

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 662 117**

51 Int. Cl.:

**C08G 75/00** (2006.01)

**C09K 3/00** (2006.01)

**C08L 81/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.10.2014 PCT/US2014/062924**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.05.2015 WO15066192**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.10.2014 E 14802540 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.01.2018 EP 3063207**

54 Título: **Polímeros que contienen azufre terminados en maleimida, sus composiciones y usos de los mismos**

30 Prioridad:  
**29.10.2013 US 201314065499**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**05.04.2018**

73 Titular/es:  
**PRC-DESOTO INTERNATIONAL, INC. (100.0%)  
12780 San Fernando Road  
Sylmar, California 91342, US**

72 Inventor/es:  
**RAO, CHANDRA B. y  
LIN, RENHE**

74 Agente/Representante:  
**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 662 117 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**

Polímeros que contienen azufre terminados en maleimida, sus composiciones y usos de los mismos

**5 Campo**

La presente divulgación se refiere a polímeros que contienen azufre terminados en maleimida tales como politioéteres terminados en maleimida, polisulfuros y poliformales que contienen azufre útiles en aplicaciones de selladores aeroespaciales. La divulgación también se refiere a aductos de maleimida que contienen azufre que tienen grupos terminales 1-(4-(4-(3-il-2,5-dioxopirrolidin-1-il)bencil)fenil)-1H-pirrol-2,5-diona y composiciones de los mismos.

**Antecedentes**

15 Los selladores útiles en aplicaciones aeroespaciales y de otro tipo deben cumplir exigentes requisitos mecánicos, químicos y ambientales. Los selladores se pueden aplicar a diversas superficies, incluyendo superficies metálicas, recubrimientos de imprimación, recubrimientos intermedios, recubrimientos terminados y recubrimientos envejecidos. Se desean selladores curados que tengan una mayor resistencia a la tracción y alargamiento y que también satisfagan otros requisitos de los selladores aeroespaciales, tales como la resistencia al combustible.

20 El documento US 2012/0040103 divulga composiciones que incluyen un polímero terminado en tiol y un silano etilénicamente insaturado que contiene azufre.

25 El documento US 2004/0247792 se refiere a los polímeros de politioéter, las composiciones curables que los contienen, el proceso de preparación de los polímeros de poliéter y su uso en selladores.

El documento US 2011/0319559 describe politioéteres que son el producto de reacción de reactivos que incluyen a) un tritiool que contiene isocianurato, b) un politiool diferente de a) y c) un dieno.

30 El documento US 2003/0008977 se refiere a selladores y formulaciones de encapsulado que se preparan a partir de componentes que incluyen polímeros terminados en mercapto no gelificados preparados haciendo reaccionar reactivos que comprenden monómeros de éter de polivinílico y materiales de politiool; agentes de curado reactivos con un grupo mercapto del polímero terminado en mercapto y aditivos seleccionados entre cargas, promotores de adhesión, plastificantes y un catalizador.

35 El documento US 5.912.319 divulga composiciones y métodos de producción de polímeros de politioéter líquido resistentes a los combustibles con una buena flexibilidad a baja temperatura.

40 El documento US 2015/0119549 describe polímeros que contienen azufre y aductos que contienen azufre que tienen grupos terminales 1,1'-(metileno-4,1-fenileno)bismaleimida.

**Sumario**

45 En un primer aspecto, se proporcionan aductos de maleimida que contienen azufre que comprenden al menos dos grupos maleimida terminales.

50 En un segundo aspecto, se proporcionan composiciones que comprenden (a) un polímero que contiene azufre que comprende al menos dos grupos terminales reactivos con grupos maleimida y (b) un compuesto que tiene al menos dos grupos maleimida.

En un tercer aspecto, se proporcionan composiciones que comprenden (a) un aducto de maleimida que contiene azufre y (b) un agente de curado que comprende al menos dos grupos terminales que son reactivos con grupos maleimida.

55 En un cuarto aspecto, se proporcionan composiciones que comprenden (a) un aducto de maleimida que contiene azufre; b) un polímero que contiene azufre que comprende al menos dos grupos terminales reactivos con grupos maleimida y (c) un compuesto monomérico que tiene al menos dos grupos maleimida.

60 En un quinto aspecto, se proporcionan composiciones que comprenden un aducto de maleimida que contiene azufre, formulado como un sellador.

En un sexto aspecto, se proporcionan selladores curados que comprenden una composición que comprende un aducto de maleimida que contiene azufre, formulado como un sellador.

**Descripción detallada****Definiciones**

- 5 “Alcanodiilo” se refiere a un dirradical de un grupo hidrocarburo acíclico saturado, ramificado o de cadena lineal, que tiene por ejemplo, de 1 a 18 átomos de carbono ( $C_{1-18}$ ), de 1 a 14 átomos de carbono ( $C_{1-14}$ ), de 1 a 6 átomos de carbono ( $C_{1-6}$ ), de 1 a 4 átomos de carbono ( $C_{1-4}$ ) o de 1 a 3 átomos de hidrocarburo ( $C_{1-3}$ ): se apreciará que un alcanodiilo ramificado tiene un mínimo de tres átomos de carbono. En determinadas realizaciones, el alcanodiilo es alcanodiilo  $C_{2-14}$ , alcanodiilo  $C_{2-10}$ , alcanodiilo  $C_{2-8}$ , alcanodiilo  $C_{2-6}$ , alcanodiilo  $C_{2-4}$ , y en determinadas realizaciones, alcanodiilo  $C_{2-3}$ . Ejemplos de grupos alcanodiilo incluyen metanodiilo ( $-CH_2-$ ), etano-1,2-diilo ( $-CH_2CH_2-$ ), propano-1,3-diilo e iso-propano-1,2-diilo (p. ej.,  $-CH_2CH_2CH_2-$  y  $-CH(CH_3)CH_2-$ ), butano-1,4-diilo ( $-CH_2CH_2CH_2CH_2-$ ), pentano-1,5-diilo ( $-CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2-$ ), hexano-1,6-diilo ( $-CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2-$ ), heptano-1,7-diilo, octano-1,8-diilo, nonano-1,9-diilo, decano-1,10-diilo, dodecano-1,12-diilo y similares.
- 10
- 15 “Alcanocicloalcano” se refiere a un grupo hidrocarburo saturado que tiene uno o más grupos cicloalquilo y/o cicloalcanodiilo y uno o más grupos alquilo y/o alcanodiilo, en el que cicloalquilo, cicloalcanodiilo, alquilo y alcanodiilo se definen en el presente documento. En determinadas realizaciones, cada grupo o grupos cicloalquilo o cicloalcanodiilo es  $C_{3-6}$ ,  $C_{5-6}$ , y en determinadas realizaciones, ciclohexilo o ciclohexanodiilo. En determinadas realizaciones, cada grupo o grupos alquilo y/o alcanodiilo es  $C_{1-6}$ ,  $C_{1-4}$ ,  $C_{1-3}$ , y en determinadas realizaciones, metilo, metanodiilo, etilo o etano-1,2-diilo. En determinadas realizaciones, el grupo alcanocicloalcano es alcanocicloalcano  $C_{4-18}$ , alcanocicloalcano  $C_{4-16}$ , alcanocicloalcano  $C_{4-12}$ , alcanocicloalcano  $C_{4-8}$ , alcanocicloalcano  $C_{6-12}$ , alcanocicloalcano  $C_{6-10}$ , y en determinadas realizaciones, alcanocicloalcano  $C_{6-9}$ . Ejemplos de grupos alcanocicloalcano incluyen 1,1,3,3-tetrametilciclohexano y ciclohexilmetano.
- 20
- 25 “Alcanocicloalcanodiilo” se refiere a un dirradical de un grupo alcanocicloalcano. En determinadas realizaciones, el grupo alcanocicloalcanodiilo es alcanocicloalcanodiilo  $C_{4-18}$ , alcanocicloalcanodiilo  $C_{4-16}$ , alcanocicloalcanodiilo  $C_{4-12}$ , alcanocicloalcanodiilo  $C_{4-8}$ , alcanocicloalcanodiilo  $C_{6-12}$ , alcanocicloalcanodiilo  $C_{6-10}$ , y en determinadas realizaciones, alcanocicloalcanodiilo  $C_{6-9}$ . Ejemplos de grupos alcanocicloalcanodiilo incluyen 1,1,3,3-tetrametilciclohexano-1,5-diilo y ciclohexilmetano-4,4'-diilo.
- 30
- 35 “Alcanoareno” se refiere a un grupo hidrocarburo que tiene uno o más grupos arilo y/o arenodiilo y uno o más grupos alquilo y/o alcanodiilo, en el que arilo, arenodiilo, alquilo y alcanodiilo se definen en el presente documento. En determinadas realizaciones, cada grupo o grupos arilo y/o arenodiilo es  $C_{6-12}$ ,  $C_{6-10}$ , y en determinadas realizaciones, fenilo o bencenodiilo. En determinadas realizaciones, cada grupo o grupos alquilo y/o alcanodiilo es  $C_{1-6}$ ,  $C_{1-4}$ ,  $C_{1-3}$ , y en determinadas realizaciones, metilo, metanodiilo, etilo o etano-1,2-diilo. En determinadas realizaciones, el grupo alcanoareno es alcanoareno  $C_{4-18}$ , alcanoareno  $C_{4-16}$ , alcanoareno  $C_{4-12}$ , alcanoareno  $C_{4-8}$ , alcanoareno  $C_{6-12}$ , alcanoareno  $C_{6-10}$ , y en determinadas realizaciones, alcanoareno  $C_{6-9}$ . Ejemplos de grupos alcanoareno incluyen difenilmetano.
- 40
- 45 “Alcanoarenodiilo” se refiere a un dirradical de un grupo alcanoareno. En determinadas realizaciones, el grupo alcanoarenodiilo es alcanoarenodiilo  $C_{4-18}$ , alcanoarenodiilo  $C_{4-16}$ , alcanoarenodiilo  $C_{4-12}$ , alcanoarenodiilo  $C_{4-8}$ , alcanoarenodiilo  $C_{6-12}$ , alcanoarenodiilo  $C_{6-10}$ , y en determinadas realizaciones, alcanoarenodiilo  $C_{6-9}$ . Ejemplos de grupos alcanoarenodiilo incluyen difenil metano-4,4'-diilo.
- 50
- 55 El grupo “alqueniilo” se refiere a un grupo que tiene la estructura  $-RC=C(R)_2$  en la que el grupo alqueniilo es un grupo terminal y está unido a una molécula más grande. En dichas realizaciones, cada R se puede seleccionar entre, por ejemplo, hidrógeno y alquilo  $C_{1-3}$ . En determinadas realizaciones, cada R es hidrógeno y un grupo alqueniilo tiene la estructura  $-CH=CH_2$ .
- 60
- 65 “Alcoxi” se refiere a un grupo  $-OR$  en el que R es alquilo como se define en el presente documento. Ejemplos de grupos alcoxi incluyen metoxi, etoxi, n-propoxi, isopropoxi y n-butoxi. En determinadas realizaciones, el grupo alcoxi es alcoxi  $C_{1-8}$ , alcoxi  $C_{1-6}$ , alcoxi  $C_{1-4}$ , y en determinadas realizaciones, alcoxi  $C_{1-3}$ .
- “Alquilo” se refiere a un monorradical de un grupo hidrocarburo acíclico saturado, ramificado o de cadena lineal que tiene, por ejemplo, de 1 a 20 átomos de carbono, de 1 a 10 átomos de carbono, de 1 a 6 átomos de carbono, de 1 a 4 átomos de carbono o de 1 a 3 átomos de carbono. Se apreciará que un alquilo ramificado tiene un mínimo de tres átomos de carbono. En determinadas realizaciones, el grupo alquilo es alquilo  $C_{1-6}$ , alquilo  $C_{1-4}$ , y en determinadas realizaciones, alquilo  $C_{1-3}$ . Ejemplos de grupos alquilo incluyen metilo, etilo, n-propilo, iso-propilo, n-butilo, iso-butilo, terc-butilo, n-hexilo, n-decilo, tetradecilo y similares. En determinadas realizaciones, el grupo alquilo es alquilo  $C_{1-6}$ , alquilo  $C_{1-4}$ , y en determinadas realizaciones, alquilo  $C_{1-3}$ . Se apreciará que un alquilo ramificado tiene al menos tres átomos de carbono.
- “Arenodiilo” se refiere a un grupo dirradical aromático monocíclico o policíclico. Ejemplos de grupos arenodiilo incluyen benceno-diilo y naftaleno-diilo. En determinadas realizaciones, el grupo arenodiilo es arenodiilo  $C_{6-12}$ , arenodiilo  $C_{6-10}$ , arenodiilo  $C_{6-9}$  y en

“Cicloalcanodiilo” se refiere a un grupo dirradical hidrocarburo monocíclico o policíclico saturado. En determinadas realizaciones, el grupo cicloalcanodiilo es cicloalcanodiilo C<sub>3-12</sub>, cicloalcanodiilo C<sub>3-8</sub>, cicloalcanodiilo C<sub>3-6</sub>, y en determinadas realizaciones, cicloalcanodiilo C<sub>5-6</sub>. Ejemplos de grupos cicloalcanodiilos incluyen ciclohexano-1,4-diilo, ciclohexano-1,3-diilo y ciclohexano-1,2-diilo.

5 “Cicloalquilo” se refiere a un grupo monorradical hidrocarburo monocíclico o policíclico saturado. En determinadas realizaciones, el grupo cicloalquilo es cicloalquilo C<sub>3-12</sub>, cicloalquilo C<sub>3-8</sub>, cicloalquilo C<sub>3-6</sub>, y en determinadas realizaciones, cicloalquilo C<sub>5-6</sub>.

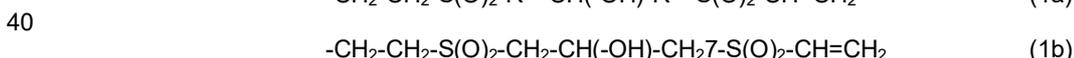
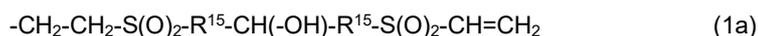
10 “Heteroalcanodiilo” se refiere a un grupo alcanodiilo en el que uno o más de los átomos de carbono se sustituyen con un heteroátomo, tal como N, O, S o P. En determinadas realizaciones de heteroalcanodiilo, el heteroátomo se selecciona entre N y O.

15 “Heterocicloalcanodiilo” se refiere a un grupo cicloalcanodiilo en el que uno o más de los átomos de carbono se sustituyen con un heteroátomo, tal como N, O, S o P. En determinadas realizaciones de heterocicloalcanodiilo, el heteroátomo se selecciona entre N y O.

20 “Heteroarenodiilo” se refiere a un grupo arenodiilo en el que uno o más de los átomos de carbono se sustituyen con un heteroátomo, tal como N, O, S o P. En determinadas realizaciones de heteroarenodiilo, el heteroátomo se selecciona entre N y O.

25 “Heterocicloalcanodiilo” se refiere a un grupo cicloalcanodiilo en el que uno o más de los átomos de carbono se sustituyen con un heteroátomo, tal como N, O, S o P. En determinadas realizaciones de heterocicloalcanodiilo, el heteroátomo se selecciona entre N y O.

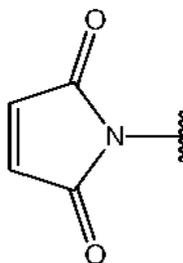
30 Un “aceptor de Michael” se refiere a compuestos alqueno/alquino sustituidos en los que al menos un grupo alqueno/alquino está directamente unido a uno o más grupos aceptores de electrones tales como carbonilo (-CO), nitro (-NO<sub>2</sub>), nitrilo (-CN), alcóxicarbonilo (-COOR), fosfonato (-PO(OR)<sub>2</sub>), trifluorometilo (-CF<sub>3</sub>), sulfonilo (-SO<sub>2</sub>-), trifluorometanosulfonilo (-SO<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>), p-toluenosulfonilo (-SO<sub>2</sub>-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>-CH<sub>3</sub>), etc. Los tipos de compuestos que funcionan como aceptores de Michael son vinilcetonas, quinonas, nitroalquenos, acrilonitrilos, acrilatos, metacrilatos, cianoacrilatos, acrilamidas, maleimididas, dialquil vinilfosfonato y vinilsulfonas. Otros ejemplos de aceptores de Michael se divulgan en Mather y col., Prog. Polym. Sci. 2006, 31, 487-531. Los compuestos aceptores de Michael que tienen más de un grupo aceptor de Michael también son bien conocidos. Ejemplos incluyen diacrilatos tales como diacrilato de etilenglicol y diacrilato de dietilenglicol, dimetacrilatos tales como metacrilato de etilenglicol y metacrilato de dietilenglicol, bismaleimididas tales como N,N'-(1,3-fenileno)dimaleimida y 1,1'-(metilenodi-4,1-fenileno)bismaleimida, vinilsulfonas tales como divinilsulfona y 1,3-bis(vinilsulfonil)-2-propanol, etc. En determinadas realizaciones, un grupo aceptor de Michael tiene la estructura de Fórmula (1a) o Fórmula (1b):



40 en la que cada R<sup>15</sup> se selecciona independientemente entre alcanodiilo C<sub>1-3</sub> y alcanodiilo sustituido C<sub>1-3</sub>, en las que el uno o más grupos sustituyentes es -OH.

45 Un “compuesto aceptor de Michael” se refiere a un compuesto que comprende al menos un grupo aceptor de Michael terminal. En determinadas realizaciones, un compuesto aceptor de Michael es divinilsulfona, y un grupo aceptor de Michael es vinilsulfonilo, es decir, -S(O)<sub>2</sub>-CH=CH<sub>2</sub>. En determinadas realizaciones, un compuesto aceptor de Michael es un bis(vinilsulfonil)alcanol y un grupo aceptor de Michael es 1-(etilenosulfonil)-n-(vinilsulfonil)alcanol, es decir, -CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-S(O)<sub>2</sub>-R<sup>10</sup>-CH(-OH)-R<sup>10</sup>-S(O)<sub>2</sub>-CH=CH<sub>2</sub>, y en determinadas realizaciones, 1-(etilenosulfonil)-3-(vinilsulfonil)propan-2-ol (CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-S(O)<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH(-OH)-CH<sub>2</sub>-S(O)<sub>2</sub>-CH=CH<sub>2</sub>). En determinadas realizaciones, un grupo aceptor de Michael es una maleimida, y en determinadas realizaciones, un grupo 1-(4-(4-(3-il-2,5-dioxopirrolidin-1-il)benzil)fenil)-1H-pirrol-2,5-diona.

55 Una “maleimida” se refiere a un compuesto que tiene un grupo maleimida:



Una bismaleimida se refiere a un compuesto que tiene dos grupos maleimida, en la que los dos grupos maleimida están unidos por los átomos de nitrógeno a través de un enlazador.

Un "grupo polialcoxisililo" se refiere a un grupo que tiene la estructura de Fórmula (2):



en la que p se selecciona entre 0, 1 y 2 y cada  $\text{R}^3$  se selecciona independientemente entre alquilo  $\text{C}_{1-4}$ . En determinadas realizaciones de un grupo polialcoxisililo, p es 0, p es 1, y en determinadas realizaciones, p es 2. En determinadas realizaciones de un grupo polialcoxisililo, cada  $\text{R}^3$  se selecciona independientemente entre etilo y metilo. En determinadas realizaciones de un grupo polialcoxisililo, cada  $\text{R}^3$  es etilo, y en determinadas realizaciones, cada  $\text{R}^3$  es metilo. En determinadas realizaciones de un grupo polialcoxisililo, el grupo se selecciona entre  $-\text{Si}(-\text{OCH}_2\text{CH}_3)_3$ ,  $-\text{Si}(-\text{OCH}_3)_3$ ,  $-\text{Si}(-\text{CH}_3)(-\text{OCH}_3)_2$ ,  $-\text{Si}(-\text{CH}_3)_2(-\text{OCH}_3)$ ,  $-\text{Si}(-\text{CH}_3)(-\text{OCH}_2\text{CH}_3)_2$ ,  $-\text{Si}(-\text{CH}_3)_2(-\text{OCH}_2\text{CH}_3)$ ,  $-\text{Si}(-\text{CH}_2\text{CH}_3)(-\text{OCH}_3)$  y  $-\text{Si}(-\text{CH}_2\text{CH}_3)_2(-\text{OCH}_3)$ .

Tal como se usa en el presente documento, "polímero" se refiere a oligómeros, homopolímeros y copolímeros. A menos que se indique otra cosa, los pesos moleculares son pesos moleculares promedios en número para materiales poliméricos indicados como "Mn" como se determina, por ejemplo, por cromatografía de permeación en gel usando un patrón de poliestireno de una manera reconocida en la técnica.

"Sustituido" se refiere a un grupo en el que uno o más átomos de hidrógeno se sustituyen independientemente con el mismo o diferente sustituyente o sustituyentes. En determinadas realizaciones, el sustituyente se selecciona entre halógeno,  $-\text{S}(\text{O})_2\text{OH}$ ,  $-\text{S}(\text{O})_2$ ,  $-\text{SH}$ ,  $-\text{SR}$  en el que R es alquilo  $\text{C}_{1-6}$ ,  $-\text{COOH}$ ,  $-\text{NO}_2$ ,  $-\text{NR}_2$  en el que cada R se selecciona independientemente entre hidrógeno y alquilo  $\text{C}_{1-3}$ ,  $-\text{CN}$ ,  $=\text{O}$ , alquilo  $\text{C}_{1-6}$ ,  $-\text{CF}_3$ ,  $-\text{OH}$ , fenilo, heteroalquilo  $\text{C}_{2-6}$ , heteroarilo  $\text{C}_{5-6}$ , alcoxi  $\text{C}_{1-6}$  y  $-\text{COR}$  en el que R es alquilo  $\text{C}_{1-6}$ . En determinadas realizaciones, el sustituyente se elige entre:  $-\text{OH}$ ,  $-\text{NH}_2$  y alquilo  $\text{C}_{1-3}$ . En determinadas realizaciones, el sustituyente se elige entre  $-\text{OH}$  y alquilo  $\text{C}_{1-3}$ , y en determinadas realizaciones el uno o más grupo sustituyente es  $-\text{OH}$ .

Ahora se hace referencia a determinadas realizaciones de aductos que contienen azufre que tienen grupos terminales de maleimida, prepolímeros, polímeros, composiciones y métodos. Las realizaciones divulgadas no pretenden ser limitantes de las reivindicaciones. Por el contrario, se pretende que la invención cubra todas las alternativas, modificaciones y equivalentes.

#### Aductos de maleimida que contienen azufre

Los aductos de maleimida que contienen azufre proporcionados por la presente divulgación comprenden al menos dos grupos maleimida terminales. Los prepolímeros y aductos que contienen azufre incluyen, por ejemplo, politioéteres, polisulfuros, poliformales que contienen azufre y combinaciones de los mismos. Se divulgan ejemplos de politioéteres adecuados, por ejemplo, en la Patente de EE.UU. n.º 6.123.179. Se divulgan ejemplos de polisulfuros adecuados, por ejemplo, en la Patente de EE.UU. n.º 4.623.711. En determinadas realizaciones, un aducto de maleimida que contiene azufre puede ser difuncional, y en determinadas realizaciones, puede tener una funcionalidad mayor que 2 tal como 3, 4, 5 o 6. Un aducto de maleimida que contiene azufre puede comprender una mezcla de aductos de maleimida que contienen azufre que tiene diferentes funcionalidades caracterizadas por una funcionalidad media de 2,05 a 6, de 2,1 a 4, de 2,1 a 3, de 2,2 a 2,8, y en determinadas realizaciones, de 2,4 a 2,6.

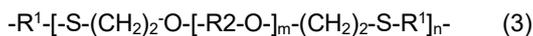
Los aductos de maleimida que contienen azufre tienen al menos dos grupos maleimida terminales, y en determinadas realizaciones tienen dos grupos terminales 1-(4-(4-(3-il-2,5-dioxopirrolidin-1-il)encil)fenil)-1H-pirrol-2,5-diona, y en determinadas realizaciones tienen más de dos grupos terminales tales como 3, 4, 5 o 6 grupos 1-(4-(4-(3-il-2,5-dioxopirrolidina-1-il)encil)fenil)-1H-pirrol-2,5-diona terminales. Un aducto de maleimida que contiene azufre puede comprender una combinación de aductos que tienen diferentes números de grupos terminales 1-(4-(4-(3-il-2,5-dioxopirrolidin-1-il)encil)fenil)-1H-pirrol-2,5-diona caracterizados, por ejemplo, por una funcionalidad media de 1-(4-(4-(3-il-2,5-dioxopirrolidin-1-il)encil)fenil)-1H-pirrol-2,5-diona de 2,05 a 6, de 2,1 a 4, de 2,1 a 3, de 2,2 a 2,8, y en determinadas realizaciones, de 2,4 a 2,6.

El doble enlace de las maleimidas puede reaccionar con grupos tiol a pH 6,5 a 7,5 y es más reactivo que los (meta)crilatos. A pH neutro, la reacción de maleimidas con tioles es aproximadamente 1.000 veces más rápida que la reacción de maleimidas con aminas. Las composiciones avanzadas preparadas a partir de resinas de maleimida muestran una excelente estabilidad termomecánica y antiinflamabilidad.

En determinadas realizaciones, un aducto de maleimida que contiene azufre comprende un aducto de politioéter maleimida caracterizado por un politioéter que tiene al menos dos grupos terminales maleimida tales como, por ejemplo, al menos dos grupos terminales 1-(4-(4-(3-il-2,5-dioxopirrolidin-1-il)encil)fenil)-1H-pirrol-2,5-diona.

En determinadas realizaciones, un aducto de maleimida que contiene azufre comprende un aducto de politioéter maleimida que comprende:

a) una cadena principal que comprende la estructura de Fórmula (3):



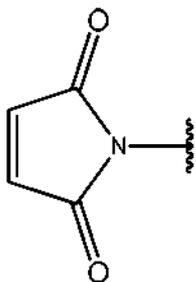
- 5 en la que (i) cada  $R^1$  se selecciona independientemente entre un grupo n-alcanodiilo  $C_{2-10}$ , un grupo alcanodiilo ramificado  $C_{3-6}$ , un grupo cicloalcanodiilo  $C_{6-8}$ , un grupo alcanocicloalcanodiilo  $C_{6-10}$ , un grupo heterocíclico y un grupo  $-[(-CHR^3)_p-X]_q-(CHR^3)_r$ , en el que cada  $R^3$  se selecciona independientemente entre hidrógeno y metilo; (ii) cada  $R^2$  se selecciona independientemente entre un grupo n-alcanodiilo  $C_{2-10}$ , un grupo alcanodiilo ramificado  $C_{3-6}$ , un grupo cicloalcanodiilo  $C_{6-8}$ , un grupo alcanocicloalcanodiilo  $C_{6-14}$ , un grupo heterocíclico y un grupo  $-[(-CH_2)_p-X]_q-(CH_2)_r$ ; (iii) cada X se selecciona independientemente entre O, S y un grupo  $-NR^6$  en el que  $R^6$  se selecciona entre H y un grupo metilo; (iv) m oscila entre 0 y 50; (v) n es un número entero comprendido entre 1 y 60; (vi) p es un número entero comprendido entre 2 y 6; (vii) q es un número entero comprendido entre 1 y 5 y (viii) r es un entero comprendido entre 2 y 10 y (b) al menos dos grupos maleimida terminales.

- 15 En determinadas realizaciones de un compuesto de Fórmula (3),  $R^1$  es  $-[(-CHR^3)_s-X]_q-(CHR^3)_r$  en la que cada X se selecciona independientemente entre -O- y -S-. En determinadas realizaciones en las que  $R^1$  es  $-[(-CHR^3)_s-X]_q-(CHR^3)_r$ , cada X es -O-, y en determinadas realizaciones, cada X es -S-.

- 20 En determinadas realizaciones de un compuesto de Fórmula (3),  $R^1$  es  $-[(CH_2)_s-X]_q-(CH_2)_r$  en la que cada X se selecciona independientemente entre -O- y -S-. En determinadas realizaciones en las que  $R^1$  es  $-[(CH_2)_s-X]_q-(CH_2)_r$ , cada X es -O-, y en determinadas realizaciones, cada X es -S-.

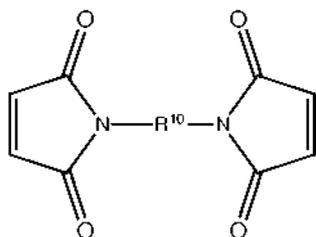
En determinadas realizaciones,  $R^1$  en la Fórmula (3) es  $-[(CH_2)_s-X]_q-(CH_2)_r$ , en la que p es 2, X es O, q es 2, r es 2,  $R^2$  es etanodiol, m es 2 y n es 9.

- 25 Un grupo terminal de maleimida tiene la estructura de Fórmula (4):



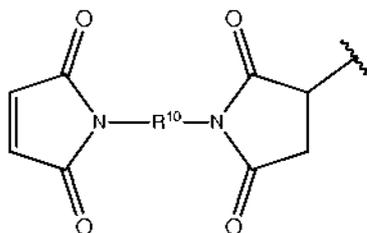
(4)

- 30 Un resto de bismaleimida terminal se refiere a un resto que tiene un grupo maleimida terminal. En determinadas realizaciones, un grupo maleimida terminal se obtiene de una bismaleimida, tal como un compuesto que tiene la estructura de Fórmula (5a):



(5a)

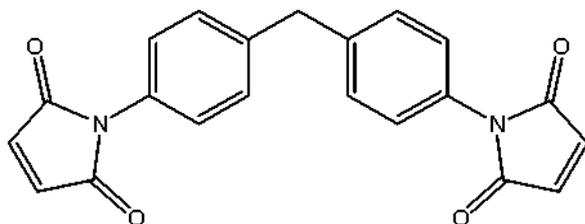
- 35 en la que  $R^{10}$  es un resto orgánico divalente, y el grupo terminal tiene la estructura de Fórmula (5b):



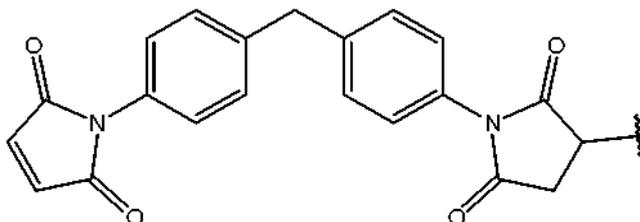
(5b)

- 40 y se denomina en el presente documento grupo 1-(4-(4-(3-il-2,5-dioxopirrolidin-1-il)benzil)fenil)-1H-pirrol-2,5-diona. En determinadas realizaciones, un grupo maleimida terminal se obtiene de 1,1'-(metilenodi-4,1-fenileno)bismaleimida de Fórmula (7a), también denominada 1,1'-(metilenobis(4,1-fenileno))bis(1H-pirrol-2,5-diona), y el grupo terminal

tiene la estructura de Fórmula (7b):



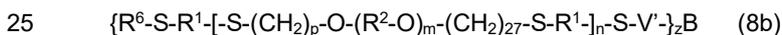
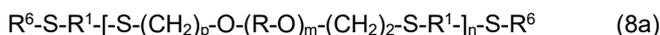
(7a)



(7b)

- 5 En determinadas realizaciones, un grupo maleimida comprende el grupo 1-(4-(4-(3-il-2,5-dioxopirrolidin-1-il)benzil)fenil)-1H-pirrol-2,5-diona. En determinadas realizaciones, cada uno de los grupos terminales de maleimida puede ser el mismo y, en determinadas realizaciones, al menos algunos de los grupos de maleimida terminal son diferentes.
- 10 Otros ejemplos de compuestos que tienen dos o más grupos maleimida incluyen etilenobismaleimida; 1,6-bismaleimidohexano; 2,4-dimaleimidotolueno, N,N'-1,3-fenilendimaleimida; 1,4-bis(maleimido)butano trimetilenobismaleimida; p,p'-dimaleimidodifenilmetano; pentametilenobismaleimida 1H-pirrol-2,5-diona; 1,1'-(1,8-octanodil)bis- 1H-pirrol-2,5-diona, 1, 1'-(1,7-heptanodil)bis- 4,4'-ditiobis(fenilmaleimida); metileno bis(N-carbamilmaleimida), 1,9-bis(maleimida)nonano; 1,1'-decano-1,10-diilbis(1H-pirrol-2,5-diona); O-fenileno dimaleimida, bis(N-maleimidometil)éter; 1,5-bis (maleimida)-2-metil-pentano; N,N'-1,4-fenilendimaleimida; 1,1'-(2-metil-1,3-fenileno)bis(1H-pirrol-2,5-diona); resina Kerimid 601; tetrakis(N-2-aminoetilmaleamida); 1-(2,5-dimetilfenil)pirrol-2,5-diona; SureCN331305, SureCN349749 o 1,1'-bifenil-4,4'-diilbis(1H-pirrol-2,5-diona).

20 En determinadas realizaciones en las que el aducto de maleimida que contiene azufre comprende un aducto de politioéter maleimida, el aducto de politioéter de maleimida se selecciona entre un aducto de politioéter maleimida de Fórmula (8a), un aducto de politioéter maleimida de Fórmula (8b) y una combinación de los mismos:



en las que:

30 cada R<sup>1</sup> se selecciona independientemente entre alcanodiilo C<sub>2-10</sub>, cicloalcanodiilo C<sub>6-8</sub>, alcanocicloalcanodiilo C<sub>6-10</sub>, heterocicloalcanodiilo C<sub>5-8</sub> y -[(-CHR<sup>3</sup>-)<sub>s</sub>-X-]<sub>q</sub>-(-CHR<sup>3</sup>-)<sub>r</sub>, en la que:

s es un número entero de 2 a 6;

q es un número entero de 1 a 5;

r es un número entero de 2 a 10;

35 cada R<sup>3</sup> se selecciona independientemente entre hidrógeno y metilo y cada X se selecciona independientemente entre -O-, S y -NR-, en el que

R se selecciona entre hidrógeno y metilo;

40 cada R<sup>2</sup> se selecciona independientemente entre alcanodiilo C<sub>1-10</sub>, cicloalcanodiilo C<sub>6-8</sub>, alcanocicloalcanodiilo C<sub>6-14</sub> y -[(-CHR<sup>3</sup>-)<sub>s</sub>-X-]<sub>q</sub>-(-CHR<sup>3</sup>-)<sub>r</sub>, en la que s, q, r, R<sup>3</sup> y X son como se definen para R<sup>1</sup>;

m es un número entero de 0 a 50;

n es un número entero de 1 a 60;

p es un número entero de 2 a 6;

B representa un núcleo de un agente polifuncionalizante B(□V)<sub>z</sub> terminado en vinilo z-valente, en el que:

45 z es un número entero de 3 a 6 y cada V es un grupo que comprende un grupo terminal reactivo con grupos tioles y

cada -V'- se obtiene de la reacción de -V con un tiol y  
 cada R<sup>6</sup> es independientemente un resto que comprende un grupo maleimida terminal.

5 En determinadas realizaciones de Fórmula (8a) y de Fórmula (8b), R<sup>1</sup> es  $[-(\text{CH}_2)_p\text{-X}]_q\text{-(CH}_2)_r$ , en la que p es 2, X es -O-, q es 2, r es 2, R<sup>2</sup> es etanodiol, m es 2 y n es 9.

En determinadas realizaciones de Fórmula (8a) y Fórmula (8b), R<sup>1</sup> se selecciona entre alcanodiolo C<sub>2-6</sub> y  $[-(\text{CHR}^3)_s\text{-X}]_q\text{-(CHR}^3)_r$ .

10 En determinadas realizaciones de Fórmula (8a) y Fórmula (8b), R<sup>1</sup> es  $[-(\text{CHR}^3)_s\text{-X}]_q\text{-(CHR}^3)_r$ , y en determinadas realizaciones, X es -O-, y en determinadas realizaciones, X es -S-.

15 En determinadas realizaciones de Fórmula (8a) y Fórmula (8b) en las que R<sup>1</sup> es  $[-(\text{CHR}^3)_s\text{-X}]_q\text{-(CHR}^3)_r$ , p es 2, r es 2, q es 1 y X es -S-; en determinadas realizaciones, en las que p es 2, q es 2, r es 2 y X es -O- y en determinadas realizaciones, p es 2, r es 2, q es 1 y X es -O-.

En determinadas realizaciones de Fórmula (8a) y Fórmula (8b) en las que R<sup>1</sup> es  $[-(\text{CHR}^3)_s\text{-X}]_q\text{-(CHR}^3)_r$ , cada R<sup>3</sup> es hidrógeno, y en determinadas realizaciones, al menos un R<sup>3</sup> es metilo.

20 En una determinada realización de los aductos de Fórmula (8a) y Fórmula (8b), cada R<sup>1</sup> es el mismo, y en determinadas realizaciones, al menos un R<sup>1</sup> es diferente.

En determinadas realizaciones, cada -V comprende un grupo alqueno terminal.

25 En determinadas realizaciones de los aductos de Fórmula (8a) y Fórmula (8b), cada R<sup>6</sup> se obtiene independientemente de una bismaleimida. En determinadas realizaciones, cada uno de los restos de maleimida terminal puede ser el mismo y, en determinadas realizaciones, al menos algunos de los restos de maleimida terminal son diferentes.

30 En determinadas realizaciones, cada R<sup>6</sup> es 1-(4-(4-(3-il-2,5-dioxopirrolidina-1-il)bencil)fenil)-1H-pirrol-2,5-diona.

35 En determinadas realizaciones de los aductos de Fórmula (8a) y Fórmula (8b), cada R<sup>6</sup> se obtiene de una bismaleimida tal como 1,1'-(metileno bis(4,1-fenileno)bis(1H-pirrol-2,5-diona)). En determinadas realizaciones, cada R<sup>6</sup> se obtiene de etileno bismaleimida, 1,6-bismaleimidohexano, 2,4-dimaleimidotolueno, N,N'-1,3-fenilendimaleimida; 1,4-bis(maleimido)butano trimetileno bismaleimida; p,p'-dimaleimidodifenilmetano; pentametileno bismaleimida 1H-pirrol-2,5-diona; 1,1'-(1,8-octanodiol)bis-1H-pirrol-2,5-diona, 1,1'-(1,7-heptanodiol)bis-4,4'-ditiobis(fenil maleimida); metileno bis(N-carbamil maleimida), 1,9-bis(maleimida)nonano; 1,1'-decano-1,10-diilbis(1H-pirrol-2,5-diona); O-fenileno dimaleimida, bis(N-maleimidometil)éter; 1,5-bis(maleimida)-2-metil-pentano; N,N'-1,4-fenilendimaleimida; 1,1'-(2-metil-1,3-fenileno)bis(1H-pirrol-2,5-diona); resina Kerimid 601; tetrakis(N-2-aminoetil maleamida); 1-(2,5-dimetilfenil)pirrol-2,5-diona; SureCN331305 SureCN349749 o 1,1'-bifenil-4,4'-diilbis(1H-pirrol-2,5-diona).

En determinadas realizaciones, un aducto de maleimida que contiene azufre comprende un aducto de polisulfuro que comprende al menos dos grupos maleimida terminal.

45 Tal como se usa en el presente documento, el término polisulfuro se refiere a un polímero que contiene uno o más enlaces polisulfuro, es decir, enlaces -S<sub>x</sub>-, en los que x es de 2 a 4, en la cadena principal del polímero y/o en posiciones colgantes en la cadena del polímero. En determinadas realizaciones, el polímero de polisulfuro tendrá dos o más enlaces azufre-azufre. Los polisulfuros adecuados están disponibles en el mercado, por ejemplo, en Akzo Nobel y Toray Fine Chemicals con los nombres Thiokol-LP y Thioplast®. Los productos Thioplast® están disponibles  
 50 en un amplio intervalo de pesos moleculares que oscilan, por ejemplo, de menos de 1.100 Dalton a más de 8.000 Dalton, siendo el peso molecular el peso molecular promedio en gramos por mol. En algunos casos, el polisulfuro tiene un peso molecular promedio en número de 1.000 Daltons a 4.000 Daltons. La densidad de reticulación de estos productos también varía, dependiendo de la cantidad de agente de reticulación usado. El contenido de -SH, es decir, el contenido de tiol o mercaptano de estos productos también puede variar. El contenido de mercaptano y el  
 55 peso molecular del polisulfuro pueden afectar la velocidad de curado del polímero, aumentando la velocidad de curado con el peso molecular.

60 En determinadas realizaciones, un aducto de maleimida que contiene azufre comprende una polioéter maleimida que comprende al menos dos grupos maleimida terminales, un aducto de polisulfuro que comprende al menos dos grupos maleimida terminales, un aducto de poliformal que contiene azufre que comprende al menos dos grupos maleimida terminales o una combinación de cualquiera de los anteriores.

65 Los prepolímeros de poliformal que contiene azufre útiles en aplicaciones de selladores aeroespaciales se divulgan, por ejemplo, en la Publicación de Solicitud de EE.UU. n.º 2012/0234205 y en la Publicación de Solicitud de EE.UU. n.º 2012/0238707.

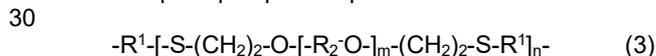
En determinadas realizaciones, los aductos de maleimida que contienen azufre proporcionados por la presente divulgación comprenden los productos de reacción de los reactivos que comprenden: (a) un polímero que contiene azufre y (b) un compuesto que tiene un grupo maleimida terminal y un grupo que es reactivo con un grupo terminal del polímero que contiene azufre.

5 En determinadas realizaciones, el polímero que contiene azufre se selecciona entre un politioéter, un polisulfuro, un poliformal que contiene azufre y una combinación de los mismos. En determinadas realizaciones, un polímero que contiene azufre comprende un politioéter, y en determinadas realizaciones, un polímero que contiene azufre comprende un polisulfuro. Un polímero que contiene azufre puede comprender una mezcla de diferentes politioéteres y/o polisulfuros, y los politioéteres y/o polisulfuros pueden tener la misma o diferente funcionalidad. En determinadas realizaciones, un polímero que contiene azufre tiene una funcionalidad media de 2 a 6, de 2 a 4, de 2 a 3, y en determinadas realizaciones, de 2,05 a 2,5. Por ejemplo, un polímero que contiene azufre puede seleccionarse entre un polímero difuncional que contiene azufre, un polímero trifuncional que contiene azufre y una combinación de cualquiera de los anteriores. En determinadas realizaciones, un polímero que contiene azufre se puede seleccionar de entre un poliformal que contiene azufre.

En determinadas realizaciones, un polímero que contiene azufre comprende dos o más grupos terminales que son reactivos con el grupo reactivo terminal del compuesto que tiene un grupo maleimida terminal. En determinadas realizaciones, el compuesto que tiene un grupo maleimida terminal tiene dos grupos maleimida, y los grupos terminales del polímero que contiene azufre son reactivos con grupos maleimida. Un polímero que contiene azufre puede comprender grupos tiol terminales o grupos epoxi terminales.

En determinadas realizaciones, un polímero que contiene azufre está terminado en tiol. Se divulgan ejemplos de politioéteres con funcionalidad tiol, por ejemplo, en la Patente de EE.UU. n.º 6.172.179. En determinadas realizaciones, un politioéter terminado en tiol comprende Permapol® P3.1E, disponible en PRC-DeSoto International Inc., Sylmar, California.

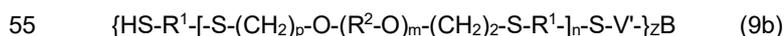
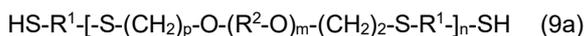
En determinadas realizaciones, un polímero que contiene azufre comprende un politioéter que comprende una cadena principal que comprende la estructura de Fórmula (3):



en la que:

- 35 (i) cada  $R^1$  se selecciona independientemente entre un grupo n-alcanodiilo  $C_{2-10}$ , un grupo alcanodiilo ramificado  $C_{3-6}$ , un grupo cicloalcanodiilo  $C_{6-8}$ , un grupo alcanocicloalcanodiilo  $C_{6-10}$ , un grupo heterocíclico y un grupo  $-[(CHR^3)_p-X]_q-(CHR^3)_r$ , en el que cada  $R^3$  se selecciona entre hidrógeno y metilo;
- (ii) cada  $R^2$  se selecciona independientemente entre un grupo n-alcanodiilo  $C_{2-10}$ , un grupo alcanodiilo ramificado  $C_{3-6}$ , un grupo cicloalcanodiilo  $C_{6-8}$ , un grupo alcanocicloalcanodiilo  $C_{6-14}$ , un grupo heterocíclico y un grupo  $-[(CH_2)_p-X]_q-(CH_2)_r$ ;
- 40 (iii) cada X se selecciona independientemente entre O, S y un grupo -NR-, en el que R se selecciona entre H y un grupo metilo;
- (iv) m oscila entre 0 y 50;
- (v) n es un número entero comprendido entre 1 y 60;
- 45 (vi) p es un número entero comprendido entre 2 y 6;
- (vii) q es un número entero comprendido entre 1 y 5 y
- (viii) r es un entero comprendido entre 2 y 10.

En determinadas realizaciones, un polímero que contiene azufre comprende un politioéter terminado en tiol seleccionado entre un politioéter terminado en tiol de Fórmula (9a), un politioéter terminado en tiol de Fórmula (9b) o una combinación de los mismos:



en las que:

60 cada  $R^1$  se selecciona independientemente entre alcanodiilo  $C_{2-10}$ , cicloalcanodiilo  $C_{6-8}$ , alcanocicloalcanodiilo  $C_{6-14}$ , heterocicloalcanodiilo  $C_{5-8}$  y  $-[(CHR^3)_s-X]_q-(CHR^3)_r$ , en la que:

s es un número entero de 2 a 6;

q es un número entero de 1 a 5;

r es un número entero de 2 a 10;

65 cada  $R^3$  se selecciona independientemente entre hidrógeno y metilo y

cada X se selecciona independientemente entre -O-, S y -NR-, en el que

R se selecciona entre hidrógeno y metilo;

cada R<sup>2</sup> se selecciona independientemente entre alcanodiilo C<sub>1-10</sub>, cicloalcanodiilo C<sub>6-8</sub>, alcanocicloalcanodiilo C<sub>6-14</sub> y  $[-(\text{CHR}^3)_s\text{-X-}]_q\text{-}(\text{CHR}^3)_r\text{-}$ , en la que s, q, r, R<sup>3</sup> y X son como se definen para R<sup>1</sup>;

m es un número entero de 0 a 50;

5 n es un número entero de 1 a 60;

p es un número entero de 2 a 6;

B representa un núcleo de un agente polifuncionalizante B(□V)<sub>z</sub> terminado en vinilo z-valente, en el que:

z es un número entero de 3 a 6 y

10 cada V es un grupo que comprende un grupo terminal reactivo con grupos tioles y

cada -V'- se obtiene de la reacción de -V con un tiol.

15 En determinadas realizaciones de Fórmula (9a) y de Fórmula (9b), R<sup>1</sup> es  $[-(\text{CH}_2)_p\text{-X-}]_q\text{-}(\text{CH}_2)_r\text{-}$ , en la que p es 2, X es -O-, q es 2, r es 2, R<sup>2</sup> es etanodiol, m es 2 y n es 9.

En determinadas realizaciones de Fórmula (9a) y Fórmula (9b), R<sup>1</sup> se selecciona entre alcanodiilo C<sub>2-6</sub> y  $[-(\text{CHR}^3)_s\text{-X-}]_q\text{-}(\text{CHR}^3)_r\text{-}$ .

20 En determinadas realizaciones de Fórmula (9a) y Fórmula (9b), R<sup>1</sup> es  $[-(\text{CHR}^3)_s\text{-X-}]_q\text{-}(\text{CHR}^3)_r\text{-}$ , y en determinadas realizaciones, X es -O-, y en determinadas realizaciones, X es -S-.

25 En determinadas realizaciones de Fórmula (9a) y Fórmula (9b) en las que R<sup>1</sup> es  $[-(\text{CHR}^3)_s\text{-X-}]_q\text{-}(\text{CHR}^3)_r\text{-}$ , p es 2, r es 2, q es 1 y X es -S-; en determinadas realizaciones, en las que p es 2, q es 2, r es 2 y X es -O- y en determinadas realizaciones, p es 2, r es 2, q es 1 y X es -O-.

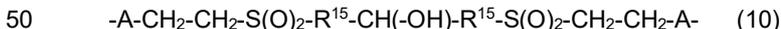
En determinadas realizaciones de Fórmula (9a) y Fórmula (9b) en las que R<sup>1</sup> es  $[-(\text{CHR}^3)_s\text{-X-}]_q\text{-}(\text{CHR}^3)_r\text{-}$ , cada R<sup>3</sup> es hidrógeno, y en determinadas realizaciones, al menos un R<sup>3</sup> es metilo.

30 En determinadas realizaciones de Fórmula (9a) y Fórmula (9b), cada R<sup>1</sup> es el mismo, y en determinadas realizaciones, al menos un R<sup>1</sup> es diferente.

35 Se pueden usar diversos métodos para preparar dichos politioéteres. Ejemplos de politioéteres con funcionalidad tiol adecuados y los métodos para su producción, se describen en la Patente de EE.UU. n.º 6.172.179 en la col. 2, línea 29 a la col. 4, línea 22; col. 6, línea 39 a la col. 10, línea 50 y col. 11, líneas 65 a col. 12, línea 22. Dichos politioéteres con funcionalidad tiol pueden ser difuncionales, es decir, polímeros lineales que tienen dos grupos terminales tiol, o polifuncionales, es decir, polímeros ramificados tienen tres o más grupos terminales tiol. Los politioéteres con funcionalidad tiol adecuados están disponibles en el mercado, por ejemplo, como Permapol® P3.1E, en PRC-DeSoto International Inc., Sylmar, California.

40 En determinadas realizaciones, un polímero que contiene azufre comprende un politioéter en el que se incorpora un agente quelante de metales tal como un bis(sulfonil)alcanol en la cadena principal del polímero. Los polímeros que contienen azufre en los que se incorporan agentes quelantes de metales en la cadena principal del polímero se divulgan en la solicitud de EE.UU. n.º 13/923.903, presentada el 21 de junio de 2013, y la solicitud de EE. UU. n.º (94348-882348 (005110US)).

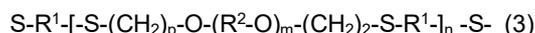
45 En determinadas realizaciones, un polímero que contiene azufre comprende un politioéter que tiene la estructura principal de Fórmula (10):



en la que:

55 cada R<sup>15</sup> se selecciona independientemente entre alcanodiilo C<sub>1-3</sub> y alcanodiilo sustituido C<sub>1-3</sub>, en los que el uno o más grupos sustituyentes es -OH;

cada A es independientemente un resto que tiene la estructura de Fórmula (3):



en la que:

65 cada R<sup>1</sup> comprende independientemente alcanodiilo C<sub>2-10</sub>, cicloalcanodiilo C<sub>6-8</sub>, alcanocicloalcanodiilo C<sub>6-10</sub>, heterocicloalcanodiilo C<sub>5-8</sub> y  $[-(\text{CHR}^3)_s\text{-X-}]_q\text{-}(\text{CHR}^3)_r\text{-}$ , en la que:

s es un número entero de 2 a 6;

q es un número entero de 1 a 5;

r es un número entero de 2 a 10;  
 cada R<sup>3</sup> comprende independientemente hidrógeno o metilo y  
 cada X comprende independientemente -O-, -S- y -NR<sup>5</sup>,

- 5 en el que R<sup>5</sup> comprende hidrógeno o metilo y  
 cada R<sup>2</sup> comprende independientemente alcanodiilo C<sub>1-10</sub>, cicloalcanodiilo C<sub>6-8</sub>, alcanocicloalcanodiilo C<sub>6-14</sub> y  $[-(\text{CHR}^3)_s\text{-X}]_q\text{-}(\text{CHR}^3)_r$ , en la que s, q, r, R<sup>3</sup> y X son como se definen para R<sup>1</sup>;  
 m es un número entero de 0 a 50;  
 n es un número entero de 1 a 60 y  
 10 p es un número entero de 2 a 6.

Estos polioéteres, que contienen un resto bis(sulfonil)alcanol dentro de la cadena principal se divulgan en la solicitud de EE.UU. n.º 13/923.903 presentada el 21 de junio de 2013.

- 15 Los polioéteres con funcionalidad tiol adecuados pueden producirse haciendo reaccionar un divinil éter o mezclas de divinil éteres con un exceso de ditiol o una mezcla de ditiolos. Por ejemplo, los ditiolos adecuados para su uso en la preparación de polioéteres con funcionalidad tiol incluyen los que tienen la Fórmula (11), otros ditiolos divulgados en el presente documento o combinaciones de cualquiera de los ditiolos divulgados en el presente documento.

- 20 En determinadas realizaciones, un ditiol tiene la estructura de Fórmula (11):



en la que:

- 25 R<sup>1</sup> se selecciona entre alcanodiilo C<sub>2-6</sub>, cicloalcanodiilo C<sub>6-8</sub>, alcanocicloalcanodiilo C<sub>6-10</sub>, heterocicloalcanodiilo C<sub>5-8</sub> y  $[-(\text{CHR}^3)_s\text{-X}]_q\text{-}(\text{CHR}^3)_r$ , en la que:

- 30 cada R<sup>3</sup> se selecciona independientemente entre hidrógeno y metilo;  
 cada X se selecciona independientemente entre -O-, -S- y -NR- en el que R se selecciona entre hidrógeno y metilo;  
 s es un número entero de 2 a 6;  
 q es un número entero de 1 a 5 y  
 r es un número entero de 2 a 10.

- 35 En determinadas realizaciones de un ditiol de Fórmula (11), R<sup>1</sup> es  $[-(\text{CHR}^3)_s\text{-X}]_q\text{-}(\text{CHR}^3)_r$ .

- En determinadas realizaciones de un compuesto de Fórmula (11), X se selecciona entre -O- y -S-, y por tanto,  $[-(\text{CHR}^3)_s\text{-X}]_q\text{-}(\text{CHR}^3)_r$  en la Fórmula (11) es  $[-(\text{CHR}^3)_p\text{-O}]_q\text{-}(\text{CHR}^3)_r$  o  $[-(\text{CHR}^3)_p\text{-S}]_q\text{-}(\text{CHR}^3)_r$ . En determinadas realizaciones, p y r son iguales, tales como cuando p y r son ambos dos.
- 40

En determinadas realizaciones de un ditiol de Fórmula (11), R<sup>1</sup> se selecciona entre alcanodiilo C<sub>2-6</sub> y  $[-(\text{CHR}^3)_s\text{-X}]_q\text{-}(\text{CHR}^3)_r$ .

- 45 En determinadas realizaciones, R<sup>1</sup> es  $[-(\text{CHR}^3)_s\text{-X}]_q\text{-}(\text{CHR}^3)_r$ , y en determinadas realizaciones, X es -O-, y en determinadas realizaciones, X es -S-.

- En determinadas realizaciones en las que R<sup>1</sup> es  $[-(\text{CHR}^3)_s\text{-X}]_q\text{-}(\text{CHR}^3)_r$ , p es 2, r es 2, q es 1 y X es -S-; en determinadas realizaciones, en las que p es 2, q es 2, r es 2 y X es -O- y en determinadas realizaciones, p es 2, r es 2, q es 1 y X es -O-.
- 50

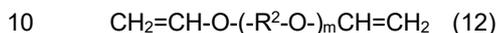
En determinadas realizaciones en las que R<sup>1</sup> es  $[-(\text{CHR}^3)_s\text{-X}]_q\text{-}(\text{CHR}^3)_r$ , cada R<sup>3</sup> es hidrógeno, y en determinadas realizaciones, al menos un R<sup>3</sup> es metilo.

- 55 Ejemplos de ditiolos adecuados incluyen, por ejemplo, 1,2-etanoditiol, 1,2-propanoditiol, 1,3-propanoditiol, 1,3-butanoditiol, 1,4-butanoditiol, 2,3-butanoditiol, 1,3-pentanoditiol, 1,5-pentanoditiol, 1,6-hexanoditiol, 1,3-dimercapto-3-metilbutano, dipentendimercaptano, etilciclohexiditiol (ECHDT), dimercaptodietilsulfuro, dimercaptodietilsulfuro sustituido con metilo, dimercaptodietilsulfuro sustituido con dimetilo, dimercaptodioxaoctano, 1,5-dimercapto-3-oxapentano y una combinación de cualquiera de los anteriores. Un poliotiol puede tener uno o más grupos colgantes seleccionados entre un grupo alquilo inferior (p. ej., C<sub>1-6</sub>), un grupo alcoxi inferior y un grupo hidroxilo. Los grupos colgantes alquilo adecuados incluyen, por ejemplo, alquilo lineal C<sub>1-6</sub>, alquilo ramificado C<sub>3-6</sub>, ciclopentilo y ciclohexilo.
- 60

- Otros ejemplos de ditiolos adecuados incluyen dimercaptodietilsulfuro (DMDS) (en la Fórmula (11), R<sup>1</sup> es  $[-(\text{CH}_2)_p\text{-X}]_q\text{-}(\text{CH}_2)_r$ , en la que p es 2, r es 2, q es 1 y X es -S-); dimercaptodioxaoctano (DMDO) (en la Fórmula (11), R<sup>1</sup> es  $[-(\text{CH}_2)_p\text{-X}]_q\text{-}(\text{CH}_2)_r$ , en la que p es 2, q es 2, r es 2 y X es -O-) y 1,5-dimercapto-3-oxapentano (en la Fórmula (11),
- 65

R<sup>1</sup> es  $[-(\text{CH}_2)_p\text{-X}]_q(\text{CH}_2)_r$ , en la que p es 2, r es 2, q es 1 y X es -O-. También es posible usar ditioles que incluyen tanto heteroátomos en la cadena principal de carbono como grupos alquilo colgantes, tales como grupos metilo. Dichos compuestos incluyen, por ejemplo, DMDS sustituido con metilo, tal como HS-CH<sub>2</sub>CH(CH<sub>3</sub>)-S-CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>-SH, HS-CH(CH<sub>3</sub>)CH<sub>2</sub>-S-CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>-SH y DMDS sustituido con dimetilo, tal como HS-CH<sub>2</sub>CH(CH<sub>3</sub>)-S-CHCH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>-SH y HS-CH(CH<sub>3</sub>)CH<sub>2</sub>-S-CH<sub>2</sub>CH(CH<sub>3</sub>)-SH.

Los éteres divinílicos adecuados para preparar politioéteres y aductos de politioéter incluyen, por ejemplo, éteres divinílicos de Fórmula (12):



en la que R<sup>2</sup> en la Fórmula (12) se selecciona entre un grupo alcanodiilo C<sub>2-6</sub>, un grupo alcanodiilo ramificado C<sub>3-6</sub>, un grupo cicloalcanodiilo C<sub>6-8</sub>, un grupo alcanocicloalcanodiilo C<sub>6-10</sub> y  $[-(\text{CH}_2)_p\text{-O}]_q(-\text{CH}_2)_r$ , en la que p es un número entero comprendido entre 2 y 6, q es un número entero de 1 a 5 y r es un número entero de 2 a 10. En determinadas realizaciones de un éter divinílico de un ditiole de Fórmula (12), R<sup>2</sup> es un grupo alcanodiilo C<sub>2-6</sub>, un grupo alcanodiilo ramificado C<sub>3-6</sub>, un grupo cicloalcanodiilo C<sub>6-8</sub>, un grupo alcanocicloalcanodiilo C<sub>6-10</sub>, y en determinadas realizaciones,  $[-(\text{CH}_2)_p\text{-O}]_q(-\text{CH}_2)_r$ .

Los éteres divinílicos adecuados incluyen, por ejemplo, compuestos que tienen al menos un grupo oxialcanodiilo, tal como de 1 a 4 grupos oxialcanodiilo, es decir, compuestos en los que m en la Fórmula (12) es un número entero comprendido entre 1 y 4. En determinadas realizaciones, m en la Fórmula (12) es un número entero comprendido entre 2 y 4. También es posible emplear mezclas de éter divinílico disponibles en el mercado que se caracterizan por un valor medio no integral para el número de unidades de oxialcanodiilo por molécula. Por tanto, 1 en la Fórmula (12) también puede tomar valores numéricos racionales comprendidos entre 0 y 10,0, tal como de 1,0 a 10,0, de 1,0 a 4,0 o de 2,0 a 4,0.

Ejemplos de éteres divinílicos adecuados incluyen, por ejemplo, divinil éter, etilenglicol divinil éter (EG-DVE) (R<sup>2</sup> en la Fórmula (12) es etanodiilo y m es 1), butanodiviniléter (BD-DVE) (R<sup>2</sup> en la Fórmula (12) es butanodiilo y m es 1), hexanodiol divinil éter (HD-DVE) (R<sup>2</sup> en la Fórmula (12) es hexanodiilo y m es 1), dietilenglicol divinil éter (DEG-DVE) (R<sup>2</sup> en la Fórmula (12) es etanodiilo y m es 2), trietilenglicol divinil éter (R<sup>2</sup> en la Fórmula (12) es etanodiilo y m es 3), tetraetilenglicol divinil éter (R<sup>2</sup> en la Fórmula (12) es etanodiilo y m es 4), ciclohexanodimetanol divinil éter, politetrahidrofuril divinil éter; monómeros trivinil éter tales como trimetilolpropano trivinil éter; monómeros de éter tetrafuncionales, tales como tetraviniléter de pentaeritrol y combinaciones de dos o más de dichos monómeros de éter de polivinilo. Un éter polivinílico puede tener uno o más grupos colgantes seleccionados entre grupos alquilo, grupos hidroxilo, grupos alcoxi y grupos amina.

En determinadas realizaciones, los éteres de divinilo en los que R<sup>2</sup> en la Fórmula (12) es alcanodiilo ramificado C<sub>3-6</sub> se pueden preparar haciendo reaccionar un compuesto polihidroxilado con acetileno. Ejemplos de éteres de divinilo de este tipo incluyen compuestos en los que R<sup>2</sup> en la Fórmula (12) es un grupo metanodiilo sustituido con alquilo tal como -CH(CH<sub>3</sub>)- (por ejemplo mezclas de Pluriol® tales como éter divinílico Pluriol® E-200 (BASF Corp., Parsippany, NJ), para los que R<sup>2</sup> en la Fórmula (12) es etanodiilo y m es 3,8) o un etanodiilo sustituido con alquilo (por ejemplo -CH<sub>2</sub>CH(CH<sub>3</sub>)- tales como mezclas poliméricas de DPE que incluyen DPE-2 y DPE-3 (International Specialty Products, Wayne, NJ)).

Otros éteres divinílicos útiles incluyen compuestos en los que R<sup>2</sup> en la Fórmula (12) es politetrahidrofurilo (poli-THF) o polioxialcanodiilo, tales como aquellos que tienen un promedio de aproximadamente tres unidades monoméricas.

Se pueden usar dos o más tipos de monómeros de éter polivinílico de Fórmula (12). Por tanto, en determinadas realizaciones, dos ditioles de Fórmula (11) y un monómero de éter polivinílico de Fórmula (12), un ditiole de Fórmula (11) y dos monómeros de éter polivinílico de Fórmula (12), dos ditioles de Fórmula (11) y dos monómeros de éter divinílico de Fórmula (12), y más de dos compuestos de una o ambas Fórmulas (11) y Fórmula (12), se pueden usar para producir diversos politioéteres con funcionalidad tiol.

En determinadas realizaciones, un monómero de éter de polivinilo comprende de 20 a menos de 50 por ciento en moles de los reactivos usados para preparar un politioéter con funcionalidad tiol, y en determinadas realizaciones, de 30 a menos de 50 por ciento en moles.

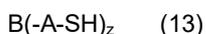
En determinadas realizaciones proporcionadas por la presente divulgación, las cantidades relativas de ditioles y éteres de divinilo se seleccionan para producir politioéteres que tienen grupos tiol terminales. Por tanto, un ditiole de Fórmula (11) o una mezcla de al menos dos ditioles diferentes de Fórmula (11), se hacen reaccionar con un éter divinílico de Fórmula (12) o una mezcla de al menos dos éteres divinílicos diferentes de Fórmula (12) en cantidades relativas tales que la relación molar de grupos tiol a grupos vinilo es mayor que 1:1, tal como 1,1 a 2,0; 1,0.

La reacción entre compuestos ditioles y éteres de divinilo puede catalizarse mediante un catalizador de radicales libres. Los catalizadores de radicales libres adecuados incluyen, por ejemplo, compuestos azo, por ejemplo azobisnitrilos tales como azo(bis)isobutironitrilo (AIBN); peróxidos orgánicos tales como peróxido de benzoilo y

peróxido de t-butilo y peróxidos inorgánicos tales como peróxido de hidrógeno. El catalizador puede ser un catalizador de radicales libres, un catalizador iónico o radiación ultravioleta. En determinadas realizaciones, el catalizador no comprende compuestos ácidos o básicos, y no produce compuestos ácidos o básicos tras la descomposición. Ejemplos de catalizadores de radicales libres incluyen catalizadores de tipo azo, tales como Vazo®-57 (Du Pont), Vazo®-64 (Du Pont), Vazo®-67 (Du Pont), V-70® (Wako Specialty Chemicals) y V-65B® (Wako Specialty Chemicals). Ejemplos de otros catalizadores de radicales libres son los peróxidos de alquilo, tales como el peróxido de t-butilo. La reacción también puede efectuarse por irradiación con luz ultravioleta con o sin un resto de fotoiniciación catiónica.

10 Los politioéteres con funcionalidad tiol proporcionados por la presente divulgación se pueden preparar combinando al menos un compuesto de Fórmula (11) y al menos un compuesto de Fórmula (12) seguido de la adición de un catalizador adecuado, y llevando a cabo la reacción a una temperatura de 30 °C a 120 °C, tal como 70 °C a 90 °C, durante un tiempo de 2 a 24 horas, tal como de 2 a 6 horas.

15 Tal como se divulga en el presente documento, los politioéteres terminados en tiol pueden comprender un politioéter polifuncional, es decir, pueden tener una funcionalidad media de más de 2,0. Los politioéteres terminados en tiol polifuncionales adecuados incluyen, por ejemplo, aquellos que tienen la estructura de Fórmula (13):



20 en la que: (i) A comprende, por ejemplo, una estructura de Fórmula (3), (ii) B denota un resto z-valente de un agente polifuncionalizante y (iii) z tiene un valor medio de más de 2,0 y, en determinadas realizaciones, un valor entre 2 y 3, un valor entre 2 y 4, un valor entre 3 y 6, y en determinadas realizaciones, es un número entero de 3 a 6.

25 Los agentes polifuncionalizantes adecuados para su uso en la preparación de dichos polímeros polifuncionales con funcionalidad tiol incluyen agentes trifuncionalizantes, es decir, compuestos en los que z es 3. Los agentes trifuncionalizantes adecuados incluyen, por ejemplo, triálil cianurato (TAC), 1,2,3-propanotriol, tritioles que contienen isocianurato y combinaciones de los mismos, como se divulga en la publicación de EE.UU. n.º 2010/0010133 en los párrafos [0102]-[0105]. Otros agentes polifuncionalizantes útiles incluyen trimetilolpropano trivinil éter y los politioles descritos en la Patente de EE.UU. n.º 4.366.307; 4.609.762 y 5.225.472. También se pueden usar mezclas de agentes polifuncionalizantes.

35 Como resultado, los politioéteres con funcionalidad tiol adecuados para su uso en las realizaciones proporcionadas por la presente divulgación pueden tener un amplio intervalo de funcionalidad media. Por ejemplo, los agentes trifuncionalizantes pueden proporcionar funcionalidades medias de 2,05 a 3,0, tal como de 2,1 a 2,6. Se pueden conseguir intervalos más amplios de funcionalidad media usando agentes polifuncionalizantes tetrafuncionales o de funcionalidad más alta. La funcionalidad también puede verse afectada por factores tales como la estequiometría, como entenderán los expertos en la técnica.

40 Los politioéteres con funcionalidad tiol que tienen una funcionalidad mayor que 2,0 se pueden preparar de una manera similar a los politioéteres con funcionalidad tiol difuncionales descritos en la publicación de EE.UU. n.º 2010/0010133. En determinadas realizaciones, los politioéteres se pueden preparar combinando (i) uno o más ditioles descritos en el presente documento con (ii) uno o más éteres divinílicos descritos en el presente documento, y (iii) uno o más agentes polifuncionalizantes. La mezcla puede entonces hacerse reaccionar opcionalmente en presencia de un catalizador adecuado, para proporcionar un politioéter con funcionalidad tiol que tiene una funcionalidad mayor que 2,0.

Por tanto, en determinadas realizaciones, un politioéter terminado en tiol comprende el producto de reacción de los reactivos que comprenden:

50 (a) un ditiol de Fórmula (11):

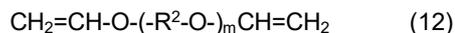


55 en la que:

R<sup>1</sup> se selecciona entre alcanodiilo C<sub>2-6</sub>, cicloalcanodiilo C<sub>6-8</sub>, alcanocicloalcanodiilo C<sub>6-10</sub>, heterocicloalcanodiilo C<sub>5-8</sub> y  $[-(CHR^3-)_s-X-]_q-(-CHR^3-)_r$ , en la que:

60 cada R<sup>3</sup> se selecciona independientemente entre hidrógeno y metilo;  
 cada X se selecciona independientemente entre -O-, -S-, -NH- y -NR- en el que R se selecciona entre hidrógeno y metilo;  
 s es un número entero de 2 a 6;  
 q es un número entero de 1 a 5 y  
 65 r es un número entero de 2 a 10; y

(b) un éter divinílico de Fórmula (12):



5 en la que:

cada  $\text{R}^2$  se selecciona independientemente entre alcanodiilo  $\text{C}_{1-10}$ , cicloalcanodiilo  $\text{C}_{6-8}$ , alcanocicloalcanodiilo  $\text{C}_{6-14}$  y  $-\text{[}(-\text{CHR}^3)_s-\text{X}]_q-\text{[}(-\text{CHR}^3)_r\text{]}_p-$ , en la que s, q, r,  $\text{R}^3$  y X son como se han definido anteriormente;

m es un número entero de 0 a 50;

10 n es un número entero de 1 a 60 y

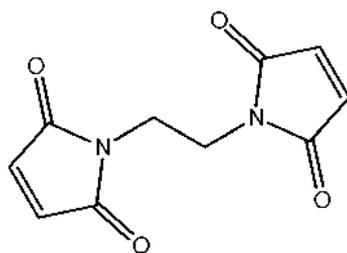
p es un número entero de 2 a 6.

Y, en determinadas realizaciones, los reactivos comprenden (c) un compuesto polifuncional tal como un compuesto  $\text{B}(-\text{V})_z$  polifuncional, en el que -V y z son como se definen en el presente documento.

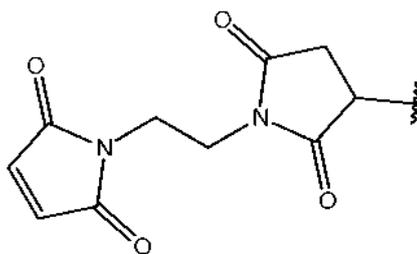
15 Los politioéteres terminados en tiol proporcionados por la presente divulgación representan politioéteres terminados en tiol que tienen una distribución de pesos moleculares. En determinadas realizaciones, los politioéteres terminados en tiol útiles pueden mostrar un peso molecular promedio en número comprendido entre 500 Daltons y 20.000 Daltons, en determinadas realizaciones, entre 2.000 Daltons y 5.000 Daltons, y en determinadas realizaciones, entre 3.000 Daltons y 4.000 Daltons. En determinadas realizaciones, los poliéteres terminados en tiol muestran una polidiversidad ( $M_p/M_n$ ; peso molecular medio ponderado/peso molecular promedio en número) comprendida entre 1 y 20, y en determinadas realizaciones, entre 1 y 5. La distribución de peso molecular de poliéteres terminados en tiol se puede caracterizar por cromatografía de permeación en gel.

25 Para preparar un aducto de maleimida que contiene azufre, se puede hacer reaccionar un polímero que contiene azufre tal como los divulgados en el presente documento con un compuesto que tiene un grupo maleimida y un grupo que es reactivo con los grupos terminales del polímero que contiene azufre. En determinadas realizaciones, un compuesto que tiene un grupo maleimida y un grupo que es reactivo con los grupos terminales del polímero que contiene azufre es 1,1'-(metilenobis(4,1-fenileno)bis(1H-pirrol-2,5-diona). En determinadas realizaciones, un compuesto que tiene un grupo maleimida y un grupo que es reactivo con los grupos terminales del polímero que contiene azufre se selecciona entre 1,1'-(metilenobis(4,1-fenileno)bis(1H-pirrol-2,5-diona) enumera el resto. En determinadas realizaciones, cada  $\text{R}^6$  se obtiene de etilenbismaleimida; 1,6-bismaleimidohexano, 2,4-dimaleimidotolueno; N,N'-1,3-fenilendimaleimida; 1,4-bis(maleimido)butano trimetilenobismaleimida; p,p'-dimaleimidodifenilmetano; pentametilenbismaleimida 1H-pirrol-2,5-diona; 1,1'-(1,8-octanodil)bis- 1H-pirrol-2,5-diona, 1,1'-(1,7-heptanodil)bis- 4,4'-ditiobis(fenilmaleimida); metilenbis(N-carbamilmaleimida), 1,9-bis(maleimida)nonano; 1,1'-decano-1,10-dilbis(1H-pirrol-2,5-diona); O-fenileno dimaleimida, bis(N-maleimidometil)éter; 1,5-bis(maleimida)-2-metil-pentano; N,N'-1,4-fenilendimaleimida; 1,1'-(2-metil-1,3-fenileno)bis(1H-pirrol-2,5-diona); resina Kerimid 601; tetrakis(N-2-aminoetilmaleamida); 1-(2,5-dimetilfenil)pirrol-2,5-diona; SureCN331305 SureCN349749 o 1,1'-bifenil-4,4'-diilbis(1H-pirrol-2,5-diona). Por ejemplo, cuando  $\text{R}^6$  se obtiene de etilenbismaleimida que tiene la estructura:

40



$\text{R}^6$  tendrá la estructura:



45

La reacción entre un polímero que contiene azufre y un compuesto que tiene un grupo maleimida y un grupo que es reactivo con un grupo terminal del polímero que contiene azufre puede realizarse en presencia de un catalizador adecuado.

50

## Composiciones

Los grupos terminales de maleimida son aceptores de Michael. Las químicas de adición de Michael pueden emplearse en diversas formas conjuntamente con los polímeros que contienen azufre y los aductos de maleimida que contienen azufre para proporcionar composiciones curables. Por ejemplo, una composición curable proporcionada por la presente divulgación puede comprender (a) un polímero que contiene azufre y un agente de curado de maleimida; (b) un aducto de maleimida que contiene azufre y un agente de curado que comprende al menos dos grupos terminales que son reactivos con grupos maleimida o (c) un polímero que contiene azufre y un agente de curado que comprende una combinación de una maleimida monomérica y un aducto de maleimida que contiene azufre.

### Polímero que contiene azufre y agente de curado de maleimida

En determinadas realizaciones, las composiciones proporcionadas por la presente divulgación comprenden un polímero que contiene azufre y un agente de curado de maleimida. Un polímero que contiene azufre puede ser un politioéter o una combinación de politioéteres que tienen grupos terminales reactivos con el agente de curado de maleimida; un polisulfuro o combinación de polisulfuros que tienen grupos terminales reactivos con el agente de curado de maleimida; un poliformal que contiene azufre o una combinación de poliformales que contienen azufre que tienen grupos terminales reactivos con el agente de curado de maleimida o una combinación de cualquiera de los anteriores. En determinadas realizaciones, un polímero que contiene azufre está terminado en tiol. En dichas realizaciones, un agente de curado de maleimida será polifuncional y tendrá grupos maleimida reactivos con los grupos terminales del polímero que contiene azufre. Un agente de curado de maleimida puede ser monomérico, puede ser un aducto de prepolímero terminado en maleimida tal como un aducto de prepolímero terminado en maleimida de cualquiera de los polímeros que contienen azufre divulgados en el presente documento o una combinación de los mismos.

En determinadas realizaciones, un polímero que contiene azufre comprende un politioéter terminado en tiol, que incluye cualquiera de los politioéteres terminados en tiol divulgados en el presente, documento, tal como un politioéter terminado en tiol que comprende una cadena principal de Fórmula (3), un politioéter terminado en tiol de Fórmula (9a), un politioéter terminado en tiol de Fórmula (9b), o una combinación de cualquiera de los anteriores. En determinadas realizaciones, un polímero que contiene azufre comprende un politioéter terminado en tiol, tal como un politioéter terminado en tiol de Fórmula (9a), Fórmula (9b) o una combinación de los mismos. En determinadas realizaciones, un polímero que contiene azufre se selecciona entre un polímero difuncional que contiene azufre, un polímero trifuncional que contiene y una combinación de los mismos. En determinadas realizaciones, un polímero terminado en tiol comprende una mezcla de polímeros que contienen azufre terminados en tiol que tienen una funcionalidad media de 2 a 3, y en determinadas realizaciones, de 2,2 a 2,8. En determinadas realizaciones, un politioéter terminado en tiol comprende Permapol® 3.1E, disponible en PRC-DeSoto International.

Una maleimida polifuncional tiene al menos dos grupos maleimida. Una maleimida polifuncional puede tener una funcionalidad media de aceptor de Michael de 2 a 6, de 2 a 4, de 2 a 3, y en determinadas realizaciones, entre 2,05 a 2,5. En determinadas realizaciones, una maleimida polifuncional es difuncional, tal como 1,1'-(metilenobis(4,1-fenileno)bis(1H-pirrol-2,5-diona)). Puede prepararse una maleimida que tiene una funcionalidad mayor que dos haciendo reaccionar un compuesto que tiene un grupo maleimida y un grupo reactivo con grupos terminales de un agente polifuncionalizante tal como los divulgados en el presente documento, usando condiciones de reacción adecuadas.

En determinadas realizaciones, un agente de curado de maleimida es un 1,1'-(metilenobis(4,1-fenileno)bis(1H-pirrol-2,5-diona)). Un agente de curado de maleimida también puede incluir cualquiera de las maleimidias polifuncionales divulgadas en el presente documento.

En determinadas realizaciones en las que se usa una maleimida como agente de curado, el peso molecular del agente de curado de maleimida es inferior a 600 Daltons, inferior a 400 Daltons, y en determinadas realizaciones, inferior a 200 Daltons.

En determinadas realizaciones, un agente de curado de maleimida comprende del 0,5 % en peso al 20 % en peso de la composición, del 1 % en peso al 10 % en peso, del 2 % en peso al 8 % en peso, del 2 % en peso al 6 % en peso, y en determinadas realizaciones, del 3 % en peso al 5 % en peso, en el que el % en peso está basado en el peso total de sólidos secos de la composición.

Las maleimidias polifuncionales se pueden preparar haciendo reaccionar una maleimida con un agente polifuncionalizante. Por ejemplo, una bismaleimida, tal como 1,1'-(metilenobis(4,1-fenileno)bis(1H-pirrol-2,5-diona)) puede hacerse reaccionar con un agente polifuncionalizante que tiene grupos tiol terminales para proporcionar una maleimida polifuncional. Los agentes polifuncionalizantes con funcionalidad tiol se divulgan, por ejemplo, en la solicitud de EE.UU. n.º 13/529.183, presentada el 21 de junio de 2012.

**Un aducto de maleimida que contiene azufre y un agente de curado**

En determinadas realizaciones, una composición comprende un aducto de maleimida que contiene azufre, proporcionado por la presente divulgación y un agente de curado de polímero que contiene azufre. En determinadas realizaciones, una composición comprende un aducto de maleimida que contiene azufre, proporcionado por la presente divulgación, una maleimida monomérica, y un agente de curado de polímero que contiene azufre. En dichas composiciones un aducto de maleimida que contiene azufre comprende cualquiera de los divulgados en el presente documento. En determinadas realizaciones, un aducto de maleimida que contiene azufre comprende un aducto de politioéter maleimida y en determinadas realizaciones un aducto de politioéter maleimida tiene una funcionalidad media de 2 a 3, de 2,2 a 2,8, y en determinadas realizaciones, de 2,4 y 2,6. En determinadas realizaciones, un aducto de maleimida que contiene azufre tiene una funcionalidad media de 2.

En determinadas realizaciones, un aducto de maleimida que contiene azufre comprende un aducto de Fórmula (8a), Fórmula (8b), o una combinación de los mismos, y el agente de curado de polímero que contiene azufre comprende un politioéter de Fórmula (9a), Fórmula (9b) o una combinación de los mismos. En determinadas realizaciones, el aducto de maleimida que contiene azufre comprende el aducto de maleimida de Permapol® 3.1E. En determinadas realizaciones, el agente de curado de polímero que contiene azufre comprende Permapol® 3.1

En determinadas realizaciones, un aducto de maleimida que contiene azufre comprende un aducto de Fórmula (8a), Fórmula (8b) o una combinación de los mismos, y el agente de curado de polímero que contiene azufre comprende un polisulfuro. En determinadas realizaciones, el aducto de maleimida que contiene azufre comprende el aducto de maleimida de Permapol® 3.1E. En determinadas realizaciones, el agente de curado de polímero que contiene azufre comprende un polisulfuro seleccionado entre un polisulfuro Thiokol-LP®, un polisulfuro Thioplast® y una combinación de los mismos.

En dichas composiciones los grupos maleimida del aducto son reactivos con los grupos terminales del polímero que contiene azufre. Por ejemplo, en determinadas realizaciones, el polímero que contiene azufre comprende grupos tiol terminales.

Un polímero que contiene azufre que se usa como un agente de curado comprende al menos dos grupos terminales reactivos con grupos maleimida. Un polímero que contiene azufre que se usa como un agente de curado en dichas composiciones puede comprender un politioéter que incluye cualquiera de los divulgados en el presente documento, un polisulfuro que incluye cualquiera de los divulgados en el presente documento o una combinación de los mismos. El polímero que contiene azufre puede tener una funcionalidad media de 2 o cualquier funcionalidad de entre 2 y 6, tal como de 2 a 4, o de 2 a 3.

En determinadas realizaciones, el agente de curado de polímero que contiene azufre comprende un politioéter terminado en tiol, tal como, por ejemplo, Permapol® 3.1E. En determinadas realizaciones, el polímero que contiene azufre comprende un polisulfuro terminado en tiol, tal como, por ejemplo, un polisulfuro Thiokol-LP®, un polisulfuro Thioplast® o una combinación de los mismos.

En dichas realizaciones, cuando se usa como agente de curado, un polímero que contiene azufre, comprende del 20 % en peso al 90 % en peso de la composición, del 30 % en peso al 80 % en peso, del 40 % en peso al 60 % en peso, y en determinadas realizaciones, 50 % en peso, en el que el % en peso está basado en el peso seco total de la composición.

En dichas realizaciones, un aducto de maleimida que contiene azufre comprende del 20 % en peso al 90 % en peso de la composición, del 30 % en peso al 80 % en peso, del 40 % en peso al 60 % en peso, y en determinadas realizaciones, 50 % en peso, en el que el % en peso está basado en el peso seco total de la composición.

Las composiciones que comprenden un aducto de maleimida que contiene azufre y un agente de curado de polímero que contiene azufre pueden comprender un catalizador tal como un catalizador de amina incluyendo cualquiera de los divulgados en el presente documento.

En determinadas realizaciones, una composición comprende un aducto de politioéter maleimida y un agente de curado. Un aducto de politioéter incluye cualquiera de los divulgados en el presente documento, tales como aductos de politioéter maleimida de Fórmula (8a), Fórmula (8b) o una combinación de los mismos.

En determinadas realizaciones de dichas composiciones, la composición comprende un aducto de maleimida que contiene azufre, proporcionado por la presente divulgación y un agente de curado seleccionado entre un polímero que contiene azufre que comprende al menos dos grupos terminales reactivos con grupos maleimida, un tiol monomérico, un politiol, una poliamina, una poliamina bloqueada, y una combinación de cualquiera de los anteriores. En determinadas realizaciones, un agente de curado comprende un polímero que contiene azufre que comprende al menos dos grupos terminales reactivos con grupos maleimida, tal como un tiol monomérico, un politiol, una poliamina, y en determinadas realizaciones, una poliamina bloqueada. En determinadas realizaciones de dichas composiciones, un agente de curado comprende un polímero que contiene azufre que comprende al menos dos

grupos terminales reactivos con grupos maleimida y un compuesto que tiene al menos dos grupos terminales reactivos con grupos maleimida seleccionados entre un tiol monomérico, un politiol, una poliamina, una poliamina bloqueada, un prepolímero terminado en tiol, un prepolímero terminado en amina y una combinación de cualquiera de los anteriores.

5 En determinadas realizaciones, un polímero que contiene azufre que comprende al menos dos grupos terminales reactivos con grupos maleimida se selecciona entre un polímero de politioéter que comprende al menos dos grupos terminales reactivos con grupos maleimida, un polímero de polisulfuro que comprende al menos dos grupos terminales reactivos con grupos maleimida, un polímero de poliformal que contiene azufre que comprende al menos  
10 dos grupos terminales reactivos con grupos maleimida y una combinación de los mismos. En determinadas realizaciones, los grupos terminales reactivos con grupos maleimida son grupos tiol. En dichas realizaciones, un politioéter terminado en tiol puede seleccionarse entre un politioéter de Fórmula (9a), un politioéter de Fórmula (9b) y una combinación de los mismos. En determinadas realizaciones, el agente de curado de polímero que contiene  
15 azufre comprende un polisulfuro terminado en tiol, tal como, por ejemplo, polímeros de polisulfuro Thiokol-LP® y Thioplast®.

En determinadas composiciones, el agente de curado comprende un politiol monomérico. Un politiol monomérico se refiere a un compuesto que tiene al menos dos grupos tiol terminales. Ejemplos de politioles monoméricos incluyen ditioles de Fórmula (11).

20 **Un aducto de maleimida que contiene azufre, un polímero que contiene azufre y un compuesto que tiene al menos dos grupos maleimida**

En determinadas realizaciones, una composición comprende un polímero que contiene azufre que tiene grupos terminales reactivos con maleimidias y un aducto de maleimida que contiene azufre. En determinadas realizaciones, una composición comprende un polímero que contiene azufre que tiene grupos terminales reactivos con maleimidias, una maleimida polifuncional y un aducto de maleimida que contiene azufre.

En dichas composiciones, un polímero que contiene azufre comprende al menos dos grupos terminales reactivos con grupos maleimida. En dichas composiciones, el polímero que contiene azufre puede seleccionarse de entre un polímero de politioéter, un polímero de polisulfuro, un polímero de poliformal que contiene azufre o una combinación de los mismos, que incluye un polímero de politioéter adecuado, un polímero de polisulfuro o un polímero de poliformal que contiene azufre proporcionados por la presente divulgación.

En determinadas realizaciones, un polímero que contiene azufre se selecciona de tal manera que los grupos terminales son reactivos con la maleimida polifuncional y con el aducto de maleimida que contiene azufre. En determinadas realizaciones, un polímero que contiene azufre comprende grupos tiol terminales incluyendo cualquiera de los politioéteres terminados en tiol, polisulfuros terminados en tiol, poliformales que contienen azufre terminados en tiol y combinaciones de cualquiera de los anteriores, como se divulga en el presente documento.

En determinadas realizaciones de dichas composiciones, un aducto de maleimida que contiene azufre comprende un aducto de politioéter maleimida proporcionado por la presente divulgación, un aducto de polisulfuro maleimida proporcionado por la presente divulgación, un aducto de poliformal maleimida que contiene azufre, proporcionado por la presente divulgación o una combinación de cualquiera de los anteriores.

Cuando una composición comprende una maleimida monomérica polifuncional, se puede usar cualquier maleimida monomérica adecuada que tiene al menos dos grupos maleimida tal como, por ejemplo, 1,1'-(metilenobis(4,1-fenileno)bis(1H-pirrol-2,5-diona), u otras maleimidias y combinaciones de las mismas, incluyendo cualquiera de las divulgadas en el presente documento. En determinadas realizaciones, una composición comprende además uno o más aceptores de Michael polifuncionales.

En determinadas realizaciones, un polímero que contiene azufre se selecciona entre un politioéter terminado en tiol de Fórmula (9a), Fórmula (9b) y una combinación de los mismos; un aducto de maleimida polifuncional se selecciona entre un aducto de politioéter maleimida de Fórmula (8a), Fórmula (8b) y una combinación de los mismos  
55 y una maleimida monomérica polifuncional se selecciona entre un compuesto que tiene dos o más grupos maleimida, tal como 1,1'-(metilenobis(4,1-fenileno)bis(1H-pirrol-2,5-diona).

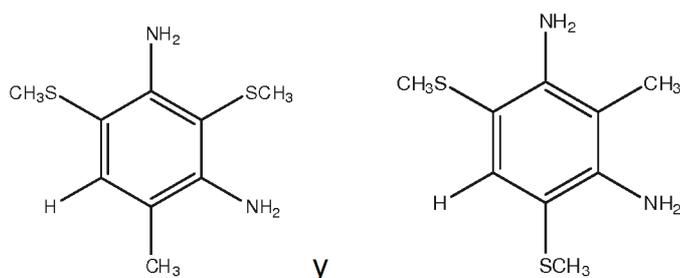
En dichas realizaciones, la maleimida polifuncional y el aducto de maleimida que contiene azufre comprenden del 10 % en peso al 90 % en peso de la composición, del 20 % en peso al 80 % en peso, del 30 % en peso al 70 % en peso, y en determinadas realizaciones, del 40 % en peso al 60 % en peso, en los que el % en peso está basado en el peso total de sólidos secos de la composición.

Las composiciones que comprenden un polímero que contiene azufre, una maleimida polifuncional y un aducto de maleimida que contiene azufre pueden comprender un catalizador tal como un catalizador de amina incluyendo catalizadores de poliamina, que incluyen catalizadores de amina terciaria.

Ejemplos de poliaminas incluyen, por ejemplo, poliaminas alifáticas, poliaminas cicloalifáticas, poliaminas aromáticas y mezclas de las mismas. En determinadas realizaciones, la poliamina puede incluir una poliamina que tiene al menos dos grupos funcionales elegidos independientemente de entre amina primaria (-NH<sub>2</sub>), amina secundaria (-NH-) y combinaciones de las mismas. En determinadas realizaciones, la poliamina tiene al menos dos grupos de amina primaria.

En determinadas realizaciones, una poliamina comprende una poliamina que contiene azufre. Ejemplos de poliaminas que contienen azufre adecuadas incluyen isómeros de benzenodiamina-bis(metiltilio)-, tales como 1,3-benzenodiamina-4-metil-2,6-bis(metiltilio)- y 1,3-benzenodiamina-2-metil-4,6-bis(metiltilio)-, que tienen la estructura:

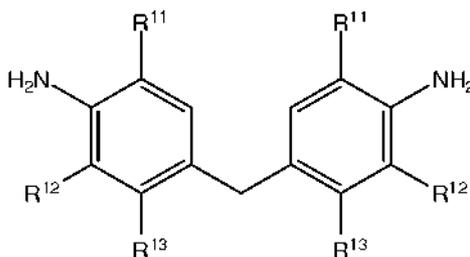
10



Dichas poliaminas que contienen azufre están disponibles en el mercado, por ejemplo, en Albemarle Corporation con el nombre comercial Ethacure® 300.

15

Las poliaminas adecuadas también incluyen, por ejemplo, poliaminas que tiene la siguiente estructura:



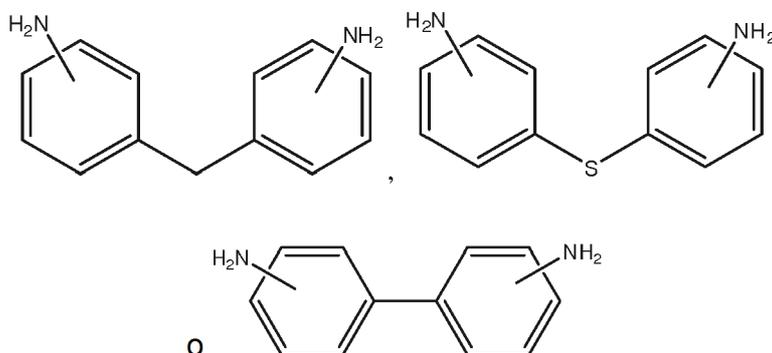
en la que cada R<sup>11</sup> y R<sup>12</sup> se selecciona independientemente entre grupos metilo, etilo, propilo e isopropilo y cada R<sup>13</sup> se selecciona independientemente entre hidrógeno u cloro. Ejemplos de agentes de curado que contienen amina adecuados incluyen los siguientes compuestos disponibles en Lonza Ltd. (Basilea, Suiza): Lonzacure® M-DIPA, Lonzacure® M-DMA, Lonzacure® M-MEA, Lonzacure® M-DEA, Lonzacure® M-MIPA, Lonzacure® M-CDEA.

En determinadas realizaciones, una poliamina comprende una diamina, tal como 4,4'-metileno-bis(3-cloro-2,6-dietilanilina) (Lonzacure® M-CDEA), 2,4-diamino-3,5-dietil-tolueno, 2,6-diamino-3,5-dietil-tolueno y mezclas de los mismos (colectivamente dietiltoluendiamina o DETDA), una diamina que contiene azufre tal como Ethacure® 300, 4,4'-metileno-bis-(2-cloroanilina) y mezclas de las mismas. Otras diaminas adecuadas incluyen 4,4'-metileno-bis(dialquilanilina), 4,4'-metileno-bis(2,6-dimetilanilina), 4,4'-metileno-bis(2,6-dietilanilina), 4,4'-metileno-bis(2-etil-6-metilanilina), 4,4'-metileno-bis(2,6-diisopropilanilina), 4,4'-metileno-bis(2-isopropil-6-metilanilina), 4,4'-metileno-bis(2,6-dietil-3-cloroanilina), y combinaciones de cualquiera de los anteriores.

Además, los ejemplos de poliaminas adecuadas incluyen las etilenoaminas, tales como, etilendiamina (EDA), dietilentriamina (DETA), trietilentetramina (TETA), tetraetilenpentamina (TEPA), pentaetilenhexamina (PEHA), piperazina, piperidina, piperidina sustituida, dietilendiamina (DEDA), 2-amino-1-etilpiperazina y combinaciones de las mismas. En determinadas realizaciones, una poliamina se puede seleccionar entre uno o más isómeros de dialquil toluendiamina C<sub>1-3</sub>, tales como, 3,5-dimetil-2,4-toluendiamina, 3,5-dimetil-2,6-toluendiamina, 3,5-dietil-2,4-toluendiamina, 3,5-dietil-2,6-toluendiamina, 3,5-diisopropil-2,4-toluendiamina, 3,5-diisopropil-2,6-toluendiamina y combinaciones de las mismas. En determinadas realizaciones, una poliamina se puede seleccionar entre metilendianilina, trimetilene-glicol di(para-aminobenzoato) y combinaciones de los mismos.

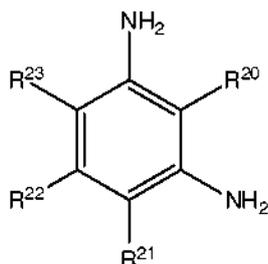
40

En determinadas realizaciones, una poliamina incluye un compuesto que tiene la estructura:



- 5 En determinadas realizaciones, una poliamina incluye una o más metileno bis anilinas, uno o más sulfuros de anilina y/o una o más bianilinas que pueden representarse mediante las estructuras generales divulgadas, por ejemplo, en el párrafo [0072] de la Publicación de EE.UU. n.º 2011/0092639.

10 En determinadas realizaciones, una poliamina incluye compuestos representados mediante la estructura general:



- 15 en la que R<sup>20</sup>, R<sup>21</sup>, R<sup>22</sup> y R<sup>23</sup> se seleccionan independientemente entre alquilo C<sub>1-3</sub>, CH<sub>3</sub>-S- y halógeno, tal como, pero sin limitación, cloro o bromo. En determinadas realizaciones, una poliamina representada mediante la estructura inmediatamente anterior puede ser dietiltolueno diamina (DETDA) en la que R<sup>23</sup> es metilo, R<sup>20</sup> y R<sup>21</sup> son cada uno etilo, y R<sup>22</sup> es hidrógeno. En determinadas realizaciones, la poliamina es 4,4'-metilendianilina.

20 Ejemplos de poliaminas bloqueadas incluyen cetiminas, enaminas, oxazolidinas, aldiminas e imidazolidinas. En determinadas realizaciones, la poliamina bloqueada es Vestamin® A 139 (Evonik).

25 Las poliaminas adecuadas también incluyen aductos de poliformal que contienen azufre terminados en amina, aductos de polisulfuro terminado en amina y/o aductos de politioéter terminado en amina. Los aductos de prepolímero terminado en amina tales como los aductos de politioéteres, polisulfuros o poliformales que contienen azufre se pueden preparar, por ejemplo, haciendo reaccionar un prepolímero terminado en alqueno o terminado en un aceptor de Michael activado con una anilina aminosustituida tal como 4-(aminometilo)anilina, una alquilamina o cualquier otra diamina tal como n-butilamina, opcionalmente en presencia de un catalizador tal como 1,8-diazabicyclo[5.4.0]undec-7-eno (DBU) en un disolvente orgánico para proporcionar el correspondiente prepolímero terminado en amina. Como alternativa, se pueden obtener prepolímeros que contienen azufre terminados en amina haciendo reaccionar un prepolímero terminado en isocianato con una diamina tal como 4-(aminometil)anilina para proporcionar el prepolímero terminado en amina correspondiente. Los prepolímeros terminados en amina también se pueden obtener haciendo reaccionar un prepolímero terminado en hidroxilo con un benzoato amino-sustituido tal como 4-aminobenzoato de etilo en presencia de Bu<sub>2</sub>SnO o NaOMe a temperatura elevada para proporcionar el correspondiente prepolímero terminado en amina.

### 35 Mezcla epóxica

40 En determinadas realizaciones, las composiciones proporcionadas por la presente divulgación comprenden un agente de curado epoxi. Por tanto, además de un agente de curado de maleimida, un agente de curado de polímero que contiene azufre y/o un agente de curado de aducto de maleimida que contiene azufre, una composición puede comprender uno o más agentes de curado poliepoxídicos. Ejemplos de epoxis adecuados incluyen, por ejemplo, resinas de poliepóxido tales como hidantoína diepóxido, diglicidil éter de bisfenol-A, diglicidil éter de bisfenol-F, epóxidos de tipo Novolac® tales como DEN™ 438 (disponible en Dow), determinadas resinas epóxidas insaturadas y combinaciones de cualquiera de los anteriores. Un poliepóxido se refiere a un compuesto que tiene dos o más grupos epoxi reactivos.

En determinadas realizaciones, un agente de curado poliepoxídico comprende un polímero con funcionalidad epoxi. Ejemplos de polímeros con funcionalidad epoxi adecuados incluyen los polímeros de poliformal que contienen azufre con funcionalidad epoxi divulgados en la Publicación de EE.UU. n.º 2012/0238707 y polímeros de polioéter con funcionalidad epoxi divulgados en la Patente de EE.UU. n.º 7.671.145. En general, cuando se usa como agente de curado, un polímero con funcionalidad epoxi tiene un peso molecular inferior a 2.000 Daltons, inferior a 1.500 Daltons, inferior a 1.000 Daltons, y en determinadas realizaciones, inferior a 500 Daltons. Los polímeros que contienen azufre con funcionalidad epoxi pueden formarse, por ejemplo, haciendo reaccionar un polímero que contiene azufre con funcionalidad tiol con un diepóxido o con una epoxiolefina.

En dichas composiciones, un agente de curado epoxi puede comprender del 0,5 % en peso al 20 % en peso de la composición, del 1 % en peso al 10 % en peso, del 2 % en peso al 8 % en peso, del 2 % en peso al 6% en peso, y en determinadas realizaciones, del 3 % en peso al 5 % en peso, en el que el % en peso está basado en el peso total de sólidos de la composición.

#### 15 Mezcla de isocianato

En determinadas realizaciones, las composiciones proporcionadas por la presente divulgación comprenden un agente de curado de isocianato. Por tanto, además de un agente de curado de maleimida, un agente de curado de polímero que contiene azufre y/o un agente de curado de aducto de maleimida que contiene azufre, una composición puede comprender uno o más agentes de curado de poliisocianato que son reactivos con grupos tiol pero no reactivos con grupos maleimida. Ejemplos de agentes de curado de isocianato adecuados incluyen diisocianato de tolueno y combinaciones de cualquiera de los anteriores. Los agentes de curado de isocianato están disponibles en el mercado e incluyen, por ejemplo, productos con los nombres comerciales Baydur® (Bayer MaterialScience), Desmodur® (Bayer MaterialScience), Solubond® (DSM), ECCO (ECCO), Vestanat® (Evonik), Irodur® (Huntsman), Rhodocoat™ (Perstorp) y Vanchem® (VT Vanderbilt). En determinadas realizaciones, un agente de curado de isocianato comprende un polímero con funcionalidad de isocianato. Ejemplos de polímeros con funcionalidad isocianato adecuados incluyen los polímeros de poliformal que contienen azufre con funcionalidad isocianato divulgados en la Publicación de EE.UU. n.º 2012/0238708. En general, cuando se usa como agente de curado, un polímero con funcionalidad isocianato tiene un peso molecular inferior a 2.000 Daltons, inferior a 1.500 Daltons, inferior a 1.000 Daltons, y en determinadas realizaciones, inferior a 500 Daltons.

En determinadas realizaciones, los diisocianatos adecuados incluyen TDI, Isonate™ 143L (diisocianato de difenilmetano modificado con policarbodiimida), Desmodur® N3400 (1,3-diazetidina-2,4-diona, 1,3-bis(6-isocianatohexilo-)), IPDI (isoforona diisocianato) y/o Desmodur® W (H<sub>12</sub>MDI).

Ejemplos de diisocianatos alifáticos adecuados incluyen, 1,6-hexametilendiisocianato, 1,5-diisocianato-2-metilpentano, metil-2,6-diisocianatohexanoato, bis(isocianatometil)ciclohexano, 1,3-bis (isocianatometil)ciclohexano, 2,2,4-trimetilhexano-1,6-diisocianato, 2,4,4-trimetilhexano-1,6-diisocianato, 2,5(6)-bis(isocianatometil)ciclo[2.2.1]heptano, 1,3,3-trimetil-1-(isocianatometil)-5-isocianatociclohexano, 1,8-diisocianato-2,4-dimetiloctano, octahidro-4,7-metano-1H-indenodimetil diisocianato y 1,1'-metileno-bis(4-isocianatociclohexano) y 4,4'-metileno diciclohexil diisocianato (H<sub>12</sub>MDI). Ejemplos de diisocianatos aromáticos incluyen 1,3-fenileno diisocianato, 1,4-fenileno diisocianato, 2,6-diisocianato de tolueno (2,6-TDI), 2,4-diisocianato de tolueno (2,4-TDI), una mezcla de 2,4-TDI y 2,6-TDI, 1,5-diisocianatonaftaleno, difenil óxido 4,4'-diisocianato, 4,4'-metilendifenil diisocianato (4,4-MDI), 2,4'-metilendifenil diisocianato (2,4-MDI), 2,2'-diisocianatodifenilmetano (2,2-MDI), diisocianato de difenilmetano (MDI), 3,3'-dimetil-4,4'-bifenileno isocianato, 3,3'-dimetoxi-4,4'-bifenileno isocianato, 1-[(2,4-diisocianatofenil)metil]metil]-3-isocianato-2-metilbenceno y diisocianato de 2,4,6-triisopropil-m-fenileno.

Ejemplos de diisocianatos aromáticos adecuados en los que los grupos isocianato no están unidos directamente al anillo aromático incluyen, bis(isocianatoetil)benceno, diisocianato de α, α, α',α'-tetrametilxileno, 1,3-bis(1-isocianato-1-metiletil)benceno, bis(isocianatobutil)benceno, bis(isocianatometil)naftaleno, bis(isocianatometil)difenil éter, bis(isocianatoetil)ftalato y 2,5-di(isocianatometil)furano. Los diisocianatos aromáticos que tienen grupos isocianato unidos directamente al anillo aromático incluyen diisocianato de fenileno, diisocianato de etilfenileno, diisocianato de isopropilfenileno, diisocianato de dimetilfenileno, diisocianato de dietilfenileno, diisocianato de diisopropilfenileno, diisocianato de naftaleno, diisocianato de metilnaftaleno, diisocianato de bifenilo, diisocianato de 4,4'-difenilmetano, bis(3-metil-4-isocianatofenil)metano, bis(isocianatofenil)etileno, 3,3'-dimetoxi-bifenil-4,4'-diisocianato, diisocianato de difeniléter, bis(isocianatofeniléter)etilenglicol, bis(isocianatofeniléter)-1,3-propilenglicol, diisocianato de benzofenona, diisocianato de carbazol, diisocianato de etilcarbazol, diisocianato de diclorocarbazol, diisocianato de 4,4'-difenilmetano, diisocianato de p-fenileno, diisocianato de 2,4-tolueno y diisocianato de 2,6-tolueno.

Ejemplos de diisocianatos alicíclicos adecuados incluyen diisocianato de isoforona, diisocianato de ciclohexano, diisocianato de metilciclohexano, bis(isocianatometil)ciclohexano, bis(isocianatociclohexil)metano, bis(isocianatociclohexil)-2,2-propano, bis(isocianatociclohexil)-1,2-etano, 2-isocianatometil-3-(3-isocianatopropil)-5-isocianatometil-biciclo[2.2.1]-heptano, 2-isocianatometil-3-(3-isocianatopropil)-6-isocianatometil-biciclo[2.2.1]-heptano, 2-isocianatometil-2-(3-isocianatopropil)-5-isocianatometil-biciclo[2.2.1]-heptano, 2-isocianatometil-3-(3-isocianatopropil)-6-isocianatometil-biciclo[2.2.1]-heptano, 2-isocianatometil-3-(3-isocianatopropil)-5-(2-isocianatoetil)-biciclo[2.2.1]-heptano y 2-

isocianatometil-2-(3-isocianatopropil)-6-(2-isocianatoetil)-biciclo[2.2.1]-heptano

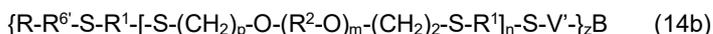
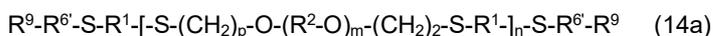
En dichas composiciones, un agente de curado de isocianato puede comprender del 0,5 % en peso al 20 % en peso de la composición, del 1 % en peso al 10 % en peso, del 2 % en peso al 8 % en peso, del 2 % en peso al 6% en peso, y en determinadas realizaciones, del 3 % en peso al 5 % en peso de la composición, en el que el % en peso está basado en el peso total de sólidos de la composición.

### Curado de hidroxilo y amina

Los aductos de maleimida que contienen azufre proporcionados por la presente divulgación también pueden modificarse para su uso en aplicaciones particulares y químicas de curado. Por ejemplo, las aplicaciones de sellado por pulverización requieren un curado rápido sin calentamiento. Los sistemas a base de aminas que usan agentes de curado epoxi son muy adecuados para dichas aplicaciones. Por consiguiente, los aductos de maleimida que contienen azufre pueden adaptarse a otras químicas de curado modificando o protegiendo los grupos terminales de maleimida con, por ejemplo, grupos hidroxilo o grupos amina.

Los aductos de maleimida que contienen azufre terminados en hidroxilo pueden prepararse haciendo reaccionar un aducto de maleimida que contiene azufre proporcionado por la presente divulgación, tal como un aducto de Fórmula (8a) o Fórmula (8b) con un compuesto que tiene un grupo tiol terminal y un grupo hidroxilo terminal. En determinadas realizaciones, un compuesto que tiene un grupo tiol terminal y un grupo hidroxilo terminal tiene la estructura HS-R<sup>11</sup>-OH, en la que R<sup>11</sup> se selecciona entre alcanodiilo C<sub>2-6</sub>, cicloalcanodiilo C<sub>6-8</sub>, alcanocicloalcanodiilo C<sub>6-10</sub>, heterocicloalcanodiilo C<sub>5-8</sub>, arenodiilo C<sub>6-8</sub>, alcanarenodiilo C<sub>6-10</sub>, heteroarenodiilo C<sub>5-8</sub> y  $\square[\square(\text{CHR}^3)_s \square X \square]_q \square (\text{CHR}^3)_r \square$ , en la que q, r, s, X y R<sup>3</sup> se definen como para la Fórmula (21). En determinadas realizaciones, un aducto de maleimida que contiene azufre se obtiene de Permapol® 3.1E. La reacción puede tener lugar en presencia de un catalizador a una temperatura de 25 °C a 50 °C.

En determinadas realizaciones, un aducto de maleimida que contiene azufre terminado en hidroxilo comprende un aducto de politioéter maleimida terminado en hidroxilo de Fórmula (14a), un aducto de politioéter maleimida terminado en hidroxilo de Fórmula (14b) o una combinación de los mismos:



en las que:

cada R<sup>1</sup> se selecciona independientemente entre alcanodiilo C<sub>2-10</sub>, cicloalcanodiilo C<sub>6-8</sub>, alcanocicloalcanodiilo C<sub>6-10</sub>, heterocicloalcanodiilo C<sub>5-8</sub> y  $\text{[-(CHR}^3\text{)}_s\text{-X-]}_q\text{-(CHR}^3\text{)}_r\text{-}$ , en la que:

s es un número entero de 2 a 6;

q es un número entero de 1 a 5

r es un número entero de 2 a 10;

cada R<sup>3</sup> se selecciona independientemente entre hidrógeno y metilo y

cada X se selecciona independientemente entre -O-, S y -NR-, en el que

R se selecciona entre hidrógeno y metilo;

cada R<sup>2</sup> se selecciona independientemente entre alcanodiilo C<sub>1-10</sub>, cicloalcanodiilo C<sub>6-8</sub>, alcanocicloalcanodiilo C<sub>6-14</sub> y  $\text{[-(CHR}^3\text{)}_s\text{-X-]}_q\text{-(CHR}^3\text{)}_r\text{-}$ , en la que s, q, r, R<sup>3</sup> y X son como se definen para R<sup>1</sup>;

m es un número entero de 0 a 50;

n es un número entero de 1 a 60;

p es un número entero de 2 a 6;

B representa un núcleo de un agente polifuncionalizante B( $\square$ V)z terminado en vinilo z-valente, en el que:

z es un número entero de 3 a 6 y

cada V es un grupo que comprende un grupo terminal reactivo con grupos tioles;

cada -V'- se obtiene de la reacción de -V con un tiol;

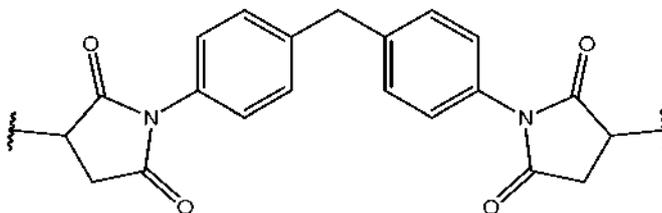
cada -R<sup>6</sup>'- es un grupo procedente de un compuesto que tiene un grupo maleimida terminal y un grupo reactivo con un grupo tiol y

cada R<sup>9</sup> es un resto que tiene un grupo hidroxilo terminal.

En determinadas realizaciones de Fórmula (14a) y Fórmula (14b) cada R<sup>9</sup> es -S-R<sup>11</sup>-OH, en la que R<sup>11</sup> se define en el presente documento.

En determinadas realizaciones de los aductos de maleimida que contienen azufre terminados en hidroxilo de Fórmula (14a) y Fórmula (14b), cada R<sup>6</sup> se obtiene de una bismaleimida, tal como 1,1'-(metilenobis(4,1-

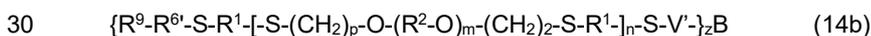
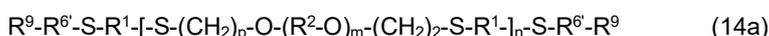
fenileno)bis(1H-pirrol-2,5-diona). Por tanto, en determinadas realizaciones, R<sup>6</sup> tiene la estructura:



- 5 En determinadas realizaciones, las composiciones comprenden uno o más aductos de maleimida que contienen azufre terminados en hidroxilo y uno o más agentes de curado de poliisocianato. Ejemplos de agentes de curado de isocianato adecuados incluyen diisocianato de tolueno y combinaciones de cualquiera de los anteriores. Los agentes de curado de isocianato están disponibles en el mercado e incluyen, por ejemplo, productos con los nombres comerciales Baydur® (Bayer MaterialScience), Desmodur® (Bayer MaterialScience), Solubond® (DSM), ECCO (ECCO), Vestanat® (Evonik), Irodur® (Huntsman), Rhodocoat™ (Perstorp) y Vanchem® (VT Vanderbilt).

Los aductos de maleimida que contienen azufre terminados en amina se pueden preparar haciendo reaccionar un aducto de maleimida que contiene azufre proporcionado por la presente divulgación, tal como un aducto de Fórmula (8a) o Fórmula (8b) con un compuesto que tiene un grupo tiol terminal y un grupo amino terminal. En determinadas realizaciones, un compuesto que tiene un grupo tiol terminal y un grupo hidroxilo terminal tiene la estructura HS-R<sup>11</sup>-N(R<sup>12</sup>)H, en la que R<sup>11</sup> se selecciona entre alcanodiilo C<sub>2-6</sub>, cicloalcanodiilo C<sub>6-8</sub>, alcanocicloalcanodiilo C<sub>6-10</sub>, heterocicloalcanodiilo C<sub>5-8</sub>, arenodiilo C<sub>6-8</sub>, alcanoarenodiilo C<sub>6-10</sub>, heteroarenodiilo C<sub>5-8</sub> y  $\square[\square(\text{CHR}^3)_s \square X \square]_q \square(\text{CHR}^3)_r \square$ , en la que q, r, s, X y R<sup>3</sup> se definen como para la Fórmula (11). En determinadas realizaciones, R<sup>12</sup> se selecciona entre hidrógeno y alquilo C<sub>1-3</sub>, y en determinadas realizaciones, R<sup>12</sup> es hidrógeno. En determinadas realizaciones, un aducto de maleimida que contiene azufre terminado en amina se obtiene de Permapol® 3.1E, una mezcla de politioéter terminado en tiol. La reacción puede tener lugar en presencia de un catalizador a una temperatura de 25 °C a 50 °C.

En determinadas realizaciones, un aducto de maleimida que contiene azufre terminado en amina comprende un aducto de politioéter terminado en amina de Fórmula (14a), un aducto de politioéter terminado en amina de Fórmula (14b) o una combinación de los mismos:



en las que:

35 cada R<sup>1</sup> se selecciona independientemente entre alcanodiilo C<sub>2-10</sub>, cicloalcanodiilo C<sub>6-8</sub>, alcanocicloalcanodiilo C<sub>6-10</sub>, heterocicloalcanodiilo C<sub>5-8</sub> y  $\text{-}[\text{(-CHR}^3\text{)}_s\text{-X-}]_q\text{-(-CHR}^3\text{)}_r\text{-}$ , en la que:

s es un número entero de 2 a 6;

q es un número entero de 1 a 5;

r es un número entero de 2 a 10;

40 cada R<sup>3</sup> se selecciona independientemente entre hidrógeno y metilo y cada X se selecciona independientemente entre -O-, S y -NR-, en el que

R se selecciona entre hidrógeno y metilo;

45 cada R<sup>2</sup> se selecciona independientemente entre alcanodiilo C<sub>1-10</sub>, cicloalcanodiilo C<sub>6-8</sub>, alcanocicloalcanodiilo C<sub>6-10</sub> y  $\text{-}[\text{(-CHR}^3\text{)}_s\text{-X-}]_q\text{-(-CHR}^3\text{)}_r\text{-}$ , en la que s, q, r, R<sup>3</sup> y X son como se definen para R<sup>1</sup>;

m es un número entero de 0 a 50;

n es un número entero de 1 a 60;

p es un número entero de 2 a 6;

50 B representa un núcleo de un agente polifuncionalizante B(□V)<sub>z</sub> terminado en vinilo z-valente, en el que:

z es un número entero de 3 a 6 y

cada V es un grupo que comprende un grupo terminal reactivo con grupos tioles;

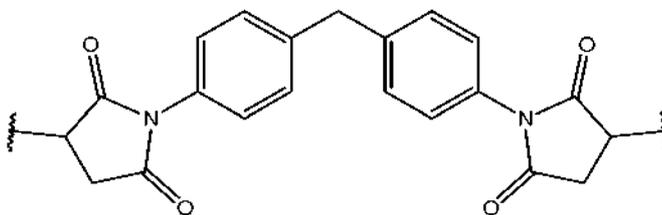
55 cada -V'- se obtiene de la reacción de -V con un tiol;

cada -R<sup>6</sup>- es un grupo procedente de un compuesto que tiene un grupo maleimida terminal y un grupo reactivo con un grupo tiol y

cada R<sup>9</sup> es un resto que tiene un grupo amino terminal.

En determinadas realizaciones,  $R^9$  es  $-S-R^{11}-N(R^{12})H$ , y en determinadas realizaciones de Fórmula (14a) y Fórmula(14b),  $R^9$  es  $-S-R^{11}-NH_2$ .

- 5 En determinadas realizaciones de los aductos de maleimida que contienen azufre terminados en amina de Fórmula (14a) y Fórmula (14b), cada  $R^6$  se obtiene de una bismaleimida, tal como 1,1'-(metilenobis(4,1-fenileno))bis(1H-pirrol-2,5-diona). Por tanto, en determinadas realizaciones,  $R^6$  tiene la estructura:



- 10 En determinadas realizaciones, las composiciones comprenden uno o más aductos de maleimida que contienen azufre terminados en amina y uno o más agentes de curado de poliisocianato tales como cualquiera de los divulgados en el presente documento.

### Componentes adicionales

- 15 Las composiciones proporcionadas por la presente divulgación pueden incluir uno o más catalizadores. Los catalizadores adecuados para su uso en reacciones entre aceptores de Michael tales como grupos alqueno activados y grupos tiol incluyen catalizadores básicos tales como aminas, y en particular, aminas terciarias. Ejemplos de catalizadores de amina adecuados incluyen, por ejemplo, trietilendiamina (1,4-diazabicyclo[2.2.2] octano, DABCO), dimetilciclohexilamina (DMCHA), dimetiletanolamina (DMEA), bis-(2-dimetilaminoetil)éter, N-etilmorfolina, trietilamina, 1,8-diazabicyclo[5.4.0]undeceno-7 (DBU), pentametildietilentriamina (PMDETA), bencildimetilamina (BDMA), N,N,N'-trimetil-N'-hidroxietil-bis(aminoetil)éter y N'-(3-(dimetilamino)propil)-N,N-dimetil-1,3-propanodiamina.
- 20

- 25 En composiciones que comprenden compuestos epóxicos, la composición puede comprender un catalizador básico, que incluye catalizadores de amina tales como cualquiera de los divulgados en el presente documento.

- En determinadas realizaciones, las composiciones proporcionadas por la presente divulgación comprenden uno o más promotores de adhesión. Un promotor de adhesión puede estar presente en una cantidad de 0,1 % en peso a 15 % en peso de una composición, inferior a 5 % en peso, inferior a 2 % en peso y en determinadas realizaciones, inferior a 1 % en peso, basado en el peso seco total de la composición. Ejemplos de promotores de adhesión incluyen compuestos fenólicos, tales como resina fenólica Methylon® y organosilanos, tales como silanos epoxi, mercapto o amino funcionales, tales como Silquest® A-187 y Silquest® A-1100. Otros promotores de adhesión útiles son conocidos en la técnica.
- 30

- 35 Las composiciones proporcionadas por la presente divulgación pueden comprender uno o más tipos diferentes de carga. Las cargas adecuadas incluyen las comúnmente conocidas en la técnica, que incluyen cargas inorgánicas, tales como negro de carbón y carbonato de calcio ( $CaCO_3$ ), sílice, polímeros en polvo y cargas ligeras. Las cargas ligeras adecuadas incluyen, por ejemplo, las descritas en la Patente de EE.UU. n.º 6.525.168. En determinadas realizaciones, una composición incluye del 5 % en peso al 60 % en peso de la carga o combinación de cargas, del 10 % en peso al 50 % en peso, y en determinadas realizaciones, del 20 % en peso al 40 % en peso, basado en el peso seco total de la composición. Las composiciones proporcionadas por la presente divulgación pueden incluir además uno o más colorantes, agentes tixotrópicos, aceleradores, retardadores de fuego, promotores de adherencia, disolventes, agentes enmascarantes o una combinación de cualquiera de los anteriores. Como puede apreciarse, las cargas y los aditivos empleados en una composición se pueden seleccionar para que sean compatibles entre sí, así como también el componente polimérico, el agente de curado y/o el catalizador.
- 40
- 45

- En determinadas realizaciones, las composiciones proporcionadas por la presente divulgación comprenden al menos una carga que es eficaz para reducir el peso específico de la composición. En determinadas realizaciones, el peso específico de una composición es de 0,8 a 1, de 0,7 a 0,9, de 0,75 a 0,85, y en determinadas realizaciones, es 0,8.
- 50 En determinadas realizaciones, el peso específico de una composición es inferior a 0,9, inferior a 0,8, inferior a 0,75, inferior a 0,7, inferior a 0,65, inferior a 0,6, y en determinadas realizaciones, inferior a 0,55.

- En determinadas realizaciones, las composiciones proporcionadas por la presente divulgación incluyen partículas de carga de baja densidad. Tal como se usa en el presente documento, baja densidad, cuando se usa con referencia a dichas partículas significa que las partículas tienen un peso específico de no más de 0,7, en determinadas realizaciones no más de 0,25, y en determinadas realizaciones, no más de 0,1. Las partículas de carga ligera adecuadas a menudo pertenecen a dos categorías: microesferas y partículas amorfas. El peso específico de las microesferas puede oscilar entre 0,1 y 0,7 e incluyen, por ejemplo, espuma de poliestireno, microesferas de poliacrilatos y poliolefinas y microesferas de sílice que tienen tamaños de partícula comprendidos entre 5 y 100
- 55

micrómetros y un peso específico de 0,25 (Eccospheres®). Otros ejemplos incluyen microesferas de alúmina/sílice que tienen tamaños de partícula en el intervalo de 5 a 300 micrómetros y un peso específico de 0,7 (Fillite®), microesferas de silicato de aluminio que tienen un peso específico de entre 0,45 a 0,7 (Z-Light®), microesferas de copolímero de polivinilideno recubierto de carbonato de calcio que tienen un peso específico de 0,13 (Dualite® 6001AE) y microesferas de copolímero de acrilonitrilo recubierto de carbonato de calcio tales como Dualite® E135, que tienen un tamaño medio de partícula de 40 µm y una densidad de 0,135 g/cc (Henkel). Las cargas adecuadas para disminuir el peso específico de la composición incluyen, por ejemplo, microesferas huecas tales como microesferas Expancel® (disponibles en AkzoNobel) o microesferas de polímero de baja densidad Dualite® (disponibles en Henkel). En determinadas realizaciones, las composiciones proporcionadas por la presente divulgación incluyen partículas de carga ligeras que comprenden una superficie exterior recubierta de un recubrimiento delgado, tal como los descritos en la Publicación de los EE.UU. n.º 2010/0041839 en los párrafos [0016]-[0052].

En determinadas realizaciones, una carga de baja densidad comprende menos de 2 % en peso de una composición, menos de 1,5% en peso, menos de 1,0% en peso, menos de 0,8 % en peso, menos de 0,75% en peso, menos de 0,7 % en peso y en determinadas realizaciones, menos de 0,5 % en peso de una composición, en la que el % en peso está basado en el peso total de sólidos secos de la composición.

En determinadas realizaciones, las composiciones proporcionadas por la presente divulgación comprenden una carga conductora de la electricidad. La conductividad eléctrica y la efectividad de blindaje EMI/RFI se pueden transmitir a la composición incorporando materiales conductores dentro del polímero. Los elementos conductores pueden incluir, por ejemplo, partículas metálicas o chapadas en metal, tejidos, mallas, fibras y combinaciones de los mismos. El metal puede estar en forma de, por ejemplo, filamentos, partículas, escamas o esferas. Ejemplos de metales incluyen cobre, níquel, plata, aluminio, estaño y acero. Otros materiales conductores que pueden usarse para transmitir efectividad de blindaje EMI/RFI a las composiciones de polímero incluyen partículas conductoras o fibras que comprenden carbono o grafito. También se pueden usar polímeros conductores tales como politiofenos, polipirroles, polianilina, poli(p-fenileno)vinileno, sulfuro de polifenileno, polifenileno y poliacetileno.

Las cargas conductoras de la electricidad también incluyen materiales de banda ancha tales como sulfuro de zinc y compuestos inorgánicos de bario.

Otros ejemplos de cargas conductoras de la electricidad incluyen cargas conductoras de la electricidad basadas en metales nobles tales como plata pura; metales nobles chapados en metales nobles tales como el oro chapado en plata; metales no nobles chapados en metales nobles tales como cobre, chapado en plata, níquel o aluminio, por ejemplo, partículas de núcleo de aluminio chapado en plata o partículas de cobre chapado en platino; vidrio, plástico o cerámica chapados en metales nobles tales como microesferas de vidrio chapado en plata, aluminio chapado en metal noble o microesferas de plástico chapadas en metal noble; mica chapada en metal noble y otras de dichas cargas conductoras de metal noble. También se pueden usar materiales basados en metales no nobles e incluyen, por ejemplo, metales no nobles chapados en metales no nobles tales como partículas de hierro recubierto de cobre o cobre chapado en níquel; metales no nobles, p. ej., cobre, aluminio, níquel, cobalto; metales no nobles no chapados, p. ej., grafito chapado en níquel y materiales no metálicos tales como negro de carbón y grafito. Las combinaciones de cargas conductoras de la electricidad también se pueden usar para satisfacer la conductividad deseada, la efectividad de blindaje EMI/RFI, la dureza y otras propiedades adecuadas para una aplicación particular.

La forma y el tamaño de las cargas conductoras de la electricidad usadas en las composiciones de la presente divulgación pueden ser de cualquier forma y tamaño adecuados para transmitir efectividad de blindaje de conductividad eléctrica y/o EMI/RFI a la composición curada. Por ejemplo, las cargas pueden tener cualquier forma que se use generalmente en la fabricación de cargas conductoras de la electricidad, que incluyen esféricas, escamas, plaquetas, partículas, polvo, fibras irregulares y similares. En determinadas composiciones selladoras de la divulgación, una composición de base puede comprender grafito recubierto de Ni como una partícula, polvo o escama. En determinadas realizaciones, la cantidad de grafito recubierto de Ni en una composición base puede oscilar entre 40 % en peso y 80 % en peso, y en determinadas realizaciones puede oscilar entre 50 % en peso y 70 % en peso, basado en el peso total de la composición de base. En determinadas realizaciones, una carga conductora de la electricidad puede comprender fibra de Ni. La fibra de Ni puede tener un diámetro comprendido entre 10 µm y 50 µm y tiene una longitud comprendida entre 250 µm y 750 µm. Una composición de base puede comprender, por ejemplo, una cantidad de fibra de Ni comprendida entre 2 % en peso y 10 % en peso, y en determinadas realizaciones, entre 4 % en peso y 8 % en peso, basado en el peso total de la composición de base.

Las fibras de carbono, particularmente las fibras de carbono grafitizadas, también se pueden usar para transmitir conductividad eléctrica a las composiciones de la presente divulgación. Las fibras de carbono formadas por métodos de pirólisis en fase de vapor y grafitizadas por tratamiento térmico y que son huecas o sólidas con un diámetro de fibra comprendido entre 0,1 micrómetros a varias micrómetros, tienen una alta conductividad eléctrica. Como se divulga en la Patente de EE.UU. n.º 6.184.280, microfibras de carbono, nanotubos o fibrillas de carbono que tienen un diámetro exterior de menos de 0,1 µm a decenas de nanómetros se pueden usar como cargas conductoras de la electricidad. Un ejemplo de fibra de carbono grafitizada adecuada para composiciones conductoras de la presente divulgación incluye Panex® 30MF (Zoltek Companies, Inc., St. Louis, Mo.), una fibra redonda de 0,921 µm de

diámetro que tiene una resistividad eléctrica de 0,00055  $\Omega$ -cm.

El tamaño medio de partícula de una carga conductora de la electricidad puede estar dentro de un intervalo útil para transmitir conductividad eléctrica a una composición basada en polímero. Por ejemplo, en determinadas realizaciones, el tamaño de partícula de una o más cargas puede oscilar entre 0,25  $\mu\text{m}$  y 250  $\mu\text{m}$ , en determinadas realizaciones puede oscilar entre 0,25  $\mu\text{m}$  y 75  $\mu\text{m}$ , y en determinadas realizaciones puede oscilar entre 0,25  $\mu\text{m}$  y 60  $\mu\text{m}$ . En determinadas realizaciones, la composición de la presente divulgación puede comprender Ketjen Black EC-600 JD (Akzo Nobel, Inc., Chicago, Ill.), un negro de carbono conductor de la electricidad caracterizado por una absorción de yodo de 1000-11500 mg/g (método de ensayo J0/84-5), y un volumen de poro de 480-510  $\text{cm}^3/100\text{ g}$  (absorción de DBP, KTM 81-3504). En determinadas realizaciones, una carga de negro de carbono conductora de la electricidad es Black Pearls 2000 (Cabot Corporation, Boston, MA).

En determinadas realizaciones, los polímeros conductores de la electricidad se pueden usar para transmitir o modificar la conductividad eléctrica de las composiciones de la presente divulgación. Se sabe que los polímeros que tienen átomos de azufre incorporados en grupos aromáticos o adyacentes a dobles enlaces, tales como en el sulfuro de polifenileno y politiofeno, son conductores de la electricidad. Otros polímeros conductores de la electricidad incluyen, por ejemplo, polipirroles, polianilina, poli(p-fenileno)vinileno y poliacetileno. En determinadas realizaciones, los polímeros que contienen azufre que forman una composición de base pueden ser polisulfuros, poliformales que contienen azufre y/o politioéteres. Como tales, los polímeros que contienen azufre pueden comprender grupos de azufre aromáticos y átomos de azufre adyacentes a enlaces dobles conjugados para potenciar la conductividad eléctrica de las composiciones de la presente divulgación.

Las composiciones de la presente divulgación pueden comprender más de una carga conductora de la electricidad y la más de una carga conductora de la electricidad pueden ser del mismo o diferentes materiales y/o formas. Por ejemplo, una composición selladora puede comprender fibras de Ni conductoras de la electricidad, y grafito recubierto de Ni conductor de la electricidad en forma de polvo, partículas o escamas. La cantidad y tipo de carga conductora de la electricidad se puede seleccionar para producir una composición selladora que, cuando se cura, muestra una resistencia de la lámina (resistencia de cuatro puntos) de menos de 0,50  $\Omega/\text{cm}^2$ , y en determinadas realizaciones, una resistencia de la lámina inferior a 0,15  $\Omega/\text{cm}^2$ . La cantidad y tipo de carga también se puede seleccionar para proporcionar un blindaje EMI/RFI eficaz en un intervalo de frecuencia de entre 1 MHz a 18 GHz para una abertura sellada usando una composición selladora de la presente divulgación.

En determinadas realizaciones, una composición de base conductora de la electricidad puede comprender una cantidad de carga no conductora de la electricidad que comprende entre 2 % en peso y 10 % en peso basado en el peso total de la composición de base, y en determinadas realizaciones, puede oscilar entre 3 % en peso a 7 % en peso. En determinadas realizaciones, una composición de agente de curado puede comprender una cantidad de carga no conductora de la electricidad que oscila entre menos del 6 % en peso y en determinadas realizaciones comprendida entre 0,5 % y 4 % en peso, basado en el peso total de la composición de agente de curado.

La corrosión galvánica de superficies metálicas diferentes y las composiciones conductoras de la presente divulgación se pueden minimizar o evitar añadiendo inhibidores de corrosión a la composición, y/o seleccionando cargas conductoras adecuadas. En determinadas realizaciones, los inhibidores de la corrosión incluyen cromato de estroncio, cromato de calcio, cromato de magnesio y combinaciones de los mismos. La Patente de EE.UU. n.º 5.284.888 y la Patente de EE.UU. n.º 5.270.364 divulgan el uso de triazoles aromáticos para inhibir la corrosión de superficies de aluminio y acero. En determinadas realizaciones, se puede usar un eliminador de oxígeno de sacrificio tal como Zn como inhibidor de corrosión. En determinadas realizaciones, el inhibidor de la corrosión puede comprender menos del 10 % en peso del peso total de la composición conductora de la electricidad. En determinadas realizaciones, el inhibidor de la corrosión puede comprender una cantidad que oscila entre el 2 % en peso y el 8 % en peso del peso total de la composición conductora de la electricidad. La corrosión entre superficies metálicas diferentes también puede minimizarse o evitarse mediante la selección del tipo, cantidad y propiedades de las cargas conductoras que comprenden la composición.

En determinadas realizaciones, un polímero que contiene azufre y/o un aducto aceptor de Michael de polímero que contiene azufre comprende de 50 % en peso a 90 % en peso de una composición, de 60 % en peso a 90 % en peso, de 70 % en peso a 90 % en peso, y en determinadas realizaciones, del 80 % en peso al 90 % en peso de la composición, en el que el % en peso está basado en el peso total de sólidos secos de la composición.

Una composición también puede incluir cualquier número de aditivos según se desee. Ejemplos de aditivos adecuados incluyen plastificantes, pigmentos, tensioactivos, promotores de adherencia, agentes tixotrópicos, retardadores de fuego, agentes de enmascaramiento y aceleradores (tales como aminas, incluyendo 1,4-diazabicyclo[2.2.2]octano, DABCO®) y combinaciones de cualquiera de los anteriores. Cuando se usan, los aditivos pueden estar presentes en una composición en una cantidad comprendida, por ejemplo, entre 0 % y 60 % en peso. En determinadas realizaciones, los aditivos pueden estar presentes en una composición en una cantidad comprendida entre 25 % y 60 % en peso.

**Usos**

Las composiciones proporcionadas por la presente divulgación se pueden usar, por ejemplo, en selladores, recubrimientos, encapsulantes y composiciones de encapsulado. Un sellador incluye una composición que puede producir una película que tiene la capacidad de resistir condiciones operativas, tales como humedad y temperatura, y al menos bloquear parcialmente la transmisión de materiales, tales como agua, combustible y otros líquidos y gases. Una composición de recubrimiento incluye un recubrimiento que se aplica a la superficie de un sustrato para, por ejemplo, mejorar las propiedades del sustrato tal como el aspecto, la adhesión, la humectabilidad, la resistencia a la corrosión, la resistencia al desgaste, la resistencia al combustible y/o la resistencia a la abrasión. Una composición de encapsulado incluye un material útil en un conjunto electrónico para proporcionar resistencia al impacto y a la vibración y para excluir la humedad y los agentes corrosivos. En determinadas realizaciones, las composiciones selladoras proporcionadas por la presente divulgación son útiles, p. ej., como selladoras aeroespaciales y como revestimientos para tanques de combustible.

En determinadas realizaciones, las composiciones, tales como selladores, pueden proporcionarse como composiciones de paquetes múltiples, tales como composiciones de dos paquetes, en las que un paquete comprende uno o más politioéteres terminados en tiol proporcionados por la presente divulgación y un segundo paquete comprende uno o más epoxis polifuncionales que contienen azufre proporcionados por la presente divulgación. Los aditivos y/u otros materiales se pueden añadir a cualquier paquete según se desee o sea necesario. Los dos paquetes pueden combinarse y mezclarse antes de su uso. En determinadas realizaciones, la vida útil de uno o más politioéteres y epoxis mixtos terminados en tiol es al menos 30 minutos, al menos 1 hora, al menos 2 horas, y en determinadas realizaciones, más de 2 horas, en los que el tiempo de vida útil se refiere al período de tiempo en que la composición mixta sigue siendo adecuada para su uso como sellador después de la mezcla.

Las composiciones, incluidos los selladores, proporcionadas por la presente divulgación se pueden aplicar a cualquiera de diversos sustratos. Ejemplos de sustratos a los que se puede aplicar una composición incluyen metales tales como titanio, acero inoxidable y aluminio, cualquiera de los cuales puede ser anodizado, un cebador, recubierto con una capa orgánica o recubierto con cromato; epoxi; uretano; grafito; compuesto de fibra de vidrio; Kevlar®; acrílicos y policarbonatos. En determinadas realizaciones, las composiciones proporcionadas por la presente divulgación se pueden aplicar a un recubrimiento sobre un sustrato, tal como un recubrimiento de poliuretano.

Las composiciones proporcionadas por la presente divulgación se pueden aplicar directamente sobre la superficie de un sustrato o sobre una capa inferior mediante cualquier proceso de recubrimiento adecuado conocido por los expertos en la técnica.

Además, se proporcionan métodos para sellar una abertura utilizando una composición proporcionada por la presente divulgación. Estos métodos comprenden, por ejemplo, aplicar una composición proporcionada por la presente divulgación a una superficie para sellar una abertura, y curar la composición. En determinadas realizaciones, un método para sellar una abertura comprende (a) aplicar una composición selladora proporcionada por la presente divulgación a una o más superficies que definen una abertura, (b) ensamblar las superficies que definen la abertura y (c) curar el sellador, para proporcionar una apertura sellada. En determinadas realizaciones, un método para sellar una abertura comprende (a) aplicar una composición selladora proporcionada por la presente divulgación a una o más superficies que definen una abertura y (b) curar el sellador, para proporcionar una abertura sellada.

En determinadas realizaciones, una composición se puede curar en condiciones ambientales, en la que las condiciones ambientales se refieren a una temperatura de 20 °C a 25 °C y a la humedad atmosférica. En determinadas realizaciones, una composición se puede curar en condiciones que abarcan una temperatura de 0 °C a 100 °C y una humedad de 0 % de humedad relativa a 100 % de humedad relativa. En determinadas realizaciones, una composición se puede curar a una temperatura más alta tal como al menos 30 °C, al menos 40 °C, y en determinadas realizaciones, al menos 50 °C. En determinadas realizaciones, una composición se puede curar a temperatura ambiente, p. ej., 25 °C. En determinadas realizaciones, una composición se puede curar con la exposición a radiación actínica, tal como radiación ultravioleta. Como también se apreciará, los métodos se pueden usar para sellar aberturas en vehículos aeroespaciales que incluyen aeronaves y vehículos aeroespaciales.

En determinadas realizaciones, la composición consigue un curado sin pegajosidad en menos de 2 horas, menos de 4 horas, menos de 6 horas, menos de 8 horas, y en determinadas realizaciones, menos de 10 horas, a una temperatura de menos de 93 °C (200 °F).

El tiempo para formar un sello viable usando composiciones curables de la presente divulgación puede depender de varios factores que pueden ser apreciados por los expertos en la técnica, y según se definen mediante los requisitos de las normas y especificaciones aplicables. En general, las composiciones curables de la presente divulgación desarrollan resistencia a la adhesión dentro de las 24 horas a 30 horas, y el 90 % de la resistencia de adhesión completa se desarrolla de 2 días a 3 días después del mezclado y la aplicación a una superficie. En general, la resistencia de adhesión completa, así como otras propiedades de las composiciones curadas de la presente

divulgación, se desarrollaron completamente dentro de los 7 días siguientes al mezclado y la aplicación de una composición curable a una superficie.

5 Las composiciones curadas divulgadas en el presente documento, tales como los selladores curados, muestran propiedades aceptables para su uso en aplicaciones aeroespaciales. En general, es deseable que los selladores  
 10 usados en aplicaciones aeronáuticas y aeroespaciales muestren las siguientes propiedades: resistencia al pelado superior a 4,57 kg por centímetro (kgc) (20 libras por pulgada lineal) (pli) en sustratos 3265B de especificación de materiales aeroespaciales (AMS) determinados en condiciones secas, después de la inmersión en el tipo JRF I durante 7 días, y después de la inmersión en una solución de NaCl al 3 % de acuerdo con las especificaciones del  
 15 ensayo AMS 3265B; resistencia a la tracción entre 2,07 MPa (300 libras por cuadrado) (psi) y 2,8 MPa (400 psi) resistencia al rasgado superior a 11,4 kg por centímetro (kgc) (50 libras por pulgada lineal) (pli); alargamiento entre 250 % y 300 % y una dureza superior a 40 durómetro A. Estas y otras propiedades de selladores curados adecuados para aplicaciones aeronáuticas y aeroespaciales se divulgan en la norma AMS 3265B. También es deseable que, cuando se curan, las composiciones de la presente divulgación usadas en aplicaciones de aviación y de aeronaves muestren un porcentaje en volumen de hinchamiento no mayor que 25 % después de la inmersión durante una semana a 60 °C (140 °F) y la presión ambiental en JRF tipo I. Otras propiedades, intervalos y/o umbrales pueden ser adecuados para otras aplicaciones de sellado.

20 En determinadas realizaciones, por lo tanto, las composiciones proporcionadas por la presente divulgación son resistentes al combustible. Tal como se usa en el presente documento, el término "resistente al combustible" significa que una composición, cuando se aplica a un sustrato y se cura, puede proporcionar un producto curado, tal como un sellador, que muestra un porcentaje en volumen de hinchazón no mayor que 40 %, en algunos casos no mayor que 25 %, en algunos casos no mayor que 20 %, en aún otros casos no más de 10 %, después de la inmersión durante una semana a 60 °C (140 °F) y la presión ambiental en Jet Reference Fluid (JRF) tipo I de acuerdo con métodos similares a los descritos en la norma ASTM D792 (Sociedad Americana para Ensayos y  
 25 Materiales) o la norma AMS 3269 (Especificación de Materiales Aeroespaciales). Jet Reference Fluid (JRF) tipo I, como se emplea para la determinación de la resistencia al combustible, tiene la siguiente composición: tolueno: 28 % ± 1 % en volumen; ciclohexano (técnico): 34 % ± 1 % en volumen; isooctano: 38 % ± 1 % en volumen y disulfuro de dibutilo terciario: 1 % ± 0,005 % en volumen (véase la norma AMS 2629, emitida el 1 de julio de 1989, §3.1.1 etc., disponible en SAE (Sociedad de Ingenieros de Automoción)).

30 En determinadas realizaciones, las composiciones proporcionadas en el presente documento proporcionan un producto curado, tal como un sellador, que muestra un alargamiento a la tracción de al menos 100 % y una resistencia a la tracción de al menos 2,8 MPa (400 psi) cuando se mide de acuerdo con el procedimiento descrito en la norma AMS 3279, §3.3. 17.1, procedimiento de ensayo AS5127/1, §7.7.

35 En determinadas realizaciones, las composiciones proporcionan un producto curado, tal como un sellador, que muestra una resistencia al cizallamiento por solapado de más de 1,4 MPa (200 psi), tal como al menos 1,5 MPa (220 psi) al menos 1,7 MPa (250 psi) y, en algunos casos, al menos 2,8 MPa (400psi), cuando se mide de acuerdo con el procedimiento descrito en la norma SAE AS5127/1 párrafo 7.8.

40 En determinadas realizaciones, un sellador curado que comprende una composición proporcionada por la presente divulgación satisface o excede los requisitos para selladores aeroespaciales como se establece en la norma AMS 3277.

45 También se divulgan aberturas, que incluyen aberturas de vehículos aeroespaciales, selladas con composiciones proporcionadas por la presente divulgación.

50 En determinadas realizaciones, un sellador curado proporcionado por la presente divulgación muestra las siguientes propiedades cuando se cura durante 2 días a temperatura ambiente, 1 día a 60 °C (140 °F) y 1 día a 93,3 °C (200 °F) una dureza seca de 49, una resistencia a la tracción de 2,9 MPa (428 psi), y un alargamiento de 266 % y después de 7 días en JRF tipo I, una dureza de 36, una resistencia a la tracción de 2,1 MPa (312 psi) y un alargamiento del 247 %.

55 En determinadas realizaciones, las composiciones proporcionadas por la presente divulgación muestran una dureza Shore A (después de un curado de 7 días) mayor que 10, mayor que 20, mayor que 30, y en determinadas realizaciones, mayor que 40; una resistencia a la tracción mayor que 68,9 KPa (10 psi), mayor que 0,69 MPa (100 psi), superior a 1,4 MPa (200 psi), y en determinadas realizaciones, mayor que 3,4 MPa (500 psi); un alargamiento mayor que 100 %, mayor que 200 %, mayor que 500 %, y en determinadas realizaciones, mayor que 1.000 % y un hinchamiento después de la exposición a JRF tipo I (7 días) inferior a 20 %.

### Ejemplos

65 Las realizaciones proporcionadas por la presente divulgación se ilustran además como referencia a los siguientes ejemplos, que describen la síntesis, propiedades y usos de determinados polímeros que contienen azufre, aductos de maleimida y composiciones que comprenden polímeros que contienen azufre, aductos de maleimida y

maleimidas. Resultará evidente para los expertos en la técnica que pueden realizarse muchas modificaciones, tanto en materiales como en métodos, sin apartarse del alcance de la divulgación.

### Ejemplo 1

5

#### Síntesis del prepolímero de politioéter terminado en tiol

En un reactor de 189,3 l (50 galones), se mezclaron 58,06 kg (128 lbs) de dietilenglicoldiviniléter (DEG-DVE) y 78,47 kg (173 lbs) de dimercaptodioxaoctano (DMDO) con 2,72 kg (6 lbs) de trialilcianurato (TAC) y se calentó a 77 °C. A la mezcla de reacción calentada se añadieron 90,7 g (0,2 lb) de un catalizador de radicales libres de azobisnitrilo (Vazo™ 67, 2,2'-azobis(2-metilbutironitrilo), DuPont). La reacción transcurrió sustancialmente hasta su finalización después de 24 horas para proporcionar una resina líquida terminada en tiol que tiene un peso equivalente de mercaptano de 1,522.

### Ejemplo 2

#### Síntesis del prepolímero de poliéter terminado en maleimida

Se cargó 1,1'-(metilendi-4,1-fenileno)-bismaleimida (MDPBM, 8,96 g, 0,05 equivalentes) en un matraz de fondo redondo de 3 bocas de 500 ml seguido de tetrahidrofurano (THF, 81 g). El matraz estaba equipado con un agitador mecánico, un condensador de reflujo que estaba conectado a la entrada de nitrógeno y a una sonda de temperatura. Calentar la mezcla mientras se agitaba en el punto de ebullición del THF producía una solución clara. Se introdujo lentamente etanol (41,34 g) en la solución tibia. Se dejó caer una solución de un politioéter protegido con mercaptano de funcionalidad 2,21 (39,68 g, 0,0025 equivalentes) en THF (~42 g) durante un período de 1 h, 15 minutos a una temperatura de 42 °C a 23 °C. El contenido se calentó a 68 °C durante 22 h. Un alto valor de equivalente de mercaptano (532,200) indicó la finalización de la reacción. El disolvente se eliminó bajo destilación atmosférica y vacío (0,93-1,6 kpa ~ 7-8 mmHg) Se introdujo una mezcla (1:1, v/v) de tolueno y metil etil cetona (16,2 g) bajo agitación para disolver el residuo y producir una solución al 75 % de concentración; peso equivalente de olefina: 2594 (valor calculado); viscosidad: 121 Pas (121P) (Brookfield Cap 2000; n.º de husillo: 6; rpm: 100). El producto era un politioéter terminado en maleimida.

### Ejemplo 3

#### Composición selladora

35

El prepolímero terminado en maleimida del Ejemplo 2 (18,68 g, 0,0072 equivalentes) se cargó en una cubeta de mezcla (tamaño: 60 g; mezclador Hauschild, modelo: DAC 600FVZ). Se cargó carbonato de calcio (Socal® N2R; 16,53 g) en tres porciones; cada carga se siguió mezclando en un mezclador Hauschild durante 30 segundos. El contenido se mezcló en un mezclador Hauschild (dos veces durante 4 min.), se mezcló a mano y se mezcló de nuevo en el mezclador Hauschild durante 4 min. La mezcla se dejó abierta durante 1,5 h para evaporar los disolventes. Se añadió un politioéter protegido con mercaptano de funcionalidad 2,21 (10,28 g, 0,0065 equivalentes) y otro politioéter protegido con mercaptano de funcionalidad 2,8 (1,14 g, 0,0007 equivalentes; ambos polímeros están disponibles en PPG Aerospace). El contenido se mezcló a mano, se mezcló en el mezclador Hauschild durante 30 segundos, y se preparó una muestra de ensayo con dimensiones aproximadas de 7,62 centímetros (3 pulgadas) por 12,7 centímetros (5 pulgadas). La muestra de ensayo se sometió a un ciclo de curado de 20 h a temperatura ambiente, 9 h a 60 °C y 16 h a 93 °C. El sellador curado tenía las siguientes propiedades; dureza: 57 (Shore A); resistencia a la tracción: 4,8 MPa (693 psi); alargamiento: 413 %.

### Ejemplo 4

50

#### Composición selladora

El prepolímero terminado en maleimida del Ejemplo 2 (11,63 g) se cargó en una cubeta de mezcla (tamaño: 60 g; mezclador Hauschild;S modelo: DAC 600FVZ). Se cargó carbonato de calcio (Socal® N2R; 19,27 g) en tres porciones; cada carga se siguió mezclando en un mezclador Hauschild durante 30 segundos. El contenido se mezcló en un mezclador Hauschild (dos veces durante 4 minutos), se mezcló a mano y se mezcló de nuevo en el mezclador Hauschild durante 4 min. La mezcla se dejó abierta durante 1,5 h para evaporar los disolventes. Se añadió una politioéter protegido con mercaptano (20,18 g, Permapol® 3.1E disponible en PPG Aerospace). El contenido se mezcló a mano, se mezcló en el mezclador Hauschild durante 30 segundos, y se preparó una muestra de ensayo con dimensiones aproximadas de 7,62 centímetros (3 pulgadas) por 12,7 centímetros (5 pulgadas). La muestra de ensayo se sometió a un ciclo de curado de 2 días a temperatura ambiente, y de 1 día a 60 °C. El sellador curado tenía las siguientes propiedades; dureza: 62 (Shore A); resistencia a la tracción: 4,7 MPa (682 psi); alargamiento: 420 %.

**Ejemplo comparativo 1****Composición selladora con politioéter terminado en tiol**

5 Una composición selladora comparativa se preparó usando el procedimiento descrito en el Ejemplo 14 de la Patente de EE.UU. n.º. 6.172.179.

10 En un matraz de 2 l, se mezclaron 524,8 g (3,32 mol) de dietilenglicol éter divinil glicol (DEG-DVE) y 706,7 g (3,87 moles) de dimercaptodioxaoctano (DMDO) con 19,7 g (0,08 mol) de trialilcianurato (TAC) y se calentaron a 77 °C. A la mezcla de reacción calentada se añadió 4,6 g (0,024 mol) de un catalizador de radicales libres de azobisnitrilo (Vazo®67 [2,2'-azobis(2-metilbutironitrilo), disponible en el mercado en DuPont.). La reacción transcurrió sustancialmente hasta su finalización después de 2 horas para proporcionar 1.250 g (0,39 mol, rendimiento 100 %) de una resina líquida de politioéter que tiene una T<sub>g</sub> de -68 °C y una viscosidad de 6,5 Pas (65 poise). La resina era ligeramente de color amarillo y tenía bajo olor.

15 Una composición selladora que incluye el polímero de politioéter DMDO/DEG-DVE estaba compuesta de la siguiente manera (cantidades en partes en peso (pep)): 100 partes en peso del politioéter preparado en el párrafo anterior; 60 pep de carbonato de calcio; 1 pep de óxido de magnesio; 1 pep de resina fenólica; 1 pep de DMP-30 y 3 pep de alcohol isopropílico.

20 La composición de polímero de politioéter compuesto se mezcló con un agente de curado de resina epoxi que consiste en 22 % en peso de epoxi novalac, 34 % en peso de epoxi hidantoína, 34 % en peso de carbonato de calcio, 5 % en peso de negro de carbono y 5 % en peso de promotor de adhesión, en una relación en peso 10:1 y se curó a temperatura ambiente y humedad. Las siguientes propiedades físicas se obtuvieron para la composición curada: dureza de curado a 25 °C de 60 Shore A; resistencia a la tracción en la rotura 3,8 MPa (550 psi) alargamiento en la rotura 600 %; resistencia al desgarro de muesca 100 p/l; la flexibilidad a baja temperatura pasa el ensayo de flexibilidad a baja temperatura AMS 3267 §4.5.4.7.

25

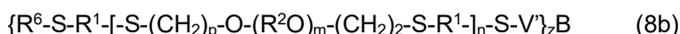
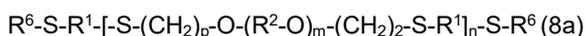
## REIVINDICACIONES

1. Un aducto de maleimida que contienen azufre y que comprende al menos dos grupos maleimida terminales.

5 2. El aducto de la reivindicación 1, en el que el aducto de maleimida que contiene azufre comprende un politioéter, un polisulfuro, un poliformal que contiene azufre y una combinación de cualquiera de los anteriores.

3. El aducto de la reivindicación 1, en donde el aducto comprende un aducto de politioéter maleimida de Fórmula (8a), un aducto de politioéter maleimida de Fórmula (8b) o una combinación de los mismos:

10



15 en las que:

cada  $R^1$  comprende independientemente alcanodiilo  $C_{2-10}$ , cicloalcanodiilo  $C_{6-8}$ , alcanocicloalcanodiilo  $C_{6-10}$ , heterocicloalcanodiilo  $C_{5-8}$  y  $-[(-CHR^3-)_s-X-]_q-(-CHR^3-)_r-$ , en la que:

20

s es un número entero de 2 a 6;  
q es un número entero de 1 a 5;  
r es un número entero de 2 a 10;

25

cada  $R^3$  se selecciona independientemente entre hidrógeno y metilo y  
cada X se selecciona independientemente entre -O-, S y -NR-, en donde R se selecciona entre hidrógeno y metilo;  
cada  $R^2$  comprende independientemente alcanodiilo  $C_{1-10}$ , cicloalcanodiilo  $C_{6-8}$ , alcanocicloalcanodiilo  $C_{6-14}$  y  $-[(-CHR^3-)_s-X-]_q-(-CHR^3-)_r-$ , en la que s, q, r,  $R^3$  y X son como se definen para  $R^1$ ;

30

m es un número entero de 0 a 50;  
n es un número entero de 1 a 60;  
p es un número entero de 2 a 6;

35

B representa un núcleo de un agente polifuncionalizante  $B(-V)_z$  z-valente terminado en vinilo, en el que:  
z es un número entero de 3 a 6 y  
cada V es un grupo que comprende un grupo reactivo con grupos tiol y  
cada -V'- se obtiene de la reacción de -V con un tiol y  
cada  $R^6$  es independientemente un resto que comprende un grupo maleimida terminal.

40

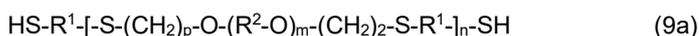
4. El aducto de la reivindicación 1, en donde el aducto comprende los productos de reacción de los reactivos que comprenden:

45

(a) un polímero que contiene azufre y  
(b) un compuesto que tiene un grupo maleimida terminal y un grupo que es reactivo con un grupo terminal del polímero que contiene azufre.

50

5. El aducto de la reivindicación 4, en el que el polímero que contiene azufre comprende un politioéter terminado en tiol que comprende un politioéter terminado en tiol de Fórmula (9a), un politioéter terminado en tiol de Fórmula (9b) o una combinación de los mismos:



55

en las que:

cada  $R^1$  comprende independientemente alcanodiilo  $C_{2-10}$ , cicloalcanodiilo  $C_{6-8}$ , alcanocicloalcanodiilo  $C_{6-14}$ , heterocicloalcanodiilo  $C_{5-8}$  o

60



en la que:

65

s es un número entero de 2 a 6;  
q es un número entero F de 1 a 5;  
r es un número entero de 2 a 10;

cada R<sup>3</sup> se selecciona independientemente entre hidrógeno y metilo y  
 cada X se selecciona independientemente entre -O-, S y -NR-, en donde R se selecciona entre hidrógeno y metilo;

5 cada R<sup>2</sup> comprende independientemente alcanodiilo C<sub>1-10</sub>, cicloalcanodiilo C<sub>6-8</sub>, alcanocicloalcanodiilo C<sub>6-14</sub> o  $[-(\text{CHR}^3)_s\text{-X}]_q\text{-}(\text{CHR}^3)_r\text{-}$ , en la que s, q, r, R<sup>3</sup> y X son como se definen para R<sup>1</sup>;

m es un número entero de 0 a 50;

n es un número entero de 1 a 60;

p es un número entero de 2 a 6;

10

B representa un núcleo de un agente polifuncionalizante B(-V)<sub>z</sub> z-valente terminado en vinilo, en el que:

z es un número entero de 3 a 6 y

cada -V es un grupo que comprende un grupo terminal reactivo con grupos tiol y

15

cada -V' se obtiene de la reacción de -V con un tiol.

6. El aducto de la reivindicación 4, en el que un compuesto que tiene un grupo maleimida terminal y un grupo que es reactivo con un grupo terminal del polímero que contiene azufre comprende 1,1'-(metilenodi-4,1-fenileno)bismaleimida.

20

7. Una composición que comprende:

(a) un polímero que contiene azufre que comprende al menos dos grupos terminales reactivos con grupos maleimida y

25

(b) un compuesto que tiene al menos dos grupos maleimida.

8. La composición de la reivindicación 7, en la que

- el compuesto que tiene al menos dos grupos maleimida comprende 1, 1'-(metilenodi-4,1-fenileno)bismaleimida o

30

- el compuesto que tiene al menos dos grupos maleimida comprende el aducto de la reivindicación 1 o

- el polímero que contiene azufre comprende un politioéter.

9. Una composición que comprende:

35

(a) el aducto de maleimida que contiene azufre de la reivindicación 1 y

(b) un agente de curado que comprende al menos dos grupos terminales que son reactivos con grupos maleimida.

40

10. La composición de la reivindicación 9, en la que el agente de curado comprende

(a) un polímero que contiene azufre que comprende al menos dos grupos terminales reactivos con grupos maleimida, un tiol monomérico, un politiol o una combinación de cualquiera de los anteriores. o

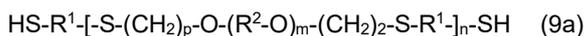
45

b) comprende un polímero que contiene azufre que comprende al menos dos grupos terminales reactivos con grupos maleimida.

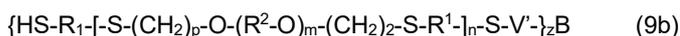
11. La composición de la reivindicación 10(b), en la que el polímero que contiene azufre comprende un politioéter.

12. La composición de la reivindicación 11, en la que el politioéter que contiene azufre comprende un politioéter terminado en tiol que comprende un polímero de politioéter terminado en tiol de Fórmula (9a), un polímero de politioéter terminado en tiol de Fórmula (9b) o una combinación de los mismos:

50



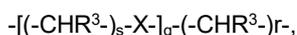
55



en las que:

cada R<sup>1</sup> comprende independientemente alcanodiilo C<sub>2-10</sub>, cicloalcanodiilo C<sub>6-8</sub>, alcanocicloalcanodiilo C<sub>6-14</sub>, heterocicloalcanodiilo C<sub>5-8</sub> o

60



en la que:

65

s es un número entero de 2 a 6;

q es un número entero de 1 a 5;  
r es un número entero de 2 a 10;

5 cada R<sup>3</sup> se selecciona independientemente entre hidrógeno y metilo y  
cada X se selecciona independientemente entre -O-, S y -NR-, en donde R se selecciona entre hidrógeno y metilo;

cada R<sup>2</sup> comprende independientemente alcanodiilo C<sub>1-10</sub>, cicloalcanodiilo C<sub>6-8</sub>, alcanocicloalcanodiilo C<sub>6-14</sub> o -[(-CHR<sup>3</sup>-)<sub>s</sub>-X]<sub>q</sub>-(-CHR<sup>3</sup>-)<sub>r</sub>, en la que s, q, r, R<sup>3</sup> y X son como se definen para R<sup>1</sup>;

10 m es un número entero de 0 a 50;  
n es un número entero de 1 a 60;  
p es un número entero de 2 a 6;

15 B representa un núcleo de un agente polifuncionalizante B(-V)<sub>z</sub> z-valente terminado en vinilo, en el que:

z es un número entero de 3 a 6 y

cada V es un grupo que comprende un grupo terminal reactivo con grupos tiol y  
cada -V'- se obtiene de la reacción de -V con un tiol.

20 13. La composición de la reivindicación 9 que comprende:

- 25 (a) el aducto de maleimida que contiene azufre de la reivindicación 1;  
b) un polímero que contiene azufre que comprende al menos dos grupos terminales reactivos con grupos maleimida y  
(c) un compuesto monomérico que tiene al menos dos grupos maleimida.

14. Un sellador que comprende el aducto de maleimida que contiene azufre de la reivindicación 1, en donde el sellador está opcionalmente curado.