⁰ y R¹¹ está seleccionado de forma independiente entre H; un grupo funcional que es -NH₂ o un grupo hidrocarbilo lineal o ramificado opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos, , -Y-NH-Y, Y-N(Y)₂, -NH-Y, -NY₂, -O-Y, -Y-O-Y o -N(Y-O-Y)₂, en la que

40

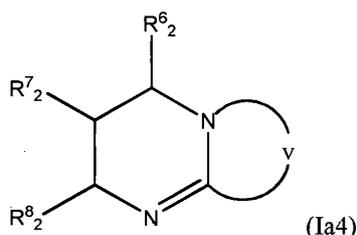
5 cada Y de las fórmulas anteriores es de manera independiente un grupo hidrocarbilo lineal o ramificado y opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos, incluso más preferentemente dicho grupo hidrocarbilo lineal o ramificado opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos como sustituyente hidrocarbilo o como resto Y es un grupo alquilo (C1-C50) lineal o ramificado opcionalmente sustituido, un grupo alqueno (C2-C50) lineal o ramificado opcionalmente sustituido o un grupo alquino (C2-C30) lineal o ramificado opcionalmente sustituido; más preferentemente un grupo alquilo (C1-C50) lineal o ramificado opcionalmente sustituido, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C30) lineal o ramificado opcionalmente sustituido, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C20) lineal o ramificado no sustituido, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C12) lineal o ramificado no sustituido, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C6) lineal o ramificado no sustituido; más preferentemente cada R⁹, R¹⁰ y R¹¹ está seleccionado de forma independiente entre -NH₂, -NY₂ o -N(Y-O-Y)₂, en la que cada Y es como se ha definido anteriormente; incluso más preferentemente entre -NH₂ o -N(Y-O-Y)₂, en la que cada Y es como se ha definido anteriormente; o

un compuesto de fórmula (IIIa2)



15 en la que w+p+k = de 3 a 20, preferentemente 5-10, más preferentemente x = 1-3; p = 1-3 y k = 1-3; y cada R¹³ y cada R¹⁴ es de manera independiente H o un grupo alquilo (C1-C30) lineal o ramificado no sustituido, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C20) lineal o ramificado no sustituido, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C12) lineal o ramificado no sustituido, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C6) lineal o ramificado no sustituido; más preferentemente cada R¹³ y cada R¹⁴ es H.

20 El catalizador (b) más preferido es un subgrupo del compuesto (Ia2), concretamente un compuesto de fórmula (Ia4);

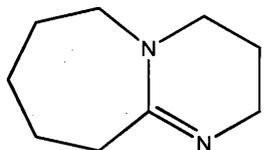


25 cada R⁶, cada R⁷ y cada R⁸ es de manera independiente H o un grupo hidrocarbilo como se ha definido anteriormente como el hidrocarbilo (i), el hidrocarbilo (ii) o el hidrocarbilo (iii), más preferentemente como hidrocarbilo (i) lineal o ramificado o el hidrocarbilo (ii), más preferentemente como hidrocarbilo (i) lineal o ramificado, como se ha definido anteriormente, más preferentemente cada R⁶, cada R⁷ y cada R⁸ está seleccionado de manera independiente entre H o un grupo hidrocarbilo lineal o ramificado opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos, Y-NH-Y, Y-N(Y)₂, -NH-Y, -NY₂, -O-Y, -Y-O-Y o -N(Y-O-Y)₂, en la que cada Y de las fórmulas anteriores es de manera independiente un grupo hidrocarbilo lineal o ramificado y opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos; incluso más preferentemente dicho grupo hidrocarbilo lineal o ramificado opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos como el sustituyente hidrocarbilo o como el resto Y es un grupo alquilo (C1-C50) lineal o ramificado opcionalmente sustituido, un grupo alqueno (C2-C50) lineal o ramificado opcionalmente sustituido o un grupo alquino (C2-C30) lineal o ramificado opcionalmente sustituido; más preferentemente un grupo alquilo (C1-C50) lineal o ramificado opcionalmente sustituido, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C30) lineal o ramificado opcionalmente sustituido, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C20) lineal o ramificado no sustituido, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C12) lineal o ramificado no sustituido, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C6) lineal o ramificado no sustituido, y

30 v forma junto con N y C, a los cuales está unido, un sistema de anillo aromático, saturado o parcialmente insaturado, que opcionalmente está condensado con uno o más de otros anillo, en el que dicho anillo o el sistema de anillo condensado opcional contiene de manera opcional uno o más heteroátomos adicionales y puede opcionalmente estar sustituido, preferentemente un sistema de anillo mono o multicíclico aromático, saturado o parcialmente insaturado que tiene de 5 a 15 átomos de anillo y que puede contener heteroátomo(s) adicional(es), más preferentemente es un sistema de anillo mono o multicíclico aromático, saturado o parcialmente insaturado, opcionalmente sustituido que tiene de 5 a 12 átomos de anillo, preferentemente de 5 a 10 átomos de anillo, y que puede contener heteroátomos adicionales, más preferentemente un anillo hidrocarbilo monocíclico, saturado o parcialmente insaturado, opcionalmente sustituido que tiene de 5 a 7 átomos de anillo y que preferentemente no está sustituido y, preferentemente, no contiene heteroátomos adicionales.

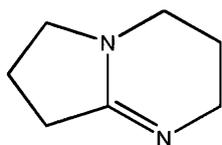
45 Es preferible en las fórmulas anteriores (Ia1), (IIa1), (IIIa1), (Ia2), (Ia3), (IIIa2) y (Ia4) que el grupo hidrocarbilo, que no contiene heteroátomos, o el resto Y, no contenga sustituyentes opcionales, es decir sea insaturado.

Ejemplos no limitantes preferidos de los compuestos preferidos (Ia4) de los compuestos (I) como catalizador (b) son



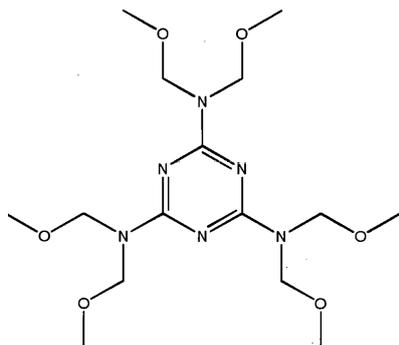
que es 1,8-diazabicyclo [5.4.0.] undec-7-eno (DBU), Mw de 152 g/mol, CAS-nº 6674-22-2, suministrador Sigma-Aldrich; y

5



que es 1,5-diazabicyclo [4.3.0.] no-5-eno (DBN), Mw de 124 g/mol, CAS-nº 3001-75-7, suministrador Sigma-Aldrich.

Un ejemplo no limitante preferido de los compuestos preferidos (Ia3) del compuesto (I) como catalizador (b) es



10 que es hexametioximetil melamina, MW de 390 g/mol, CAS-nº. 68002-20-0, disponible comercialmente entre Cytec con nombre comercial Cyrez 963.

Un ejemplo no limitante de los compuestos preferidos (IIIa2) de los compuestos (III) como catalizador (b) es

$H_2N-(CH_2)_2-O-(CH_2)_2-O-(CH_2)_2-NH_2$, MW DE 148 g/mol, CAS-nº. 929-59-9, disponible comercialmente en Huntsman, con nombre comercial de Jeffamine^R EDR-148.

15 El catalizador (b) más preferido de la invención es el compuesto de fórmula (I), como se ha definido anteriormente o en las reivindicaciones, siendo más preferido el subgrupo de compuestos (I) que son compuestos (Ia2), como se ha definido anteriormente o en las reivindicaciones, siendo el más preferido el grupo de compuestos (I) que son compuestos (Ia4), como se ha definido anteriormente o en las reivindicaciones.

20 Los compuestos apropiados (I), (II), y (III) como el compuesto (b) de catalizador de silanol que incluye sus subgrupos preferidos son como tales bien conocidos y pueden encontrarse disponibles comercialmente, por ejemplo, o se pueden preparar de acuerdo con o de manera análoga con métodos de preparación conocidos descritos en la bibliografía química.

Polioléfina que porta grupos (a) de silano hidrolizables (= poliolefinas (a))

25 Cuando en la presente memoria se hace referencia a un "polímero", por ejemplo una poliolefinas, tal como polietileno, se pretende hacer referencia tanto a un homo- como a un copolímero, por ejemplo un homopolímero y un copolímero de una olefina, tal como un homopolímero y copolímero de etileno.

30 Los grupos silano hidrolizables se pueden introducir en la poliolefinas de la poliolefinas (a) por medio de copolimerización de olefinas, por ejemplo, etileno, monómero con al menos comonómero(s) que contiene(n) grupo(s) silano o por medio de injertado de un(unos) compuesto(s) que contiene grupo(s) silano en la poliolefinas. Preferentemente, el injertado se lleva a cabo por medio de reacción de radicales, por ejemplo, en presencia de un agente de formación de radicales (tal como un peróxido). Ambas técnicas se conocen bien en la técnica.

Preferentemente, la poliolefina que porta grupos (a) de silano hidrolizables es un copolímero de olefina con un comonomero que porta grupo(s) silano y, opcionalmente, con otro comonomero(s); o es un homopolímero o copolímero de olefina con grupos silano que se introducen por medio de injertado de un compuesto que contiene grupo(s) silano en el polímero de poliolefina.

5 Como se sabe bien "comonomero" se refiere a unidades comonoméricas copolimerizables.

El comonomero que contiene el(los) grupo(s) silano para copolimerizar grupos silano o el compuesto que contiene el(los) grupo(s) silano para injertar los grupos silano con el fin de producir la poliolefina (a) es preferentemente un compuesto/comonomero de silano insaturado representado por medio de la fórmula $R^1SiR^2_qY_{3-q}$ (IV).

en la que

10 R^1 es un hidrocarbilo etilénicamente insaturado, hidrocarbiloxi o grupo (met)acriloxi hidrocarbilo,

R^2 es un grupo hidrocarbilo saturado alifático,

Y, que puede ser el mismo o diferente, es un grupo orgánico hidrolizable y

q es 0, 1 ó 2.

15 El resto hidrocarbilo presente en cualquier sustituyente como R^1 del compuesto/comonomero (IV) puede ser un hidrocarbilo lineal o ramificado o un hidrocarbilo cíclico.

El subgrupo más preferido de compuestos/comonomeros (IV) son compuestos/comonomeros de (Icc), en los que R^1 es vinilo, alilo, isopropenilo, butenilo, ciclohexanilo o gamma-(met)acriloxi alquilo; e Y es metoxi, etoxi, formiloxi, acetoxi, propioniloxi o un grupo alquil- o arilamino; y R^2 , si está presente, es un grupo metilo, etilo, propilo, decilo o fenilo, preferentemente R^2 no está presente.

20 Un subgrupo incluso más preferido de comonomeros/compuestos de silano (IV) son compuestos/comonomeros seleccionados entre compuestos/comonomeros de fórmula (IVa) o compuestos/comonomeros de fórmula (IVb):



en la que t = de 0 a 6, preferentemente de 0 a 5, preferentemente de 0 a 4, más preferentemente de 0 a 3, preferentemente de 0 a 2, más preferentemente de 0 ó 1, del modo más preferido 0; y

25 A es un grupo hidrocarbilo, grupo formilo o grupo acetilo, preferentemente un grupo hidrocarbilo que tiene 1-8 átomos de carbono, preferentemente 1-4 átomos de carbono; o



en la que s = de 1 a 6, preferentemente de 1 a 5, más preferentemente de 1 a 4, más preferentemente 1, 2 ó 3, del modo más preferido 3;

30 X es H o $-CH_3$, preferentemente $-CH_3$; y

A es un grupo hidrocarbilo, grupo formilo o un grupo acetilo, preferentemente un grupo hidrocarbilo que tiene de 1 a 8 átomos de carbono, preferentemente de 1 a 4 átomos de carbono.

35 Como resulta evidente para la persona experta, la elección del compuesto/comonomero de silano insaturado apropiado depende, entre otros, del efecto de reticulación deseado, por ejemplo, la velocidad de reticulación deseada, que se puede ajustar por ejemplo con la accesibilidad deseada de los grupos silano al catalizador de reticulación. La accesibilidad, a su vez, se puede ajustar, como es bien sabido, por ejemplo, por medio de la longitud de la cadena lateral de silano que sobresale a partir de la cadena principal polimérica.

40 Los compuestos/comonomeros de silano insaturados más preferidos para la presente invención son compuestos (IVa) y (IVb), preferentemente vinil trimetoxisilano, vinil bismetoxietoxisilano, vinil trietoxisilano o gamma-(met)acriloxipropiltrimetoxisilano.

Los comonomeros/compuestos de silano para la presente invención se conocen bien y se encuentran disponibles en forma de producto comercial o se pueden producir de acuerdo con o de forma análoga a procesos documentados en la bibliografía química.

45 Una poliolefina apropiada para la poliolefina (a) que porta unidades que contienen grupo(s) silano hidrolizable(s) puede ser cualquier poliolefina, tal como una poliolefina convencional, que se pueda usar para producir una capa de cable de un cable de la presente invención. Por ejemplo, dichas poliolefinas convencionales apropiadas se conocen

bien y pueden, por ejemplo, estar disponibles o se pueden preparar de acuerdo con o de forma análoga con procesos de polimerización conocidos descritos en la bibliografía química.

Preferentemente, la poliolefina (a) para la composición polimérica está seleccionada entre polipropileno (PP) o polietileno (PE), preferentemente entre un polietileno, que porta unidades que contienen grupo(s) silano hidrolizable(s).

En caso de que una poliolefina (a) sea un copolímero de etileno con al menos un comonomero diferente de un comonomero que contiene grupo(s) silano (referido en la presente memoria de forma corta como "otro comonomero") y en el que las unidades que contienen grupo(s) silano se incorporan por medio de injertado o por medio de copolimerización con un comonomero/compuesto que contiene grupo(s) silano, entonces dicho otro comonomero apropiado está seleccionado entre comonomero(s) no polar(es) o comonomero(s) polar(es), o cualquiera de sus mezclas. A continuación se describen otros comonomeros no polares y comonomeros polares preferidos en relación con polietileno producido en un proceso de alta presión.

La poliolefina (a) preferida es un polietileno producido en presencia de un catalizador de polimerización de olefinas o un polietileno producido en un proceso de alta presión y que porta unidades que contienen grupo(s) silano hidrolizable(s).

Preferentemente, "catalizador de polimerización de olefinas" significa en la presente memoria un catalizador de coordinación. Dicho catalizador de coordinación tiene un significado bien conocido y preferentemente está seleccionado entre un catalizador Ziegler-Natta, un catalizador de sitio único cuyo término comprende un catalizador de metalloceno y que no es de metalloceno, o un catalizador de cromo, o un catalizador de vanadio o cualquiera de sus mezclas. Los términos tienen un significado que se conoce bien.

Con frecuencia, el polietileno polimerizado en presencia de un catalizador de polimerización de olefinas en un proceso de baja presión es denominado "polietileno de baja presión" para distinguirlo claramente del polietileno producido en un proceso de alta presión. Ambas expresiones se conocen bien en el campo de las poliolefinas. Se puede producir polietileno de baja presión en un proceso de polimerización que opera, entre otros, en condiciones de bloque, suspensión, disolución o fase gas o en cualquiera de sus combinaciones. Normalmente, el catalizador de polimerización de olefinas es un catalizador de coordinación.

Más preferentemente, la poliolefina (a) está seleccionada entre un homopolímero o un copolímero de etileno producido en presencia de un catalizador de coordinación o producido en un proceso de polimerización de alta presión, que porta unidades que contienen grupo(s) silano hidrolizable(s).

En una primera realización de la poliolefina (a) de la composición polimérica de la invención, la poliolefina (a) es un polietileno de baja presión (PE) que porta unidades que contienen grupo(s) silano hidrolizable(s). Preferentemente, dicho PE de baja presión está seleccionado entre un copolímero de etileno de muy baja densidad (VLDPE), un copolímero de etileno lineal de densidad baja (LLDPE), un copolímero de etileno de densidad media (MDPE) o un copolímero u homopolímero de etileno de alta densidad (HDPE), que porta unidades que contienen grupo(s) silano hidrolizable(s). Estos tipos bien conocidos se nombran de acuerdo con su área de densidad. El término VLDPE incluye en el mismo polietileno que también se conocen como plastómeros y elastómeros y abarca el intervalo de densidad de 850 a 909 kg/m³. El LLDPE tiene una densidad de más que 909 a 930 kg/m³, preferentemente de más que 909 a 929 kg/m³, más preferentemente que 915 a 929 kg/m³. El MDPE tiene una densidad de más que 929 a 945 kg/m³, preferentemente de 930 a 945 kg/m³. El HDPE tiene una densidad de más que 945 kg/m³, preferentemente de más que 946 kg/m³, preferentemente de 946 a 977 kg/m³, más preferentemente de 946 a 965 kg/m³. Más preferentemente, dicho copolímero de etileno de baja presión para la poliolefina (a) se copolimeriza con al menos un comonomero seleccionado entre alfa-olefina C3-C20, más preferentemente entre alfa-olefina C4-C12, más preferentemente entre alfa-olefina C4-8, por ejemplo, con 1-buteno, 1-hexeno o 1-octeno o una de sus mezclas. La cantidad de comonomero(s) presente(s) en un copolímero de PE es de 0,1 a 15 % en moles, normalmente de 0,25 a 10 % en moles.

Además, en el caso de que la poliolefina (a) sea un polímero de PE de baja presión que porta las unidades que portan grupo(s) silano hidrolizable(s), entonces dicho PE puede ser unimodal o multimodal con respecto a la distribución de peso molecular (MWD = Mw/Mn). Generalmente, un polímero que comprende al menos dos fracciones poliméricas, que se han producido en condiciones de polimerización diferentes dando como resultado pesos moleculares (medio en peso) y distribuciones de peso molecular diferentes para las fracciones, es denominado "multimodal". El prefijo "multi" se refiere al número de fracciones poliméricas diferentes presentes en el polímero. De este modo, por ejemplo, el polímero multimodal incluye del denominado polímero "bimodal" que consiste en dos fracciones.

"Condiciones poliméricas" significa en la presente memoria cualquiera de los parámetros del proceso, corrientes de alimentación y sistema de catalizador.

Se puede producir PE unimodal de baja presión por medio de una polimerización de etapa única en una reacción individual de manera conocida y documentada. Se puede producir PE multimodal en un reactor de polimerización

modificando las condiciones de polimerización y opcionalmente el catalizador, o, y preferentemente, en el proceso de polimerización de multietapa que se lleva a cabo en al menos dos zonas de polimerización en cascada. Las zonas de polimerización se pueden poner en contacto en paralelo, o preferentemente las zonas de polimerización operan en modo de cascada. En el proceso de multietapa preferido, una primera etapa de polimerización se lleva a cabo en al menos un reactor de suspensión, por ejemplo de bucle, y la segunda etapa de polimerización en uno o más reactores de fase gas. El documento EP 517868 describe un proceso de multietapa preferido. Preferentemente, se usa el mismo catalizador en cada etapa de polimerización de un proceso de multietapa.

Un LLDPE, MDPE o HDPE, como se definen anteriormente o a continuación, son un tipo preferido de PE de baja presión para la poliolefina (a), más preferentemente un copolímero de LLDPE como se ha definido anteriormente o a continuación. Dicho LLDPE puede ser unimodal o multimodal.

Se pueden incorporar las unidades que contienen grupo(s) silano hidrolizable(s) al polietileno de baja presión por medio de injertado o por medio de copolimerización de etileno con un comonomero que contiene grupo(s) silano y opcionalmente con otro(s) comonomero(s), que es preferentemente un comonomero no polar. PE de baja presión que porta grupos silano hidrolizables preferido como poliolefina (a) es un copolímero u homopolímero HDPE, copolímero MDPE o un copolímero LLDPE, en el que el(los) grupo(s) silano se incorpora(n) por medio de injertado de un compuesto que contiene grupo(s) silano.

Preferentemente, el PE de baja presión como poliolefina que porta grupo(s) silano hidrolizable(s) tiene un MFR₂ de hasta 1200 g/10 min, tal como de hasta 1000 g/10 min, preferentemente de hasta 500 g/10 min, preferentemente de hasta 400 g/10 min, preferentemente de hasta 300 g/10 min, preferentemente de hasta 200 g/10 min, preferentemente de hasta 150 g/10 min, preferentemente de 0,01 a 100 g/10 min, preferentemente de 0,01 a 50 g/10 min, preferentemente de 0,01 a 40,0 g/10 min, preferentemente de 0,05 a 30,0 g/10 min, preferentemente de 0,1 a 20,0 g/10 min, más preferentemente de 0,2 a 15,0 g/10 min.

En una segunda realización de la poliolefina (a) de la invención, la poliolefina (a) es un polietileno que se produce en un proceso de polimerización de alta presión (HP) y porta unidades que contienen grupo(s) silano hidrolizable(s). En esta realización, preferentemente, el polietileno se produce en un proceso de polimerización de alta presión en presencia de un iniciador(es), más preferentemente es polietileno de baja densidad (LDPE) que porta unidades que contienen grupo(s) silano hidrolizable(s). Debe apreciarse que un polietileno producido en un proceso de alta presión (HP) es denominado de forma general en la presente memoria como LDPE, cuyo término tiene un significado que se conoce bien en el campo polimérico. Aunque el término LDPE es una abreviatura para polietileno de baja densidad, se entiende que el término no limita el intervalo de densidad, sino que abarca polietilenos HP de tipo LDPE con densidades baja, media y alta. El término LDPE describe y distingue únicamente la naturaleza del polietileno HP con características típicas, tales como una estructura de ramificación diferente, en comparación con el PE producido en presencia de un catalizador de polimerización de olefinas.

La poliolefina (a) de acuerdo con la segunda realización es la poliolefina (a) preferida de la invención y es un polietileno que se produce por medio de una polimerización de alta presión (HP) y que porta unidades que contienen grupo(s) silano hidrolizable(s).

En esta segunda realización preferida, dicho polímero de LDPE que porta grupos silano hidrolizables como poliolefina (a) puede ser un homopolímero de etileno de baja densidad (denominado en la presente memoria como homopolímero LDPE) o un copolímero de etileno de baja densidad (denominado en la presente memoria como copolímero LDPE) con al menos un comonomero seleccionado entre el comonomero que contiene grupo(s) silano, que es preferentemente como se ha definido anteriormente, o entre otro comonomero que se ha mencionado anteriormente, o cualquiera de sus mezclas. Preferentemente, uno o más del(de los) otro(s) monómero(s) de copolímero de LDPE está(n) seleccionado(s) entre comonomero(s) polar(es), comonomero(s) no polar(es) o entre una mezcla de comonomero(s) polar(es) y comonomero(s) no polar(es), como se ha definido anteriormente o a continuación. Además, dicho homopolímero de LDPE o copolímero de LDPE como dicha poliolefina (a) puede opcionalmente ser insaturado.

Como comonomero polar, si está presente en el copolímero de LDPE que porta grupo(s) silano hidrolizable(s) como poliolefina (a), preferentemente dicho comonomero polar está seleccionado entre un comonomero que contiene grupo(s) hidroxilo, grupo(s) alcoxi, grupo(s) carbonilo, grupo(s) carboxilo, grupo(s) éter o grupo(s) éster, o una de sus mezclas. Además, se prefiere más el(los) comonomero(s) que contiene grupo(s) carboxilo y/o éster como dicho comonomero polar. Todavía más preferentemente, el(los) comonomero(s) polar(es), si está(n) presente en el copolímero de LDPE que porta grupos silano hidrolizables como poliolefina (a), está seleccionado entre los grupos de acrilato(s), metacrilato(s) o acetato(s), o cualquiera de sus mezclas, más preferentemente el(los) comonomero(s) polar(es) está(n) seleccionado(s) entre el grupo de acrilatos de alquilo, metacrilatos de alquilo o acetato de vinilo, o una de sus mezclas, incluso más preferentemente entre acrilatos de alquilo C₁ a C₆, metacrilatos de alquilo de C₁ a C₆ o acetato de vinilo. Todavía más preferentemente, si está(n) presente(s) el(los) monómero(s) polar(es), entonces el copolímero de LDPE que porta grupos silano hidrolizables como la poliolefina (a) es un copolímero de etileno con acrilato de alquilo C₁ a C₄, tal como acrilato de metilo, etilo, propilo o butilo, o acetato de vinilo, o cualquiera de sus mezclas, que porta unidades que contienen grupo(s) silano hidrolizable(s).

- 5 Como comonomero no polar, si está presente en el copolímero de LDPE que porta grupo(s) silano hidrolizable(s) como la poliolefina (a), dicho comonomero no polar es diferente del comonomero polar anteriormente mencionado. Preferentemente, el comonomero no polar es diferente de un comonomero que contiene grupo(s) hidroxilo, grupo(s) alcoxi, grupo(s) carbonilo, grupo(s) carboxilo, grupo(s) éter o grupo(s) éster. Un grupo de comonomeros no polares
- 10 Si el polímero de LDPE que porta grupo(s) silano hidrolizable(s) como poliolefina (a) es un copolímero de etileno con otro(s) comonomero(s), entonces la cantidad del(de los) otro(s) comonomero(s) presente(s) en dicho polímero de LDPE es preferentemente de 0,001 a 50 % en peso, más preferentemente de 0,05 a 40 % en peso, todavía más preferentemente menor que 35 % en peso, más preferentemente menor que 25 % en peso. Si está presente, entonces el contenido de comonomero polar de la poliolefina (a) es preferentemente de al menos 0,05 % en moles, preferentemente de 0,1 % en moles o más, más preferentemente de 0,2 % en moles o más, y al menos en aplicaciones de capa de aislamiento el contenido de comonomero polar de la poliolefina (a) es preferentemente de no más que 10 % en peso, preferentemente no más que 6 % en moles, preferentemente no más que 5 % en moles, más preferentemente no más que 2,5 % en moles, basado en la poliolefina (a).
- 20 Como ya se ha mencionado, se puede(n) incorporar el(los) grupo(s) silano al polietileno de alta presión, preferentemente al polímero de LDPE, como poliolefina (a) preferida, por medio de injertado o copolimerización de etileno con un comonomero que contiene grupo(s) silano y opcionalmente con otro(s) comonomero(s), más preferentemente por medio de copolimerización de etileno con un comonomero que contiene grupo(s) silano. En esta segunda realización preferida, la poliolefina (a) es, del modo más preferido, un copolímero de etileno de LDPE con un comonomero que contiene grupos silano como se ha definido anteriormente o a continuación, y opcionalmente con otro(s) comonomero(s).
- 30 Normalmente, y preferentemente en las aplicaciones de alambres y cables (W & C), la densidad del polímero de LDPE que porta los grupos silano hidrolizables como la poliolefina (a) es mayor que 860 kg/m³. Preferentemente, la densidad de dicho polímero de LDPE, no es mayor que 960 kg/m³, y preferentemente es de 900 a 945 kg/m³. El MFR₂ (2,16 kg, 190 °C) del polímero de LDPE que porta grupos silano hidrolizables como la poliolefina (a) es preferentemente de 0,01 a 50 g/10 min, más preferentemente de 0,01 a 40,0 g/10, más preferentemente es de 0,1 a 20 g/10 min y del modo más preferido es de 0,2 a 10 g/10 min.
- 35 Por consiguiente, preferentemente, un polímero de LDPE para la poliolefina (a) se produce a presión elevada por medio de polimerización iniciada por radicales libres (denominada como polimerización por radicales a presión elevada (HP)). El reactor HP puede ser, por ejemplo, un reactor tubular o autoclave bien conocido o una de sus mezclas, preferentemente un reactor tubular. La polimerización a presión elevada (HP) y el ajuste de las condiciones de proceso para adaptar de manera adicional las otras propiedades de la poliolefina que dependen de la aplicación final deseada se conocen bien y se describen en la bibliografía, y se pueden usar fácilmente por parte de una persona experta. Las temperaturas de polimerización apropiadas varían hasta 400 °C, preferentemente de 80 a 350 °C, y la presión de 70 MPa, preferentemente de 100 a 400 MPa, más preferentemente de 100 a 350 MPa. La presión se puede medir al menos tras la etapa de compresión y/o después del reactor tubular. La temperatura se puede medir en varios puntos durante todas las etapas.
- 45 La incorporación del comonomero que contiene grupo(s) silano hidrolizable(s) (así como también otro(s) comonomero(s) adicional(es)) y el control de la corriente de alimentación de comonomero para obtener el contenido final deseado de dichas unidades que contienen grupo(s) silano hidrolizable(s) se puede llevar a cabo de manera conocida y se encuentra dentro de la capacidad de la persona experta. Similarmente, se puede controlar el MFR del polímero polimerizado, por ejemplo, por medio de un agente de transferencia de cadena, como se sabe bien en el campo.
- 50 Detalles adicionales de la producción de (co)polímeros de etileno por medio de polimerización de radicales de alta presión se pueden encontrar en Encyclopedia of Polymer Science and Engineering, Vol. 6 (1986), pp 383-410 y Encyclopedia of Materials: Science and Technology, 2001 Elsevier Science Ltd: "Polyethylene: High-pressure, R. Klimesch, D. Littmann y F.O. Mähling pp. 7181-7184.
- 55 Preferentemente, la poliolefina que porta los grupos (a) silano hidrolizables está seleccionada entre un homopolímero o copolímero de etileno producido en un proceso de polimerización de baja presión en presencia de un catalizador de coordinación, como se ha definido anteriormente, e injertado con un compuesto que porta un grupo silano, como se ha definido anteriormente, o entre un copolímero de etileno producido en un proceso de polimerización de alta presión, como se ha definido anteriormente o a continuación, por medio de copolimerización de etileno con al menos un comonomero que porta grupo(s) silano, como se ha definido anteriormente o a continuación, y, opcionalmente, con uno o más de otros comonomeros. Más preferentemente, la poliolefina que

porta grupos (a) silano hidrolizables se ha obtenido por medio de copolimerización de etileno en un proceso de alta presión con al menos un comonomero que porta un grupo silano como se ha definido anteriormente, y, opcionalmente, con uno o más de otros comonomeros.

La composición polimérica (= composición polimérica de la invención)

5 Preferentemente, la composición polimérica comprende el catalizador (b) de condensación de silanol en una cantidad de 0,0001 % en peso o más, preferentemente hasta 6,0 % en peso, preferentemente de 0,01 a 2,0 % en peso, más preferentemente de 0,02 a 0,5 % en peso, basado en la cantidad combinada de la poliolefina (a) y el catalizador (b) de condensación de silanol.

10 Preferentemente, la composición polimérica comprende la poliolefina (a) en una cantidad de 99,9999 % en peso o menos, preferentemente de al menos 94,0 % en peso o más, preferentemente de 99,99 % a 98,0 % en peso, más preferentemente de 99,98 % a 99,5 %, basado en el peso combinado de la poliolefina (a) y el catalizador (b) de condensación de silanol.

15 Preferentemente, la composición polimérica comprende grupo(s) silano hidrolizable(s) en una cantidad de 0,001 a 12 % en moles, preferentemente de 0,01 a 4 % en moles, del modo más preferido de 0,05 a 1,6 % en moles, basado en la cantidad total (peso) de la composición polimérica. Más preferentemente, la cantidad en % en moles (calculada a partir del % en peso como se determina a continuación en "Métodos de Determinación") del(de los) grupo(s) silano hidrolizable(s) está basada en la cantidad total del componente de poliolefina (a).

20 "Grupo silano" significa en la presente memoria el resto de silano hidrolizable. Resto de silano preferido es un resto $(Y)_{3-4}Si$ como se ha definido anteriormente en la fórmula (IV) que es apto para reticulación por medio de hidrólisis y posterior reacción de condensación en presencia de un catalizador de condensación de silanol y agua, como se sabe en la técnica, para formar uniones Si-O-Si entre otros grupos silano hidrolizables presentes en dicho componente de poliolefina (a). El grupo silano hidrolizable preferido es un resto $(AO)_3Si$ como se ha definido anteriormente en las fórmulas (IVa) o (IVb).

25 La composición polimérica puede contener componentes adicionales, tales como componente(s) polimérico(s) adicional(es), como termoplástico(s) miscible(s), aditivo(s), tal como antioxidante(s), estabilizador(es) adicional(es), por ejemplo, retardador(es) de descarga de agua, retardador(es) de quemadura superficial; lubricante(s), agente(s) espumante(s), sustancia(s) de relleno, tal como negro de carbono; o colorante(s).

30 La cantidad total del(de los) componente(s) adicional(es), si está(n) presente(s), es normalmente de hasta 60 % en peso, preferentemente hasta 50 % en peso, preferentemente hasta 40 % en peso, más preferentemente desde 0,5 hasta 30 % en peso, preferentemente de 0,5 a 25 % en peso, más preferentemente de 1,0 a 20 % en peso, basado en la cantidad total de la composición polimérica.

La cantidad total de aditivo(s), si está presente, es generalmente de 0,01 a 10 % en peso, preferentemente de 0,05 a 7 % en peso, más preferentemente de 0,2 a 5 % en peso, basado en la cantidad total de la composición polimérica.

35 La composición polimérica puede, y preferentemente, comprende antioxidante(s), preferentemente antioxidante(s) que es(son) preferentemente neutro(s) o básico(s). Preferentemente, el antioxidante está presente en la composición en una cantidad de 0,01 a 3 % en peso, mas preferentemente de 0,05 a 2 % en peso, y del modo más preferido de 0,08 a 1,5 % en peso, basado en la cantidad total de la composición polimérica.

Preferentemente, la composición polimérica no comprende un compuesto de ácido carboxílico por separado para su uso como agente de reticulación adicional o refuerzo de reticulación.

40 La composición polimérica puede comprender una(s) sustancia(s) de relleno, por ejemplo una sustancia de relleno conductora, tal como negro de carbono conductor, si se usa como composiciones semiconductoras; o una(s) sustancia(s) de relleno de retardador de llama, tal como hidróxido de magnesio o aluminio, si se usa como composición de retardador de llama; o una(s) sustancia(s) de relleno protectora(s), tal como negro de carbono-UV o un estabilizador UV, si se usa como composición estabilizada frente a UV; o cualquiera de sus combinaciones. En general, la cantidad de sustancia de relleno depende de la naturaleza de la sustancia de relleno y de la aplicación final deseada, como resulta evidente para la persona experta. Por ejemplo, cuando la composición polimérica comprende una sustancia de relleno conductora, entonces su cantidad es de hasta 65 % en peso, preferentemente de 5 a 50 % en peso, basado en la cantidad total de la composición polimérica.

50 La composición polimérica puede comprender un colorante que posteriormente se añade normalmente a la composición en forma de un lote maestro de color. Dichos lotes maestros de color pueden estar comercialmente disponibles o se pueden preparar de manera convencional por medio de combinación del colorante con un medio portador. La cantidad de lote maestro de colorante, si está presente, es preferentemente de hasta 5 % en peso, más preferentemente de 0,1 a 3 % en peso, basado en la cantidad total de la composición polimérica.

55 El catalizador (b) se puede añadir a la poliolefina (a) en forma pura (es decir, tal y como es proporcionado por el suministrador) o en forma de lote maestro (MB). En el caso de un MB, el medio portador puede ser líquido o sólido,

por ejemplo un polímero portador.

5 La cantidad de poliolefina (a) en la composición de la invención es normalmente de al menos 35 % en peso, preferentemente de al menos 45 % en peso, preferentemente de al menos 50 % en peso, preferentemente de al menos 75 % en peso, más preferentemente de 80 a 100 % en peso, y más preferentemente de 85 a 100 % en peso, basado en la cantidad total de(de los) componente(s) polimérico(s) de la composición polimérica. La composición polimérica preferida consiste en la poliolefina (a) como único componente polimérico. La expresión significa que la composición polimérica no contiene componentes poliméricos adicionales, sino la poliolefina (a) como único componente polimérico. No obstante, se entiende en el presente documento que la composición polimérica puede comprender además componente(s) adicional(es) diferente(s) del componente de poliolefina (a), tal como aditivo(s) que se puede(n) añadir en una mezcla con un polímero portador en el denominado lote maestro. También se puede añadir el catalizador (b) en forma de lote maestro, en el que el medio portador es un polímero. En dichos casos, el polímero portador del lote maestro no se calcula con respecto a la cantidad de componentes poliméricos, sino con respecto a la cantidad total de la composición polimérica.

La composición polimérica de la invención se puede producir antes o después de producir un cable.

15 En una primera realización para producir la composición polimérica, la poliolefina (a) y el catalizador (b) se combinan juntos antes de la formación de una capa de cable. El catalizador (b) puede añadirse como tal, es decir, en forma de catalizador (b) puro, o en forma de MB, a la poliolefina (a). Preferentemente, los componentes se combinan juntos por medio de formación de compuestos de manera convencional, por ejemplo, por medio de extrusión de los componentes con un extrusor de husillo o un amasador. Preferentemente, se somete la mezcla obtenida en masa fundida a formación de pellas y se usan las pellas de la composición polimérica, que pueden ser de cualquier tamaño y forma, en el proceso de producción de cable. Alternativamente, en esta primera realización, la preparación de la composición polimérica o una adición de parte de otro de su(s) componentes, tal como el catalizador (b) o aditivo(s), o cualquiera de sus mezclas, se puede llevar a cabo durante el proceso de producción de cable, por ejemplo, en una línea de producción de cable, por ejemplo, en un mezclador que precede al extrusor de cable o en el extrusor de cable, o en ambos. Se usa la mezcla obtenida para formar al menos una capa de cable.

En una segunda realización, se combina el catalizador (b) junto con la poliolefina (a) tras la formación de un cable a partir de la poliolefina (a). Por ejemplo, el catalizador (b) puede migrar hasta la(s) capa(s) de cable de la poliolefina (a) desde otra capa adyacente hasta dicha capa y, de este modo, se forma la composición polimérica tras la producción de la capa y, por ejemplo, antes o durante la reticulación de la(s) capa(s).

30 Se puede escoger la primera realización o la segunda realización para producir la composición polimérica dependiendo de la aplicación de cable deseada de la composición polimérica.

Uso final de la composición polimérica

De este modo, la invención proporciona un cable que comprende una composición polimérica que comprende una poliolefina (a) y un catalizador (b) como se ha definido anteriormente o a continuación.

35 El cable preferido es un cable de energía, más preferentemente un cable LV, MV o HV, que comprende un conductor rodeado por al menos una capa que comprende, preferentemente que consiste en, una composición polimérica que comprende una poliolefina que porta grupos (a) silano hidrolizables y un catalizador (b) de condensación de silanol, como se ha definido anteriormente o a continuación.

El cable preferido está seleccionado entre

40 - un cable (A) que comprende un conductor rodeado por al menos una capa aislante que comprende, preferentemente que consiste en, una composición polimérica que comprende una poliolefina (a) y un catalizador (b), como se ha definido anteriormente, a continuación o en las reivindicaciones adjuntas; o

45 - un cable (B) que comprende un conductor rodeado por una capa semiconductor interna, una capa aislante y una capa semiconductor externa, en el que al menos una capa, preferentemente al menos una capa de aislamiento, comprende, preferentemente consiste en, la composición polimérica que comprende una poliolefina (a) y un catalizador (b), como se ha definido anteriormente, a continuación o en las reivindicaciones.

Preferentemente, el cable (A) es un cable LV o MV. Preferentemente, el cable (B) es un cable MV o un cable HV.

50 En la realización del cable (B), la primera y segunda composiciones semiconductoras pueden ser diferentes o idénticas y comprender un(unos) polímero(s) que es(son) preferentemente una poliolefina o una mezcla de poliolefinas y sustancia de relleno conductora, preferentemente negro de carbono. En el caso del cable (B), preferentemente, la capa semiconductor interna, la capa aislante y la capa semiconductor externa comprenden una composición polimérica de la invención. En este caso la poliolefina (a) y/o el catalizador (b) de las composiciones poliméricas de las capas puede ser iguales o diferentes.

El término "conductor" significa en la presente memoria anteriormente y a continuación que el conductor comprende uno o más alambres. Además, el cable puede comprender uno o más de dichos conductores. Preferentemente, el conductor es un conductor eléctrico y comprende uno o más alambres metálicos.

En el cable preferido de la invención, al menos la capa de aislamiento comprende la composición polimérica.

5 Las capas aislantes para los cables de energía de voltaje medio o alto generalmente tienen un espesor de al menos 2 mm, normalmente de al menos 2,3 mm, y el espesor aumenta al aumentar el voltaje para el cual está diseñado el cable.

10 Como se sabe bien, el cable puede comprender opcionalmente capas adicionales, por ejemplo, capas que rodean la capa de aislamiento o, si se encuentran presentes, capas semiconductoras externas, tales como filtro(s), una(s) capa(s) de revestimiento, otra(s) capa(s) protectora(s) o cualquiera de sus combinaciones.

Preferentemente, el cable de la invención es apto para reticulación. "Apto para reticulación" significa que la composición polimérica se puede reticular usando el compuesto de catalizador (b) de fórmula (I) antes de su uso en la aplicación final. Además, el artículo, preferentemente el cable, de la invención es apto para reticulación y se reticula antes de su uso final.

15 Por consiguiente, preferentemente se proporciona un cable reticulado, que comprende un conductor rodeado por al menos una capa, preferentemente al menos una capa de aislamiento, en el que al menos una capa, preferentemente al menos una capa de aislamiento, comprende, preferentemente consiste en, la composición polimérica que se ha definido anteriormente o en las reivindicaciones, que se reticula en presencia del catalizador (b) como se ha definido anteriormente o en las reivindicaciones. El cable reticulado es nuevo como tal, ya que la capa de la composición polimérica contiene los residuos del catalizador (b).

20 La invención además proporciona un proceso para producir un cable de la invención como se ha definido anteriormente, en el que el proceso comprende la etapa de

- aplicar sobre un conductor, preferentemente por medio de (co)extrusión, una o más capas, en el que al menos una capa comprende la composición polimérica que comprende

25 (a) una poliolefina que porta grupos silano hidrolizables y

(b) un catalizador (b) de condensación de silanol, como se ha definido anteriormente, a continuación o en las reivindicaciones

30 El término "(co)extrusión" significa en la presente memoria que en el caso de dos o más capas, dichas capas se pueden someter a extrusión en etapas separadas, o al menos se pueden someter a co-extrusión dos o la totalidad de dichas capas en la misma etapa de extrusión, como se conoce en la técnica. El término "(co)extrusión" significa en la presente memoria también que la totalidad o parte de la(s) capa(s) se forma(n) simultáneamente usando una o más cabezas de extrusión. Por ejemplo, se puede usar una extrusión triple para formar las tres capas. En el caso de que se forme una capa usando más de una cabeza de extrusión, entonces por ejemplo, se pueden someter las capas a extrusión usando dos cabezas de extrusión, la primera para formar la capa semiconductor interna y la parte interna de la capa de aislamiento, y la segunda cabeza de extrusión para formar la capa de aislamiento externa y la capa semiconductor externa. La (co)extrusión se puede llevar a cabo en cualquier extrusor de cables convencional, por ejemplo, un extrusor de husillo individual o doble.

35 Como se sabe bien, se aplica una mezcla en masa fundida de la composición polimérica o de sus componentes para formar una capa. Mezcla en masa fundida significa mezcla por encima del punto de fusión de al menos el(los) componente(s) principal(es) de la mezcla obtenida y se lleva a cabo por ejemplo, sin limitarse a, a una temperatura de al menos 15 °C por encima del punto de fusión o de reblandecimiento del(de los) componente(s) polimérico(s). La mezcla en masa fundida se puede llevar a cabo en el extrusor de cable o en el mezclador, por ejemplo un amasador, que precede al extrusor, o en ambos.

El proceso para cables más preferido produce:

45 (i) un cable (A), en el que el proceso comprende las etapas de

- aplicar sobre un conductor, preferentemente por medio de (co)extrusión, al menos una capa de aislamiento que comprende, preferentemente que consiste en, una composición polimérica que comprende una poliolefina (a) y un catalizador (b), como se ha definido anteriormente, a continuación o en las reivindicaciones, o

50 (ii) un cable (B), en el que el proceso comprende las etapas de

- aplicar sobre un conductor, preferentemente por medio de (co) extrusión, una capa semiconductor interna que comprende una primera composición semiconductor, una capa de aislamiento que comprende

una composición de aislamiento y una capa semiconductor externa que comprende una segunda composición semiconductor, en ese orden, en el que la composición de al menos una capa, preferentemente al menos la composición de aislamiento de la capa de aislamiento comprende, preferentemente consiste en, una composición polimérica que comprende

- 5 - una poliolefina (a) y un catalizador (b), como se ha definido anteriormente, a continuación o en las reivindicaciones.

En esta realización del cable (B), la primera y segunda composiciones semiconductoras pueden ser diferentes o idénticas y comprender un(unos) polímero(s) que es(son) preferentemente una poliolefina o una mezcla de poliolefinas y sustancia de relleno conductora, preferentemente negro de carbono.

- 10 Como se sabe bien, la composición polimérica de la(s) capa(s) del cable se puede producir antes o durante el proceso de producción de cable. Además la(s) composición(es) polimérica(s) de la(s) capa(s) pueden comprender cada una de forma independiente parte o la totalidad de los componentes de la composición final, antes de introducirla en la etapa a) de mezcla(en masa fundida) del proceso de producción de cable. Entonces, se introduce cualquier componente(s) durante o después de la formación de cable.

- 15 En el cable preferido, al menos la capa de aislamiento comprende la composición polimérica. En esta realización, la poliolefina (a) y el catalizador (b) de la composición polimérica se combinan de acuerdo con la primera realización del proceso de preparación de la composición polimérica como se ha descrito anteriormente, es decir, antes de introducir la composición polimérica, preferentemente en forma de pellas, en la línea de producción de cable.

- 20 En el caso de que dos o más capas semiconductoras de cable (B) comprendan la composición polimérica, entonces la composición polimérica se prepara preferentemente de acuerdo con la segunda realización del proceso de preparación de la composición polimérica como se ha descrito anteriormente, es decir, después de la formación de capa usando la poliolefina (a). Posteriormente, el catalizador (b) puede migrar desde una capa adyacente, normalmente la capa de aislamiento, hasta la capa semiconductor formada.

- 25 Preferentemente, el proceso de producción de cable de la invención comprende una etapa adicional de reticulación del cable producido. De acuerdo con una realización preferida de dicho proceso se produce un cable reticulado, en el que el proceso comprende una etapa adicional de reticulación de al menos una capa que comprende una composición polimérica como se ha definido anteriormente o a continuación. La reticulación se lleva a cabo en presencia del catalizador (b) y agua, también denominada curado con humedad. El agua puede estar en forma de líquido o vapor, o una combinación de ellos. Se hidrolizan los grupos silano presentes en la poliolefina (a) bajo la influencia de agua en presencia del catalizador (b) de condensación presente, dando como resultado la separación de alcohol y la formación de grupos silanol, que posteriormente se reticulan en una reacción de condensación posterior en la que se separa agua y se forman uniones Si-O-Si entre los otros grupos silano hidrolizados presentes en dicha poliolefina (a). La composición polimérica reticulada tiene una red cristalina típica, entre otras reticulaciones interpoliméricas (puentes), como se sabe bien en el campo. Normalmente, se lleva a cabo curado con humedad en condiciones ambientales o en una denominada sauna o baño de agua a temperaturas de 70 a 100 °C.

Además, preferentemente el proceso de producción de cable comprende una etapa adicional de

(i) reticulación de la composición de aislamiento de la capa de aislamiento del cable (A) en presencia del catalizador (b) como se ha definido anteriormente o a continuación y agua, o

- 40 (ii) reticulación de al menos una composición de aislamiento de la capa de aislamiento, la primera composición semiconductor de la capa semiconductor o la segunda composición semiconductor de la capa semiconductor del cable (B),

- preferentemente reticulación de al menos la composición de aislamiento de la capa de aislamiento,

- 45 - más preferentemente reticulación de la composición de aislamiento de la capa de aislamiento y al menos una de la primera composición semiconductor de la capa semiconductor interna y la segunda composición semiconductor de la capa semiconductor externa,

- más preferentemente, reticulación de la composición de aislamiento de la capa de aislamiento, la primera composición semiconductor de la capa semiconductor interna, y, opcionalmente, y preferentemente, la segunda composición semiconductor de la capa semiconductor externa,

en presencia de un catalizador (b) como se ha definido anteriormente o a continuación y agua.

- 50 En el caso del cable (B), la capa semiconductor externa puede estar unida (no separable) o separable, cuyos términos tienen un significado bien conocido. Normalmente, la capa semiconductor externa unida se reticula. Normalmente, la capa semiconductor externa separable no se reticula.

Por consiguiente, en el caso del cable (B), preferentemente, la capa semiconductor, la capa de aislamiento y opcionalmente la capa semiconductor externa, dependiendo de si están unidas o son separables, se reticular. También se proporciona un cable reticulado que se puede obtener por medio del proceso.

- 5 Además, la invención proporciona el uso de un catalizador (b) como se ha definido anteriormente o a continuación para reticular la poliolefina (a) como se ha definido anteriormente o a continuación, más preferentemente para reticular al menos una capa de un cable que comprende la poliolefina (a) como se ha definido anteriormente o a continuación.

Métodos de determinación

% en peso: % en peso

- 10 **Cantidad total** significa peso, si está en % , entonces 100 % en peso. Por ejemplo, la cantidad total (100 % en peso) de la composición polimérica

Caudal en masa fundida

- 15 El caudal en masa fundida (MFR) se determina de acuerdo con ISO 1133 y viene indicado en g/10 min. El MFR es un indicativo de la capacidad de fluencia, y además de la capacidad de procesado, del polímero. Cuanto mayor sea el caudal en masa fundida, menor es la viscosidad del polímero. El MFR se determina a 190 °C para polietileno. Se puede determinar MFR a diferentes cargas tales como 2,16 kg (MFR₂) o 21,6 kg (MFR₂₁).

Densidad

- Polietileno de baja densidad (LDPE): Se midió la densidad de acuerdo con ISO 1183-2. Se ejecutó la preparación de muestra de acuerdo con ISO 1872-2 Tabla 3 Q (moldeo por compresión).
- 20 Polietileno de proceso de baja presión: se midió la densidad del polímero de acuerdo con ISO 1183/1872-2B.

Contenido de gel

Se usaron muestras de cinta preparadas como muestra a continuación en la parte experimental "Preparación de muestra de cinta", para determinar el contenido de gel de acuerdo con ASTM D 2765-01, Método B, usando extracción con decalina, con las siguientes dos desviaciones a partir de la presente norma:

- 25 1) Se llevó a cabo una extracción de adición durante 1 hora con nueva decalina con el fin de garantizar la extracción de todos los materiales solubles
- 2) Se añadió únicamente antioxidante 0,05 % (Irganox 1076) a la decalina en lugar de 1 % como se especifica en la norma.

Posteriormente, se calcula el contenido de gel de acuerdo con dicho ASTM D 2765-01.

30 Ensayo de estiramiento por deformación mecánica en caliente

Se usaron muestras de cinta como se preparan a continuación en la parte experimental "Preparación de muestra de cinta" para determinar las propiedades de deformación mecánica en caliente. Se prepararon tres muestras de pesas, tomadas a lo largo de la dirección de extrusión de acuerdo con ISO 527 5A a partir de cinta reticulada de 1,8 +0,1 mm de espesor. Se llevó a cabo el ensayo de deformación mecánica en caliente de acuerdo con EN 60811-2-1 (ensayo de deformación mecánica en caliente) por medio de medición de la deformación térmica.

- 35 Se marcaron líneas de referencia a 20 mm de las pesas. Se fijó cada muestra de ensayo verticalmente desde su extremo de la parte superior en el horno y se unieron cargas de 0,2 MPa al extremo inferior de cada muestra de ensayo. Trascorridos 15 minutos a 200 °C en el horno, se midió la distancia entre las líneas pre-marcadas y se calculó el porcentaje de estiramiento por deformación mecánica en caliente, % de estiramiento. Para un % de deformación mecánica permanente, se retiró la fuerza de tracción (peso) de las muestras de ensayo y posteriormente se recuperó a 200 °C durante 5 minutos, y a continuación se dejó enfriar hasta temperatura ambiente. Se calculó % de deformación mecánica permanente a partir de la distancia entre las línea marcadas. Se presentó la media de los tres ensayos.
- 40

Rendimiento de reticulación de una muestra polimérica en masa fundida

- 45 El método muestra la capacidad de reticulación de un catalizador de condensación de silanol sobre una poliolefina que tiene grupos silano hidrolizables en presencia de agua. Por medio de medición del momento continuo de los rotores en un mezclador de Brabender de 287 cm³ durante la reticulación a 120 °C de una masa fundida de poliolefina que porta grupos silano hidrolizables, catalizador de condensación de silanol y agua, es posible medir la actividad de reticulación del catalizador. La actividad del catalizador se encuentre directamente ligada al aumento de momento. El método se describe a continuación con más detalles.
- 50

Muestra y procedimiento de medición

La poliolefina que porta los grupos silano hidrolizables y el catalizador debería estar seca y tener temperatura ambiente. La densidad de la poliolefina que porta los grupos silano hidrolizables se mide usando un método apropiado como se de ha descrito anteriormente en "Densidad".

- 5 Se calcula el peso (cantidad) de la resina de base a añadir a la cámara por medio del uso de la siguiente fórmula:

$$W_b = D_b \times 287 \text{ cm}^2, \text{ en la que}$$

W_b = peso de la poliolefina que porta los grupos silano hidrolizables (g).

D_b = densidad de la poliolefina que porta los grupos silano hidrolizables (g/cm^3).

- 10 Por consiguiente, se pesan las pellas de poliolefina que porta los grupos silano hidrolizables. Se ajusta el mezclador de Brabender caliente de aceite hasta $120 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$. Se ajusta la velocidad del rotor a 5 rpm.

- 15 Se añaden poco a poco las pellas de la poliolefina que porta grupos silano hidrolizables al mezclador de Brabender de manera que se fundan todas las pellas. Tras la adición, la cámara se encuentra casi llena con la masa fundida. Posteriormente, se añade el catalizador objeto de ensayo al mezclador de Brabender. Se dispersan la poliolefina que porta los grupos silano hidrolizables y el catalizador de condensación de silanol juntos durante 5 minutos, tiempo durante el cual se estabilizan la temperatura y la línea base del momento. Posteriormente, se añaden 20 g de agua en forma de hielo machacado, preparado a partir de agua desionizada y envasado en una pequeña bolsa de plástico en el interior del mezclador de Brabender. La poliolefina que porta grupos silano hidrolizables y el agua reaccionan (se reticular) en presencia del catalizador de condensación de silanol, y como consecuencia de ello, aumenta el momento.

- 20 El tiempo, la temperatura y el momento registrados se controlan sobre el trazador de gráficos hasta que se completa el curado o durante un tiempo máximo de 2 h.

Se calcula la diferencia de momento DF a partir de la curva como se muestra a continuación:

$$DF = F_{\text{max}} - F_{\text{min}}$$

DF = diferencia de momento (Nm)

- 25 F_{max} = momento máximo medido a partir de la curva

F_{min} = el momento mínimo estable a partir de la línea base antes de añadir el hielo.

Se calcula la velocidad de reticulación como se muestra a continuación:

$$V_x = DF / (T_{\text{max}} - T_{\text{min}})$$

V_x = velocidad de reticulación (Nm/s)

- 30 T_{max} : tiempo hasta lograr F_{max} (s)

T_{min} : tiempo hasta T_{min} (s)

- 35 **Contenido (% en peso y % en moles) de comonomero polar:** se determinó el contenido de comonomero (% en peso) del comonomero polar de manera conocida en base a determinación por espectroscopia de infrarrojos por transformada de Fourier (FTIR) calibrado con $\text{RMN-}^{13}\text{C}$ como se describe en Haslam J, Willis HA, Squirrel DC. Identification and analysis of plastics, 2ª ed. London Iliffe books; 1972. El instrumento era un Perkin Elmer 2000, 1 barrido, resolución 4 cm^{-1} . Para la determinación de los comonomeros, se prepararon películas con un espesor de 0,1 mm. Se comparó el pico para el comonomero usado con el pico de polietileno como resulta evidente para la persona experta (por ejemplo, se comparó el pico para acrilato de butilo a 3450 cm^{-1} con el pico de polietileno a 2020 cm^{-1}). Se convirtió el % en peso en % en moles por medio del cálculo basado en los moles totales de monómeros polimerizables.

- 40 **Contenido (% en moles) de grupo(s) silano hidrolizable(s) ($\text{Si}(\text{Y})_{3-q}$) usando análisis de fluorescencia de rayos-X:** Se sometió a presión la muestra de pella hasta obtener una placa de 3 mm de espesor ($150 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 2 minutos, bajo presión de 5 bares y se enfrió hasta temperatura ambiente). Se analizó el contenido de átomos de Si por medio de XRF dispersiva de longitud de onda (AXS S4 Pioneer Sequential X-ray Spectrometer suministrado por Bruker). Se sometió la muestra de pella a presión hasta obtener una placa de 3 mm de espesor ($150 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 2 minutos, con una presión de 5 bar y se enfrió hasta temperatura ambiente).

Generalmente, en el método XRF, se irradia la muestra por medio de ondas electromagnéticas con longitudes de onda de 0,01-10 nm. Posteriormente, los elementos presentes en la muestra emiten radiación de rayos-X

fluorescentes con energía discretas que son características para cada elemento. Por medio de medición de las intensidades de energías emitidas, se puede llevar a cabo el análisis cuantitativo. Se calibran los métodos cuantitativos con compuestos con concentraciones conocidas del elemento de interés, por ejemplo, preparado en un dispositivo de formación de compuestos de Brabender.

- 5 Los resultados de XRF muestran el contenido total (% en peso) de Si y posteriormente se calculan y se expresan en la presente memoria en forma de Contenido en % en moles de grupo(s) silano hidrolizable(s) (Si(Y)_{3-q}).

Parte Experimental

Preparación de los ejemplos

Poliolefina (a) de base

10 Poliolefina I:

Un homopolímero convencional de alta densidad de polietileno producido en un proceso de polimerización de baja presión e injertado con VTMS, El contenido de VTMS en el polímero es de 1,8 % en peso, MFR₂ de 2-4 y densidad de 958 kg/m³.

Poliolefina II:

- 15 Copolímero de etileno disponible comercialmente con comonomero de vinil trimetoxi silano (VTMS), LE4423, suministrador Borealis, contenido de VTMS del copolímero de 1,35 % en peso (0,26 % en moles), MFR₂ de 1,0 g/10 min (190 °C/2,16 kg) y densidad de 923 kg/m³, producido por medio de polimerización de alta presión, en un reactor tubular.

Poliolefina III:

- 20 Copolímero de etileno disponible comercialmente con comonomero de vinil trimetoxi silano (VTMS), LE4421, suministrador Borealis, contenido de VTMS del copolímero de 1,8 % en peso (0,35 % en moles), MFR₂ de 1,0 g/10 min (190 °C/2,16 kg) y densidad de 923 kg/m³, producido por medio de polimerización de alta presión, en un reactor tubular.

Poliolefina IV:

- 25 Se produjeron copolímeros de etileno 3-metacriloxipropil trimetoxi silano (tabla 1) a 230 °C y 190 MPa en un reactor de autoclave de alta presión agitado (1200 rpm) (0,16 m³). Se calentó externamente la camisa del reactor hasta una temperatura de 150 °C. Se añadieron agente de transferencia de cadena (CTA), iniciadores y comonomero de manera convencional al etileno en el sistema de reactor. Se usó propion aldehído como CTA y se usaron peroxipivalato de t-butilo (Luperox 11 M75), peroxipivalato de t-butilo (Luperox 7M50) y t-butilperoxi 2-etilhexanoato (Luperox 26). Se ajustó MFR₂ de 1,0/10 min (190 °C/2,16 kg) por medio de adición de propion aldehído como agente de transferencia de cadena de manera conocida por la persona experta.

Tabla 1

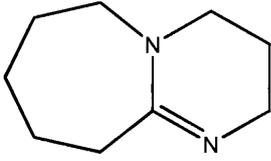
Polímero	Contenido de co-monomero (% en peso)	Contenido de co-monomero (mol/kg de polímero)	MFR ₂
Poliolefina IV	2,88	0,058	2,42

Lote Maestro de Referencia:

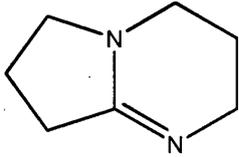
- 35 Lote maestro comercial disponible comercialmente de catalizador de condensación de silano LE4476, en el que el componente de catalizador de silano está basado en ácido sulfúrico, suministrado por Borealis.

Catalizadores de la Invención:

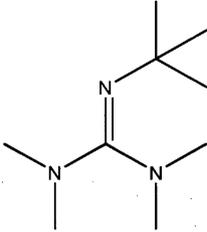
Catalizador 1 de la invención: 1,8-Diazabicyclo [5.4.0] undec-7-eno (DBU), Mw de 152 g/mol, N°. CAS: 6674-22-2, Suministrador Sigma-Aldrich



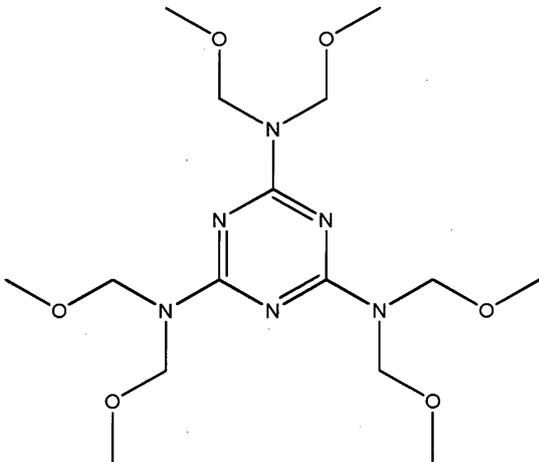
Catalizador 2 de la invención: 1,5-Diazabicyclo [4.3.0] no-5-eno (DBN), Mw de 124 g/mol, N°. CAS: 3001-72-7, Suministrador Sigma-Aldrich



5 **Catalizador 3 de la invención:** 2-terc-butil-1,1,3,3-tetrametil guanidina, Mw de 171 g/mol, N°. CAS: 29166-72-1, Suministrador Sigma-Aldrich



Catalizador 4 de la invención: 2,4,6-tris[bis(metoximetil)amino]-1,3,5-triazina también conocida como hexametoximetil melamina, Mw de 390 g/mol, N°. CAS: 68001-20-0, Suministrador Cytec.



10

Catalizador 5 de la invención: 1,5-bis(2-aminoetoxi)etano, Mw de 148 g/mol, N°. CAS: 929-59-9, Suministrador Huntsman



15 **Preparación de lote maestro de la invención:**

Se prepararon el lote maestro 1 de la invención, el lote maestro 2 de la invención y el lote maestro 3 de la invención sometiendo a formación de compuestos el catalizador 1 de la invención, el catalizador 2 de la invención y,

5 respectivamente, el catalizador 3 de la invención con el mismo copolímero convencional de acrilato de etilen butilo (acrilato de butilo, BA, contenido de 17 % en peso) que se usó para MB de referencia. El lote maestro 1 de la invención obtenido contenía 0,95 % en peso de catalizador 1 de la invención, el lote maestro 2 de la invención obtenido contenía 0,8 % en peso del catalizador 2 de la invención y el lote maestro 3 de la invención obtenido contenía 1,05 % en peso del catalizador 3 de la invención.

Se usaron el catalizador 4 de la invención y el catalizador 5 de la invención como tales para el Ensayo de Hielo descrito a continuación, es decir, añadidos en forma pura a las pellas poliméricas de ensayo en el mezclador de Brabender, como se ha descrito anteriormente en el Ensayo de Hielo de "Métodos de determinación".

Preparación de muestra de ensayo:

10 Se prepararon muestras de ensayo sometiendo a formación de compuesto, es decir mezclando en masa fundida, la poliolefina de ensayo (a) junto con el lote maestro 1 de la invención, el lote maestro 2 de la invención, el lote maestro 3 de la invención o, respectivamente, al lote maestro de referencia en un extrusor de cinta (Collin Teach-Line Extruder, Tipo: E 20 T SCD 15, ajustes comentados en la tabla 2) y en cantidades para obtener una composición polimérica de ensayo o de referencia en el catalizador de la invención o, respectivamente, el catalizador de referencia en cantidades como las que se proporcionan a continuación en las tablas.

Tabla 2. Condiciones de Formación de Compuestos

Ajuste de Valores de Temperatura [°C]						Extrusor	
Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Velocidad [rpm]	Rendimiento [kg/h]
60	150	160	170	170	170	30	0,8

Se usaron las muestras de cinta obtenidas (con 1,8 +/- 0,1 mm de espesor) para reticular y determinar el contenido de gel y la deformación mecánica en caliente.

20 Se llevó a cabo la reticulación de las composiciones de la invención en dos condiciones diferentes: se mantuvo la muestra de cinta obtenida en un baño de agua a 90 °C o en condiciones ambientales, a 23 °C y 50 % de humedad relativa, y se dejó que tuviera lugar la reticulación durante diferentes períodos de tiempo como se especifica a continuación en las tablas. Por consiguiente, se midió el estiramiento por deformación mecánica en caliente tras reticular durante 24 h en un baño de agua a 90 °C y después de 7 días y 14 días en condiciones ambientales a 23 °C.

La Tabla 3 muestra los componentes, sus cantidades de la invención y de las composiciones de referencia, las condiciones de reticulación y el período, así como también los resultados de las mediciones.

Tabla 3. Efecto catalítico de la composición 1 de la invención en comparación con la composición de referencia 1.

	Deformación mecánica en caliente 24h ^{1,3}	Deformación mecánica en caliente 7 días ^{2,3}	Deformación mecánica en caliente 14 días ^{2,3}
Comp. Inv. 1 (3 mmol/kg de catalizador 1 de la invención en Poliolefina I)	35,4	60,4	38,8
Comp. Inv. 2 (3 mmol/kg de catalizador 2 de la invención en Poliolefina I)	39,5	71,9	48,3
Comp. Ref. 1 (2,3 mmol/kg de catalizador de ref. en Poliolefina II)	34,3	56,2	39,9

1. Reticulación en baño de agua a 90 °C durante el período de tiempo especificado

30 2. Reticulación en condiciones ambientales a 23 °C durante el período de tiempo especificado

3. La deformación mecánica en caliente medida es Estiramiento por Deformación en Caliente

Compuesto 3 de la Invención (3 mmol/kg del catalizador 3 de la invención en la Poliolefina I presentó una deformación mecánica 24 h^{1,3} de 97,5, lo que de muestra el comportamiento de reticulación del catalizador).

5

Rendimiento de reticulación usando hielo y midiendo el momento de las composiciones de la invención 4 y 5 (= rendimiento de reticulación de una muestra de polímero en masa fundida con los métodos de determinación)

Se llevaron a cabo todas las muestras de acuerdo con el método descrito anteriormente.

Tabla 4. Rendimiento de reticulación del catalizador de la Invención 1, 4 y 5

	Cantidad de catalizador usado en la Poliolefina III mmol/kg de poliolefina III	Cantidad de catalizador usado en la Poliolefina IV mmol/kg de poliolefina IV	Δ de momento Nm	Velocidad de reticulación Nm/s
Catalizador 4 de la invención	7,7	N/A	23,2	0,69
Catalizador 5 de la invención	27	N/A	13,6	0,21
Catalizador 1 de la invención	N/A	3,3	50,2	0,27
Poliolefina de Referencia (Poliolefina II sin ningún catalizador)	0	0	0	0

10

REIVINDICACIONES

- 1.- Un cable que comprende un conductor rodeado por al menos una capa que comprende una composición polimérica que comprende
- (a) una poliolefina que porta grupos silano hidrolizables y
- 5 (b) un compuesto de catalizador de condensación de silanol, en el que el catalizador (b) de condensación de silanol es un compuesto orgánico que comprende un resto que contiene al menos un átomo de nitrógeno, en el que dicho resto que contiene un átomo de nitrógeno es diferente de un resto de amina secundaria y en el que el compuesto orgánico tiene un peso molecular de menos que 2000 g/mol;
- en el que la poliolefina es un polietileno.
- 10
- 2.- El cable de la reivindicación 1, en el que al menos una capa está seleccionada entre una capa de aislamiento, una capa semiconductora o una capa de revestimiento.
- 15
- 3.- El cable de la reivindicación 1 ó 2, en el que el cable es un cable de energía que comprende un conductor rodeado por al menos una capa semiconductora interna, una capa de aislamiento y una capa semiconductora externa, en la que al menos una capa, preferentemente al menos la capa de aislamiento o al menos una de la capa semiconductora interna o externa comprende, preferentemente consiste en, dicha composición polimérica.
- 20
- 4.- El cable de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha al menos una capa es una capa de aislamiento.
- 5.- El cable de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el compuesto (b) de catalizador de condensación de silanol de la composición polimérica presente al menos en dicha una capa de cable de la invención está seleccionado entre
- 25 - un compuesto de fórmula (I)
- $R^4R^3N-CR^2=NR^1$ (I) (también denominado compuesto (I));
- en la que R^1 , R^2 , R^3 y R^4 son cada uno de forma independiente un hidrógeno o un grupo hidrocarbilo saturado o parcialmente insaturado, sustituido o no sustituido, que opcionalmente contiene uno o más heteroátomo(s); un grupo hidrocarbilo aromático sustituido o no sustituido que opcionalmente contiene uno o más heteroátomo(s); o
- 30 cualesquiera dos de R^1 , R^2 , R^3 y R^4 junto con el átomo al cual están unidos para formar un sistema de anillo sustituido o no sustituido que opcionalmente está condensado con uno o más anillos y que opcionalmente contiene uno o más heteroátomo(s); con la condición de que al menos uno de R^1 , R^2 , R^3 y R^4 sea diferente de H;
- un compuesto de fórmula (II)
- 35 $R^4R^3N-CR^2=CR^1R^5$ (II) (también denominado compuesto (II)),
- en la que R^1 , R^2 , R^3 , R^4 y R^5 son cada uno de forma independiente un hidrógeno o un grupo hidrocarbilo saturado o parcialmente insaturado, sustituido o no sustituido, que opcionalmente contiene uno o más heteroátomo(s); un grupo hidrocarbilo aromático sustituido o no sustituido que opcionalmente contiene uno o más heteroátomo(s); o
- 40 cualesquiera dos de R^1 , R^2 , R^3 , R^4 y R^5 junto con el átomo al cual están unidos forman un sistema de anillo sustituido o no sustituido que opcionalmente está condensado con uno o más anillos y que opcionalmente contiene uno o más heteroátomo(s); con la condición de que al menos uno de R^1 , R^2 , R^3 , R^4 y R^5 sea diferente de H;
- o
- un compuesto que sea diferente del compuesto (I) o del compuesto (II) y que comprenda un resto hidrocarbilo aromático o hidrocarbilo saturado o parcialmente insaturado, en el que dicho resto hidrocarbilo saturado o
- 45 parcialmente insaturado o resto hidrocarbilo aromático opcionalmente contiene uno o más heteroátomo(s) y en el que el compuesto porta al menos dos sustituyentes amina que están seleccionados de forma independiente entre sustituyentes de amina primaria o secundaria y opcionalmente sustituyente(s) adicional(es), con la condición de que al menos uno de los dos sustituyentes de amina sea diferente de un sustituyente de amina secundaria (también

denominado como compuesto (III));

- de manera que cada uno de los compuestos (I), (II) o (III) tiene un peso molecular de menos que 2000.

- 5 6.- El cable de acuerdo con la reivindicación 5, en el que, cuando está presente en el compuesto (b) de catalizador de condensación de silanol, el hidrocarbilo saturado o parcialmente insaturado opcionalmente sustituido que opcionalmente contiene uno o más heteroátomos, como se ha definido anteriormente como sustituyente R¹, R², R³, R⁴ ó R⁵ de los compuestos (I) o (II) o como el resto hidrocarbilo del compuesto (III), es más preferentemente
- 10 (i) un grupo hidrocarbilo saturado o parcialmente insaturado, lineal o ramificado y opcionalmente sustituido;
- (ii) un grupo hidrocarbilo saturado o parcialmente insaturado, lineal o ramificado, opcionalmente sustituido que porta un resto hidrocarbilo cíclico saturado o parcialmente insaturado o un grupo hidrocarbilo saturado o parcialmente insaturado, lineal o ramificado y opcionalmente sustituido que porta un resto hidrocarbilo aromático; preferentemente, un grupo hidrocarbilo saturado o parcialmente insaturado, lineal o ramificado y opcionalmente sustituido que porta un resto hidrocarbilo cíclico saturado o parcialmente insaturado; o
- 15 (iii) un grupo hidrocarbilo cíclico saturado o parcialmente insaturado y opcionalmente sustituido;
- preferentemente, cuando está presente, el sistema de anillo (iii) anterior o el resto de hidrocarbilo cíclico saturado o parcialmente insaturado del hidrocarbilo anterior (ii) contiene de 5 a 15 átomos de anillo, y más preferentemente es un sistema de anillo de hidrocarbilo mono o multicíclico, saturado o parcialmente insaturado, que tiene de 5 a 12 átomos de anillo y que puede contener uno o más heteroátomos como se ha definido anteriormente, más preferentemente un sistema de anillo hidrocarbilo, mono o multicíclico, saturado o parcialmente insaturado y opcionalmente sustituido con 5 a 12 átomos de anillo, incluso más preferentemente un anillo de hidrocarbilo monocíclico saturado o parcialmente insaturado con 5 a 7 átomos de anillo que puede contener heteroátomos, y en el que
- 20 cada una de las opciones anteriores (i), (ii) y (iii) como grupo hidrocarbilo saturado o parcialmente insaturado opcionalmente sustituido puede contener de forma independiente uno o más heteroátomos, preferentemente uno o dos heteroátomos.
- 25 7.- El cable de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 5 ó 6 en el que, cuando está presente en el compuesto (b) de catalizador de condensación de silanol, el grupo hidrocarbilo aromático sustituido o no sustituido como sustituyente R¹, R², R³, R⁴ ó R⁵, como un resto en el sustituyente R¹, R², R³, R⁴ o R⁵ de los compuestos (I) o (II) o como el resto hidrocarbilo aromático del compuesto (III) es un arilo mono o multicíclico que tiene de 6 a 12 átomos de anillo, más preferentemente un arilo mono o multicíclico con átomos de anillo de carbono, más preferentemente un resto fenilo, que puede opcionalmente portar uno o más sustituyentes y que puede contener uno o más heteroátomos.
- 30 8.- El cable de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en el que "el(los) heteroátomo(s) opcional(es)" que puede(n) estar presente(s) en cualquiera de los sustituyentes, como restos en los sustituyentes o en el sistema de anillo formado por dos sustituyentes en las fórmulas (I), (II) y (III) anteriores como se ha definido anteriormente o a continuación, está(n) seleccionado(s) entre N, O, P o S, preferentemente N, O o S, más preferentemente N o O.
- 35 9.- El cable de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, en el que, cuando está presente en el compuesto (b) de catalizador de condensación de silanol, "el(los) sustituyente(s) opcional(es)" está(n) preferentemente seleccionado(s) entre un "grupo funcional", que es un grupo colgante, en el que el número del(de los) grupo(s) funcional(es) opcional(es) es preferentemente de 1 a 4, preferentemente de 1 a 3, más preferentemente de 1 ó 2, en el que es preferible que el(los) grupo(s) funcional(es) opcional(es) esté(n) seleccionado(s) de forma independiente entre cualquiera de los grupos siguientes -OH, -NH₂, =NH, nitro, tiol, tioalquilo C₁₋₁₂, CN o halógeno, tal como -F, -Cl, -Br o -I, -COR', -CONR'₂, -COOR', en el que cada R' es de manera independiente H o alquilo (C1-C12), más preferentemente entre -NH₂, =NH, incluso más preferentemente dicho grupo funcional opcional es -NH₂, y en el que el grupo hidrocarbilo cíclico saturado o parcialmente insaturado como sustituyente de acuerdo con la opción de hidrocarbilo (iii) o como un resto en un sustituyente hidrocarbilo de acuerdo con la opción de hidrocarbilo (ii); cualquier hidrocarbilo aromático como un sustituyente o como un resto en la opción de hidrocarbilo (ii); cualquier resto de anillo aromático, saturado o parcialmente insaturado del compuesto (III); o cualquier sistema de anillo formado por cualesquiera dos de R¹, R², R³, R⁴ y, respectivamente, R⁵ de los compuestos (I) o, respectivamente (II) puede, de manera adicional o alternativa al grupo funcional como el "sustituyente opcional", también portar un grupo (i) hidrocarbilo saturado o parcialmente insaturado, lineal o ramificado y
- 40
- 45
- 50

opcionalmente sustituido, como se define en cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8 anteriores como dicho sustituyente "opcional", que es más preferentemente un grupo alquilo (C1-C20) lineal o ramificado, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C12) lineal o ramificado, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C6) lineal o ramificado; o cualesquiera mezclas de dichos grupos funcionales y grupos de hidrocarbilo.

5 10.- El cable de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 9, el compuesto (b) de catalizador de condensación de silanol está seleccionado entre

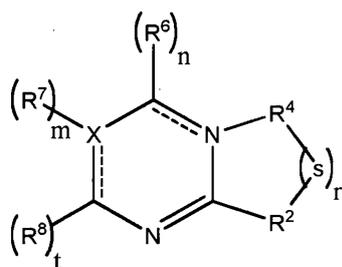
10 - un compuesto (Ia) que es un compuesto de fórmula (I), en el que R^3 y R^1 forman junto con los átomos a los cuales están unidos un anillo aromático o parcialmente insaturado que puede opcionalmente estar condensado con un sistema de anillo aromático, saturado o parcialmente insaturado formado por R^2 y R^4 , en el que dicho anillo o dicho sistema de anillo opcionalmente condensado contiene de manera opcional uno o más heteroátomos adicionales y puede opcionalmente estar sustituido con uno o más grupos seleccionados entre un grupo hidrocarbilo o un grupo funcional como se ha definido en cualquiera de las reivindicaciones anteriores 6 a 9;

15 - un compuesto (IIa) que es un compuesto de fórmula (II), en el que R^3 y R^1 forman junto con los átomos a los que están unidos un anillo aromático o parcialmente insaturado que puede opcionalmente estar condensado con un sistema de anillo aromático, saturado o parcialmente insaturado formado por R^2 y R^4 , en el que dicho anillo o dicho sistema de anillo opcionalmente condensado contiene de manera opcional uno o más heteroátomos adicionales y puede opcionalmente estar sustituido con uno o más grupos seleccionados entre un grupo hidrocarbilo o un grupo funcional como se ha definido en cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9 anteriores; o

20 - un compuesto (IIIa) que es un compuesto (III), en el que el resto hidrocarbilo aromático, saturado o parcialmente insaturado, que comprende dos restos de amina primaria, está seleccionado entre (i) un grupo hidrocarbilo saturado o parcialmente insaturado, lineal o ramificado opcionalmente sustituido, (ii) un grupo hidrocarbilo o (iii) un grupo hidrocarbilo cíclico saturado o parcialmente insaturado opcionalmente sustituido; o un grupo hidrocarbilo aromático; como se ha definido anteriormente en cualquiera de las reivindicaciones anteriores 6 a 9 y puede estar opcionalmente sustituido con uno o más sustituyentes adicionales seleccionados entre un grupo hidrocarbilo o un grupo funcional como se define en cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9 anteriores.

11.- El cable de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 10, en el que el catalizador (b) de condensación de silanol está seleccionado entre los subgrupos de los compuestos (Ia), (IIa) y (IIIa), concretamente entre cualquiera de los compuestos de fórmula (Ia1), (Ia2) o (IIIa1):

30 un compuesto de fórmula (Ia1)



(Ia1),

en la que

----- es un doble enlace opcional;

s es un grupo hidrocarbilo divalente con 1 a 4 átomos;

35 r es 0 ó 1;

el número de n, m y t depende de si hay un doble enlace y

n = 1 ó 2;

m = 0 ó 1, cuando X = N, y m = 1 ó 2, cuando X = C;

t = 1 ó 2;

40 cada R^6 , cada R^7 y cada R^8 son de forma independiente H o un hidrocarbilo (i), un hidrocarbilo (ii) o un hidrocarbilo (iii), más preferentemente como hidrocarbilo (i) lineal o ramificado o el hidrocarbilo (ii), más preferentemente como

el número de n, m y t depende de si hay un doble enlace y

$n = 1 \text{ ó } 2$;

$m = 0 \text{ ó } 1$, cuando $X = N$, y $m = 1 \text{ ó } 2$, cuando $X = C$;

$t = 1 \text{ ó } 2$;

5 cada R^6 , cada R^7 , cada R^8 y R^5 son de forma independiente H o un hidrocarbilo (i), un hidrocarbilo (ii) o un hidrocarbilo (iii), más preferentemente como hidrocarbilo (i) lineal o ramificado o el hidrocarbilo (ii), más preferentemente como hidrocarbilo (i) lineal o ramificado; como se ha definido anteriormente en las reivindicaciones 6 a 9, más preferentemente cada R^6 , cada R^7 , cada R^8 y R^5 está seleccionado de forma independiente entre H o un grupo hidrocarbilo lineal o ramificado y opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos, $-Y-NH-Y$, $Y-N(Y)_2$, $-NH-Y$, $-NY_2$, $-O-Y$, $-Y-O-Y$ o $-N(Y-O-Y)_2$, en las que cada Y de las fórmulas anteriores es de manera independiente un grupo hidrocarbilo lineal o ramificado y opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos; incluso más preferentemente, dicho grupo hidrocarbilo lineal o ramificado y opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos como sustituyente hidrocarbilo o como el resto Y es un grupo alquilo(C1-C50) lineal o ramificado opcionalmente sustituido, un grupo alqueno(C2-C50) lineal o ramificado opcionalmente sustituido o un grupo alquino(C2-C30) lineal o ramificado opcionalmente sustituido; más preferentemente un grupo alquilo (C1-C50) lineal o ramificado, preferentemente un grupo alquilo (C1-C30) lineal o ramificado, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C20) lineal o ramificado, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C12) lineal o ramificado, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C6) lineal o ramificado; y

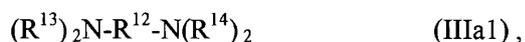
20 - cuando r es 1, entonces la unión entre los átomos de anillo C y N es C-N y R^2 y R^4 forman junto con s, N y C, a los cuales están unidos, un anillo aromático saturado o parcialmente insaturado que opcionalmente está condensado con uno o más anillos, en el que dicho anillo o el sistema de anillo condensado opcional contiene de manera opcional uno o más heteroátomos adicionales y puede opcionalmente estar sustituido; preferentemente forman un sistema de anillo mono o multicíclico aromático, saturado o parcialmente insaturado, opcionalmente sustituido que tiene de 5 a 15 átomos de anillo y puede contener un(unos) heteroátomo(s) adicional(es); más preferentemente forman un sistema de anillo mono o multicíclico aromático, saturado o parcialmente insaturado, opcionalmente sustituido que tiene de 5 a 12 átomos de anillo, preferentemente de 5 a 10 átomos de anillo, y que puede contener heteroátomos adicionales; incluso más preferentemente forman un anillo hidrocarbilo monocíclico aromático, saturado o parcialmente insaturado, opcionalmente sustituido que tiene de 5 a 7 átomos de anillo y que puede contener uno o más heteroátomos adicionales; o

30 - cuando r es 0 y si el enlace entre los átomos de anillo C y N es C=N, entonces R^4 está ausente y R^2 es H o un hidrocarbilo (i), un hidrocarbilo (ii) o un hidrocarbilo (iii), más preferentemente un hidrocarbilo (i) lineal o ramificado o un hidrocarbilo (ii), incluso más preferentemente un hidrocarbilo (i) lineal o ramificado, como se ha definido anteriormente en las reivindicaciones 6 a 9; o

35 cuando r es 0, y si el enlace entre los átomos de anillo N y C es C-N, entonces R^2 y R^4 son de manera independiente como se ha definido anteriormente para R^2 ;

40 más preferentemente cada R^6 , cada R^7 , cada R^8 y R^5 está seleccionado de manera independiente entre H o un grupo hidrocarbilo lineal o ramificado opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos, $Y-NH-Y$, $Y-N(Y)_2$, $-NH-Y$, $-NY_2$, $-O-Y$, $-Y-O-Y$ o $-N(Y-O-Y)_2$, en la que cada Y de las fórmulas anteriores es de manera independiente un grupo hidrocarbilo lineal o ramificado y opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos; incluso más preferentemente dicho grupo hidrocarbilo lineal o ramificado opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos como sustituyente hidrocarbilo o como resto Y es un grupo alquilo (C1-C50) lineal o ramificado opcionalmente sustituido, un grupo alqueno(C2-C50) lineal o ramificado opcionalmente sustituido o un grupo alquino(C2-C30) lineal o ramificado opcionalmente sustituido; más preferentemente un grupo alquilo (C1-C50) lineal o ramificado, preferentemente un grupo alquilo (C1-C30) lineal o ramificado, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C20) lineal o ramificado, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C12) lineal o ramificado, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C6) lineal o ramificado; o

un compuesto de fórmula (IIIa1)



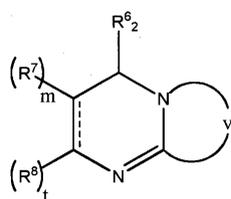
50 en la que cada R^{13} y cada R^{14} es de manera independiente H o un hidrocarbilo (i), un hidrocarbilo (ii) o un hidrocarbilo (iii), más preferentemente un hidrocarbilo (i) lineal o ramificado o un hidrocarbilo (ii), más preferentemente un hidrocarbilo (i) lineal o ramificado, como se ha definido anteriormente en las reivindicaciones 6 a 9, más preferentemente cada R^{13} y cada R^{14} se escogen de manera independiente entre H o un grupo hidrocarbilo

lineal o ramificado opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos, Y-NH-Y, Y-N(Y)₂, -NH-Y, -NY₂, -O-Y, -Y-O-Y o -N(Y-O-Y)₂, en la que cada Y de las fórmulas anteriores es de manera independiente un grupo hidrocarbilo lineal o ramificado y opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos; incluso más preferentemente dicho grupo hidrocarbilo lineal o ramificado opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos como sustituyente hidrocarbilo o como resto Y es un grupo alquilo(C1-C50) lineal o ramificado opcionalmente sustituido, un grupo alquenilo (C2-C50) lineal o ramificado opcionalmente sustituido o un grupo alquinilo (C2-C30) lineal o ramificado opcionalmente sustituido; más preferentemente un grupo alquilo(C1-C50) lineal o ramificado, preferentemente un grupo alquilo (C1-C30) lineal o ramificado, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C20) lineal o ramificado, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C12) lineal o ramificado, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C6) lineal o ramificado; y

R¹² es un hidrocarbilo (i), un hidrocarbilo (ii) o un hidrocarbilo (iii), más preferentemente un hidrocarbilo (i) lineal o ramificado o un hidrocarbilo (ii), más preferentemente un hidrocarbilo (i) lineal o ramificado, como se ha definido en cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, más preferentemente R¹² está seleccionado de manera independiente entre H o un grupo hidrocarbilo lineal o ramificado opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos, Y-NH-Y, Y-N(Y)₂, -NH-Y, -NY₂, -O-Y, -Y-O-Y, -Y-O-Y-O-Y o -N(Y-O-Y)₂, en la que cada Y de las fórmulas anteriores es de manera independiente un grupo hidrocarbilo lineal o ramificado y opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos; incluso más preferentemente dicho grupo hidrocarbilo lineal o ramificado opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos como sustituyente hidrocarbilo o como resto Y es un grupo alquilo (C1-C50) lineal o ramificado opcionalmente sustituido, un grupo alquenilo (C2-C50) lineal o ramificado opcionalmente sustituido o un grupo alquinilo (C2-C30) lineal o ramificado opcionalmente sustituido; más preferentemente un grupo alquilo (C1-C50) lineal o ramificado, preferentemente un grupo alquilo (C1-C30) lineal o ramificado, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C20) lineal o ramificado, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C12) lineal o ramificado, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C6) lineal o ramificado.

12.- El cable de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 11, en el que el catalizador (b) de condensación de silanol está seleccionado entre subgrupos de compuestos (Ia1), (IIa2) y (IIIa1), concretamente entre compuestos de fórmula (Ia2), (Ia3) o (IIIa2):

un compuesto de fórmula (Ia2)



(Ia2)

en la que

----- es un doble enlace opcional;

v es un grupo hidrocarbilo divalente con 3 a 6 átomos de anillo;

r es 0 ó 1; el número de m y t depende de si hay un doble enlace y

m = 1 ó 2;

t = 1 ó 2;

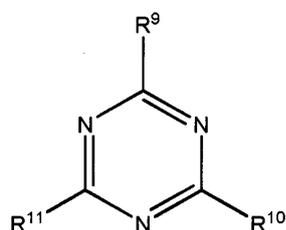
cada R⁶, cada R⁷, cada y cada R⁸ son de forma independiente H o un hidrocarbilo (i), un hidrocarbilo (ii) o un hidrocarbilo (iii), más preferentemente un hidrocarbilo (i) lineal o ramificado o un hidrocarbilo (ii), más preferentemente un hidrocarbilo (i) lineal o ramificado, como se ha definido en cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, más preferentemente cada R⁶, cada R⁷ y cada R⁸ está seleccionado de forma independiente entre H o un grupo hidrocarbilo lineal o ramificado y opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos, -Y-NH-Y, Y-N(Y)₂, -NH-Y, -NY₂, -O-Y, -Y-O-Y o -N(Y-O-Y)₂, en la que cada Y de las fórmulas anteriores es de manera independiente un grupo hidrocarbilo lineal o ramificado y opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos; incluso más preferentemente, dicho grupo hidrocarbilo lineal o ramificado y opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos como sustituyente hidrocarbilo o como el resto Y es un grupo alquilo(C1-C50) lineal o ramificado opcionalmente sustituido, un grupo alquenilo (C2-C50) lineal o ramificado opcionalmente sustituido o un grupo alquinilo (C2-C30) lineal o ramificado opcionalmente sustituido; más preferentemente un grupo alquilo (C1-C50)

lineal o ramificado opcionalmente sustituido, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C30) lineal o ramificado opcionalmente sustituido, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C20) lineal o ramificado no sustituido, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C12) lineal o ramificado no sustituido, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C6) lineal o ramificado no sustituido; y

- 5 v forma junto con N y C, a los cuales está unido, un anillo aromático, saturado o parcialmente insaturado, que opcionalmente está condensado con uno o más de otros anillos, en el que dicho anillo o el sistema de anillo condensado opcional contiene de manera opcional uno o más heteroátomos adicionales y puede opcionalmente estar sustituido, preferentemente forma un sistema de anillo mono o multicíclico aromático, saturado o parcialmente insaturado que tiene de 5 a 15 átomos de anillo y que puede contener heteroátomo(s) adicional(e)s, más
- 10 preferentemente forma un sistema de anillo mono o multicíclico aromático, saturado o parcialmente insaturado y opcionalmente sustituido que tiene de 5 a 12 átomos de anillo, preferentemente de 5 a 10 átomos de anillo, y que puede contener heteroátomos adicionales, incluso más preferentemente forma un anillo hidrocarbilo monocíclico aromático, saturado o parcialmente insaturado opcionalmente sustituido que tiene de 5 a 7 átomos de anillo y que preferentemente no está sustituido y, preferentemente, no contiene heteroátomos adicionales;

15

un compuesto de fórmula (Ia3)

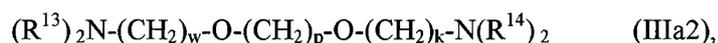


(Ia3),

- en el que cada R⁹, R¹⁰ y R¹¹ es de forma independiente H; un grupo funcional o un hidrocarbilo (i), un hidrocarbilo (ii) o un hidrocarbilo (iii), más preferentemente hidrocarbilo (i) lineal o ramificado o hidrocarbilo (ii), más preferentemente un hidrocarbilo (i) lineal o ramificado, como se ha definido en cualquiera de las reivindicaciones 5 a 9; más preferentemente cada R⁹, R¹⁰ y R¹¹ está seleccionado de forma independiente entre H; un grupo funcional que es -NH₂ o un grupo hidrocarbilo lineal o ramificado opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos, -Y-NH-Y, Y-N(Y)₂, -NH-Y, -NY₂, -O-Y, -Y-O-Y o -N(Y-O-Y)₂, en la que cada Y de las fórmulas anteriores es de manera independiente un grupo hidrocarbilo lineal o ramificado y opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos, incluso más preferentemente dicho grupo hidrocarbilo lineal o ramificado opcionalmente sustituido que no contiene heteroátomos como sustituyente hidrocarbilo o como resto Y es un grupo alquilo (C1-C50) lineal o ramificado opcionalmente sustituido, un grupo alqueno (C2-C50) lineal o ramificado opcionalmente sustituido o un grupo alquilo (C2-C30) lineal o ramificado opcionalmente sustituido; más preferentemente un grupo alquilo (C1-C50) lineal o ramificado opcionalmente sustituido, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C30) lineal o ramificado opcionalmente sustituido, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C20) lineal o ramificado no sustituido, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C12) lineal o ramificado no sustituido, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C6) lineal o ramificado no sustituido;

- más preferentemente cada R⁹, R¹⁰ y R¹¹ está seleccionado de forma independiente entre -NH₂, -NY₂ o -N(Y-O-Y)₂, en la que cada Y es como se ha definido anteriormente; incluso más preferentemente entre -NH₂ o -N(Y-O-Y)₂, en la que cada Y es como se ha definido anteriormente; o

un compuesto de fórmula (IIIa2)



- 40 en la que w+p+k = de 3 a 20, preferentemente 5-10, más preferentemente x = 1-3; p = 1-3 y k = 1-3; y cada R¹³ y cada R¹⁴ es de manera independiente H o un grupo alquilo (C1-C30) lineal o ramificado no sustituido, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C20) lineal o ramificado no sustituido, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C12) lineal o ramificado no sustituido, más preferentemente un grupo alquilo (C1-C6) lineal o ramificado no sustituido; más preferentemente cada R¹³ y cada R¹⁴ es H.

45

- 13.- El cable de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el catalizador (b) de condensación de silanol está seleccionado entre 1,8-Diazabicyclo [5.4.0] undec-7-eno (DBU).
- 5 14.- El cable de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la composición polimérica comprende el catalizador (b) de condensación de silanol, en una cantidad de 0,0001 a 6,0 % en peso, preferentemente de 0,01 a 2,0 % en peso, más preferentemente de 0,02 a 0,5 % en peso, basado en la cantidad combinada de la poliolefina que porta grupos (a) silano hidrolizables y el catalizador (b) de condensación de silanol.
- 10 15.- El cable de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la poliolefina que porta grupos (a) silano hidrolizables es un copolímero de etileno con un comonomero que porta grupo(s) silano, y, opcionalmente, con otro(s) comonomero(s); o es un homopolímero o copolímero de etileno con grupos silano que se introducen por medio de injertado de un compuesto que contiene grupo(s) silano en el polímero de polietileno.
- 15 16.- El cable de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la poliolefina que porta grupos (a) silano hidrolizables es un polietileno producido en presencia de un catalizador de polimerización de olefinas o un polietileno producido a alta presión, que porta grupos silano hidrolizables.
- 17.- El cable de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el comonomero que porta el(los) grupo(s) silano o compuesto es un compuesto de fórmula (IV),
- 20 $R^1SiR^2_qY_{3-q}$ (IV)
- en la que
- R^1 es un grupo hidrocarbilo etilénicamente insaturado, hidrocarbiloxi o (met)acriloxi hidrocarbilo,
- R^2 es un grupo hidrocarbilo saturado alifático,
- Y, que puede ser igual o diferente, es un grupo orgánico hidrolizable y
- 25 q es 0, 1 ó 2.
- 18.- El cable de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la composición polimérica comprende grupos silano hidrolizables en una cantidad de 0,001 a 12 % en moles, preferentemente de 0,01 a 4 % en moles, del modo más preferido de 0,05 a 1,6 % en moles, basado en la cantidad total de composición polimérica, preferentemente los grupos silano hidrolizables se originan a partir de la poliolefina que porta grupos (a) silano hidrolizables.
- 30 19. Un proceso para producir un cable de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-18, en el que el proceso comprende la etapa de
- 35 - aplicar sobre un conductor, preferentemente por medio de (co)extrusión, una o más capas, en las que al menos una capa comprende, preferentemente consiste en, la composición polimérica que comprende
- (a) un polietileno que porta grupos silano hidrolizables y
- (b) un compuesto de catalizador de condensación de silanol; como se ha definido en cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 5-18, preferentemente para producir;
- 40 (i) un cable (A), en el que el proceso comprende las etapas de
- aplicar sobre un conductor, preferentemente por medio de (co)extrusión, al menos una capa de aislamiento que comprende, preferentemente que consiste en, una composición polimérica que comprende
- (a) un polietileno que comprende grupos silano hidrolizables y
- 45 (b) un compuesto de catalizador de condensación de silanol; como se ha definido en cualquiera de las

reivindicaciones 1 ó 5-18, o

(ii) un cable (B), en el que el proceso comprende las etapas de

5 - aplicar sobre un conductor, preferentemente por medio de (co)extrusión, una capa semiconductor interna que comprende una primera composición semiconductor, una capa de aislamiento que comprende una composición de aislamiento y una capa semiconductor externa que comprende una segunda composición semiconductor, en ese orden, en la que la composición de al menos una capa, preferentemente al menos la composición de aislamiento de la capa de aislamiento comprende, preferentemente consiste en, una composición polimérica que comprende

(a) un polietileno que comprende grupos silano hidrolizables y

10 (b) un compuesto de catalizador de condensación de silanol; como se ha definido en cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 5-18.

15 20.- El proceso de acuerdo con la reivindicación 19, para producir un cable reticulado, en el que el proceso comprende una etapa adicional de reticulación de al menos una capa obtenida que comprende, preferentemente que consiste en, una composición polimérica como se ha definido en cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 18 en presencia de agua, preferentemente una etapa de

(i) reticular la composición de aislamiento de la capa de aislamiento del cable (A) en presencia de agua, o

20 (ii) reticular al menos una composición de aislamiento de la capa de aislamiento, la primera composición semiconductor de la capa semiconductor interna o la segunda composición semiconductor de la capa semiconductor externa del cable (B),

- preferentemente reticular al menos la composición de aislamiento de la capa de aislamiento del cable (B),

- más preferentemente reticular la composición de aislamiento de la capa de aislamiento y al menos una de la primera composición semiconductor de la capa semiconductor interna y la segunda composición semiconductor de la capa semiconductor externa del cable (B),

25 - más preferentemente reticular la composición de aislamiento de la capa de aislamiento, la primera composición semiconductor de la capa semiconductor interna y, opcionalmente la segunda composición semiconductor de la capa semiconductor externa del cable (B),

en presencia de agua.

30 21. Un cable reticulado que se puede obtener por medio del proceso de acuerdo con la reivindicación 20.