

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 894 227**

51 Int. Cl.:

**C01F 7/06** (2006.01)

**C23F 14/02** (2006.01)

**C02F 5/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.12.2014 PCT/US2014/071798**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.07.2015 WO15100196**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.12.2014 E 14827361 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.07.2021 EP 3087032**

54 Título: **Método de reducción de sarro en el proceso de Bayer**

30 Prioridad:

**24.12.2013 US 201361920542 P**

**21.10.2014 US 201462066615 P**

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

**14.02.2022**

73 Titular/es:

**CYTEC INDUSTRIES INC. (100.0%)  
504 Carnegie Center  
Princeton, NJ 08540 , US**

72 Inventor/es:

**CYWAR, DOUGLAS A.;  
CALBICK, CHESTER J.;  
KULA, FRANK;  
STIGERS, DANNON y  
TAYLOR, MATTHEW**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 894 227 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

Método de reducción de sarro en el proceso de Bayer

## 5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Campo de la invención. Esta invención se refiere a métodos de prevención o reducción de sarro que contiene aluminosilicato en una corriente de proceso de recuperación de alúmina.

10 Descripción de la técnica relacionada. Hay dos procesos para recuperar alúmina de mineral de bauxita sin procesar, o bauxita; concretamente, el proceso de Bayer y el proceso de sinterización. Esto incluye mezclas de esos dos procesos, así como modificaciones de cada proceso.

15 El proceso de Bayer es un proceso industrial usado para fabricar alúmina a partir de mineral de bauxita sin procesar, o bauxita. La bauxita está compuesta principalmente de óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ ), habitualmente denominado alúmina, así como óxido de hierro y otras impurezas, habitualmente conocidas como "lodo rojo" debido al color rojo provocado por el óxido de hierro. Estas impurezas adicionales presentes en cantidades escasas en mineral de bauxita sin procesar incluyen sílice, minerales de aluminosilicato y materiales orgánicos.

20 En el proceso de Bayer, en primer lugar, se calienta mineral de bauxita sin procesar molido o se digiere con una solución altamente cáustica denominada líquido de digestión. El líquido de digestión en general incluye una solución cáustica de hidróxido de sodio (NaOH) junto con líquido usado reciclado del proceso de precipitación de alúmina. Este proceso de disolución se emprende a temperaturas altas para disolver completamente todos los minerales que portan aluminio, especialmente trihidrato de alúmina (gibbsita) y monohidrato de alúmina (boehmita y/o diásporo),  
25 produciendo una solución supersaturada de aluminato de sodio ( $Al(OH)_4^- + Na^+$ ) o "líquido fértil". Los óxidos de hierro del lodo rojo permanecen sin disolver en este líquido de digestión y deben retirarse antes del aislamiento de la alúmina purificada.

30 Como se menciona anteriormente, los minerales de bauxita usados en el proceso de Bayer también contienen minerales de impureza que comprenden sílice en diversas formas y cantidades, dependiendo de la fuente de la bauxita. La solución cáustica usada para disolver los minerales de aluminio también disuelve parte de o todo el contenido de sílice de la bauxita, especialmente la sílice presente en forma de arcillas de aluminosilicato. Las concentraciones resultantes de sales disueltas en el líquido de digestión son muy altas, siendo las concentraciones de hidróxido de sodio típicamente 150 gramos/litro ("g/l") o mayores, y siendo las de alúmina disuelta típicamente 120 g/l o mayores.  
35 Algunos de los minerales de silicato se disuelven rápidamente en la etapa de digestión para formar soluciones que se supersaturan con sílice. Al menos parte de esta sílice disuelta entonces reacciona con el aluminato de sodio ( $Al(OH)_4^-$ ) presente en solución para formar silicatos de sodio y aluminio hidratados complejos insolubles, en general denominados productos de desilicación o "DSP".

40 Estos silicatos de sodio y aluminio hidratados insolubles complejos o DSP formados en el proceso de digestión deben retirarse del líquido de digestión junto con los sólidos de lodo rojo antes del aislamiento del producto de alúmina purificado en las etapas de precipitación y calcinación. La retirada del lodo rojo del líquido de digestión o fértil se consigue en general mediante una o más etapas de separación de sólido-líquido que implican sedimentación y/o  
45 filtración u otras técnicas de separación de sólidos/líquidos, muy a menudo con la ayuda de un floculante. A menudo, sustancialmente todos los sólidos se retiran del líquido de digestión; sin embargo, en algunos casos no pueden separarse cantidades escasas de sólidos del líquido. Algo de la sílice que permanece disuelta en el líquido fértil puede combinarse, en un punto posterior en el proceso después de retirar los sólidos, con iones de aluminato para formar minerales de aluminosilicato complejos insolubles tales como sodalita o cancranita, entonces tiene tendencia a precipitar sobre las superficies del equipo del proceso de Bayer como sarro mineral.

50 Después de la separación o filtración, el líquido fértil aclarado entonces se enfría y se inocula con trihidrato de alúmina para precipitar una porción de la alúmina disuelta en forma de trihidrato de alúmina ( $Al(OH)_3$ ), que entonces se aísla por sedimentación y/o filtración antes de calcinarse. Después de la etapa de precipitación de alúmina, la solución restante baja en sólidos (también denominado "líquido usado") se recalienta y se recicla a la etapa de digestión. Este  
55 proceso de calentamiento del líquido usado bajo en sólidos antes de su adición al mineral de bauxita en la etapa de digestión se denomina en la industria "proceso de corriente doble". Como el líquido usado aún contiene aluminato disuelto y aniones de silicato, el procesamiento adicional de este líquido, especialmente calentamiento, a menudo provoca depósito de sarro de aluminosilicato sobre la superficie del equipo del proceso de Bayer tal como intercambiadores de calor. Este proceso de formación de sarro plantea un problema importante para la industria,  
60 porque puede obstruir el equipo y afectar a la eficacia del proceso.

En plantas que hacen funcionar un "proceso de una sola corriente", se mezcla bauxita fresca con el líquido usado antes de ir a través de los intercambiadores de calor en el camino a la digestión. Por tanto, en proceso de una sola corriente, el líquido que se expone a las superficies del intercambiador de calor también contiene sólidos de lodo rojo originarios de la bauxita recién cargada. Por tanto, en procesos de una sola corriente, la corriente del proceso de Bayer que es propensa a formación de sarro ahora está contaminada con cantidades significativas de sólidos de lodo rojo

sin disolver (es decir, un contenido de sólidos significativamente mayor), lo que reduce notablemente la eficacia de los procesos de inhibición de sarro de la técnica anterior, tal como el proceso de corriente doble descrito anteriormente. Las cantidades de sólidos de lodo rojo sin disolver presentes en el líquido del intercambiador de calor en una planta de una sola corriente pueden ser como mucho 30-150 g/l o más, frente a 10 mg/l o menos en un proceso de corriente dobles de bajos sólidos. Por tanto, también hay una necesidad de métodos mejorados de inhibición de formación de sarro sobre la superficie de equipo de proceso de Bayer en plantas de una sola corriente.

En intercambiadores de calor usados para recalentar el líquido usado, las altas temperaturas aumentan la tasa de precipitación de aluminosilicato. Como resultado, se forman aluminosilicatos como sarro en las paredes interiores de los intercambiadores de calor y otro equipo del proceso asociado. El sarro está habitualmente en forma de sodalita o cancrinita, pero se pueden formar otros tipos de sarro de aluminosilicato. Este sarro tiene una baja conductividad térmica en comparación con el de las paredes de acero, provocando que la transferencia de calor se reduzca intensamente según se acumula sarro. La reducción en la transferencia de calor provocada por la formación de sarro de aluminosilicato también puede ser tan intensa que las unidades de intercambio de calor tengan que ponerse fuera de servicio y limpiarse frecuentemente, tan a menudo como cada una a dos semanas. Además del coste obvio del mantenimiento y el trabajo requeridos para limpiar el sarro de los intercambiadores de calor, el impacto del sarro sobre el equipo también puede observarse en el consumo de energía aumentado, los flujos de líquido reducidos, el rendimiento reducido, la evaporación reducida e incluso la producción reducida.

Como se describe anteriormente, en un proceso de corriente doble, el líquido usado se recalienta en intercambiadores de calor antes de ponerse en contacto con bauxita fresca. Por lo tanto, el líquido usado en una planta de corriente doble normalmente no contiene grandes cantidades (por ejemplo, >10 mg/l) de sólidos insolubles tales como sólidos de lodo rojo que pueden afectar de forma adversa al rendimiento de los inhibidores de sarro. Sin embargo, en plantas de una sola corriente (así como algunas plantas de corriente doble, especialmente las que emplean filtros de arena), los sólidos de lodo rojo pueden ser suficientemente grandes (por ejemplo, como mucho 50-150 mg/l) para afectar de forma adversa el rendimiento del inhibidor de sarro. Por tanto, también hay una necesidad de métodos mejorados de inhibición de formación de sarro sobre la superficie del equipo del proceso de Bayer en plantas de corriente doble donde los líquidos usados contienen sólidos sin disolver, particularmente mayores concentraciones de sólidos sin disolver.

El proceso de sinterización es una alternativa o auxiliar al proceso de Bayer, y se usa normalmente para el tratamiento de bauxitas que contienen alto contenido de sílice. En el proceso de sinterización, la bauxita (o "lodo rojo") se calcina a 1200 °C con sosa y/o cal antes de lixiviación con solución de NaOH, generando líquido de aluminato de sodio (también denominado normalmente "líquido verde supersaturado") y "lodo de sinterización" insoluble.

Los métodos de dosificación a granel (*in situ*) de aplicación de inhibidores de sarro que contienen grupos  $-\text{Si}(\text{OR})_n$  en el proceso de Bayer, en los que  $n = 1, 2$  o  $3$  son conocidos en la técnica. Dichos métodos *in situ* incluyen dosificar inhibidores de sarro "micromoleculares" que contienen grupos  $-\text{Si}(\text{OR})_n$  en el proceso de Bayer.

Además de dosificar inhibidores de sarro que contienen grupos  $-\text{Si}(\text{OR})_n$ , otras técnicas han incluido adición directa (dosificación a granel) de siliconatos de metilo y etilo a líquido de Bayer, así como una diversidad de otros compuestos tales como amonio, amina aromática, compuestos de amina, compuestos poliméricos de amonio cuaternario, polímeros de poliamina, copolímeros de ácido acrílico y acrilamida, y poliácridamidas. La dosificación a granel de partículas de sílice y la dosificación de polímeros solubles en agua con grupos ácido carboxílico en líquido de Bayer también es conocida.

Además de la dosificación a granel, otros métodos para la reducción de sarro de aluminosilicato en el proceso de Bayer incluyen un proceso de poner en contacto al menos una porción de al menos una superficie de al menos una pieza del equipo del proceso de Bayer con una composición de materia inhibidora de sarro en ausencia de cualquier líquido, en los que el inhibidor de sarro es un inhibidor de sarro "micromolecular" que contiene grupos  $-\text{Si}(\text{OR})_n$ .

Otro proceso muestra pretratamiento de superficies del equipo del proceso de Bayer con resinas epoxídicas/de uretano termoendurecible para inhibir la formación de sarro. Este proceso de recubrimiento implica una reacción de curado que es tanto trabajosa como lenta, y además requiere el uso de una resina de capa gruesa que podría comprometer la transferencia de calor.

Con respecto a procesos de una sola corriente, la publicación Spitzer *et al.*, MAX HT Sodalite scale inhibitor: Plant experience and impact on the process, LIGHT METALS (2008), pág. 57-62 describe el problema de ineficacia de inhibición de sarro en plantas de una sola corriente.

Ninguno de estos procesos de la técnica anterior resuelve completamente los problemas de tratamiento de corrientes del proceso de Bayer económicamente. Además, la bibliografía no aborda el problema de formación de sarro en procesos de una sola corriente. Por tanto, hay una necesidad de métodos mejorados de reducción o eliminación de sarro en el proceso de Bayer.

## SUMARIO DE LA INVENCION

La presente invención proporciona un método para reducir el sarro que contiene aluminosilicato en un proceso de Bayer. Este método incluye identificar una superficie del equipo del proceso de Bayer que está sujeta a formación de sarro durante el proceso de Bayer. La superficie de este equipo de proceso entonces se pone en contacto con una composición inhibidora de sarro en una cantidad eficaz para formar una superficie tratada que es más resistente a formación de sarro tras posterior contacto con una corriente del proceso de Bayer que una superficie sin tratar por lo demás comparable. La superficie pretratada del equipo entonces se pone en contacto con la corriente del proceso de Bayer.

En contraste con los métodos "*in situ*" de la técnica anterior de control del sarro, ahora se ha descubierto que, para controlar la formación de sarro de la superficie del equipo del proceso, no es necesario añadir un compuesto que contenga silicio que tenga uno o más grupos  $-\text{Si}(\text{OR})_n$  a la corriente del proceso de Bayer si la superficie del equipo de acero se pretrata en primer lugar con una solución del compuesto que contiene silicio en un líquido que tiene características específicas antes de exponerse a la corriente del proceso de Bayer. Sorprendentemente, la composición del líquido desempeña una función importante en el control de la formación de sarro. Ahora se ha descubierto que el líquido debe contener un nivel mínimo de sales disueltas para inhibir el sarro.

La composición inhibidora del sarro comprende un líquido que comprende una solución acuosa de una o más sales solubles en agua que contienen al menos aproximadamente un 0,004 % de sales disueltas totales (TDS) o un líquido que tiene un pH de aproximadamente 11,0 o mayor. El líquido comprende además un compuesto que contiene silicio que tiene grupos  $-\text{Si}(\text{OR})_n$ , en los que n es un número entero de 1 a 3. R puede ser H, alquilo  $\text{C}_1\text{-C}_{20}$  opcionalmente sustituido, arilo  $\text{C}_6\text{-C}_{12}$  opcionalmente sustituido, aralquilo  $\text{C}_7\text{-C}_{20}$  opcionalmente sustituido, alquenoilo  $\text{C}_2\text{-C}_{20}$  opcionalmente sustituido, ion metálico del grupo I, ion metálico del grupo II o  $\text{NR}^1_4$ ; en el que cada  $\text{R}^1$  se elige independientemente de H, alquilo  $\text{C}_1\text{-C}_{20}$  opcionalmente sustituido, arilo  $\text{C}_6\text{-C}_{12}$  opcionalmente sustituido, aralquilo  $\text{C}_7\text{-C}_{20}$  opcionalmente sustituido y alquenoilo  $\text{C}_2\text{-C}_{20}$  opcionalmente sustituido.

La solución acuosa de una o más sales solubles en agua preferiblemente contiene suficientes sólidos disueltos totales ("TDS") para aumentar la fuerza iónica de la composición inhibidora de sarro. La solución acuosa puede contener aproximadamente un 0,004 % o más, preferiblemente aproximadamente un 0,1 % o más, más preferiblemente al menos aproximadamente un 1,0 %, incluso más preferiblemente al menos aproximadamente un 2,0 %, incluso más preferiblemente al menos aproximadamente un 5,0 % y mucho más preferiblemente al menos aproximadamente un 10,0 % en peso de sales disueltas totales ("TDS").

Otro aspecto de esta divulgación se refiere a un método para reducir el sarro que contiene aluminosilicato en un proceso de Bayer, que incluye identificar una superficie del equipo del proceso de Bayer que está sujeta a formación de sarro durante el proceso de Bayer, en el que la superficie del equipo del proceso de Bayer identificada se pone en contacto con una composición inhibidora de sarro como se describe anteriormente en una cantidad eficaz para formar una superficie tratada que es más resistente a la formación de sarro tras posterior contacto con una corriente del proceso de Bayer que una superficie sin tratar por lo demás comparable, y después poner en contacto la superficie con la corriente del proceso de Bayer, en el que los sólidos suspendidos en la corriente del proceso de Bayer pueden estar presentes en una cantidad de aproximadamente un 0,01 % a aproximadamente un 60 % en peso, basado en el peso total de la corriente del proceso de Bayer.

Estas y otras realizaciones se describen en mayor detalle a continuación.

## DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La expresión "líquido del proceso de Bayer" y expresiones similares se usan en este documento de una manera coherente con su significado habitual como entienden los expertos en la materia del proceso de Bayer. Por tanto, líquido del proceso de Bayer se refiere a diversas soluciones que contienen alúmina presentes en el proceso de Bayer.

La expresión "corriente del proceso de Bayer" y expresiones similares se usan en este documento de una manera coherente con su significado habitual como entienden los expertos en la materia del proceso de Bayer. Por tanto, corriente del proceso de Bayer se refiere a una corriente de proceso a partir de la que se produce alúmina.

La expresión "líquido usado del proceso de Bayer" o "líquido usado" y expresiones similares se usan en este documento de una manera coherente con su significado habitual como entienden los expertos en la materia y, por tanto, incluyen corrientes de líquido del proceso de Bayer que quedan después de que la alúmina soluble se haya precipitado parcial o completamente como trihidrato de alúmina sólido del líquido. Después de la disolución de la alúmina de la bauxita y la retirada del material residual insoluble de la corriente del proceso, la alúmina soluble se precipita como trihidrato de alúmina sólido, y la solución cáustica restante o líquido usado entonces típicamente se recicla de nuevo a fases previas en el proceso y se usan para tratar bauxita fresca. El líquido usado a menudo tiene una relación baja de concentración de alúmina a concentración cáustica en el líquido.

La expresión "líquido fértil del proceso de Bayer" y expresiones similares se usan en este documento de una manera coherente con su significado habitual como entienden los expertos en la materia y, por tanto, incluyen líquido del proceso de Bayer después de digestión y antes de precipitación. El líquido fértil típicamente tiene una relación alta de concentración de alúmina a concentración cáustica en el líquido.

5 La expresión "líquido evaporado del proceso de Bayer" y expresiones similares se usan en este documento de una manera coherente con su significado habitual como entienden los expertos en la materia y, por tanto, incluyen líquido usado que se ha evaporado hasta una mayor concentración cáustica.

10 La expresión "líquido sintético de Bayer" o SBL se refiere a un líquido usado para experimentación de laboratorio que tiene una composición con respecto a alúmina, sosa y sustancia cáustica que es representativa del líquido del proceso de Bayer.

15 El término "líquido" como se usa en este documento se refiere a una solución acuosa de una o más sales solubles en agua que contiene al menos un 0,004 % en peso de sales disueltas totales (TDS). La solución acuosa puede tener un pH de aproximadamente 11,0 o por encima con o sin algún nivel de sal presente.

"Amina", como se usa en este documento, se refiere a una molécula que contiene uno o más átomos de nitrógeno y que tiene al menos un grupo amina secundaria o amina primaria. Las aminas incluyen monoaminas tales como metilamina, etilamina, octilamina, dodecilamina y poliaminas, definidas en este documento a continuación.

20 El término "poliamina" y términos similares se usan en este documento de una manera coherente con su significado habitual como entienden los expertos en la materia y, por tanto, incluyen compuestos que tienen al menos dos unidades amina. El término incluye diaminas, triaminas, tetraminas, pentaminas y hexaminas simples, así como moléculas con mayor peso molecular tales como polietilenimina, que puede tener un peso molecular de muchos miles o decenas de miles o incluso mayor. Por ejemplo, una poliamina puede incluir una unidad de fórmula  $-(CH_2)_r-NR^a-$ , donde r es un número entero en el intervalo de 1 a aproximadamente 20 y cada  $R^a$  es independientemente H, alquilo  $C_1-C_{20}$  opcionalmente sustituido, arilo  $C_6-C_{12}$  opcionalmente sustituido, aralquilo  $C_7-C_{20}$  opcionalmente sustituido o alquenoilo  $C_2-C_{20}$  opcionalmente sustituido. La poliamina puede comprender un resto  $(NR^b)_2-J^a-(NR^b)_2$ , en el que  $J^a$  es un fragmento hidrocarbilo opcionalmente sustituido que tiene de aproximadamente 2 a aproximadamente 40 carbonos; y cada  $R^b$  es independientemente H, alquilo  $C_{1-8}$  opcionalmente sustituido o arilo  $C_6-10$  opcionalmente sustituido. En una realización, el fragmento hidrocarbilo  $J^a$  es alquilo  $C_2-C_{20}$  opcionalmente sustituido, grupo alquenoilo  $C_2-C_{20}$  opcionalmente sustituido o arilo  $C_6-C_{20}$  opcionalmente sustituido. En una realización, la poliamina es una diamina alifática  $C_6-C_{20}$ . Ejemplos de otras poliaminas adecuadas incluyen polietilenimina, trietilentetramina, tetraetilenpentamina, pentaetilenhexamina, 1,2-diaminoetano, 1,3-diaminopropano, diaminobutanos tales como 1,4-diaminobutano, diaminopentanos tales como 1,5-diaminopentano, diaminohexanos tales como 1,5-diaminohexano, 2-metil-4,4-dimetil-1,6-hexanodiamina, 2,2,4-trimetil-1,6-hexanodiamina, 1,8-diaminooctano, diaminoisoforona aminoanilina y aminometilbencilamina, y productos de reacción de monoaminas (por ejemplo, amoniaco, metilamina o dimetilamina) con epiclorhidrina, bisepóxidos o dicloruro de etileno.

40 El término "polímero" y términos similares se usan en este documento de una manera coherente con su significado habitual como entienden los expertos en la materia y, por tanto, incluyen compuestos químicos formados combinando pequeñas moléculas conocidas como monómeros en una cadena o red unida covalentemente. Estos polímeros pueden contener unidades estructurales recurrentes que contienen cada una dos o más átomos. Muchos polímeros tienen pesos moleculares altos de aproximadamente 500 o mayores, mientras que algunos polímeros pueden tener pesos moleculares de menos de 500. Los pesos moleculares son pesos moleculares promedio en peso determinados por cromatografía por exclusión de tamaño a alta presión (también denominada cromatografía de filtración en gel) usando detección de dispersión de la luz, salvo que se indique de otro modo. El término "polímero" incluye oligómeros, copolímeros y homopolímeros.

50 Los términos "hidrocarburo" e "hidrocarbilo" son términos amplios que se usan en este documento en el sentido habitual entendido por los expertos en la materia y, por tanto, incluyen compuestos orgánicos o radicales que consisten exclusivamente en los elementos carbono e hidrógeno. Estos restos incluyen restos alquilo, alquenoilo, alquenoilo, alquenoilo y arilo. Estos restos también incluyen restos alquilo, alquenoilo, alquenoilo y arilo sustituidos con otros grupos hidrocarbonados alifáticos o cíclicos, tales como alcarilo, alquenoarilo y alquinarilo. Salvo que se indique de otro modo, estos restos preferiblemente tiene de 1 a 40 átomos de carbono. Los radicales hidrocarbilo pueden sustituirse con diversos grupos que no consisten exclusivamente en los elementos carbono e hidrógeno y, por tanto, un radical hidrocarbilo sustituido puede contener uno o más heteroátomos tales como oxígeno y/o nitrógeno.

60 El término "sustituido", esté precedido o no por el término "opcionalmente", es un término amplio que se usa en este documento en su sentido habitual como entienden los expertos en la materia. "Sustituido", por tanto, incluye el remplazo de uno o más radicales hidrógeno en una estructura dada con uno o más grupos sustituyentes, que pueden ser cualquier sustituyente orgánico permisible de la estructura dada. Ejemplos de sustituyentes que pueden ser permisibles para una estructura dada incluyen hidróxido; alquilo  $C_{1-10}$ ; alquenoilo  $C_{1-10}$ ; alilo; halógeno; haloalquilo  $C_{1-10}$ ; alcoxi  $C_{1-10}$ ; hidroxialquilo  $C_{1-10}$ ; carboxi; carboalcoxi  $C_{1-10}$  (también denominado alcoxicarbonilo); carboxialcoxi  $C_{1-10}$ ; carboxamido  $C_{1-10}$  (también denominado alquilaminocarbonilo); ciano; formilo; acilo  $C_{1-10}$ ; nitro; amino; alquilamino  $C_{1-10}$ .

10; dialquilamino C<sub>1-10</sub>; anilino; mercapto; alquiltio C<sub>1-10</sub>; sulfóxido; sulfona; acilamino C<sub>1-10</sub>; amidino; fenilo; bencilo; heteroarilo; heterociclo; fenoxi; benzoilo; benzoilo sustituido con amino, hidroxilo, metoxi, metilo o halo; benciloxi y heteroariloxi. Cuando el grupo sustituido contiene un segmento alquilo, dos átomos de hidrógeno en el mismo átomo de carbono pueden remplazarse por un solo sustituyente con doble enlace al átomo de carbono (por ejemplo, oxo (=O)).

"Alquilamina" significa un grupo donde los átomos de hidrógeno de amoniaco están sustituidos con grupos alquilo.

La expresión "producto de reacción" se usa en este documento para indicar la composición resultante de la reacción de dos o más reactantes.

Los términos "alquilo" y "alcoxi", como se usan en este documento, se refieren a la estructura de OX<sup>a</sup> donde X<sup>a</sup> es un hidrocarburo y O es oxígeno. "Monoalquilo" significa que fijado a un átomo de silicio hay un grupo alquilo. "Dialquilo" significa que fijado a un átomo de silicio hay dos grupos alquilo. "Tri-alquilo" significa que fijado a un átomo de silicio hay tres grupos alquilo.

"Alquilenos" significa un hidrocarburo alifático insaturado con uno o más dobles enlaces carbono-carbono.

#### Métodos de reducción de sarro que contiene aluminosilicato

Ahora se ha descubierto que tratando la superficie de una pieza del equipo del proceso de Bayer con una composición inhibidora de sarro antes de que esa superficie se ponga en contacto con una corriente del proceso de Bayer, puede conseguirse inhibición del sarro a dosificaciones más económicas. Aunque este método de inhibición de sarro puede usarse junto con otros métodos conocidos, a diferencia de otros métodos que implican añadir directamente o dosificar agentes inhibidores de sarro a la corriente del proceso de Bayer (es decir, los métodos "*in situ*"), la dosis mínima de inhibidor de sarro requerida para evitar la formación de sarro sobre las superficies del equipo del proceso en el presente método se reduce significativamente. Este método de tratamiento de la superficie del equipo con composición inhibidora de sarro antes de la exposición a o contacto con una corriente del proceso de Bayer es particularmente útil en plantas de una sola corriente donde el líquido contiene niveles altos de sólidos de lodo rojo suspendidos antes de discurrir a través del intercambiador de calor, así como en plantas de corriente doble donde la corriente del proceso de Bayer puede ser un líquido de Bayer contaminado con sólidos tales como sólidos de lodo rojo.

El método para reducir el sarro que contiene aluminosilicato en un proceso de Bayer puede incluir la identificación o selección de una superficie del equipo del proceso de Bayer que está sujeta a la formación de sarro durante el proceso de Bayer. La superficie del equipo del proceso de Bayer seleccionada entonces se pone en contacto con una composición inhibidora de sarro en una cantidad que es eficaz para formar una superficie tratada que es más resistente a formación de sarro tras posterior contacto con una corriente del proceso de Bayer que una superficie sin tratar por lo demás comparable. La superficie tratada posteriormente se pone en contacto con la corriente del proceso de Bayer.

En procesos de acuerdo con la presente invención, la corriente del proceso de Bayer puede incluir una cantidad de un sólido suspendido en el intervalo de aproximadamente un 0,01 % a aproximadamente un 60 % en peso, basado en el peso total de la corriente del proceso de Bayer.

Diversas partes de la superficie del equipo del proceso de Bayer pueden estar sujetas a la formación de sarro. Por ejemplo, puede formarse sarro en la superficie de tuberías de interconexión, recipientes, intercambiadores de calor, válvulas, bombas y otro equipo usado en un proceso de Bayer. La superficie puede estar hecha de diversos materiales. En algunas realizaciones, la superficie puede ser de acero inoxidable. En otras realizaciones, la superficie puede ser acero al carbono.

Poner en contacto la superficie identificada del equipo del proceso de Bayer con la composición inhibidora de sarro puede realizarse usando diversos métodos. En algunas realizaciones, la composición inhibidora de sarro puede fluir a través de y entrar en contacto con la superficie del proceso de Bayer identificada con agitación. En otras realizaciones, el método de contacto puede incluir hacer recircular la composición inhibidora de sarro a través del equipo del proceso de Bayer. Otros métodos de contacto con la superficie incluyen, aunque sin limitación, cepillado, remojo y/o inmersión de la superficie identificada con la composición inhibidora de sarro específica.

Cuando la superficie del equipo del proceso de Bayer se pone en contacto con la composición inhibidora de sarro, puede aplicarse algo de agitación o flujo de la composición inhibidora de sarro durante el periodo de tratamiento.

La superficie del equipo del proceso de Bayer puede tratarse con la composición inhibidora de sarro una o más veces antes de la exposición a la corriente del proceso de Bayer. Por ejemplo, la composición inhibidora de sarro puede entrar en contacto con la superficie del equipo del proceso de Bayer una o más veces, o la superficie del equipo del proceso de Bayer puede cepillarse con la composición inhibidora de sarro una o más veces.

Cuando se usa una composición inhibidora de sarro para tratar la superficie del equipo del proceso de Bayer, el tiempo de tratamiento puede variar de aproximadamente 1 minuto a aproximadamente 24 horas. En algunas realizaciones, el

tiempo de tratamiento puede variar de aproximadamente 4 horas a aproximadamente 6 horas. En algunas realizaciones, el tiempo de tratamiento puede variar de aproximadamente 0,5 horas a aproximadamente 4 horas.

5 El tratamiento de la superficie identificada del equipo del proceso de Bayer con una composición inhibidora de sarro puede realizarse a diferentes temperaturas dependiendo del tipo y cantidad de composición inhibidora de sarro, estructura del compuesto que contiene silicio y tiempo de tratamiento. En algunas realizaciones, la etapa de tratamiento puede realizarse a temperatura ambiente; en otras, a una temperatura elevada. En algunas realizaciones, la etapa de tratamiento puede realizarse a una temperatura de aproximadamente 20 °C a aproximadamente 200 °C. En algunas realizaciones, la etapa de tratamiento puede realizarse a una temperatura de aproximadamente 50 °C a aproximadamente 150 °C. En algunas realizaciones, la etapa de tratamiento puede realizarse a una temperatura de aproximadamente 70 °C a aproximadamente 125 °C. En algunas realizaciones, la etapa de tratamiento puede realizarse a una temperatura de aproximadamente 90 °C a aproximadamente 105 °C. En algunas realizaciones, la etapa de tratamiento puede realizarse a aproximadamente 100 °C o menos. Los expertos en la materia reconocen que, dependiendo del punto de ebullición de la composición inhibidora de sarro, temperaturas de tratamiento por encima de aproximadamente 100 °C en general implican presurizar el equipo del proceso de Bayer (por ejemplo, como se ilustra en los ejemplos a continuación). La superficie tratada entonces puede ponerse en contacto con la corriente del proceso de Bayer con o sin aclarado y/o secado.

20 La superficie del equipo del proceso de Bayer puede limpiarse antes de exponerse a la composición inhibidora de sarro. En algunas realizaciones, la superficie del equipo del proceso de Bayer puede fregarse, cepillar o limpiarse con ácido para retirar cualquier sarro mineral que pueda haberse depositado previamente sobre la superficie antes de exponerse a la composición inhibidora de sarro.

#### 25 Composición inhibidora de sarro

30 Pueden usarse diversas composiciones inhibidoras de sarro como se describe en este documento, para pretratar el equipo del proceso de recuperación de alúmina. Por ejemplo, en una realización, la composición inhibidora de sarro puede comprender un líquido que tiene una solución acuosa de una o más sales solubles en agua y un compuesto que contiene silicio que tiene grupos  $-\text{Si}(\text{OR})_n$ ; en los que n es un número entero en el intervalo de 1 a 3. En algunas realizaciones, n es 3. R es H, alquilo  $\text{C}_1\text{-C}_{20}$  opcionalmente sustituido, arilo  $\text{C}_6\text{-C}_{12}$  opcionalmente sustituido, aralquilo  $\text{C}_7\text{-C}_{20}$  opcionalmente sustituido, alqueno  $\text{C}_2\text{-C}_{20}$  opcionalmente sustituido, ion metálico del grupo I, ion metálico del grupo II o  $\text{NR}^1_4$ ; en el que cada  $\text{R}^1$  se elige independientemente de H, alquilo  $\text{C}_1\text{-C}_{20}$  opcionalmente sustituido, arilo  $\text{C}_6\text{-C}_{12}$  opcionalmente sustituido, aralquilo  $\text{C}_7\text{-C}_{20}$  opcionalmente sustituido y alqueno  $\text{C}_2\text{-C}_{20}$  opcionalmente sustituido.

35 La solución acuosa de sales solubles en agua preferiblemente contiene suficientes sólidos disueltos totales (TDS) para aumentar la fuerza iónica de la composición inhibidora de sarro. La solución acuosa de sales solubles en agua preferiblemente contiene al menos aproximadamente un 0,004 %, más preferiblemente al menos aproximadamente un 0,01 %, más preferiblemente al menos aproximadamente un 0,1 %, más preferiblemente al menos aproximadamente un 1,0 %, más preferiblemente al menos aproximadamente un 2,0 %, incluso más preferiblemente al menos aproximadamente un 5,0 % y mucho más preferiblemente al menos aproximadamente un 10,0 % en peso de sales disueltas totales.

45 En algunas realizaciones, la solución acuosa de una o más sales solubles en agua puede ser un líquido del proceso de Bayer. Cuando la solución acuosa de una o más sales solubles en agua es líquido del proceso de Bayer, en algunas realizaciones el líquido es líquido usado del proceso de Bayer. En otras realizaciones, el líquido es líquido evaporado del proceso de Bayer. En otras realizaciones, el líquido es líquido fértil del proceso de Bayer.

50 Las sales disueltas son sales de ácidos minerales y orgánicos y compuestos básicos. Las sales tienen suficiente solubilidad en agua para aumentar la fuerza iónica de la solución acuosa. Las sales pueden incluir uno o más cationes y uno o más aniones. Ejemplos de cationes adecuados incluyen litio, sodio, potasio, magnesio, calcio y aluminio. Se prefiere sodio. Ejemplos de aniones incluyen fluoruro, cloruro, bromuro, acetato, aluminato, silicato, sulfato, nitrato, fosfato, borato, bromato, carbonato, clorato, hidróxido y bicarbonato. Sales preferidas contienen iones habitualmente encontrados en líquidos del proceso de Bayer, tales como sodio, calcio, hidróxido, aluminato, sulfato y carbonato.

55 La concentración de sales solubles en agua o la fuerza iónica de la solución acuosa puede variar dependiendo del tipo de composición inhibidora de sarro, la estructura del compuesto que contiene silicio usado y la corriente del proceso de Bayer, pero en general es mayor que la de agua pura o desionizada.

60 El pH de la solución acuosa puede variar dependiendo de los iones en la solución y la estructura del compuesto que contiene silicio usado en la composición inhibidora de sarro. En algunas realizaciones, el pH de la solución acuosa puede variar de aproximadamente 3 a aproximadamente 14 o más. En algunas realizaciones, el pH de la solución acuosa puede variar de aproximadamente 4 a aproximadamente 14. En algunas realizaciones, el pH de la solución acuosa puede variar de aproximadamente 5 a aproximadamente 14. En algunas realizaciones, el pH de la solución acuosa puede variar de aproximadamente 12 a aproximadamente 14. En algunas realizaciones, el pH de la solución acuosa puede ser aproximadamente 7 o mayor con alguna sal presente. En algunas realizaciones en ausencia de sal, el pH de la solución acuosa puede ser aproximadamente 11 o mayor. En algunas realizaciones, el pH de la solución

acuosa puede ser aproximadamente 12 o mayor en ausencia de sal. En algunas realizaciones, el pH de la solución acuosa puede ser el del líquido del proceso de Bayer (es decir, aproximadamente 13,5 o mayor).

Además, en algunas realizaciones de la invención, no se requiere que sales adicionales, sobre y por encima de las necesarias para ajustar el pH, estén presentes en el líquido de tratamiento. Por ejemplo, puede usarse NaOH acuoso como líquido de tratamiento sin la adición de otras sales diferentes. Cuando no hay sales adicionales presentes, el pH es preferiblemente aproximadamente 10,5 o mayor, más preferiblemente aproximadamente 11,0 o mayor. Cuando hay sales adicionales presentes, el pH puede optimizarse dentro de un intervalo más amplio para resultados beneficiosos. Cuando hay sales adicionales presentes, se prefieren pH alcalinos de los mayores de aproximadamente 7.

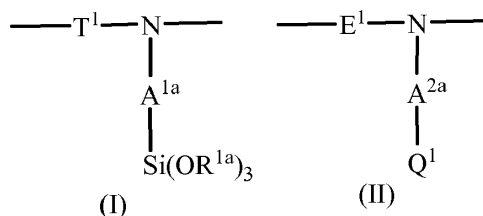
#### Compuesto que contiene silicio

Pueden usarse diversos compuestos que contienen silicio que tienen grupos  $-\text{Si}(\text{OR})_n$  (en los que n es un número entero de 1 a 3) en los métodos descritos en este documento. Por ejemplo, los compuestos que contienen silicio usados en las composiciones inhibidoras de sarro descritas en este documento incluyen los descritos en las publicaciones de solicitud de patente de Estados Unidos n.º 2011/0076209, 2012/0148462, 2011/0212006, 2013/0189529, 2009/0099328, 2011/02220581, 2011/077185 y 2013/032763, las publicaciones de solicitud de patente internacional n.º WO 2013/126683, WO 2004009606, WO 2006086189 y WO 2008045677, y/o la patente de Estados Unidos n.º 7.999.065.

La cantidad de compuesto que contiene silicio en la composición inhibidora de sarro puede variar dependiendo del tipo de compuesto que contiene silicio usado, la fuerza iónica y/o el pH de la solución en la composición inhibidora de sarro, y/o la relación de volumen de composición inhibidora de sarro al área superficial del equipo del proceso de Bayer. En algunas realizaciones, la cantidad de compuesto que contiene silicio en la composición inhibidora de sarro está en un intervalo de aproximadamente 10 miligramos/litro (mg/l) a aproximadamente 2000 mg/l, con un intervalo preferido de aproximadamente 250-1000 mg/l. En algunas realizaciones, la cantidad de compuesto que contiene silicio en la composición inhibidora de sarro está en un intervalo de aproximadamente un 0,01 % a aproximadamente un 25 % en peso, basado en el peso total de la composición inhibidora de sarro. Más preferiblemente, la cantidad de compuesto que contiene silicio en la composición inhibidora de sarro está en un intervalo de aproximadamente un 0,01 % a aproximadamente un 0,25 % en peso, basado en el peso total de la composición inhibidora de sarro. Incluso más preferiblemente, la cantidad de compuesto que contiene silicio en la composición inhibidora de sarro está en un intervalo de aproximadamente un 0,01 % a aproximadamente un 0,1 % en peso, basado en el peso total de la composición inhibidora de sarro.

El compuesto que contiene silicio es un polímero o un producto polimérico de reacción. La composición inhibidora de sarro puede incluir una mezcla de diversos compuestos que contienen silicio, y los compuestos que contienen silicio pueden contener una mezcla de grupos que contienen silicio. Por ejemplo, los expertos en la materia entenderán que un polímero o producto polimérico de reacción descrito en este documento como que contiene una unidad particular que contiene Si puede ser un copolímero y, por tanto, puede contener otras unidades, incluyendo una o más unidades que contienen Si.

En una realización, el compuesto que contiene silicio puede ser un polímero o producto polimérico de reacción que contiene una unidad de fórmula I y una unidad de fórmula II:



en la que  $\text{T}^1$  y  $\text{E}^1$  son cada uno independientemente un primer radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que contiene de aproximadamente 2 a aproximadamente 40 carbonos;  $\text{Q}^1$  es un H o segundo radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que contiene de aproximadamente 1 a aproximadamente 20 carbonos;  $\text{A}^{1a}$  y  $\text{A}^{2a}$  son cada uno independientemente un enlace directo o un grupo orgánico de conexión que contiene de aproximadamente 1 a aproximadamente 20 carbonos;  $\text{R}^{1a}$  es H, alquilo  $\text{C}_1\text{-C}_{20}$  opcionalmente sustituido, arilo  $\text{C}_6\text{-C}_{12}$  opcionalmente sustituido, aralquilo  $\text{C}_7\text{-C}_{20}$  opcionalmente sustituido, alquenoilo  $\text{C}_2\text{-C}_{20}$  opcionalmente sustituido, ion metálico del grupo I, ion metálico del grupo II o  $\text{NR}^{2a}_4$ , en el que cada  $\text{R}^{2a}$  se elige independientemente de H, alquilo  $\text{C}_1\text{-C}_{20}$  opcionalmente sustituido, arilo  $\text{C}_6\text{-C}_{12}$  opcionalmente sustituido, aralquilo  $\text{C}_7\text{-C}_{20}$  opcionalmente sustituido y alquenoilo  $\text{C}_2\text{-C}_{20}$  opcionalmente sustituido. El polímero o producto polimérico de reacción puede tener un peso molecular promedio en peso de al menos aproximadamente 500.

En algunas realizaciones, los grupos orgánicos de conexión A<sup>1a</sup> y A<sup>2a</sup> pueden representarse cada uno independientemente por -A<sup>3a</sup>-A<sup>4a</sup>-A<sup>5a</sup>-A<sup>6a</sup>-, en el que A<sup>3a</sup> es un enlace directo, NR<sup>3a</sup> u O, donde R<sup>3a</sup> es H o alquilo C<sub>1-3</sub>; A<sup>4a</sup> es un enlace directo, C=O, alquileo C<sub>1-C10</sub> opcionalmente sustituido o arilo C<sub>6-C12</sub> opcionalmente sustituido; A<sup>5a</sup> es un enlace directo, O, NR<sup>4a</sup>, amida, uretano o urea, donde R<sup>4a</sup> es H o alquilo C<sub>1-3</sub>; y A<sup>6a</sup> es un enlace directo, O, alquilo C<sub>1-C20</sub> opcionalmente sustituido, alquileo C<sub>2-C20</sub> opcionalmente sustituido o aralquilo C<sub>7-C20</sub> opcionalmente sustituido.

En algunas realizaciones, Q<sup>1</sup> se elige de butilo, 2-etilhexilo, alquilo C<sub>8-10</sub>, fenilo, cresilo, nonilfenilo, cetilo, octenilo y octadecilo.

En algunas realizaciones, R<sup>1a</sup> es un ion metálico del grupo I, ion metálico del grupo II o NR<sup>2a</sup>.

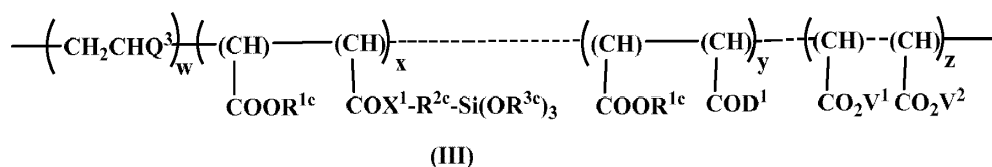
El compuesto que contiene silicio puede ser también un producto de reacción de al menos una poliamina, un primer compuesto reactivo de nitrógeno y un segundo compuesto reactivo de nitrógeno. El primer compuesto reactivo de nitrógeno contiene un grupo -Si(OR<sup>1b</sup>)<sub>3</sub> y un grupo reactivo de nitrógeno, donde R<sup>1b</sup> es H, alquilo C<sub>1-C20</sub> opcionalmente sustituido, arilo C<sub>6-C12</sub> opcionalmente sustituido, aralquilo C<sub>7-C20</sub> opcionalmente sustituido, alquileo C<sub>2-C20</sub> opcionalmente sustituido, ion metálico del grupo I, ion metálico del grupo II o NR<sup>2b</sup>, eligiéndose cada R<sup>3b</sup> independientemente de H, alquilo C<sub>1-C20</sub> opcionalmente sustituido, arilo C<sub>6-C12</sub> opcionalmente sustituido, aralquilo C<sub>7-C20</sub> opcionalmente sustituido y alquileo C<sub>2-C20</sub> opcionalmente sustituido. El segundo compuesto reactivo de nitrógeno contiene un grupo reactivo de nitrógeno y no contiene un grupo Si(OR<sup>1b</sup>)<sub>3</sub>. Al menos uno de la poliamina y el segundo compuesto reactivo de nitrógeno contiene un radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que contiene de aproximadamente 2 a aproximadamente 40 carbonos. El producto de reacción puede tener un peso molecular promedio en peso de al menos aproximadamente 500.

En algunas realizaciones, el primer compuesto reactivo de nitrógeno se elige de glicidoxipropiltrimetoxisilano, glicidoxipropiltriethoxisilano y cloropropiltrimetoxisilano.

En algunas realizaciones, el segundo compuesto reactivo de nitrógeno se elige de alquilhaluros, glicidoxiéteres y alquilepóxidos.

En algunas realizaciones, el segundo compuesto reactivo de nitrógeno se elige de dimetilsulfato, cloroctano, clorohexano, cloruro de bencilo, epiclohidrina, 4-nonilfeniléter glicidílico, éter butilglicidílico, éter 2-etilhexilglicidílico, éter fenilglicidílico, éter alquil C<sub>12-C14</sub> glicidílico, éter cresilglicidílico, anhídrido octenilsuccínico, haluro de alquilo C<sub>8-10</sub>, éter alquil C<sub>8-10</sub> glicidílico y anhídrido octadecenilsuccínico.

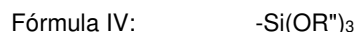
En algunas realizaciones, el compuesto que contiene silicio puede ser un polímero de acuerdo con la fórmula (III) -



en la que w es 1-99,9 %, x es 0,1-50 %, y es 0-50 %, z es 0-50 %; y Q<sup>3</sup> es alquilo C<sub>1-C10</sub>, arilo, amida, acrilato, éter o COX<sup>1</sup>R<sup>1c</sup>, donde X<sup>1</sup> es O, NH o NP<sup>1</sup>, donde P<sup>1</sup> es alquilo C<sub>1-C3</sub>, arilo u O; R<sup>1c</sup> es H, Na, K, NH<sub>4</sub>, alquilo C<sub>1-C10</sub> o arilo; R<sup>2c</sup> es alquilo C<sub>1-10</sub> o arilo; V<sup>1</sup> y V<sup>2</sup> son independientemente H, alquilo C<sub>1-C3</sub>, arilo, Na, K o NH<sub>4</sub> o forma un anillo anhídrido; R<sup>3c</sup> es H, alquilo C<sub>1-C3</sub>, arilo, Na, K o NH<sub>4</sub>; y D<sup>1</sup> es NR<sup>4c</sup><sub>2</sub> u OR<sup>4c</sup>, en el que R<sup>4c</sup> es H, alquilo C<sub>1-C20</sub>, alquileo C<sub>1-C20</sub> o arilo.

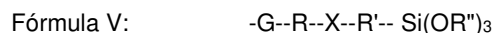
En algunas realizaciones, el compuesto que contiene silicio es un polisacárido que tiene colgante del mismo un grupo o un grupo final que contiene -Si(OR<sup>1d</sup>)<sub>3</sub>, en el que R<sup>1d</sup> es Na, K o NH<sub>4</sub>.

En algunas realizaciones, el compuesto que contiene silicio puede ser un polímero que tiene colgante del mismo un grupo o un grupo final de acuerdo con la fórmula IV -



donde R<sup>n</sup> = H, alquilo C<sub>1-C10</sub>, arilo, arilalquilo, Na, K o NH<sub>4</sub><sup>+</sup> como se describe en el documento WO2004/009606.

En algunas realizaciones, el compuesto que contiene silicio es un polímero que tiene colgante del mismo un grupo final o grupo colgante de acuerdo con la fórmula V -



en la que G = ningún grupo, NH, NR" u O; R = ningún grupo, C+O, O, alquilo C1-C10, arilo, arilalquilo; X = ningún grupo, NR, O, NH, amida, uretano o urea; R' = ningún grupo, O, alquilo C1-C10, arilo, arilalquilo y R" = H, alquilo C1-C10, arilo, arilalquilo, Na, K o NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

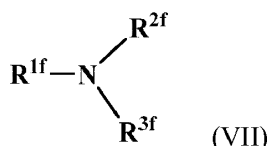
- 5 En algunas realizaciones, el compuesto que contiene silicio es un polisacárido que tiene colgante del mismo un grupo colgante o un grupo final que contiene -Si(OR<sup>1e</sup>)<sub>3</sub>, en el que R<sup>1e</sup> es H, alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>, arilo, Na, K o NH<sub>4</sub>. En algunas realizaciones, el grupo final o grupo colgante contiene una estructura de acuerdo con la fórmula VI -



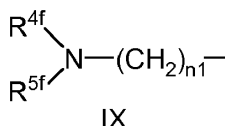
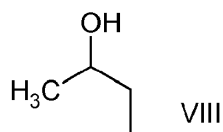
- 10 en la que G<sup>1</sup> está ausente, NH, NR<sup>4e</sup> u O; R<sup>2e</sup> está ausente, C=O, O, alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub> o arilo; X<sup>2</sup> está ausente, NR<sup>2e</sup>, O, NH, amida, uretano o urea; R<sup>3e</sup> está ausente, O, alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub> o arilo; y R<sup>4e</sup> es H, alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>3</sub>, arilo, Na, K o NH<sub>4</sub>.

- 15 En algunas realizaciones, el compuesto que contiene silicio es un producto de reacción de una molécula que contiene amina y una molécula reactiva de amina que tiene al menos un grupo reactivo de amina por molécula y al menos un grupo -Si(OR<sup>5e</sup>)<sub>n</sub> por molécula, en el que R<sup>5e</sup> es hidrógeno, alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>, arilo, Na, K, Li o NH<sub>4</sub>.

- 20 En algunas realizaciones, el compuesto que contiene silicio contiene al menos tres componentes, en el que uno es un componente R<sup>1f</sup>, uno es un componente R<sup>2f</sup> y uno es un componente R<sup>3f</sup>. Los componentes dentro del compuesto están dispuestos de acuerdo con la fórmula general VII -

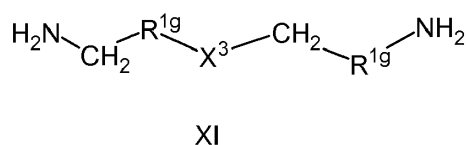
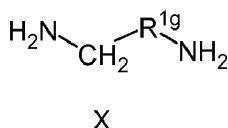


- 25 en la que el compuesto es al menos uno de carbonatos, bicarbonatos, carbamatos, ureas, amidas y sales de los mismos; y en la que R<sup>1f</sup> se elige de H, alquilo, amina, alquilamina, estructura (VIII) y estructura (IX) -



- 30 R<sup>2f</sup> y R<sup>4f</sup> se eligen independientemente de H, alquilo, amina, alquilamina, GG y EE, en la que GG se elige de 3-glicidoxipropiltrimetoxisilano, 3-glicidoxipropiltrialcoxisilano, 3-glicidoxipropilalquildialcoxisilano, 3-glicidoxipropildialquilmonoalcoxisilano, 3-isocianatopropiltrialcoxisilano, 3-isocianatopropilalquildialcoxisilano, 3-isocianatopropildialquilmonoalcoxisilano, 3-cloropropiltrialcoxisilano, 3-cloropropilalquildialcoxisilano y 3-cloropropildialquilmonoalcoxisilano; en la que EE se elige de éter 2-etilhexilglicidílico, éter n-butilglicidílico, éter t-butilglicidílico, éter glicidílico C<sub>3</sub>-C<sub>22</sub>, isocianato C<sub>3</sub>-C<sub>22</sub>, cloruro C<sub>3</sub>-C<sub>22</sub>, bromuro C<sub>3</sub>-C<sub>22</sub>, yoduro C<sub>3</sub>-C<sub>22</sub>, éster de sulfato C<sub>3</sub>-C<sub>22</sub>, éter fenolglicidílico C<sub>3</sub>-C<sub>22</sub> y cualquier combinación de los mismos; R<sup>3f</sup> y R<sup>5f</sup> se eligen independientemente de H, alquilo, aminaalquilamina, GG y EE; y n1 es un número entero de 2 a 6.

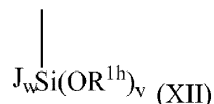
- 40 En algunas realizaciones, el compuesto que contiene silicio incluye al menos un compuesto que tiene al menos tres componentes, en el que el primer componente de los al menos tres componentes es de acuerdo con la fórmula general X o XI -



en la que R<sup>1g</sup> es independientemente CH<sub>2</sub> o CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>; y X<sup>3</sup> es NH, NH-R<sup>1g</sup>-NH o NH-R<sup>1g</sup>-NH-R<sup>1g</sup>-NH. El segundo componente de los al menos tres componentes es 3-glicidoxipropiltrimetiloxisilano y el tercer componente de los al menos tres componentes es éter 2-etilhexilglicidílico. La síntesis del compuesto puede producirse combinando el primer componente con el segundo componente en un hidrógeno reactivo del primer componente para formar un intermedio, y después haciendo reaccionar este intermedio con el tercer componente para formar el compuesto.

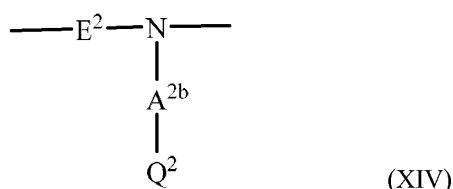
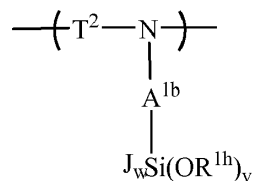
En algunas realizaciones, el compuesto que contiene silicio es un compuesto que tiene uno o más grupos Si(OR<sup>2g</sup>)<sub>n</sub>, en los que R<sup>2g</sup> se eligen independientemente de H, alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>, arilo, Na, K, Li y NH<sub>4</sub>.

En algunas realizaciones, el compuesto que contiene silicio es un polímero que tiene colgante del mismo un grupo o grupo final de acuerdo con la fórmula XII -



en la que v es un número entero de 1 o 2; v + w = 3; R<sup>1h</sup> se elige de H, alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>, arilo, Na, K, Li y NH<sub>4</sub>; y J se elige de H y un grupo hidrocarbonado que tiene varios carbonos dentro del intervalo de 1 a 20.

En algunas realizaciones, el compuesto que contiene silicio que tiene grupos -Si(OR)<sub>n</sub> es un polímero que tiene una o más unidades de acuerdo con la fórmula XIII y una o más unidades de acuerdo con la fórmula XIV -



en la que A<sup>1b</sup> y A<sup>2b</sup> son cada uno independientemente un grupo hidrocarbonado que tiene varios carbonos dentro del intervalo de 1 a 20 carbonos o A<sup>1b</sup> y A<sup>2b</sup> son cada uno independientemente un enlace directo entre el átomo de nitrógeno y el grupo colindante; T<sup>2</sup> y E<sup>2</sup> son cada uno independientemente un grupo hidrocarbonado que tiene varios carbonos dentro del intervalo de 2 a 40; y Q<sup>2</sup> se elige de H y un grupo hidrocarbonado que tiene varios carbonos dentro del intervalo de 1 a 20. El peso molecular del polímero es al menos 500, y Q<sup>2</sup> no contiene un grupo silano.

A partir de lo anterior se observa que puede usarse una gran diversidad de compuestos que contienen silicio en el proceso de la presente invención. También se ha determinado que la composición óptima del líquido de tratamiento varía para cada uno de los compuestos que contienen silicio descritos en este documento. Por tanto, para cada compuesto que contiene silicio, es ventajoso determinar los niveles óptimos y tipos de sales que deben emplearse para maximizar el grado de inhibición de sarro. Asimismo, es ventajoso determinar la combinación óptima de pH y una o más sales en las composiciones de tratamiento.

### EJEMPLOS

En todos los ejemplos, el líquido sintético de Bayer (SBL) usado en los ensayos de formación de sarro contenía 45 g/l de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0,441 M), 120,0 g/l de NaOH (3,0 M), 60 g/l de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (0,566 M), 20 g/l de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,1408 M) y 0,8 g/l de SiO<sub>2</sub> para un total de 245,8 g/l o un 24,58 % p/vol, de sales disueltas totales. Las muestras de líquido no sintético de Bayer ("no-Si SBL") usadas para las etapas de pretratamiento no contenían nada de sílice. Estas muestras de no-Si SBL contenían 45 g/l de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0,441 M), 120,0 g/l de NaOH (3,0 M), 60 g/l de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (0,566 M) y 20 g/l de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,1408 M), para un total de 245,0 g/l o un 24,5 % p/vol. El pH de la muestra de no-Si SBL fue 13,5.

Se usaron recipientes de presión de acero al carbono (calidad SA-36) de 42 ml de volumen total ("bombas") fabricados por la empresa STEM para simular la formación de sarro y la inhibición del sarro en una pieza de equipo del proceso de Bayer tal como un intercambiador de calor. Las bombas se llenaron con 30 ml de composición inhibidora de sarro (para la etapa de tratamiento) o SBL (para una "serie de formación de sarro") y se precintaron para resistir la presión generada como resultado del calentamiento. Cada bomba se pesa previamente a 0,1 mg después de (1) limpiar (abrasión) la superficie interna con un cepillo de alambre giratorio fijado a una prensa taladradora, (2) soplar los desechos mediante un chorro de aire y (3) dejar que se enfríe hasta temperatura ambiente. La anchura del cepillo usado para limpiar la superficie interna de la bomba era aproximadamente igual que el diámetro interno de la bomba.

La agitación durante la etapa de tratamiento se proporcionó pinzando la bomba a un carrusel contenido dentro de un horno con corriente de aire forzada y girando a 30 rpm durante un periodo de tiempo, en general a 100 °C.

Después de la etapa de tratamiento, la mezcla se vertió y la bomba se dejó reposar invertida sobre un papel absorbente durante aproximadamente 2 min para drenarla. La bomba entonces se llenó con 30 ml de SBL, opcionalmente que contenía sólidos de lodo rojo (para una serie de formación de sarro). Para ensayos comparativos, el inhibidor de sarro se añadió *in situ* al SBL antes de una serie de formación de sarro sin ningún tratamiento superficial (es decir, para simular la dosificación sin pretratamiento). Después de sellarse, la bomba de acero entonces se sometió a una o más series de formación de sarro.

Para una serie de formación de sarro, la bomba se giró en el carrusel durante 16 horas a 100 °C o durante 75 minutos a 150 °C. Después de completarse la serie de formación de sarro, la bomba se enfrió hasta temperatura ambiente mientras se giraba aún en el carrusel y después se abrió. Los contenidos de la bomba se descartaron, la bomba se aclaró con agua y después se secó al vacío durante 1 hora. La bomba entonces se pesó hasta 0,1 mg. La tara se sustrajo para obtener la masa de sarro en la pared que se había formado durante la serie de formación de sarro.

Para múltiples series de formación de sarro, la bomba se abrió después de enfriarla, los contenidos de la bomba se descartaron y la bomba entonces se llenó con 30 ml de SBL fresco sin dejar que se secaran las paredes internas. La bomba entonces se colocó en el carrusel para otra serie. Esto se repitió para el número deseado de series de formación de sarro. Después de la serie final, se midió el sarro en la pared como se describe en la serie individual anteriormente.

#### Ejemplo 1 - Comparación de pretratamiento y dosificación

El compuesto que contiene silicio 1A usado en los ensayos n.º 1.2 a 1.5 y 1.7 es un polímero que tiene unidades de fórmula I y fórmula II, y se preparó de acuerdo con los procedimientos divulgados en la patente de Estados Unidos n.º 7.999.065. El ensayo n.º 1.1 se realizó para determinar la cantidad de sarro en la pared formado cuando no se usaba inhibidor de sarro (es decir, no se preparaba o aplicaba solución de pretratamiento, antes de la serie de formación de sarro con SBL, la bomba solamente se limpiaba mecánicamente).

En los ensayos n.º 1.2 a 1.5, el compuesto que contiene silicio 1A se añadió directamente al SBL sin la etapa de tratamiento, con la cantidad de compuesto 1A variada. Para cada uno de los ensayos n.º 1.2 a 1.5, se diluyó una solución al 5 % p/p de compuesto inhibidor 1A en factor 10 usando NaOH al 2 % en peso para preparar una solución al 0,5 % p/p. Para el ensayo 1.2, se añadieron 60 µl de la solución inhibidora al 0,5 % a los 30 ml de SBL presentes en la bomba para crear una solución a 10 mg/l de inhibidor (1 µl = 1 mg). Para el ensayo 1.3, se añadieron 120 µl para crear una solución a 20 mg/l de inhibidor. Para el ensayo 1.4, se añadieron 180 µl para crear una solución a 30 mg/l de inhibidor. Para el ensayo 1.5, se añadieron 240 µl para crear una solución a 40 mg/l de inhibidor. Estos ensayos se marcan como "dosificación *in situ*" en la tabla 1 a continuación. Los porcentajes de reducción en la formación de sarro en la pared para los ensayos n.º 1.2 a 1.5 se calcularon basándose en la reducción en la cantidad de sarro en la pared formado a partir de la medida en el ensayo n.º 1.1 donde no se añadió inhibidor.

El ensayo de blanco 1.6 se realizó para determinar la cantidad de formación de sarro en la pared sin uso de ninguna composición inhibidora de sarro (es decir, no se preparó o aplicó solución de pretratamiento, antes de la serie de formación de sarro con SBL, la bomba solamente se limpiaba mecánicamente).

El porcentaje de reducción en el sarro en la pared formado para el ensayo n.º 1.7 se calculó basándose en la reducción en la cantidad de sarro en la pared formado a partir de la medida en el ensayo n.º 1.6 (es decir, formación de sarro sin uso de un inhibidor de sarro). En el ensayo n.º 1.7, se añadieron 30 ml de no-Si SBL a la bomba. Se diluyó una solución al 5 % p/p de compuesto que contiene silicio 1A en factor 10 usando NaOH al 2 % en peso para preparar una solución al 0,5 % p/p. Esta solución al 0,5 % p/p se añadió con agitación en una cantidad de 60 µl al líquido no Si-SBL para formar la composición inhibidora de sarro de la invención. La composición inhibidora de sarro se usó entonces para tratar la superficie interior de la bomba, con agitación, a 100 °C durante 4 horas como se describe anteriormente antes de realizar cualquier serie de formación de sarro. La composición inhibidora de sarro se retiró de la bomba después de la etapa de tratamiento después de que se hubiera enfriado la bomba.

Se realizó entonces una serie de formación de sarro para cada uno de los ensayos usando SBL. La serie de formación de sarro se realizó a 100 °C durante 16 horas siguiendo procedimientos descritos anteriormente, y entonces se midió la cantidad de sarro en la pared.

Tabla 1 - Comparación de resultados de inhibición de sarro usando el tratamiento antes de exposición y dosificación *in situ*

Ensayo n.º	Tratamiento	Concentración de compuesto que contiene silicio (mg/l)	Cantidad de sarro en la pared (mg)	% de reducción en el sarro en la pared
1,1	Ninguno	0,00	16,40	0,00
1,2	Dosificación <i>in situ</i>	10,00	24,20	-47,56
1,3	Dosificación <i>in situ</i>	20,00	4,40	73,17

Ensayo n.º	Tratamiento	Concentración de compuesto que contiene silicio (mg/l)	Cantidad de sarro en la pared (mg)	% de reducción en el sarro en la pared
1,4	Dosificación <i>in situ</i>	30,00	3,70	77,44
1,5	Dosificación <i>in situ</i>	40,00	0,80	95,12
1,6	etapa de tratamiento	0,00	24,50	0,00
1,7	etapa de tratamiento	10,00	0,70	97,14

La tabla 1 muestra que el proceso de inhibición de sarro de la presente invención reduce significativamente la cantidad de inhibidor requerida para inhibir de forma eficaz la formación de sarro.

5

#### Ejemplo 2

Los ensayos duplicados n.º 2.1 y 2.2 se realizaron para determinar la cantidad de formación de sarro en la pared sin la etapa de tratamiento (es decir, no se aplicó composición inhibidora de sarro en los ensayos n.º 2.1 y 2.2 antes de las series de formación de sarro). En su lugar, se añadieron solamente 30 ml de no-Si SBL a la bomba como pretratamiento antes de la serie de formación de sarro. El no-Si SBL se usó para tratar la superficie interior de la bomba, con agitación, a 100 °C durante 4 horas como se describe anteriormente antes de realizar cualquier serie de formación de sarro. El no-Si SBL se retiró de la bomba después de la etapa de tratamiento después de que se hubiera enfriado la bomba.

10

15

El valor mostrado en la tabla 2 para el ensayo n.º 2.3 es el promedio de los resultados para los ensayos n.º 2.1 y 2.2. Los porcentajes de reducción en la formación de sarro en la pared para los ensayos n.º 2.4 a 2.8 se calcularon basándose en la reducción en la cantidad de formación de sarro en la pared a partir de la medida en el ensayo n.º 2.3.

20

25

30

En los ensayos n.º 2.4 a 2.8, el compuesto que contiene silicio 2A es el producto polimérico de reacción n.º 7 como se divulga en la tabla 9 en la parte superior de la col. 18 de la patente de Estados Unidos n.º 7.999.065, que tiene unidades de fórmula (I) y unidades de fórmula (II). El compuesto 2A se preparó de acuerdo con los procedimientos divulgados en la patente '065 usando reactantes polietilenimina, glicidoxipropiltrimetoxisilano (8,0 % en moles) y éter octil/decilglicídico (10,0 % en moles). Se mezcló polietilenimina (Lupasol PR8515 de BASF, Ludwigshafen, Alemania) (1,90 g) homogéneamente con éter octil/decilglicídico (1,00 g) y 3-(glicidiloxipropil)trimetoxisilano (0,835 g). La mezcla se calentó a 100 °C durante una noche para dar un gel sólido. Entonces se añadió solución acuosa de NaOH (2 % en peso) para preparar una solución activa al 5 % en peso, en la que el valor de actividad del 5 % se basa en el peso del gel (compuesto no hidrolizado). El compuesto 2A se añadió con agitación al no-Si SBL para formar la composición inhibidora de sarro usada en la etapa de tratamiento. La composición inhibidora de sarro se usó para tratar la superficie interior de la bomba siguiendo las mismas etapas descritas en el ejemplo 1 anterior antes de la serie de formación de sarro.

35

40

En los ensayos n.º 2.4 a 2.8, el compuesto que contiene silicio 2A se añadió al no-Si SBL sin la etapa de tratamiento, con la cantidad de compuesto 2A variada. Para cada uno de los ensayos n.º 2.4 a 2.8, se diluyó una solución al 5 % p/p de compuesto inhibidor 2A en factor 10 usando NaOH al 2 % en peso para preparar una solución al 0,5 % p/p. Para el ensayo 2.4, se añadieron 60 µl de la solución inhibidora al 0,5 % a los 30 ml de no-Si SBL presentes en la bomba para crear una solución a 10 mg/l de inhibidor (1 µl = 1 mg). Para el ensayo 2.5, se añadieron 120 µl para crear una solución a 20 mg/l de inhibidor. Para el ensayo 2.6, se añadieron 180 µl para crear una solución a 30 mg/l de inhibidor. Para el ensayo 2.7, se añadieron 240 µl para crear una solución a 40 mg/l de inhibidor. Para el ensayo 2.8, se añadieron 300 µl para crear una solución a 50 mg/l de inhibidor.

45

Se realizó una serie de formación de sarro para cada ensayo usando el SBL. La serie de formación de sarro se realizó a 150 °C durante 1,25 horas siguiendo procedimientos descritos anteriormente, y entonces se midió la cantidad de sarro en la pared.

Tabla 2 - Comparación de diferentes composiciones inhibidoras de sarro usadas en la etapa de tratamiento

Ensayo n.º	Tratamiento	Concentración de compuesto que contiene silicio (mg/l)	Cantidad de sarro en la pared (mg)	% de reducción en el sarro en la pared
2,1	Ninguno	0,00	22,00	NA
2,2	Ninguno	0,00	13,00	NA
2,3	Ninguno	0,00	17,50	NA

Ensayo n.º	Tratamiento	Concentración de compuesto que contiene silicio (mg/l)	Cantidad de sarro en la pared (mg)	% de reducción en el sarro en la pared
2,4	Etapa de tratamiento	10	1,7	90,29
2,5	Etapa de tratamiento	20	1,6	90,86
2,6	Etapa de tratamiento	30	<0,00	100,00
2,7	Etapa de tratamiento	40	<0,00	100,00
2,8	Etapa de tratamiento	50	<0,00	100,00

La tabla 2 muestra que puede conseguirse inhibición completa de sarro a dosificación moderada usando la etapa de tratamiento de la invención.

5

### Ejemplo 3

Los ensayos n.º 3.1 y 3.2 se realizaron para determinar la cantidad de formación de sarro en la pared sin realizar la etapa de tratamiento antes de exposición a SBL. No se usó composición inhibidora de sarro en los ensayos n.º 3.1 y 3.2 (es decir, no se aplicó pretratamiento con composición inhibidora de sarro o pretratamiento con no-Si SBL en los ensayos n.º 3.1 y 3.2 antes de las series de formación de sarro).

10

El valor mostrado en la tabla 3 para el ensayo n.º 3.3 es el promedio de los resultados para los ensayos n.º 3.1 y 3.2. Los porcentajes de reducción en la formación de sarro en la pared para los ensayos n.º 3.4 a 3.0 se calcularon basándose en la cantidad de formación de sarro en la pared medida en el ensayo n.º 3.3.

15

En los ensayos n.º 3.4 a 3.9, se usó el mismo compuesto 2A usado en el ejemplo 2 aquí como el compuesto que contiene silicio, con la cantidad de compuesto inhibidor de sarro 2A variada. Para cada uno de los ensayos n.º 3.4 a 3.9, se diluyó una solución al 5 % p/p de compuesto inhibidor 2A en factor 10 usando NaOH al 2 % en peso para preparar una solución al 0,5 % p/p. Para el ensayo 3.4, se añadieron 60 µl de la solución inhibidora al 0,5 % a los 30 ml de SBL presentes en la bomba para crear una solución a 10 mg/l de inhibidor (1 µl = 1 mg). Para el ensayo 3.5, se añadieron 120 µl a los 30 ml de SBL presentes en la bomba para crear una solución a 20 mg/l de inhibidor. Para el ensayo 3.6, se añadieron 180 µl para crear una solución a 30 mg/l de inhibidor. Para el ensayo 3.7, se añadieron 240 µl para crear una solución a 40 mg/l de inhibidor. Para el ensayo 3.8, se añadieron 300 µl para crear una solución a 50 mg/l de inhibidor. Para el ensayo 3.9, se añadieron 360 µl a los 30 ml de SBL presentes en la bomba para crear una solución a 60 mg/l de inhibidor. Este compuesto 2A se añadió directamente al SBL antes de la serie de formación de sarro sin ningún tratamiento previo de la superficie del equipo de acero con inhibidor. Esto se indica como adición "in situ" de inhibidor de sarro.

20

25

Se realizó una serie de formación de sarro para cada uno de los ensayos usando el SBL sin ningún sólido. La serie de formación de sarro se realizó a 150 °C durante 1,25 horas siguiendo procedimientos descritos anteriormente, y entonces se midió la cantidad de sarro en la pared.

30

Tabla 3 - Comparación de diferentes composiciones inhibidoras de sarro usadas en la dosificación *in situ*

Ensayo n.º	Tratamiento	Concentración de compuesto que contiene silicio (mg/l)	Cantidad de sarro en la pared (mg)	% de reducción en el sarro en la pared
3,1	Ninguno	0,00	19,4	NA
3,2	Ninguno	0,00	17,1	NA
3,3	Ninguno	0,00	18,25	NA
3,4	Dosificación <i>in situ</i>	10	35,7	-95,62
3,5	Dosificación <i>in situ</i>	20	18,9	-3,56
3,6	Dosificación <i>in situ</i>	30	15,7	13,97
3,7	Dosificación <i>in situ</i>	40	8,3	54,52

Ensayo n.º	Tratamiento	Concentración de compuesto que contiene silicio (mg/l)	Cantidad de sarro en la pared (mg)	% de reducción en el sarro en la pared
3,8	Dosificación <i>in situ</i>	50	3,6	80,27
3,9	Dosificación <i>in situ</i>	60	<0,00	100,00

Una comparación de las tablas 2 y 3 ilustra que, cuando se usa el proceso de tratamiento de la presente invención, se reduce significativamente la cantidad de inhibidor de sarro requerida para eliminar completamente la formación de sarro.

Ejemplo 4 - Reducción de sarro en presencia de alto contenido de sólidos

El ejemplo 4 ilustra el efecto de reducir el sarro en presencia de sólidos de lodo rojo. Los ensayos n.º 4.1 y 4.2 se realizaron para determinar la cantidad de formación de sarro en la pared sin la etapa de tratamiento (o pretratamiento) (es decir, no se usó composición inhibidora de sarro en la etapa de pretratamiento en los ensayos n.º 4.1 y 4.2). Se añadieron 30 ml de no-Si SBL a la bomba para el pretratamiento antes de la serie de formación de sarro con sólidos de lodo rojo.

El valor mostrado en la tabla 4 para el ensayo n.º 4.3 es el promedio de los resultados para los ensayos n.º 4.1 y 4.2. Los porcentajes de reducción en la formación de sarro en la pared para los ensayos n.º 4.4 a 4.8 se calcularon basándose en la reducción en la cantidad de formación de sarro en la pared a partir de la medida en el ensayo n.º 4.3.

En los ensayos n.º 4.4 a 4.8, se usó el compuesto 2A usado en el ejemplo 2 como el compuesto que contiene silicio, con la cantidad de compuesto inhibidor de sarro 2A variada. Para cada uno de los ensayos n.º 4.4 a 4.8, se diluyó una solución al 5 % p/p de compuesto inhibidor 2A en factor 10 usando NaOH al 2 % en peso para preparar una solución al 0,5 % p/p. Para el ensayo 4.4, se añadieron 60 µl de la solución inhibidora al 0,5 % a los 30 ml de no-Si SBL presentes en la bomba para crear una solución a 10 mg/l de inhibidor (1 µl = 1 mg). Para el ensayo 4.5, se añadieron 120 µl a los 30 ml de no-Si SBL presentes en la bomba para crear una solución a 20 mg/l de inhibidor. Para el ensayo 4.6, se añadieron 180 µl para crear una solución a 30 mg/l de inhibidor. Para el ensayo 4.7, se añadieron 240 µl para crear una solución a 40 mg/l de inhibidor. Para el ensayo 4.8, se añadieron 300 µl para crear una solución a 50 mg/l de inhibidor. Para cada ensayo, el compuesto 2A se añadió con agitación al no-Si SBL para formar la composición inhibidora de sarro usada en la etapa de tratamiento. La composición inhibidora de sarro se usó para tratar la superficie interior de la bomba siguiendo las etapas descritas en el ejemplo 1 anterior.

Se realizó una serie de formación de sarro para cada uno de los ensayos usando el SBL que contenía 400 mg/l de sólidos de lodo rojo. La serie de formación de sarro se realizó a 150 °C durante 1,25 horas siguiendo procedimientos descritos anteriormente, y entonces se midió la cantidad de sarro en la pared.

Tabla 4 - Resultados de serie de formación de sarro del ejemplo 4

Ensayo n.º	Tratamiento	Concentración de compuesto que contiene silicio (mg/l)	Sólidos de lodo rojo (mg/l)	Cantidad de sarro en la pared (mg)	% de reducción en el sarro en la pared
4,1	Ninguno	0,00	400,00	10,7	NA
4,2	Ninguno	0,00	400,00	11,4	NA
4,3	Ninguno	0,00	400,00	11,1	NA
4,4	Etapas de tratamiento	10	400,00	2,0	81,90
4,5	Etapas de tratamiento	20	400,00	<0,00	100,00
4,6	Etapas de tratamiento	30	400,00	<0,00	100,00
4,7	Etapas de tratamiento	40	400,00	<0,00	100,00
4,8	Etapas de tratamiento	50	400,00	<0,00	100,00

La tabla 4 ilustra que, incluso en presencia de sólidos de lodo rojo, el proceso de tratamiento de la presente invención elimina la formación de sarro a una dosis económica. No se requiere adición o dosificación *in situ* de inhibidor de sarro.

Ejemplo 5 - Dosificación de alto contenido de sólidos

5 El ejemplo 5 muestra la eficacia de la adición *in situ* para inhibir el sarro en presencia de sólidos de lodo rojo. Para todos los ensayos n.º 5.1 a 5.13, se añadieron 12 mg de sólidos de lodo rojo a SBL (400,00 mg/l de sólidos de lodo rojo) para crear una suspensión de 30 ml en la bomba para la serie de formación de sarro.

10 Los ensayos n.º 5.1 y 5.2 se realizaron para determinar la cantidad de sarro en la pared formado sin la etapa de tratamiento. No se usó composición inhibidora de sarro en los ensayos n.º 5.1 y 5.2 (es decir, no se aplicó pretratamiento con composición inhibidora de sarro o pretratamiento con no-Si SBL en los ensayos n.º 5.1 y 5.2 antes de las series de formación de sarro con suspensión). Las series de formación de sarro se hicieron solo usando los 30 ml de suspensión.

15 El valor mostrado en la tabla 5 para el ensayo n.º 5.3 es el promedio de los resultados para los ensayos n.º 5.1 y 5.2. Los porcentajes de reducción en la formación de sarro en la pared para los ensayos n.º 5.4 a 5.13 se calcularon basándose en la reducción en la cantidad de formación de sarro en la pared a partir de la medida en el ensayo n.º 5.3.

20 En los ensayos n.º 5.4 a 5.13, se usó el compuesto 2A usado en el ejemplo 2 aquí como el compuesto que contiene silicio. Para cada uno de los ensayos n.º 5.4 a 5.13, se diluyó una solución al 5 % p/p de compuesto inhibidor 2A en factor 10 usando NaOH al 2 % en peso para preparar una solución al 0,5 % p/p. Para el ensayo 5.4, se añadieron 60 µl de la solución inhibidora al 0,5 % a los 30 ml de suspensión presentes en la bomba para crear una solución a 10 mg/l de inhibidor (1 µl = 1 mg). Para el ensayo 5.5, se añadieron 120 µl a los 30 ml de suspensión presentes en la  
 25 bomba para crear una solución a 20 mg/l de inhibidor. Para el ensayo 5.6, se añadieron 180 µl para crear una solución a 30 mg/l de inhibidor. Para el ensayo 5.7, se añadieron 240 µl para crear una solución a 40 mg/l de inhibidor. Para el ensayo 5.8, se añadieron 300 µl para crear una solución a 50 mg/l de inhibidor. Para el ensayo 5.9, se añadieron 360 µl a los 30 ml de suspensión presentes en la bomba para crear una solución a 60 mg/l de inhibidor. Para el ensayo 5.10, se añadieron 420 µl a los 30 ml de suspensión presentes en la bomba para crear una solución a 70 mg/l de inhibidor. Para el ensayo 5.11, se añadieron 480 µl a los 30 ml de suspensión presentes en la bomba para crear una solución a 80 mg/l de inhibidor. Para el ensayo 5.12, se añadieron 540 µl a los 30 ml de suspensión presentes en la  
 30 bomba para crear una solución a 90 mg/l de inhibidor. Para el ensayo 5.13, se añadieron 600 µl a los 30 ml de suspensión presentes en la bomba para crear una solución a 100 mg/l de inhibidor. El compuesto 2A se añadió directamente a la suspensión (es decir, adición *in situ* sin ninguna etapa previa de tratamiento de la superficie del equipo).

35 Se realizó una serie de formación de sarro para cada uno de los ensayos usando la suspensión de SBL que contenía sólidos de lodo rojo. La serie de formación de sarro se realizó a 150 °C durante 1,25 horas siguiendo procedimientos descritos anteriormente, y entonces se midió la cantidad de sarro en la pared.

40

Tabla 5 - Comparación de diferentes composiciones inhibidoras de sarro usadas en la dosificación *in situ*

Ensayo n.º	Tratamiento	Concentración de compuesto que contiene silicio (mg/l)	Sólidos de lodo rojo (mg/l)	Cantidad de sarro en la pared (mg)	% de reducción en el sarro en la pared
5,1	Ninguno	0,00	400,00	17,7	NA
5,2	Ninguno	0,00	400,00	17,1	NA
5,3	Ninguno	0,00	400,00	17,4	NA
5,4	Dosificación <i>in situ</i>	10	400,00	30,4	-74,71
5,5	Dosificación <i>in situ</i>	20	400,00	26,4	-51,72
5,6	Dosificación <i>in situ</i>	30	400,00	12,0	31,03
5,7	Dosificación <i>in situ</i>	40	400,00	9,7	44,25
5,8	Dosificación <i>in situ</i>	50	400,00	12,8	26,44
5,9	Dosificación <i>in situ</i>	60	400,00	6,6	62,07
5,10	Dosificación <i>in situ</i>	70	400,00	5,2	70,11

Ensayo n.º	Tratamiento	Concentración de compuesto que contiene silicio (mg/l)	Sólidos de lodo rojo (mg/l)	Cantidad de sarro en la pared (mg)	% de reducción en el sarro en la pared
5,11	Dosificación <i>in situ</i>	80	400,00	5,7	67,24
5,12	Dosificación <i>in situ</i>	90	400,00	5,5	68,39
5,13	Dosificación <i>in situ</i>	100	400,00	3,6	79,31

La tabla 5 muestra que la adición *in situ* de inhibidor de sarro no inhibe completamente el sarro en presencia de sólidos de lodo rojo, al menos sin dosificar una cantidad significativa de inhibidor de sarro.

5

#### Ejemplo 6 - Inhibidor de sarro micromolecular

El ejemplo 6 considera la eficacia de compuestos micromoleculares sobre la inhibición del sarro. Los ensayos n.º 6.1 y 6.2 se realizaron para determinar la cantidad de formación de sarro en la pared sin tratar primero la bomba con una composición inhibidora de sarro (es decir, no se usó composición inhibidora de sarro micromolecular en los ensayos n.º 6.1 y 6.2). Para el ensayo n.º 6.1, se añadió gota a gota una solución de NaOH al 2 % a agua desionizada ("DI") con agitación hasta que se consiguió un pH de 10,51. Después se transfirieron 30 ml de esta solución a la bomba para el pretratamiento. Para el ensayo n.º 6.2, se añadió gota a gota una solución de NaOH al 2 % a agua desionizada ("DI") con agitación hasta que se consiguió un pH de 10,56. Después se transfirieron 30 ml de esta solución a la bomba para el pretratamiento.

10

15

El valor mostrado en la tabla 6 para el ensayo n.º 6.3 es el promedio de los resultados para los ensayos n.º 6.1 y 6.2. Los porcentajes de reducción en la formación de sarro en la pared para los ensayos n.º 6.4 a 6.13 se calcularon basándose en la reducción en la cantidad de formación de sarro en la pared a partir de la medida en el ensayo n.º 6.3.

20

En los ensayos n.º 6.4 a 6.8, el compuesto que contiene silicio 6A era un compuestos micromolecular que tiene la estructura ilustrada en la parte superior de la columna 5 y reivindicación 2 de la patente de Estados Unidos n.º 8.545.776 B2, así como la reivindicación 4 de la publicación de solicitud de patente de Estados Unidos n.º 2013/0189529A1, cuya preparación se divulga en el ejemplo 2a de la patente de Estados Unidos n.º 6.867.318 B1, usando una mezcla de 2,2,4-trimetil-1,6-hexanodiamina y 2,4,4-trimetil-1,6-hexanodiamina con glicidoxipropiltrimetoxisilano en una relación molar de 1 a 4 de diamina a silano. Se mezcló 2,2,4(2,4,4)-trimetil-1,6-hexanodiamina (0,837 g, 0,0053 moles, 20 % en moles) con 3-(glicidiloxipropil)trimetoxisilano (5,00 g, 0,0212 moles, 80 % en moles) (es decir, una relación molar 1:4 de producto de reacción) homogéneamente. La mezcla se calentó a 75 °C durante 3 horas para dar un gel sólido. El compuesto 6A entonces se diluyó en NaOH al 2 % para dar una concentración del 5 % en peso de solución madre antes de su uso. (Se añadió solución acuosa de NaOH (2 % en peso) para preparar una solución al 5 % en peso, en la que el valor de actividad del 5 % se basa en el peso del gel (compuesto no hidrolizado)).

25

30

Entonces el compuesto 6A se diluyó adicionalmente con agitación en agua desionizada para formar la composición inhibidora de sarro usada en la etapa de tratamiento como se muestra en la tabla 6. Para el ensayo 6.4, se añadieron 20 µl de la solución inhibidora al 5,0 % en peso de compuesto 6A a 100 ml de agua DI en un vaso de precipitados para crear una solución inhibidora de 10 mg/l (1 µl = 1 mg). El pH de esta solución se midió en 9,31. Después se transfirió una alícuota de 30 ml de esta solución a la bomba para el pretratamiento. Para el ensayo 6.5, se añadieron 40 µl de la solución inhibidora al 5,0 % en peso de compuesto 6A a 100 ml de agua DI en un vaso de precipitados para crear una solución inhibidora de 20 mg/l (1 µl = 1 mg). El pH de esta solución se midió en 9,84. Después se transfirió una alícuota de 30 ml de esta solución a la bomba para el pretratamiento. Para el ensayo 6.6, se añadieron 60 µl de la solución inhibidora al 5,0 % en peso de compuesto 6A a 100 ml de agua DI en un vaso de precipitados para crear una solución inhibidora de 30 mg/l (1 µl = 1 mg). El pH de esta solución se midió en 10,18. Después se transfirió una alícuota de 30 ml de esta solución a la bomba para el pretratamiento. Para el ensayo 6.7, se añadieron 80 µl de la solución inhibidora al 5,0 % en peso de compuesto 6A a 100 ml de agua DI en un vaso de precipitados para crear una solución inhibidora de 40 mg/l (1 µl = 1 mg). El pH de esta solución se midió en 10,33. Después se transfirió una alícuota de 30 ml de esta solución a la bomba para el pretratamiento. Para el ensayo 6.8, se añadieron 100 µl de la solución inhibidora al 5,0 % en peso de compuesto 6A a 100 ml de agua DI en un vaso de precipitados para crear una solución inhibidora de 50 mg/l (1 µl = 1 mg). El pH de esta solución se midió en 10,46. Después se transfirió una alícuota de 30 ml de esta solución a la bomba para el pretratamiento.

35

40

45

50

En los ensayos n.º 6.9 a 6.13, el compuesto micromolecular que contiene silicio usado fue compuesto 6B. El inhibidor de sarro de acuerdo con la estructura del compuesto 6B, divulgada en el ejemplo de la publicación de solicitud de patente de Estados Unidos n.º 2013/0189529, se preparó de acuerdo con el procedimiento descrito en la tabla 3, muestra C de la publicación de patente de Estados Unidos n.º 2012/0148462. El compuesto 6B es el producto de

55

5 reacción de tetraetilenpentamina, éter etilhexilglicídico y glicidoxipropiltrimetoxisilano en una relación molar de 1,0:0,8:2,0. Se mezcló tetraetilenpentamina (2,00 g, 0,0106 moles, 26,3 % en moles) con éter 2-etilhexilglicídico (1,58 g, 0,0085 moles, 21,1 % en moles) y 3-(glicidiloxipropil)trimetoxisilano (5,00 g, 0,0212 moles, 52,6 % en moles) homogéneamente (una relación molar de 1,0:0,8:2,0 de producto). La mezcla se calentó a 75 °C durante una noche para dar el producto como un gel sólido. Entonces se añadió solución acuosa de NaOH (2 % en peso) para preparar una solución al 5 % en peso, en la que el valor de actividad del 5 % se basa en el peso del gel (compuesto no hidrolizado)).

10 Entonces el compuesto 6B se diluyó adicionalmente con agitación en agua desionizada para formar la composición inhibitora de sarro usada en la etapa de tratamiento como se muestra en la tabla 6. Para el ensayo 6.9, se añadieron 20 µl de la solución inhibitora al 5,0 % en peso de compuesto 6B a 100 ml de agua DI en un vaso de precipitados para crear una solución inhibitora de 10 mg/l (1 µl = 1 mg). El pH de esta solución se midió en 9,6. Después se transfirió una alícuota de 30 ml de esta solución a la bomba para el pretratamiento. Para el ensayo 6.10, se añadieron 40 µl de la solución inhibitora al 5,0 % en peso de compuesto 6B a 100 ml de agua DI en un vaso de precipitados para crear una solución inhibitora de 20 mg/l (1 µl = 1 mg). El pH de esta solución se midió en 9,76. Después se transfirió una alícuota de 30 ml de esta solución a la bomba para el pretratamiento. Para el ensayo 6.11, se añadieron 60 µl de la solución inhibitora al 5,0 % en peso de compuesto 6B a 100 ml de agua DI en un vaso de precipitados para crear una solución inhibitora de 30 mg/l (1 µl = 1 mg). El pH de esta solución se midió en 10,14. Después se transfirió una alícuota de 30 ml de esta solución a la bomba para el pretratamiento. Para el ensayo 6.12, se añadieron 80 µl de la solución inhibitora al 5,0 % en peso de compuesto 6B a 100 ml de agua DI en un vaso de precipitados para crear una solución inhibitora de 40 mg/l (1 µl = 1 mg). El pH de esta solución se midió en 10,31. Después se transfirió una alícuota de 30 ml de esta solución a la bomba para el pretratamiento. Para el ensayo 6.13, se añadieron 100 µl de la solución inhibitora al 5,0 % en peso de compuesto 6B a 100 ml de agua DI en un vaso de precipitados para crear una solución inhibitora de 50 mg/l (1 µl = 1 mg). El pH de esta solución se midió en 10,42. Después se transfirió una alícuota de 30 ml de esta solución a la bomba para el pretratamiento.

30 Las composiciones inhibitoras de sarro micromoleculares se usaron para tratar la superficie interior de la bomba siguiendo las etapas descritas en el ejemplo 1 anterior. Se realizó entonces una serie de formación de sarro para cada uno de los ensayos usando SBL. La serie de formación de sarro se realizó a 150 °C durante 1,25 horas siguiendo procedimientos descritos anteriormente, y entonces se midió la cantidad de sarro en la pared.

Tabla 6 - Resultados de serie de formación de sarro del ejemplo 6

Ensayo n.º	Tratamiento	Concentración de compuesto que contiene silicio (mg/l)	pH de la solución de tratamiento	Compuesto que contiene silicio	Sólidos de lodo rojo (mg/l)	Cantidad de sarro en la pared (mg)	% de reducción en el sarro en la pared
6,1	Ninguno	0,00	10,51	Ninguno	0	20,9	-
6,2	Ninguno	0,00	10,56	Ninguno	0	20,0	-
6,3	Ninguno	0,00	10,5	Ninguno	0	20,5	-
6,4	Etapas de tratamiento	10	9,31	6A	0	28,8	-40,83
6,5	Etapas de tratamiento	20	9,84	6A	0	21,0	-2,69
6,6	Etapas de tratamiento	30	10,18	6A	0	26,9	-31,54
6,7	Etapas de tratamiento	40	10,33	6A	0	33,7	-64,79
6,8	Etapas de tratamiento	50	10,46	6A	0	19,9	2,69
6,9	Etapas de tratamiento	10	9,6	6B	0	29,60	-44,74
6,10	Etapas de tratamiento	20	9,76	6B	0	29,7	-45,23
6,11	Etapas de tratamiento	30	10,14	6B	0	35,6	-74,08
6,12	Etapas de tratamiento	40	10,31	6B	0	29,4	-43,77
6,13	Etapas de tratamiento	50	10,42	6B	0	36,7	-79,46

La tabla 6 muestra que tratar la superficie del equipo de acero con una solución de los compuestos micromoleculares disueltos en agua desionizada antes de realizar el ensayo de formación de sarro no provocaba ninguna inhibición de sarro.

5

Ejemplo 7 - Inhibición de sarro usando líquido de pretratamiento que no es de Bayer

El ejemplo 7 muestra el uso de líquido de tratamiento que no es líquido de Bayer. Los ensayos n.º 7.1 y 7.3 se realizaron para determinar la cantidad de formación de sarro en la pared sin tratar primero la bomba con una composición inhibidora de sarro (es decir no se usó composición inhibidora de sarro en los ensayos n.º 7.1 y 7.3). Para el ensayo n.º 7.1, se preparó una solución al 20 % p/p de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> combinando 200 g de sulfato de sodio con 800 g de agua DI con agitación para disolver el sólido en el agua. El pH de esta solución se midió en 6,16. Después se transfirió una alícuota de 30 ml de esta solución a la bomba para el pretratamiento durante 16 horas a 100 °C. Para el ensayo n.º 7.3, se añadieron 100 ml de la solución de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 20 % p/p a un vaso de precipitados junto con 20 µl de una solución de NaOH al 2 % p/p, dando una solución que tenía un pH de 9,1. Después se transfirió una alícuota de 30 ml de esta solución a la bomba para el pretratamiento durante 16 horas a 100 °C. Después de la etapa de pretratamiento con solución que no contenía ningún inhibidor en los ensayos n.º 7.1 y 7.3, se realizaron tres series consecutivas de formación de sarro, durando cada una 75 minutos a 150 °C, en presencia de 400 mg/l de sólidos de lodo rojo dispersados en SBL.

En los ejemplos 7.2 y 7.4-7.9, se disolvió inhibidor de sarro 2A (ejemplo 2 anterior) en líquido que contenía un 20 % p/p de sulfato de sodio en agua para formar la composición de tratamiento. El pH se ajustó con NaOH o ácido sulfúrico hasta los valores mostrados en la tabla 7 para mostrar el efecto del pH sobre la eficacia del líquido de tratamiento. El tiempo de tratamiento fue 16 horas a 100 °C. En todos estos ensayos, se realizaron tres series consecutivas de formación de sarro, durando cada una 75 minutos a 150 °C, en presencia de 400 mg/l de sólidos de lodo rojo dispersados en SBL.

Para el ensayo n.º 7.2, se añadieron 30 ml de la solución de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 20 % p/p del ensayo 7.1 a la bomba, seguido de 600 µl de una solución al 5 % p/p de inhibidor de sarro 2A (ejemplo 2 anterior) para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l (1 µl = 1 mg).

Para el ensayo n.º 7.4, se añadieron 100 ml de la solución de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 20 % p/p a un vaso de precipitados junto con 20 µl de una solución de NaOH al 2 % en peso, dando una solución que tenía un pH de 9,1. Después se transfirieron 30 ml de esta solución a una bomba, seguido de 600 µl de una solución al 5 % p/p de inhibidor de sarro 2A para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l.

Para el ensayo n.º 7.5, se añadieron 100 ml de la solución de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 20 % p/p a un vaso de precipitados junto con 50 µl de una solución de ácido sulfúrico al 50 % en peso y 50 µl de una solución de ácido sulfúrico al 10 % en peso, dando una solución que tenía un pH de 3,00. Después se transfirieron 30 ml de esta solución a una bomba, seguido de 600 µl de una solución al 5 % p/p de inhibidor de sarro 2A para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l.

Para el ensayo n.º 7.6, se añadieron 100 ml de la solución de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 20 % p/p a un vaso de precipitados junto con 5 µl de una solución de ácido sulfúrico al 10 % en peso, dando una solución que tenía un pH de 4,90. Después se transfirieron 30 ml de esta solución a una bomba, seguido de 600 µl de una solución al 5 % p/p de inhibidor de sarro 2A para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l.

Para el ensayo n.º 7.7, se añadieron 100 ml de la solución de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 20 % p/p a un vaso de precipitados junto con 150 µl de una solución de NaOH al 50 % en peso, 45 µl de una solución de NaOH al 2 % en peso y 20 µl de una solución de ácido sulfúrico al 10 % en peso, dando una solución que tenía un pH de 11,00. Después se transfirieron 30 ml de esta solución a una bomba, seguido de 600 µl de una solución al 5 % p/p de inhibidor de sarro 2A para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l.

Para el ensayo n.º 7.8, se añadieron 100 ml de la solución de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 20 % p/p a un vaso de precipitados junto con 700 µl de una solución de NaOH al 50 % en peso y 850 µl de una solución de ácido sulfúrico al 50 % en peso, dando una solución que tenía un pH de 12,00. Después se transfirieron 30 ml de esta solución a una bomba, seguido de 600 µl de una solución al 5 % p/p de inhibidor de sarro 2A para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l.

Para el ensayo n.º 7.9, se añadieron 100 ml de la solución de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 20 % p/p a un vaso de precipitados junto con 1400 µl de una solución de NaOH al 50 % en peso, dando una solución que tenía un pH de 13,00. Después se transfirieron 30 ml de esta solución a una bomba, seguido de 600 µl de una solución al 5 % p/p de inhibidor de sarro 2A para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l.

60

Tabla 7 - Resultados de serie de formación de sarro del ejemplo 7

Ensayo n.º	Tratamiento	Concentración de compuesto que contiene silicio (mg/l)	pH del líquido de tratamiento	Cantidad de sarro en la pared (mg)	% de reducción en el sarro en la pared
7,1	Ninguno	0	6,16	58,4	-
7,2	Tratamiento	1000	6,16	21,1	63,9
7,3	Ninguno	0	9,1	57,7	-
7,4	Tratamiento	1000	9,1	21,1	63,43
7,5	Tratamiento	1000	3,00	34,5	-
7,6	Tratamiento	1000	4,90	14,8	-
7,7	Tratamiento	1000	11,00	15,2	-
7,8	Tratamiento	1000	12,00	10,0	-
7,9	Tratamiento	1000	13,00	12,9	-

5 La tabla 7 muestra que, cuando la superficie de acero se trata primero con una composición inhibidora de sarro que comprende un compuesto que contiene silicio que tiene grupos  $-\text{Si}(\text{OR})_n$  y un líquido de tratamiento (por ejemplo, para el ejemplo 7, una solución de sulfato de sodio como líquido) diferente del líquido del proceso de Bayer antes de que la superficie se exponga a una corriente del proceso de Bayer que induce formación de sarro, el tratamiento es eficaz en inhibir el sarro.

10 Ejemplo 8 - Variación de la estructura del inhibidor para proceso de corriente doble (bajo contenido de sólidos)

15 El ejemplo 8 ilustra el uso de una diversidad de compuestos que contienen grupos  $-\text{Si}(\text{OR})_3$ , incluyendo tanto compuestos poliméricos como micromoleculares, que pueden usarse en una aplicación de pretratamiento de acuerdo con la presente invención para procesos de corriente doble. Ejemplos de compuestos poliméricos útiles que contienen grupos  $-\text{Si}(\text{OR})_3$  incluyen polímeros divulgados en la patente de Estados Unidos n.º 7.999.065 (ejemplo 8.1, 8.4 y 8.5), patente de Estados Unidos n.º 8.067.507 (ejemplo 8.3), publicación de solicitud de patente de Estados Unidos n.º 2006/0124553 (ejemplos 8.6 - 8.8) y publicación de solicitud de patente internacional n.º WO 2004/009606 (ejemplo 8.9). Un material polimérico que contiene grupos  $-\text{Si}(\text{OR})_2$  como se muestra en la patente de Estados Unidos n.º 8.282.834 (ejemplo 8.2) no fue eficaz. Las moléculas pequeñas 6A y 6B descritas anteriormente pueden prepararse para que funcionen en un proceso de pretratamiento de acuerdo con la presente invención (ejemplos 8.10 y 8.11).

20 Para cada una de las series de pretratamiento de los ejemplos 8.1 - 8.11, el líquido de pretratamiento fue no-Si SBL con un pH de 13,5. La bomba se trató con cada solución durante 16 horas a una temperatura de 100 °C. Los resultados de la serie de formación de sarro se compararon frente a una bomba tratada con un líquido de pretratamiento de no-Si SBL que no contenía inhibidor de sarro y después sometida a tres series de formación de sarro.

25 Para el ejemplo 8.1, se añadieron 30 ml de no-Si SBL a la bomba, seguido de 600 µl de una solución al 5 % p/p de compuesto 2A (un inhibidor que contenía grupos  $-\text{Si}(\text{OR})_3$ ) para crear una solución de 1000 mg/l de inhibidor para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

30 Para el ejemplo 8.2, se preparó una solución inhibidora que contenía un polímero que contenía grupos  $-\text{Si}(\text{OR})_2$  disolviendo 5,00 g de polietilimina (PEI, disponible como Lupasol® WF de BASF) en 5,00 g de etanol, y después añadiendo 1,09 g de glicidiloxipropilmetildimetoxisilano y 0,32 g de 4-nonilfeniléter glicídico. La mezcla se agitó a 60 °C durante 1 hora y después se añadió solución acuosa de NaOH (2 % en peso) para preparar una solución activa al 5 % en peso, en la que el valor de actividad del 5% se basa en el peso del compuesto no hidrolizado (6,41 g). Se añadieron 30 ml de no-Si SBL a la bomba, seguido de 600 µl de esta solución al 5 % p/p de la solución inhibidora para crear una solución de 1000 mg/l de inhibidor para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

35 Para el ejemplo 8.3, se preparó una solución inhibidora que contenía un polímero que contenía grupos  $-\text{Si}(\text{OR})_3$  disolviendo 2,02 g de éter diglicídico de polietilenglicol (PEG 400-DGE, disponible en Raschig GmbH, Ludwigshafen, Alemania) en 15,93 g de agua y después añadiendo 0,8599 g de 3-(aminopropil)trimetoxisilano. La solución se agitó a 70 °C durante 30 minutos para formar un gel sólido. Entonces se añadió solución acuosa de NaOH (2 % en peso) para preparar una solución activa al 5,9 % en peso, en la que el valor de actividad del 5,9 % se basa en el peso del gel (compuesto no hidrolizado). Se añadieron 30 ml de no-Si SBL a la bomba, seguido de 508 µl de esta solución inhibidora al 5,9% p/p para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

40 Para el ejemplo 8.4, se preparó una solución inhibidora que contenía un polímero que contenía grupos  $-\text{Si}(\text{OR})_3$  disolviendo 20 g de etilnamina E-100 de Huntsman (The Woodlands, Texas) (E-100 es una mezcla de

tetraetilenpentamina (TEPA), pentaetilenhexamina (PEHA) y hexaetilenheptamina (HEHA) con un peso molecular promedio en número de 250-300 g/mol) en 50 g de agua, enfriando hasta 0 °C en un baño de hielo y después añadiendo 15,5 g de epiclorhidrina, seguido de 13,4 g de NaOH al 50 % en peso. La solución se mantuvo a reflujo durante 1 hora antes de enfriarla hasta temperatura ambiente y añadiendo 40 g de agua y 14 g de NaOH al 50 % en peso, seguido de la adición de 6,8 g de 3-(glicidoxipropil)trimetoxisilano. La solución se agitó a temperatura ambiente durante una noche. Entonces se añadió solución acuosa de NaOH (2 % en peso) para preparar una solución activa al 5,0% en peso, en la que el valor de actividad del 5,0 % se basa en el peso del compuesto no hidrolizado. Se añadieron 30 ml de no-Si SBL a la bomba, seguido de 600 µl de esta solución inhibidora al 5,0% p/p para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

Para el ejemplo 8.5, se preparó una solución inhibidora que contenía un polímero que contenía grupos -Si(OR)<sub>3</sub> y sin hidrófobo disolviendo 4 g de etilenamina E-100 y 2,3 g de bis(hexametilen)triamina en 50 g de agua, enfriando hasta 3 °C en un baño de hielo y después añadiendo 5,33 g de epiclorhidrina, seguido de 3,4667 g de NaOH al 50 % en peso. La solución se agitó a 28 °C durante 20 minutos y después se mantuvo a reflujo durante 1 hora antes de enfriarla hasta temperatura ambiente, produciendo un gel sólido. Se mezcló una porción de 30,1 g del gel con 80 g de agua y 3 g de NaOH al 50 % en peso, seguido de agitación durante una noche a temperatura ambiente para obtener una solución viscosa. Se añadieron 2,49 g de 3-(glicidoxipropil)trimetoxisilano a la solución viscosa, seguido de agitación durante una noche a temperatura ambiente. Entonces se añadió solución acuosa de NaOH (2 % en peso) para preparar una solución activa al 5,0% en peso, en la que el valor de actividad del 5,0 % se basa en el peso del compuesto no hidrolizado. Se añadieron 30 ml de no-Si SBL a la bomba, seguido de 600 µl de esta solución inhibidora al 5,0% p/p para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

La preparación de la solución inhibidora que contenía un polímero que contenía grupos -Si(OR)<sub>3</sub> del ejemplo 8.6 fue de acuerdo con los procedimientos descritos en los ejemplos 8-10 de la publicación de solicitud de patente de Estados Unidos n.º 2006/0124553. Para el ejemplo 8.6, se usaron los siguientes monómeros: 30 % en moles de t-octilacrilamida, 10 % en moles de ácido acrílico, 55 % en moles de acrilamida y 5 % en moles de N-(3-trietoxisilil)propilacrilamida. Entonces se añadió solución acuosa de NaOH (2 % en peso) al polímero sólido para preparar una solución activa al 5,0% en peso, en la que el valor de actividad del 5,0 % se basa en el peso del polímero sólido. Se añadieron 30 ml de no-Si SBL a la bomba, seguido de 600 µl de esta solución inhibidora al 5,0% p/p para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

La solución inhibidora que contenía un polímero que contenía grupos -Si(OR)<sub>3</sub> del ejemplo 8.7 se preparó de acuerdo con los procedimientos descritos en los ejemplos 8-10 de la publicación de solicitud de patente de Estados Unidos n.º 2006/0124553. Para el ejemplo 8.7, se usaron los siguientes monómeros: 50 % en moles de ácido acrílico, 45 % en moles de N-ciclohexilacrilamida y 5 % en moles de N-(3-trietoxisilil)propilacrilamida. Entonces se añadió solución acuosa de NaOH (2 % en peso) al polímero sólido para preparar una solución activa al 5,0% en peso, en la que el valor de actividad del 5,0 % se basa en el peso del polímero sólido. Se añadieron 30 ml de no-Si SBL a la bomba, seguido de 600 µl de esta solución inhibidora al 5,0% p/p para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

La solución inhibidora que contenía un polímero que contenía grupos -Si(OR)<sub>3</sub> del ejemplo 8.8 se preparó de acuerdo con los procedimientos descritos en los ejemplos 8-10 de la publicación de solicitud de patente de Estados Unidos n.º 2006/0124553. Para el ejemplo 8.8, se usaron los siguientes monómeros: 23,3 % en moles de t-octilacrilamida, 56,7 % en moles de ácido acrílico, 12 % en moles de N-vinilpirrolidona y 8 % en moles de N-(3-trietoxisilil)propilacrilamida. Entonces se añadió solución acuosa de NaOH (2 % en peso) al polímero sólido para preparar una solución activa al 5,0% en peso, en la que el valor de actividad del 5,0 % se basa en el peso del polímero sólido. Se añadieron 30 ml de no-Si SBL a la bomba, seguido de 600 µl de esta solución inhibidora al 5,0% p/p para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

La solución inhibidora que contenía un polímero que contenía grupos -Si(OR)<sub>3</sub> del ejemplo 8.9 se preparó disolviendo 12,12 g de copolímero de estireno/anhídrido maleico (SMA) en 120 ml de dimetilformamida (DMF) a 50 °C. Una solución de 2,718 g de dietilamina, 1,608 g de amina de sebo y 3,714 g de (3-aminopropil)trimetoxisilano en 18 ml de DMF se añadió en la solución de SMA anterior lentamente en agitación. La solución de DMF resultante se calentó a 100 °C durante 2 horas antes de enfriarla hasta temperatura ambiente. La solución de DMF enfriada se vertió en 3000 ml de acetato de etilo lentamente en agitación para precipitar el polímero SMA como un polvo de sólido blanco. El polvo se filtró, se lavó con acetato de etilo frío y se secó al vacío durante una noche. Entonces se añadió solución acuosa de NaOH (2 % en peso) al polímero sólido blanco secado para preparar una solución activa al 2,0% en peso, en la que el valor de actividad del 2,0 % se basa en el peso del polímero sólido. Se añadieron 30 ml de no-Si SBL a la bomba, seguido de 1500 µl de esta solución inhibidora al 2,0% p/p para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

Para el ejemplo 8.10, se añadieron 30 ml de no-Si SBL a la bomba, seguido de 600 µl de solución inhibidora al 5,0 % p/p de compuesto 6A (inhibidor micromolecular descrito anteriormente) para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

Para el ejemplo 8.11, se añadieron 30 ml de no-Si SBL a la bomba, seguido de 600  $\mu$ l de solución inhibidora al 5,0 % p/p de compuesto 6B (inhibidor micromolecular descrito anteriormente) para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1  $\mu$ l = 1 mg).

- 5 Para cada una de las series de formación de sarro de los ejemplos 8.1 - 8.11, el líquido de serie de formación de sarro fue SBL que no contenía sólidos de lodo rojo. Los ensayos de formación de sarro se procesaron a una temperatura de 150 °C durante 1,25 horas. Se realizaron tres series de formación de sarro para cada ensayo. El pH del líquido de pretratamiento de blanco y el de los inhibidores de pretratamiento fue 13,5. La reducción en el sarro en la pared para cada ejemplo se comparó frente a un blanco, una bomba pretratada con no-Si SBL que no contenía inhibidor. Los resultados se proporcionan en la tabla 8.

Tabla 8 - Resultados de serie de formación de sarro del ejemplo 8

Ensayo n.º	Cantidad de sarro en la pared (mg)	% de reducción en el sarro en la pared
Blanco	66,7	N/A
8,1	-0,7	101,0
8,2	77,1	-15,6
8,3	29,0	56,5
8,4	65,8	1,3
8,5	74,1	-11,1
8,6	-3,9	105,8
8,7	0,2	99,7
8,8	-2,4	103,6
8,9	6,3	90,6
8,10	61,2	8,2
8,11	57,3	14,1

- 15 A partir de los resultados anteriores, se observa que el pretratamiento con inhibidores poliméricos que contienen grupos  $\text{Si}(\text{OR})_3$  es útil para el proceso de pretratamiento de la presente invención (ejemplos 8.1, 8.3, 8.4 y 8.6-8.9). El pretratamiento con inhibidores micromoleculares (ejemplos 8.10 y 8.11) tiene un pequeño efecto sobre la reducción de sarro en la pared. Sin embargo, el pretratamiento con inhibidores poliméricos que contienen grupos  $\text{Si}(\text{OR})_2$  (ejemplo 8.2) fracasan en evitar el sarro en la pared, así como un inhibidor polimérico que contiene grupos  $\text{Si}(\text{OR})_3$ , pero no hidrófobo (ejemplo 8.5).

Ejemplo 9 - Variación de la estructura del inhibidor para proceso de una sola corriente (alto contenido de sólidos)

- 25 El ejemplo 9 ilustra el uso de una diversidad de compuestos poliméricos que contienen grupos  $-\text{Si}(\text{OR})_3$ , que pueden usarse en un proceso de pretratamiento de acuerdo con la presente invención para aplicaciones de una sola corriente con alto contenido de sólidos (sólidos de lodo rojo).

- 30 Para cada una de las series de pretratamiento de los ejemplos 9.1 - 9.4, el líquido de pretratamiento fue no-Si SBL con un pH de 13,5. La bomba se trató con cada solución durante 16 horas a una temperatura de 100 °C. Los resultados de la serie de formación de sarro se compararon frente a una bomba tratada con un líquido de pretratamiento de no-Si SBL que no contenía inhibidor de sarro y después sometida a tres series de formación de sarro.

- 35 La solución inhibidora que contenía un polímero que contenía grupos  $-\text{Si}(\text{OR})_3$  del ejemplo 9.1 se preparó de acuerdo con los procedimientos descritos en los ejemplos 8-10 de la publicación de solicitud de patente de Estados Unidos n.º 2006/0124553. Para el ejemplo 9.1, se usaron los siguientes monómeros: 30 % en moles de t-octilacrilamida, 10 % en moles de ácido acrílico, 55 % en moles de acrilamida y 5 % en moles de N-(3-trietoxisilil)propilacrilamida. Entonces se añadió solución acuosa de NaOH (2 % en peso) al polímero sólido para preparar una solución activa al 5,0% en peso, en la que el valor de actividad del 5,0 % se basa en el peso del polímero sólido. Se añadieron 30 ml de no-Si SBL a la bomba, seguido de 600  $\mu$ l de esta solución inhibidora al 5,0% p/p para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1  $\mu$ l = 1 mg).

- 45 La solución inhibidora que contenía un polímero que contenía grupos  $-\text{Si}(\text{OR})_3$  del ejemplo 9.2 se preparó de acuerdo con los procedimientos descritos en los ejemplos 8-10 de la publicación de solicitud de patente de Estados Unidos n.º 2006/0124553. Para el ejemplo 9.2, se usaron los siguientes monómeros: 50 % en moles de ácido acrílico, 45 % en moles de N-ciclohexilacrilamida y 5 % en moles de N-(3-trietoxisilil)propilacrilamida. Entonces se añadió solución acuosa de NaOH (2 % en peso) al polímero sólido para preparar una solución activa al 5,0% en peso, en la que el valor de actividad del 5,0 % se basa en el peso del polímero sólido. Se añadieron 30 ml de no-Si SBL a la bomba,

seguido de 600 µl de esta solución inhibidora al 5,0% p/p para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

5 La solución inhibidora que contenía un polímero que contenía grupos -Si(OR)<sub>3</sub> del ejemplo 9.3 se preparó de acuerdo con los procedimientos descritos en los ejemplos 8-10 de la publicación de solicitud de patente de Estados Unidos n.º 2006/0124553. Para el ejemplo 9.3, se usaron los siguientes monómeros: 23,3 % en moles de t-octilacrilamida, 56,7 % en moles de ácido acrílico, 12 % en moles de N-vinilpirrolidona y 8 % en moles de N-(3-trietoxisilil)propilacrilamida. Entonces se añadió solución acuosa de NaOH (2 % en peso) al polímero sólido para preparar una solución activa al 5,0% en peso, en la que el valor de actividad del 5,0 % se basa en el peso del polímero sólido. Se añadieron 30 ml de no-Si SBL a la bomba, seguido de 600 µl de esta solución inhibidora al 5,0% p/p para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

15 La solución inhibidora que contenía un polímero que contenía grupos -Si(OR)<sub>3</sub> del ejemplo 9.4 se preparó de acuerdo con los procedimientos descritos en los ejemplos 8-10 de la publicación de solicitud de patente de Estados Unidos n.º 2006/0124553. Para el ejemplo 9.4, se usaron los siguientes monómeros: 36,7 % en moles de t-octilacrilamida, 43,3 % en moles de ácido acrílico, 12 % en moles de N-vinilpirrolidona y 8 % en moles de N-(3-trietoxisilil)propilacrilamida. Entonces se añadió solución acuosa de NaOH (2 % en peso) al polímero sólido para preparar una solución activa al 5,0% en peso, en la que el valor de actividad del 5,0 % se basa en el peso del polímero sólido. Se añadieron 30 ml de no-Si SBL a la bomba, seguido de 600 µl de esta solución inhibidora al 5,0% p/p para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

25 Para cada una de las series de formación de sarro de los ejemplos 9.1 - 9.4, el líquido de serie de formación de sarro fue SBL que contenía sólidos de lodo rojo presentes en una cantidad de 400 mg/l. Los ensayos de formación de sarro se procesaron a una temperatura de 150 °C durante 1,25 horas. El pH del líquido de pretratamiento de blanco y el de los inhibidores de pretratamiento fue 13,5. Se realizaron tres series de formación de sarro para cada ensayo. La reducción en el sarro en la pared para cada ejemplo se comparó frente al blanco, una bomba pretratada con no-Si SBL que no contenía inhibidor. Los resultados se proporcionan en la tabla 9.

Tabla 9 - Resultados de serie de formación de sarro del ejemplo 9

Ensayo n.º	Cantidad de sarro en la pared (mg)	% de reducción en el sarro en la pared
Blanco	47,6	N/A
9,1	1,9	96,0
9,2	4,4	90,8
9,3	-0,1	100,2
9,4	-0,8	101,7

30 A partir de los resultados anteriores, se observa que el pretratamiento con inhibidores poliméricos que contienen grupos Si(OR)<sub>3</sub> es útil para el proceso de pretratamiento de la presente invención en procesos de alto contenido de sólidos.

35 Ejemplo 10 - Variación de la estructura del inhibidor para proceso de una sola corriente (alto contenido de sólidos)

40 El ejemplo 10 ilustra una diversidad de compuestos poliméricos que contienen grupos -Si(OR)<sub>3</sub>, que pueden usarse en un proceso de pretratamiento de acuerdo con la presente invención para aplicaciones de una sola corriente con alto contenido de sólidos (sólidos de lodo rojo).

45 Para cada una de las series de pretratamiento de los ejemplos 10.1 y 10.2, el líquido de pretratamiento fue no-Si SBL con un pH de 13,5. La bomba se trató con cada solución durante 16 horas a una temperatura de 100 °C. Los resultados de la serie de formación de sarro se compararon frente a una bomba tratada con un líquido de pretratamiento de no-Si SBL que no contenía inhibidor de sarro y después sometida a tres series de formación de sarro.

50 La solución inhibidora que contiene un polímero que contiene grupos -Si(OR)<sub>3</sub> del ejemplo 10.1 se preparó disolviendo 2,02 g de éter diglicídico de polietilenglicol (PEG 400-DGE) en 15,93 g de agua y después añadiendo 0,8599 g de 3-(aminopropil)trimetoxisilano. La solución se agitó a 70 °C durante 30 min para formar un gel sólido. Entonces se añadió solución acuosa de NaOH (2 % en peso) al gel para preparar una solución activa al 5,9 % en peso, en la que el valor de actividad del 5,9 % se basa en el peso del gel (compuesto no hidrolizado). Se añadieron 30 ml de no-Si SBL a la bomba, seguido de 508 µl de esta solución inhibidora al 5,9% p/p para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

55 La solución inhibidora que contiene un polímero que contiene grupos -Si(OR)<sub>3</sub> del ejemplo 10.2 se preparó disolviendo 20 g de etilenamina E-100 (una mezcla de tetraetilenpentamina (TEPA), pentaetilenhexamina (PEHA) y hexaetilenheptamina (HEHA) con un peso molecular promedio en número de 250-300 g/moles; disponible en

- 5 Huntsman, The Woodlands, Texas) en 50 g de agua, enfriando hasta 0 °C en un baño de hielo y después añadiendo 15,5 g de epiclorhidrina, seguido de 13,4 g de NaOH al 50 % en peso. La solución se mantuvo a reflujo durante 1 hora antes de enfriarla hasta temperatura ambiente y añadiendo 40 g de agua y 14 g de NaOH al 50 % en peso, seguido de la adición de 6,8 g de 3-(glicidoxipropil)trimetoxisilano. La mezcla se agitó durante una noche a temperatura ambiente. Entonces se añadió solución acuosa de NaOH (2 % en peso) al polímero sólido para preparar una solución activa al 5,0 % en peso, en la que el valor de actividad del 5,0 % se basa en el peso del compuesto no hidrolizado. Se añadieron 30 ml de no-Si SBL a la bomba, seguido de 600 µl de esta solución inhibidora al 5,0% p/p para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).
- 10 Para cada una de las series de formación de sarro de los ejemplos 10.1 y 10.2, el líquido de serie de formación de sarro fue SBL que contenía sólidos de lodo rojo presentes en una cantidad de 400 mg/l. Los ensayos de formación de sarro se procesaron a una temperatura de 150 °C durante 1,25 horas. El pH del líquido de pretratamiento de blanco y el de los inhibidores de pretratamiento fue 13,5. Se realizaron tres series de formación de sarro para cada ensayo. La reducción en el sarro en la pared para cada ejemplo se comparó frente al blanco, una bomba pretratada con no-Si SBL que no contenía inhibidor. Los resultados se proporcionan en la tabla 10.

Tabla 10 - Resultados de serie de formación de sarro del ejemplo 10

Ensayo n.º	Cantidad de sarro en la pared (mg)	% de reducción en el sarro en la pared
Blanco	46,4	N/A
10,1	87,4	-88,4
10,2	26,0	44,0

- 20 A partir de los resultados anteriores, se observa que el pretratamiento con inhibidores poliméricos que contienen grupos Si(OR)<sub>3</sub> es útil para el proceso de pretratamiento de la presente invención. Sin embargo, los inhibidores poliméricos que no contienen hidrófobo (ejemplo 10.1) no son satisfactorios en inhibir el sarro en las condiciones de funcionamiento (líquido sintético de Bayer con sólidos) de este ejemplo.
- 25 Ejemplo 11 - Variación de la estructura del inhibidor para proceso de una sola corriente (alto contenido de sólidos)
- El ejemplo 11 ilustra el efecto de diversos compuestos poliméricos en un proceso de pretratamiento de acuerdo con la presente invención para aplicaciones de una sola corriente con alto contenido de sólidos (sólidos de lodo rojo).
- 30 Para cada una de las series de pretratamiento de los ejemplos 11.1 - 11.4, el líquido de pretratamiento fue no-Si SBL con un pH de 13,5. La bomba se trató con cada solución durante 16 horas a una temperatura de 100 °C. Los resultados de la serie de formación de sarro se compararon frente a una bomba tratada con un líquido de pretratamiento de no-Si SBL que no contenía inhibidor de sarro y después sometida a tres series de formación de sarro.
- 35 La solución inhibidora del ejemplo 11.1 que no contenía hidrófobo se preparó disolviendo 4 g de etilamina E-100 (Huntsman, The Woodlands, Texas) y 2,3 g de bis(hexametilen)triamina en 50 g de agua, enfriando hasta 3 °C en un baño de hielo y después añadiendo 5,33 g de epiclorhidrina, seguido de 3,4667 g de NaOH al 50 % en peso. La solución se agitó a 28 °C durante 20 min y después se mantuvo a reflujo durante 1 hora antes de enfriarla hasta temperatura ambiente, produciendo un gel sólido. Se mezclaron 30,1 g del gel con 3 g de NaOH al 50 % en peso y 80 g de agua, seguido de agitación durante una noche a temperatura ambiente para obtener una solución viscosa.
- 40 Entonces, se añadieron 2,49 g de 3-(glicidoxipropil)trimetoxisilano a la solución viscosa, seguido de agitación durante una noche a temperatura ambiente. Entonces se añadió solución acuosa de NaOH (2 % en peso) al gel para preparar una solución activa al 5,0 % en peso, en la que el valor de actividad del 5,0 % se basa en el peso del gel (compuesto no hidrolizado). Se añadieron 30 ml de no-Si SBL a la bomba, seguido de 600 µl de esta solución inhibidora al 5,0% p/p para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).
- 45 La solución inhibidora que contenía bajo contenido de hidrófobo (1 %) del ejemplo 11.2 se preparó calentando 1,8483 g de polietilimina (Lupasol® WF, BASF, Alemania) hasta 100 °C y después añadiendo 0,1188 g de 4-nonilfeniléter glicidílico y 0,4064 g de 3-(glicidoxipropil)trimetoxisilano con agitación. La agitación se continuó durante 10 minutos para formar un gel sólido, que después se calentó a 100 °C durante 16 horas. Entonces se añadió solución acuosa de NaOH (2 % en peso) al gel para preparar una solución activa al 5,0 % en peso, en la que el valor de actividad del 5,0 % se basa en el peso del gel (compuesto no hidrolizado). Se añadieron 30 ml de no-Si SBL a la bomba, seguido de 600 µl de esta solución inhibidora al 5,0% p/p para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).
- 50 La solución inhibidora que contenía grupos -Si(OR)<sub>2</sub> del ejemplo 11.3 se preparó mezclando 5,00 g de polietilimina (Lupasol® WF de BASF, Alemania) en 5,00 g de etanol y después añadiendo 1,09 g de glicidiloxipropilmetildimetoxisilano y 0,32 g de 4-nonilfeniléter glicidílico. La mezcla se agitó a 60 °C durante 1 hora. Entonces se añadió solución acuosa de NaOH (2 % en peso) al gel para preparar una solución activa al 5,0 % en peso, en la que el valor de actividad del 5,0 % se basa en el peso del gel (compuesto no hidrolizado). Se añadieron 30 ml
- 55
- 60

de no-Si SBL a la bomba, seguido de 600 µl de esta solución inhibidora al 5,0% p/p para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

La solución inhibidora que contenía grupos  $-Si(OR)_3$  del ejemplo 11.4 se preparó disolviendo 12,12 g de copolímero de estireno/anhídrido maleico (SMA) en 120 ml de dimetilformamida (DMF) a 50 °C. Una solución de 2,718 g de dietilamina, 1,608 g de amina de sebo y 3,714 g de (3-aminopropil)trimetoxisilano se añadió en 18 ml de la solución de DMF anterior lentamente en agitación. La solución de DMF resultante se calentó a 100 °C durante 2 horas antes de enfriarla hasta temperatura ambiente. La solución de DMF enfriada se vertió en 3000 ml de acetato de etilo lentamente en agitación para precipitar el polímero SMA como un polvo de sólido blanco. El polvo se filtró, se lavó con acetato de etilo frío y se secó al vacío durante una noche. Entonces se añadió solución acuosa de NaOH (2 % en peso) al polímero sólido blanco secado para preparar una solución activa al 2,0% en peso, en la que el valor de actividad del 2,0 % se basa en el peso del polímero sólido. Se añadieron 30 ml de no-Si SBL a la bomba, seguido de 1500 µl de esta solución inhibidora al 2,0% p/p para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

Para cada una de las series de formación de sarro de los ejemplos 11.1 - 11.4, el líquido de serie de formación de sarro fue SBL que contenía sólidos de lodo rojo presentes en una cantidad de 400 mg/l. Los ensayos de formación de sarro se procesaron a una temperatura de 150 °C durante 1,25 horas. El pH del líquido de pretratamiento de blanco y el de los inhibidores de pretratamiento fue 13,5. Se realizaron tres series de formación de sarro para cada ensayo. La reducción en el sarro en la pared para cada ejemplo se comparó frente al blanco, una bomba pretratada con no-Si SBL que no contenía inhibidor. Los resultados se proporcionan en la tabla 11.

Tabla 11 - Resultados de serie de formación de sarro del ejemplo 11

Ensayo n.º	Cantidad de sarro en la pared (mg)	% de reducción en el sarro en la pared
Blanco	45,9	N/A
11,1	55,8	-21,6
11,2	65,4	-42,5
11,3	79,2	-72,5
11,4	27,0	41,3

A partir de los resultados anteriores, se observa que el pretratamiento con inhibidores poliméricos que contienen grupos  $Si(OR)_3$  es útil para el proceso de pretratamiento de la presente invención, mientras que los inhibidores poliméricos que contienen nada hidrófobos o bajos contenidos de hidrófobos (por ejemplo, ejemplo 11.2), nada de grupos  $Si(OR)_2$  (por ejemplo, ejemplo 11.3) o bajos contenidos de grupos  $Si(OR)_2$  (por ejemplo, ejemplo 11.2) realmente aumentan la formación de sarro.

Ejemplo 12 - Variación de la estructura del inhibidor para proceso de una sola corriente (alto contenido de sólidos)

El ejemplo 12 ilustra el efecto de compuestos micromoleculares en un proceso de pretratamiento de acuerdo con la presente invención para aplicaciones de una sola corriente con alto contenido de sólidos (sólidos de lodo rojo).

Para cada una de las series de pretratamiento de los ejemplos 12.1-12.10, la bomba se trató con cada solución durante 16 horas a una temperatura de 100 °C. Los resultados de la serie de formación de sarro se compararon frente a una bomba tratada con un líquido de pretratamiento de agua desionizada y sal de NaOH que no contenía sólidos de lodo rojo y no contenía inhibidor de sarro y después sometida a tres series de formación de sarro.

Para la solución inhibidora del ejemplo 12.1, se añadieron 30 ml de no-Si SBL a la bomba, seguido de 600 µl de una solución inhibidora al 5,0 % p/p de compuesto micromolecular 6A (descrito anteriormente) para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

Para la solución inhibidora del ejemplo 12.2, se añadieron 30 ml de no-Si SBL a la bomba, seguido de 600 µl de una solución inhibidora al 5,0 % p/p de compuesto micromolecular 6B (descrito anteriormente) para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

Para la solución inhibidora del ejemplo 12.3, se añadieron 30 ml de agua desionizada a la bomba, seguido de 600 µl de una solución inhibidora al 5,0 % p/p de compuesto 6A (descrito anteriormente) para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l con un pH de 11,2 para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

Para la solución inhibidora del ejemplo 12.4, se añadieron 30 ml de agua desionizada a la bomba, seguido de 600 µl de una solución inhibidora al 5,0 % p/p de compuesto 6B (descrito anteriormente) para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l con un pH de 11,2 para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

Para la solución inhibidora del ejemplo 12.5, se añadieron 2,84 g de NaOH al 2 % en peso a 47,16 g de agua DI para crear una solución que tenía un pH de 12,0. Se añadieron 30 ml de esta solución a la bomba, seguido de 600 µl de una solución inhibidora al 5,0 % p/p de compuesto 6A (descrito anteriormente) para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l con un pH de 12,0 para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

Para la solución inhibidora del ejemplo 12.6, se añadieron 2,84 g de NaOH al 2 % en peso a 47,16 g de agua DI para crear una solución que tenía un pH de 12,0. Se añadieron 30 ml de esta solución a la bomba, seguido de 600 µl de una solución inhibidora al 5,0 % p/p de compuesto 6B (descrito anteriormente) para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l con un pH de 12,1 para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

Para la solución inhibidora del ejemplo 12.7, se añadieron 1,48 g de NaOH al 26 % en peso a 48,52 g de agua DI para crear una solución que tenía un pH de 13,0. Se añadieron 30 ml de esta solución a la bomba, seguido de 600 µl de una solución inhibidora al 5,0 % p/p de compuesto 6A (descrito anteriormente) para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l con un pH de 13,0 para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

Para la solución inhibidora del ejemplo 12.8, se añadieron 1,65 g de NaOH al 26 % en peso a 48,35 g de agua DI para crear una solución que tenía un pH de 13,0. Se añadieron 30 ml de esta solución a la bomba, seguido de 600 µl de una solución inhibidora al 5,0 % p/p de compuesto 6B (descrito anteriormente) para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l con un pH de 13,0 para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

Para la solución inhibidora del ejemplo 12.9, se disolvieron 7,50 g de sulfato de sodio (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) en 42,09 g de agua DI, seguido de la adición de 0,41 g de NaOH al 26 % en peso para crear una solución que tenía un pH de 13,0. Se añadieron 30 ml de esta solución a la bomba, seguido de 600 µl de una solución inhibidora al 5,0 % p/p de compuesto 6A (descrito anteriormente) para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l con un pH de 13,0 para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

Para la solución inhibidora del ejemplo 12.10, se disolvieron 7,50 g de sulfato de sodio (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) en 42,09 g de agua DI, seguido de la adición de 0,41 g de NaOH al 26 % en peso para crear una solución que tenía un pH de 13,0. Se añadieron 30 ml de esta solución a la bomba, seguido de 600 µl de una solución inhibidora al 5,0 % p/p de compuesto 6B (descrito anteriormente) para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l con un pH de 13,0 para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

Para cada una de las series de formación de sarro de los ejemplos 12.1 - 12.10, el líquido de serie de formación de sarro fue SBL que contenía sólidos de lodo rojo presentes en una cantidad de 400 mg/l. Los ensayos de formación de sarro se procesaron a una temperatura de 150 °C durante 1,25 horas. Se realizaron tres series de formación de sarro para cada ensayo. La reducción en el sarro en la pared para cada ejemplo se comparó frente al blanco, una bomba pretratada con agua desionizada y sal (NaOH) no contenía inhibidor. Los resultados se proporcionan en la tabla 12.

Tabla 12 - Resultados de serie de formación de sarro del ejemplo 12

Ensayo n.º	pH del líquido de pretratamiento	Cantidad de sarro en la pared (mg)	% de reducción en el sarro en la pared
Blanco	13,0	60,6	N/A
12,1	13,5	37,5	38,1
12,2	13,5	37,3	38,4
12,3	11,2	78,2	-29,0
12,4	11,2	39,6	34,7
12,5	12	78,3	-29,2
12,6	12,1	27,6	54,5
12,7	13	59,0	2,6
12,8	13	40,3	33,5
12,9	13	60,2	0,7
12,10	13	51,9	14,4

A partir de los resultados anteriores se observa que el pretratamiento con inhibidores micromoleculares es algo útil (es decir, muestra algo de inhibición de sarro ligera o moderada) para el proceso de pretratamiento de la presente invención cuando se usa en un líquido de pretratamiento que contiene sales disueltas, o cuando el líquido de pretratamiento tiene un pH de aproximadamente 11,0 o mayor. Se requiere optimización del pH y/o concentración salina del líquido para el mejor rendimiento. Los ejemplos 12.1 y 12.2 muestran que los compuestos micromoleculares 6A y 6B inhiben el sarro en presencia de sólidos de lodo rojo cuando se usan en un proceso de acuerdo con la presente

invención. Cuando se usan las mismas moléculas son sal (solución de agua desionizada, ejemplos 12.3 y 12.5, compuesto 6A), las composiciones de pretratamiento fracasan en inhibir el sarro en estas condiciones de funcionamiento.

#### 5 Ejemplo 13 - Variación de la estructura del inhibidor en diversas soluciones salinas del proceso

El ejemplo 13 ilustra el efecto de un inhibidor que contiene un grupo  $-\text{Si}(\text{OR})_3$  en un proceso de pretratamiento de acuerdo con la presente invención para aplicaciones de corriente doble con bajo contenido de sólidos (sin sólidos de lodo rojo).

10 Para las series de pretratamiento del ejemplo 13.1, la bomba se trató con la solución durante 16 horas a una temperatura de 100 °C. Los resultados de la serie de formación de sarro se compararon frente a una bomba tratada con un líquido de pretratamiento de agua desionizada y sal de NaOH que no contenía inhibidor de sarro y después sometida a tres series de formación de sarro. Para el pretratamiento de blanco, se añadieron 3,23 g de NaOH al 0,5 % en peso a 49,0 g de agua desionizada para crear una solución que tenía un pH de 12,0. Se añadió una porción de 30 ml de este blanco a la bomba.

15 Para la solución inhibidora del ejemplo 13.1, se añadieron 30 ml de solución de blanco a la bomba, seguido de 600  $\mu\text{l}$  de una solución inhibidora al 5,0 % p/p de 2A (descrito anteriormente) para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1  $\mu\text{l}$  = 1 mg).

20 Para cada una de las series de formación de sarro del ejemplo 13.1, el líquido de serie de formación de sarro fue SBL que no contenía sólidos de lodo rojo. Los ensayos de formación de sarro se procesaron a una temperatura de 150 °C durante 1,25 horas. Se realizaron tres series de formación de sarro para cada ensayo. La reducción en el sarro en la pared para el ejemplo 13.1 se comparó frente al blanco, una bomba pretratada con agua desionizada y sal (NaOH) no contenía inhibidor. Los resultados se proporcionan en la tabla 13.

Tabla 13 - Resultados de serie de formación de sarro del ejemplo 13

Ensayo n.º	pH del líquido de pretratamiento	Cantidad de sarro en la pared (mg)	% de reducción en el sarro en la pared
Blanco	12,0	72,7	N/A
13,1	12,0	17,1	76,5

30 A partir de los resultados anteriores se observa que el líquido de pretratamiento preferiblemente tiene un pH de 11,0 o mayor cuando no hay sales adicionales distintas de NaOH presentes. La concentración de NaOH a un pH de 11,0 se calcula en 0,04 g/l, o aproximadamente un 0,004 % cuando el pH del líquido de pretratamiento está en o mayor de aproximadamente 11,0. La concentración de NaOH a un pH de 12,0 se calcula en aproximadamente un 0,04 %.

#### 35 Ejemplo 14 - Variación de la estructura del inhibidor en soluciones salinas del proceso

El ejemplo 14 ilustra el efecto de un inhibidor que contiene un grupo  $-\text{Si}(\text{OR})_3$  en un proceso de pretratamiento de acuerdo con la presente invención para aplicaciones de corriente doble con bajo contenido de sólidos (sin sólidos de lodo rojo).

40 Para las series de pretratamiento de los ejemplos 14.1 y 14.2, la bomba se trató con la solución durante 16 horas a una temperatura de 100 °C. Los resultados de la serie de formación de sarro se compararon frente a una bomba tratada con un líquido de pretratamiento de agua desionizada y sal de NaOH que no contenía inhibidor de sarro y después sometida a tres series de formación de sarro. Para el pretratamiento de blanco, se añadieron 3,92 g de NaOH al 0,5 % en peso a 46,08 g de agua desionizada para crear una solución que tenía un pH de 12,0. Se añadió una porción de 30 ml de este blanco a la bomba.

45 Para la solución inhibidora del ejemplo 14.1, se añadieron 4,64 g de NaOH al 0,50 % en peso a 45,36 g de agua DI con agitación para conseguir un pH medido de 12,0. Se añadieron 30 ml de esta solución a la bomba, seguido de 600  $\mu\text{l}$  de una solución inhibidora al 5,0 % p/p de 2A (descrito anteriormente) para crear una solución inhibidora de 100 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1  $\mu\text{l}$  = 1 mg).

50 Para la solución inhibidora del ejemplo 14.2, se añadieron 3,48 g de NaOH al 0,5 % a 46,52 g de agua DI con agitación para conseguir un pH medido de 12,0. Se añadieron 30 ml de esta solución a la bomba, seguido de 150  $\mu\text{l}$  de una solución inhibidora al 5,0 % p/p de 2A (descrito anteriormente) para crear una solución inhibidora de 250 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1  $\mu\text{l}$  = 1 mg).

55 Para cada una de las series de formación de sarro de los ejemplos 14.1 y 14.2, el líquido de serie de formación de sarro fue SBL que no contenía sólidos de lodo rojo. Los ensayos de formación de sarro se procesaron a un pH de 12,0

60

y una temperatura de 150 °C durante 1,25 horas. Se realizaron tres series de formación de sarro para cada ensayo. La reducción en el sarro en la pared para el ejemplo 14 se comparó frente al blanco, una bomba pretratada con agua desionizada y sal (NaOH) no contenía inhibidor. Los resultados se proporcionan en la tabla 14.

5

Tabla 14 - Resultados de serie de formación de sarro del ejemplo 14

Ensayo n.º	pH del líquido de pretratamiento	Cantidad de sarro en la pared (mg)	% de reducción en el sarro en la pared
Blanco	12,0	56,1	N/A
14,1	12,0	17,5	68,8
14,2	12,0	6,4	88,6

10 A partir de los resultados anteriores se observa que el líquido de pretratamiento preferiblemente tiene un pH de 11,0 o mayor cuando no hay sales adicionales distintas de NaOH presentes. La concentración de NaOH a un pH de 11,0 se calcula en 0,04 g/l, o aproximadamente un 0,004 % cuando el pH del líquido de pretratamiento está en o mayor de aproximadamente 11,0. Por lo tanto, cuando la concentración salina es de aproximadamente un 0,004 % o mayor o el pH del líquido de pretratamiento es de aproximadamente 11,0 o mayor, el pretratamiento con los compuestos de acuerdo con la presente invención es adecuado en reducir la formación de sarro en la pared.

15 Ejemplo 15 - Efecto sobre la inhibición en diversas soluciones salinas del proceso y pH

El ejemplo 15 ilustra el efecto de un inhibidor que contiene un grupo  $-\text{Si}(\text{OR})_3$  en diversas concentraciones salinas y diversos pH en un proceso de pretratamiento de acuerdo con la presente invención para aplicaciones de corriente doble con bajo contenido de sólidos (sin sólidos de lodo rojo).

20 Para las series de pretratamiento de los ejemplos 15.1 - 15.7, la bomba se trató con la solución durante 16 horas a una temperatura de 100 °C. Los resultados de la serie de formación de sarro se compararon frente a una bomba que no se trató con ningún líquido de pretratamiento (es decir, la bomba solamente se limpiaba mecánicamente), y después sometida a tres series de formación de sarro.

25 Para la solución inhibidora del ejemplo 15.1, se añadieron 8,77 g de NaOH al 0,5 % a 41,23 g de agua DI con agitación para conseguir un pH medido de 12,0. Se añadieron 30 ml de esta solución a la bomba, seguido de 150 µl de una solución inhibidora al 5,0 % p/p de 2A (descrito anteriormente) para crear una solución inhibidora de 250 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

30 Para la solución inhibidora del ejemplo 15.2, se añadieron 0,05 g de sulfato de sodio a 44,82 g de agua DI con agitación para disolver el sólido, seguido de la adición de 5,13 g de NaOH al 0,5 % en peso y 2,56 g de NaOH al 2 % en peso para conseguir un pH medido de 12,0. Se añadieron 30 ml de esta solución a la bomba, seguido de 150 µl de una solución inhibidora al 5,0 % p/p de 2A (descrito anteriormente) para crear una solución inhibidora de 250 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

35 Para la solución inhibidora del ejemplo 15.3, se añadieron 0,050 g de sulfato de sodio a 40,00 g de agua DI con agitación, seguido de la adición de 9,95 g de NaOH al 50 % en peso para conseguir un pH medido de 13,3. Se añadieron 30 ml de esta solución a la bomba, seguido de 150 µl de una solución inhibidora al 5,0 % p/p de 2A (descrito anteriormente) para crear una solución inhibidora de 250 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

40 Para la solución inhibidora del ejemplo 15.4, se añadieron 0,50 g de sulfato de sodio a 44,90 g de agua DI con agitación para disolver el sólido, seguido de la adición de 4,60 g de NaOH al 0,5 % en peso para conseguir un pH medido de 12,0. Se añadieron 30 ml de esta solución a la bomba, seguido de 150 µl de una solución inhibidora al 5,0 % p/p de 2A (descrito anteriormente) para crear una solución inhibidora de 250 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

45 Para la solución inhibidora del ejemplo 15.5, se añadieron 0,50 g de sulfato de sodio a 40,21 g de agua DI con agitación para disolver el sólido, seguido de la adición de 9,29 g de NaOH al 50 % en peso para conseguir un pH medido de 13,3. Se añadieron 30 ml de esta solución a la bomba, seguido de 150 µl de una solución inhibidora al 5,0 % p/p de 2A (descrito anteriormente) para crear una solución inhibidora de 250 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

50 Para la solución inhibidora del ejemplo 15.6, se añadieron 5,00 g de sulfato de sodio a 41,10 g de agua DI con agitación para disolver el sólido, seguido de la adición de 3,90 g de NaOH al 0,5 % en peso para conseguir un pH medido de 12,0. Se añadieron 30 ml de esta solución a la bomba, seguido de 150 µl de una solución inhibidora al 5,0 % p/p de 2A (descrito anteriormente) para crear una solución inhibidora de 250 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

55

Para la solución inhibidora del ejemplo 15.7, se añadieron 5,00 g de sulfato de sodio a 37,62 g de agua DI con agitación para disolver el sólido, seguido de la adición de 7,38 g de NaOH al 50 % en peso para conseguir un pH medido de 13,3. Se añadieron 30 ml de esta solución a la bomba, seguido de 150 µl de una solución inhibidora al 5,0 % p/p de 2A (descrito anteriormente) para crear una solución inhibidora de 250 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

Para cada una de las series de formación de sarro de los ejemplos 15.1 - 15.7, el líquido de serie de formación de sarro fue SBL que no contenía sólidos de lodo rojo. Los ensayos de formación de sarro se procesaron a una temperatura de 150 °C durante 1,25 horas. Se realizaron tres series de formación de sarro para cada ensayo. La reducción en el sarro en la pared para el ejemplo 15 se comparó frente al blanco, una bomba solamente limpiada mecánicamente. Los resultados se proporcionan en la tabla 15.

Tabla 15 - Resultados de serie de formación de sarro del ejemplo 15

Ensayo n.º	pH del líquido de pretratamiento	Cantidad de sarro en la pared (mg)	% de reducción en el sarro en la pared
Blanco	12,0	48,3	N/A
15,1	12,0	37,6	22,2
15,2	12,0	7,5	84,5
15,3	13,3	49,3	-2,1
15,4	12,0	1,1	97,7
15,5	13,3	47,1	2,5
15,6	12,0	9,4	80,5
15,7	13,3	36,9	23,6

Los ejemplos 15.2 - 15.7 muestran que puede usarse sulfato de sodio en el líquido de pretratamiento a diversas concentraciones de aproximadamente un 0,1 % a aproximadamente un 10,0 % p/p. El ejemplo 15.1 muestra que, cuando el pH del líquido de pretratamiento es aproximadamente 12,0 o mayor y no hay sales adicionales distintas de NaOH presentes, se observa inhibición de sarro.

Ejemplo 16 - Efecto sobre la inhibición en diversas soluciones salinas del proceso y pH

El ejemplo 16 ilustra el efecto de un inhibidor que contiene un grupo  $-Si(OR)_3$  en diversas concentraciones salinas en un proceso de pretratamiento de acuerdo con la presente invención para aplicaciones de corriente doble con bajo contenido de sólidos (sin sólidos de lodo rojo).

Para las series de pretratamiento de los ejemplos 16.1 - 16.4, la bomba se trató con la solución inhibidora durante 16 horas a una temperatura de 100 °C. Los resultados de la serie de formación de sarro se compararon frente a una bomba que se trató con un líquido de pretratamiento preparado añadiendo 1,55 g de NaOH al 50 % en peso a 48,45 g de agua DI con agitación para conseguir un pH medido de 13,2. Se añadió una porción de 30 ml de esta solución a la bomba (blanco) y después se sometió a tres series de formación de sarro.

Para la solución inhibidora del ejemplo 16.1, se añadieron 1,25 g de NaOH al 50,0% a 48,75 g de agua DI con agitación para conseguir un pH medido de 13,1. Se añadieron 30 ml de esta solución a la bomba. Se diluyó una solución madre al 5 % p/p de inhibidor 2A en factor 10 usando NaOH al 2 % en peso para preparar una solución al 0,5 % p/p de 2A (descrito anteriormente). Se añadieron 600 µl de la solución inhibidora al 0,5 % p/p de 2A a la solución en la bomba para crear una solución inhibidora de 100 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

Para la solución inhibidora del ejemplo 16.2, se añadieron 1,24 g de NaOH al 50% a 48,76 g de agua DI con agitación para conseguir un pH medido de 13,1. Se añadieron 30 ml de esta solución a la bomba, seguido de 150 µl de la solución madre al 5 % p/p de inhibidor 2A para crear una solución inhibidora de 250 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

Para el ejemplo 16.3, se añadieron 7,50 g de sulfato de sodio a 42,04 g de agua DI con agitación para disolver el sólido, seguido de la adición de 0,46 g de NaOH al 50 % para conseguir un pH medido de 13,1. La concentración de sulfato de sodio fue de aproximadamente un 15 % p/p. Se añadieron 30 ml de esta solución a la bomba. Se diluyó una solución madre al 5 % p/p de inhibidor 2A en factor 10 usando NaOH al 2 % en peso para preparar una solución al 0,5 % p/p de 2A (descrito anteriormente). Se añadieron 600 µl de la solución inhibidora al 0,5 % p/p de 2A a la solución en la bomba para crear una solución inhibidora de 100 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

Para el ejemplo 16.4, se añadieron 7,50 g de sulfato de sodio a 41,83 g de agua DI con agitación y después se añadieron 0,67 g de NaOH al 50 % para conseguir un pH medido de 13,2. La concentración de sulfato de sodio fue

de aproximadamente un 15 % p/p. Se añadieron 30 ml de esta solución a la bomba, seguido de 150 µl de la solución madre al 5 % p/p de inhibidor 2A para crear una solución inhibidora de 250 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

5 Para cada una de las series de formación de sarro de los ejemplos 16.1 - 16.4, el líquido de serie de formación de sarro fue SBL que no contenía sólidos de lodo rojo. Los ensayos de formación de sarro se procesaron a una temperatura de 150 °C durante 1,25 horas. Se realizaron tres series de formación de sarro para cada ensayo. La reducción en el sarro en la pared para el ejemplo 16 se comparó frente al blanco. Los resultados se proporcionan en la tabla 16.

10

Tabla 16 - Resultados de serie de formación de sarro del ejemplo 16

Ensayo n.º	pH del líquido de pretratamiento	Cantidad de sarro en la pared (mg)	% de reducción en el sarro en la pared
Blanco	13,2	69,5	N/A
16,1	13,1	62,8	9,6
16,2	13,1	54,3	21,9
16,3	13,1	8,0	88,5
16,4	13,2	4,7	93,2

15 Los ejemplos 16.3 y 16.4 muestran que puede usarse sulfato de sodio en el líquido de pretratamiento. Los ejemplos 16.1 y 16.2 muestran que el pH del líquido de pretratamiento es aproximadamente 11,0 o mayor cuando no hay sales adicionales distintas de NaOH presentes.

Ejemplo 17 - Efecto sobre la inhibición en diversas soluciones salinas del proceso y pH

20 El ejemplo 17 ilustra el efecto de un inhibidor que contiene un grupo -Si(OR)<sub>3</sub> en diversas concentraciones salinas en un proceso de pretratamiento de acuerdo con la presente invención para aplicaciones de corriente doble con bajo contenido de sólidos (sin sólidos de lodo rojo).

25 Para las series de pretratamiento de los ejemplos 17.1 - 17.8, la bomba se trató con la solución inhibidora durante 16 horas a una temperatura de 100 °C. Los resultados de la serie de formación de sarro se compararon frente a una bomba que se trató con líquido de pretratamiento preparado añadiendo 1,02 g de NaOH al 50 % en peso a 48,98 g de agua DI con agitación para conseguir un pH medido de 13,0. Se añadió una porción de 30 ml de esta solución a la bomba sin ningún inhibidor de sarro (blanco) y después se sometió a tres series de formación de sarro.

30 Para la solución inhibidora del ejemplo 17.1, se añadieron 1,00 g de NaOH al 50% a 49,00 g de agua DI con agitación para conseguir un pH medido de 13,0. Se añadieron 30 ml de esta solución a la bomba, seguido de la adición de 150 µl de la solución madre al 5 % p/p de inhibidor 2A a la solución en la bomba para crear una solución inhibidora de 250 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

35 Para la solución inhibidora del ejemplo 17.2, se añadieron 0,050 g de carbonato de sodio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) a 48,93 g de agua DI con agitación para disolver el sólido (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> al 0,1 %), seguido de la adición de 1,02 g de NaOH al 50 % en peso para conseguir un pH medido de 13,1. Se añadieron 30 ml de esta solución a la bomba, seguido de la adición de 150 µl de la solución madre al 5 % p/p de inhibidor 2A a la solución en la bomba para crear una solución inhibidora de 250 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

40

45 Para la solución inhibidora del ejemplo 17.3, se añadieron 0,50 g de carbonato de sodio a 48,72 g de agua DI con agitación para disolver el sólido (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> al 1 %), seguido de la adición de 0,68 g de NaOH al 50 % en peso para conseguir un pH medido de 13,0. Se añadieron 30 ml de esta solución a la bomba, seguido de la adición de 150 µl de la solución madre al 5 % p/p de inhibidor 2A a la solución en la bomba para crear una solución inhibidora de 250 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

50 Para la solución inhibidora del ejemplo 17.4, se añadieron 2,50 g de carbonato de sodio a 47,03 g de agua DI con agitación para disolver el sólido (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> al 5%), seguido de la adición de 0,47 g de NaOH al 50 % en peso para conseguir un pH medido de 13,0. Se añadieron 30 ml de esta solución a la bomba, seguido de la adición de 150 µl de la solución madre al 5 % p/p de inhibidor 2A a la solución en la bomba para crear una solución inhibidora de 250 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

55 Para la solución inhibidora del ejemplo 17.5, se añadieron 5,00 g de carbonato de sodio a 46,53 g de agua DI con agitación para disolver el sólido (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> al 10%), seguido de la adición de 0,47 g de NaOH al 50 % en peso para conseguir un pH medido de 13,1. Se añadieron 30 ml de esta solución a la bomba, seguido de la adición de 150 µl de

la solución madre al 5 % p/p de inhibidor 2A a la solución en la bomba para crear una solución inhibidora de 250 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

5 Para la solución inhibidora del ejemplo 17.6, se añadieron 7,50 g de carbonato de sodio a 42,27 g de agua DI con agitación para disolver el sólido (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> al 15%), seguido de la adición de 0,23 g de NaOH al 50 % en peso para conseguir un pH medido de 13,0. Se añadieron 30 ml de esta solución a la bomba, seguido de la adición de 150 µl de la solución madre al 5 % p/p de inhibidor 2A a la solución en la bomba para crear una solución inhibidora de 250 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

10 Para la solución inhibidora del ejemplo 17.7, se añadieron 0,50 g de fosfato de sodio (Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) a 48,35 g de agua DI con agitación para disolver el sólido (Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> al 1 %), seguido de la adición de 1,15 g de NaOH al 50 % en peso para conseguir un pH medido de 13,1. Se añadieron 30 ml de esta solución a la bomba, seguido de la adición de 150 µl de la solución madre al 5 % p/p de inhibidor 2A a la solución en la bomba para crear una solución inhibidora de 250 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

15 Para la solución inhibidora del ejemplo 17.8, se añadieron 7,50 g de fosfato de sodio (Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) a 42,15 g de agua DI con agitación para disolver el sólido (Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> al 15%), seguido de la adición de 0,35 g de NaOH al 50 % en peso para conseguir un pH medido de 13,2. Se añadieron 30 ml de esta solución a la bomba, seguido de la adición de 150 µl de la solución madre al 5 % p/p de inhibidor 2A a la solución en la bomba para crear una solución inhibidora de 250 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

20 Para cada una de las series de formación de sarro de los ejemplos 17.1 - 17.8, el líquido de serie de formación de sarro fue SBL que no contenía sólidos de lodo rojo. Los ensayos de formación de sarro se procesaron a una temperatura de 150 °C durante 1,25 horas. Se realizaron tres series de formación de sarro para cada ensayo. La reducción en el sarro en la pared para el ejemplo 17 se comparó frente al blanco. Los resultados se proporcionan en la tabla 17.

Tabla 17 - Resultados de serie de formación de sarro del ejemplo 17

Ensayo n.º	pH del líquido de pretratamiento	Cantidad de sarro en la pared (mg)	% de reducción en el sarro en la pared
Blanco	13,0	70,8	N/A
17,1	13,0	48,6	31,4
17,2	13,1	53,0	25,1
17,3	13,0	46,4	34,5
17,4	13,0	39,8	43,8
17,5	13,1	3,9	94,5
17,6	13,0	-0,9	101,3
17,7	13,1	61,8	12,7
17,8	13,1	33,9	52,1

30 Los ejemplos 17.2 - 17.8 muestran que puede usarse una diversidad de sales, incluyendo hidróxido de sodio, carbonato de sodio y fosfato de sodio en el líquido de pretratamiento. El ejemplo 17.1 muestra que, cuando el pH del líquido de pretratamiento es aproximadamente 13,0 o mayor y no hay sales adicionales distintas de NaOH presentes, se observa inhibición de sarro.

35 Ejemplo 18 - Efecto de la variación en la temperatura de pretratamiento

40 El ejemplo 18 ilustra el efecto de la aplicación de un inhibidor que contiene un grupo -Si(OR)<sub>3</sub> como pretratamiento a diversas temperaturas en un proceso de pretratamiento de acuerdo con la presente invención para aplicaciones de corriente doble con bajo contenido de sólidos (sin sólidos de lodo rojo).

45 Para las series de pretratamiento de los ejemplos 18.1 - 18.3, la bomba se trató con la solución inhibidora durante 4 horas a temperaturas de 25 °C (ejemplo 18.1), 100 °C (ejemplo 18.2) y 150 °C (ejemplo 18.3). Los resultados de la serie de formación de sarro se compararon frente a una bomba que no se trató con ningún líquido de pretratamiento (es decir, una bomba de blanco que solamente se limpió mecánicamente) y después se sometió a tres series de formación de sarro.

Para la solución inhibidora de los ejemplos 18.1 - 18.3, se usó la misma solución inhibidora, una solución inhibidora al 5,0 % p/p de 2A (descrito anteriormente). Se añadieron 30 ml de no-Si SBL a la bomba, seguido de 600 µl de la

solución inhibidora al 5,0% p/p de 2A para crear una solución inhibidora de 1000 mg/l para el pretratamiento de la bomba (1 µl = 1 mg).

5 Para cada una de las series de formación de sarro de los ejemplos 18.1 - 18.3, el líquido de serie de formación de sarro fue SBL que no contenía sólidos de lodo rojo. Los ensayos de formación de sarro se procesaron a una temperatura de 150 °C durante 1,25 horas. Se realizaron tres series de formación de sarro para cada ensayo. La reducción en el sarro en la pared para el ejemplo 18 se comparó frente al blanco. Los resultados se proporcionan en la tabla 18.

10

Tabla 18 - Resultados de serie de formación de sarro del ejemplo 18

Ensayo n.º	pH del líquido de pretratamiento	Cantidad de sarro en la pared (mg)	% de reducción en el sarro en la pared
Blanco	N/A	62,4	N/A
18,1	13,5	42,1	32,5
18,2	13,5	4,3	93,1
18,3	13,5	1,7	97,3

Los ejemplos 18.1 - 18.3 muestran que puede usarse una diversidad de temperaturas tan bajas como 25 °C a tan altas como 150 °C para el proceso de pretratamiento.

15

Aunque la invención se ha descrito con lo que actualmente se considera las realizaciones preferidas, debe entenderse que la invención no se limita a las realizaciones divulgadas, sino que pretende cubrir diversas modificaciones y disposiciones equivalentes incluidas dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas, y que la invención también contempla múltiples realizaciones dependientes de las reivindicaciones adjuntas cuando sea apropiado.

20

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para reducir el sarro que contiene aluminosilicato en un proceso de Bayer, que comprende:

5 identificar una superficie del equipo del proceso de Bayer que está sujeta a formación de sarro durante el proceso de Bayer;

10 poner en contacto la superficie del equipo del proceso de Bayer identificada con una cantidad de una composición inhibidora de sarro eficaz para formar una superficie tratada que es más resistente a formación de sarro tras posterior contacto con una corriente del proceso de Bayer que una superficie sin tratar por lo demás comparable;

15 en el que la composición inhibidora de sarro comprende un líquido que comprende una solución acuosa de una o más sales solubles en agua que tiene al menos un 0,004 % p/p o más de sales disueltas totales o un líquido que tiene un pH de 11,0 o mayor, comprendiendo la composición inhibidora de sarro además un compuesto que contiene silicio que tiene grupos -Si(OR)<sub>n</sub>;

en el que:

20 n es un número entero de 1 a 3; y

25 R es H, alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub> opcionalmente sustituido, arilo C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> opcionalmente sustituido, aralquilo C<sub>7</sub>-C<sub>20</sub> opcionalmente sustituido, alqueno C<sub>2</sub>-C<sub>20</sub> opcionalmente sustituido, ion metálico del grupo I, ion metálico del grupo II o NR<sup>1</sup><sub>4</sub>; donde cada R<sup>1</sup> se elige independientemente de H, alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub> opcionalmente sustituido, arilo C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> opcionalmente sustituido, aralquilo C<sub>7</sub>-C<sub>20</sub> opcionalmente sustituido y alqueno C<sub>2</sub>-C<sub>20</sub> opcionalmente sustituido; y

poner en contacto la superficie tratada con la corriente del proceso de Bayer;

30 en el que la superficie del equipo del proceso de Bayer se pretrata primero con la solución del compuesto que contiene silicio en el líquido, antes de exponerse a la corriente del proceso de Bayer;

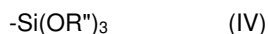
en el que el compuesto que contiene silicio es un polímero o un producto polimérico de reacción.

35 2. El método de la reivindicación 1, en el que n es 3.

3. El método de la reivindicación 1, en el que la solución acuosa de una o más sales solubles en agua es líquido del proceso de Bayer.

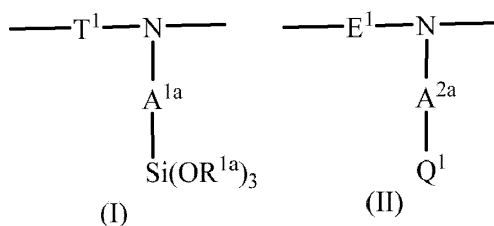
40 4. El método de la reivindicación 1, en el que la solución acuosa de una o más sales solubles en agua comprende al menos un 1,0 % de sales disueltas totales, preferiblemente al menos un 5,0 % de sales disueltas totales.

45 5. El método de la reivindicación 1, en el que el compuesto que contiene silicio es un polímero o producto polimérico de reacción que tiene colgante del mismo un grupo o un grupo final de acuerdo con la fórmula IV -



en la que R<sup>n</sup> = H, alquilo C<sub>1-10</sub>, arilo, arilalquilo, Na, K o NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

50 6. El método de la reivindicación 5, en el que el compuesto que contiene silicio es un polímero o un producto polimérico de reacción que comprende una unidad de fórmula (I) y una unidad de fórmula (II) -



55 en la que

T<sup>1</sup> y E<sup>1</sup> son cada uno independientemente un primer radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende de aproximadamente 2 a aproximadamente 40 carbonos;

Q<sup>1</sup> es H o un segundo radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende de aproximadamente 1 a aproximadamente 20 carbonos;

5 A<sup>1a</sup> y A<sup>2a</sup> son cada uno independientemente un enlace directo o un grupo orgánico de conexión que comprende de aproximadamente 1 a aproximadamente 20 carbonos;

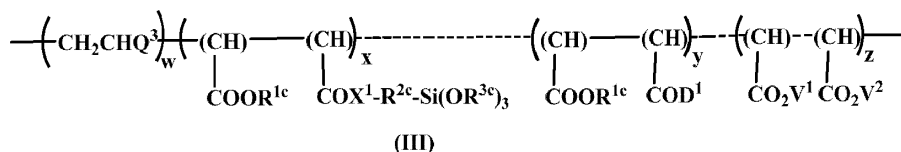
10 R<sup>1a</sup> es H, alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub> opcionalmente sustituido, arilo C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> opcionalmente sustituido, aralquilo C<sub>7</sub>-C<sub>20</sub> opcionalmente sustituido, alqueno C<sub>2</sub>-C<sub>20</sub> opcionalmente sustituido, ion metálico del grupo I, ion metálico del grupo II o NR<sup>2a</sup><sub>4</sub>; donde cada R<sup>2a</sup> se selecciona independientemente de H, alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub> opcionalmente sustituido, arilo C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> opcionalmente sustituido, aralquilo C<sub>7</sub>-C<sub>20</sub> opcionalmente sustituido y alqueno C<sub>2</sub>-C<sub>20</sub> opcionalmente sustituido.

15 7. El método de la reivindicación 1, en el que el compuesto que contiene silicio es un producto de reacción de al menos una poliamina, un primer compuesto reactivo de nitrógeno y un segundo compuesto reactivo de nitrógeno, en el que:

20 el primer compuesto reactivo de nitrógeno comprende un grupo -Si(OR<sup>1b</sup>)<sub>3</sub> y un grupo reactivo de nitrógeno, donde R<sup>1b</sup> es H, alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub> opcionalmente sustituido, arilo C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> opcionalmente sustituido, aralquilo C<sub>7</sub>-C<sub>20</sub> opcionalmente sustituido, alqueno C<sub>2</sub>-C<sub>20</sub> opcionalmente sustituido, ion metálico del grupo I, ion metálico del grupo II o NR<sup>2b</sup><sub>4</sub>, seleccionándose cada R<sup>3b</sup> independientemente de H, alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub> opcionalmente sustituido, arilo C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> opcionalmente sustituido, aralquilo C<sub>7</sub>-C<sub>20</sub> opcionalmente sustituido y alqueno C<sub>2</sub>-C<sub>20</sub> opcionalmente sustituido;

25 el segundo compuesto reactivo de nitrógeno comprende un grupo reactivo de nitrógeno y no contiene un grupo Si(OR<sup>1b</sup>)<sub>3</sub>.

30 8. El método de la reivindicación 1, en el que el compuesto que contiene silicio es un polímero de acuerdo con la fórmula (III) -



en la que w = 1-99,9 %, x = 0,1-50 %, y = 0-50 %, z = 0-50 %;

35 Q<sup>3</sup> = alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>, arilo, amida, acrilato, éter o COX<sup>1</sup>R<sup>1c</sup> donde X<sup>1</sup> es O, NH o NP<sup>1</sup> donde P<sup>1</sup> = alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>3</sub>, arilo u O;

R<sup>1c</sup> es H, Na, K, NH<sub>4</sub>, alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub> o arilo;

40 R<sup>2c</sup> es alquilo C<sub>1-10</sub> o arilo;

V<sup>1</sup> y V<sup>2</sup> son independientemente H, alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>3</sub>, arilo, Na, K o NH<sub>4</sub> o forman un anillo anhídrido;

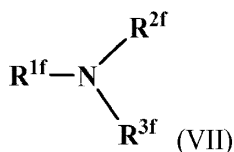
45 R<sup>3c</sup> es H, alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>3</sub>, arilo, Na, K o NH<sub>4</sub>; y

D<sup>1</sup> es NR<sup>4c</sup><sub>2</sub> u OR<sup>4c</sup>, en el que R<sup>4c</sup> es H, alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>, alqueno C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub> o arilo.

50 9. El método de la reivindicación 1, en el que el compuesto que contiene silicio es un polisacárido que tiene colgante del mismo un grupo o un grupo final que contiene -Si(OR<sup>1e</sup>)<sub>3</sub>, en el que R<sup>1e</sup> es H, alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>, arilo, Na, K o NH<sub>4</sub>.

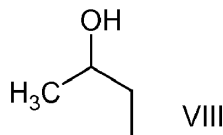
55 10. El método de la reivindicación 1, en el que el compuesto que contiene silicio es un producto de reacción de una molécula que contiene amina y una molécula reactiva de amina que contiene al menos un grupo reactivo de amina por molécula y al menos un grupo -Si(OR<sup>5e</sup>)<sub>n</sub> por molécula, en el que R<sup>5e</sup> es hidrógeno, alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>, arilo, Na, K, Li o NH<sub>4</sub>.

11. El método de la reivindicación 1, en el que el compuesto que contiene silicio comprende al menos tres componentes, siendo uno un componente R<sup>1f</sup>, siendo uno un componente R<sup>2f</sup> y siendo uno un componente R<sup>3f</sup>, estando dispuestos los componentes dentro del compuesto de acuerdo con la fórmula general VII:

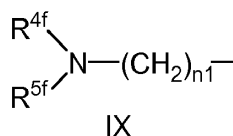


en el que el compuesto puede ser al menos uno de carbonatos, bicarbonatos, carbamatos, ureas, amidas y sales de los mismos; y

5 en el que R<sup>1f</sup> se selecciona del grupo que consiste en H, alquilo, amina, alquilamina, estructura (VIII) y estructura (IX);



10



R<sup>2f</sup> y R<sup>4f</sup> se seleccionan independientemente del grupo que consiste en H, alquilo, amina, alquilamina, GG y EE, y

15

en el que GG se elige de 3-glicidoxipropiltrimetoxisilano, 3-glicidoxipropiltrialcoxisilano, 3-glicidoxipropilalquildialcoxisilano, 3-glicidoxipropildialquilmonoalcoxisilano, 3-isocianatopropiltrialcoxisilano, 3-isocianatopropilalquildialcoxisilano, 3-isocianatopropildialquilmonoalcoxisilano, 3-cloropropiltrialcoxisilano, 3-cloropropilalquildialcoxisilano y 3-cloropropildialquilmonoalcoxisilano;

20

en el que EE se elige de éter 2-etilhexilglicidílico, éter n-butilglicidílico, éter t-butilglicidílico, éter glicidílico C<sub>3</sub>-C<sub>22</sub>, isocianato C<sub>3</sub>-C<sub>22</sub>, cloruro C<sub>3</sub>-C<sub>22</sub>, bromuro C<sub>3</sub>-C<sub>22</sub>, yoduro C<sub>3</sub>-C<sub>22</sub>, éster de sulfato C<sub>3</sub>-C<sub>22</sub>, éter fenilglicidílico C<sub>3</sub>-C<sub>22</sub> y cualquier combinación de los mismos,

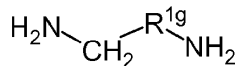
25

R<sup>3f</sup> y R<sup>5f</sup> se seleccionan independientemente del grupo que consiste en H, alquilo, aminaalquilamina, GG y EE, y

n1 es un número entero de 2 a 6.

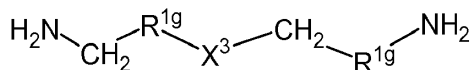
30 12. El método de la reivindicación 1, en el que el compuesto que contiene silicio comprende:

un primer componente que tiene una fórmula general X o XI -



X

35



XI

en la que R<sup>1g</sup> es independientemente CH<sub>2</sub> o CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>; y X<sup>3</sup> es NH, NH-R<sup>1g</sup>-NH o NH-R<sup>1g</sup>-NH-R<sup>1g</sup>-NH;

40

3-glicidoxipropiltrimetoxisilano como segundo componente; y

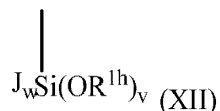
éter 2-etilhexilglicidílico como tercer componente;

45

en el que la síntesis del compuesto prosigue combinando el primer componente con el 3-glicidoxipropiltrimetoxisilano en un hidrógeno reactivo del primer componente para formar un intermedio, y

el intermedio entonces se hace reaccionar con el éter 2-etilhexilglicídico para formar el compuesto que contiene silicio.

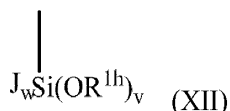
13. El método de la reivindicación 1, en el que el compuesto que contiene silicio es un polímero que tiene colgante del mismo un grupo o un grupo final de acuerdo con la fórmula XII:



en la que v es un número entero de 1 o 2; v + w = 3; R<sup>1h</sup> se elige de H, alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>, arilo, Na, K, Li y NH<sub>4</sub>; y J se elige de H y un grupo hidrocarbonado que tiene varios carbonos dentro del intervalo de 1 a 20 carbonos.

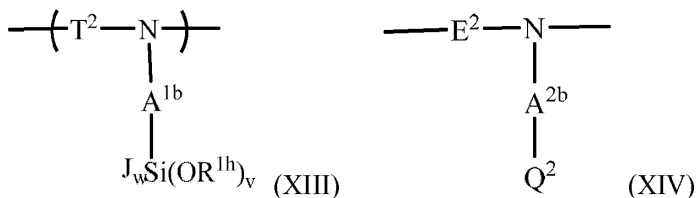
14. El método de una cualquiera de la reivindicación 1, en el que la corriente del proceso de Bayer comprende una cantidad de sólidos suspendidos en un intervalo de un 0,01 % a un 60 % en peso, basado en el peso total de la corriente del proceso de Bayer.

15. El método de la reivindicación 14, en el que el compuesto que contiene silicio es un polímero que tiene colgante del mismo un grupo o un grupo final de acuerdo con la fórmula XII -



en la que v es un número entero de 1 o 2; v + w = 3; R<sup>1h</sup> se elige de H, alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>, arilo, Na, K, Li y NH<sub>4</sub>; y J se elige de H y un grupo hidrocarbonado que tiene varios carbonos de 1 a 20.

16. El método de la reivindicación 14, en el que el polímero comprende una unidad de fórmula XIII y una unidad de fórmula XIV -



en la que:

A<sup>1b</sup> y A<sup>2b</sup> son cada uno independientemente un grupo hidrocarbonado que tiene de 1 a 20 carbonos o A<sup>1b</sup> y A<sup>2b</sup> son cada uno independientemente un enlace directo entre el átomo de nitrógeno y el grupo colindante;

T<sup>2</sup> y E<sup>2</sup> son cada uno independientemente un grupo hidrocarbonado que tiene de 2 a 40 carbonos; y

Q<sup>2</sup> se elige de H y un grupo hidrocarbonado que tiene de 1 a 20 carbonos, en el que el peso molecular del polímero es al menos 500, y Q<sup>2</sup> no contiene un grupo silano.

17. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el pH de la composición inhibidora de sarro es 11,0 o mayor.