

INHIBIDOR DE CORROSIÓN CON NANOPARTÍCULAS DE SÍLICE

ALCANCE DE LA DIVULGACIÓN

[0001] La presente divulgación se refiere generalmente a los inhibidores de corrosión y, en particular, a los inhibidores de corrosión que incluyen nanopartículas de sílice.

ANTECEDENTES

[0002] La infraestructura de producción de petróleo y gas puede incluir equipos (por ejemplo, oleoductos, líneas de flujo, válvulas, equipos de separación) construidos con acero al carbono dulce. Las superficies metálicas internas del equipo están sujetas a la corrosión, particularmente para el fluido de producción que tiene una alta concentración de agua y/o agentes corrosivos. El contacto de las superficies metálicas internas con agua y/o agentes corrosivos puede causar corrosión e incluso fallas en el equipo. La tasa de deterioro por corrosión de los equipos de los yacimientos de petróleo y gas puede depender de parámetros de producción como la relación aceite/agua, la composición de la salmuera, la temperatura, el pH y la concentración de agentes corrosivos que están presentes en la formación subterránea, como el CO₂ y el H₂S.

[0003] Para preservar la integridad de la infraestructura de petróleo y gas se pueden agregar inhibidores de corrosión en el fluido de producción aguas arriba del equipo que se va a proteger. Por ejemplo, los inhibidores de corrosión pueden proteger la superficie metálica de la tubería y/o el equipo mediante la formación de una película de pasivación en la superficie metálica. Este aceite de la capa de pasivación humedece la superficie metálica, lo que a su vez evita el contacto de la superficie metálica con los agentes corrosivos de los fluidos producidos.

[0004] A pesar de la disponibilidad de formulaciones de inhibidores de la corrosión, se están realizando esfuerzos para encontrar compuestos, composiciones y métodos mejorados.

RESUMEN

[0005] Se divulgan los métodos para inhibir la corrosión en una superficie metálica. Un método puede incluir poner en contacto un fluido con una superficie metálica, incluida una composición inhibidora de la corrosión como se describe en este documento.

[0006] En este documento se divulga una composición inhibidora de la corrosión que puede incluir nanopartículas de sílice, un compuesto de amonio cuaternario, un derivado de imidazolina y un compuesto de azufre orgánico. Las nanopartículas de sílice pueden ser no funcionalizadas, funcionalizadas (modificadas en la superficie) o contener una primera porción de nanopartículas de sílice no funcionalizadas y una segunda porción de nanopartículas de sílice funcionalizadas. Las nanopartículas de sílice pueden estar presentes en una cantidad de cerca de 0,1 % en peso a cerca de 10 % en peso según el peso total de la composición del inhibidor de corrosión.

[0007] Otras características técnicas pueden ser fácilmente evidentes para un experto en la materia a partir de las siguientes figuras, descripciones y afirmaciones.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0008] El término “alquilo”, como se utiliza en este documento, se refiere a un radical de hidrocarburo lineal o ramificado, de preferencia que tiene de 1 a 32 átomos de carbono (es decir, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 o 32 carbonos). Los grupos alquilo incluyen, entre otros, metilo, etilo, n-propilo, isopropilo, n-butilo, iso-butilo, butilo secundario y butilo terciario. Los grupos alquilo pueden ser no sustituidos o sustituidos por uno o más sustituyentes adecuados, como se definieron anteriormente.

[0009] El término “arilo”, como se utiliza en el presente documento, significa radicales aromáticos monocíclicos, bicíclicos o tricíclicos como fenilo, naftilo, tetrahidronaftilo, indanilo y similares; opcionalmente sustituidos por uno o más sustituyentes adecuados, de preferencia de 1 a 5 sustituyentes adecuados, como se definen anteriormente.

[0010] El término “arilalquilo”, como se utiliza en este documento, se refiere a un grupo arilo unido a la fracción molecular principal a través de un grupo alquilo. Los grupos arilalquilo pueden ser no sustituidos o sustituidos por uno o más sustituyentes adecuados, como se definieron anteriormente.

[0011] El término “alcoxi”, como se utiliza en el presente documento, se refiere a un grupo alquilo, como se define en el presente documento, añadido a la fracción molecular principal a través de un átomo de oxígeno.

[0012] El término “hidroxi”, como se utiliza en este documento, se refiere a un grupo —OH.

[0013] El término “sólidos disueltos totales bajos”, como se utiliza en este documento, se refiere a un intervalo de 1 % en peso a menos del 15 % en peso de sólidos disueltos totales en un fluido, basado en el peso total de un fluido.

[0014] El término “sólidos disueltos totales altos”, como se utiliza en este documento, se refiere a un intervalo de sólidos disueltos totales iguales o superiores al 15 % en peso en un fluido, basado en un peso total de un fluido.

[0015] El término “enlace químico”, como se utiliza en este documento, se refiere a los enlaces iónicos y los enlaces covalentes formados entre los átomos de una molécula. Como se usa aquí, el “enlace químico” se distingue de un complejo formado por fuerzas de atracción entre átomos, como la interacción electrostática y las fuerzas de van der Waals, que pueden estar

presentes en un complejo sin que se formen enlaces químicos entre las diferentes especies químicas del complejo.

[0016] Como se utiliza en este documento, cualquier intervalo de valores recitado contempla todos los valores dentro del intervalo, incluidos los puntos finales del intervalo, y debe interpretarse como soporte para las afirmaciones que recitan cualquier subintervalo que tenga puntos finales que sean valores de números reales dentro del intervalo recitado. A modo de ejemplo, se considerará que una divulgación en esta especificación de un intervalo de 10 a 15 respalda las reivindicaciones de valores de 10, 11, 12, 13, 14 y 15, y de cualquiera de los siguientes intervalos: 10-11, 10-12, 10-13, 10-14, 10-15, 11-12, 11-13, 11-14, 11-15, 12-13; 12-14, 12-15, 13-14, 13-15 y 14-15.

[0017] En este documento se revelan las composiciones y métodos de los inhibidores de corrosión. Las composiciones de los inhibidores de corrosión generalmente incluyen nanopartículas de sílice (funcionalizadas o no funcionalizadas), un compuesto de amonio cuaternario, un derivado de imidazolina y un compuesto de azufre orgánico. Las composiciones pueden incluir adicionalmente cualquier componente adicional descrito en este documento.

[0018] La incorporación de nanopartículas de sílice en las composiciones de inhibidores de corrosión divulgadas es útil tanto en fluidos de bajos sólidos disueltos totales (TDS) como en fluidos con alto contenido de TDS. Se ha descubierto que el rendimiento de la inhibición de la corrosión aumenta cuando se añaden nanopartículas de sílice para formar las composiciones de inhibidores de corrosión reveladas. Se cree que una fuerte interacción electrostática, fuerzas de Van der Waals, o ambas, entre las nanopartículas de sílice y otros componentes de la composición del inhibidor de la corrosión (por ejemplo, un compuesto de amonio cuaternario, un derivado de imidazolina, un compuesto de azufre orgánico o combinaciones de estos) forman complejos entre las nanopartículas de sílice y los componentes (por ejemplo, el(los) compuesto(s) de amonio cuaternario, el(los) derivado(s) de imidazolina, el(los) compuesto(s) de azufre orgánico, o combinaciones de estos), aumentando el rendimiento de inhibición de la corrosión. En fluidos de bajo TDS, las nanopartículas de sílice no funcionalizadas pueden formar complejos y permanecer en solución sin precipitar fuera del fluido. En fluidos con alto contenido de TDS, los complejos de nanopartículas de sílice pueden precipitar fuera del fluido; sin embargo, las nanopartículas de sílice que están funcionalizadas, o modificadas en la superficie, como se describe en este documento, pueden formar complejos y permanecer en solución sin precipitar fuera del fluido de alto TDS. Cuando se hace referencia a un “complejo” o “complejos” entre las nanopartículas de sílice y otro componente de la composición del inhibidor de la corrosión, significa que las nanopartículas de sílice no forman un enlace químico con ninguno de los otros

componentes de la composición del inhibidor de la corrosión. En algunos aspectos, las nanopartículas de sílice no forman un enlace químico con el compuesto de amonio cuaternario, el derivado de imidazolina, el compuesto orgánico de azufre o combinaciones de estos. En algunos aspectos, las nanopartículas de sílice no forman un enlace químico con los compuestos de amonio cuaternario, las nanopartículas de sílice no forman un enlace químico con los derivados de imidazolina y las nanopartículas de sílice no forman un enlace químico con los compuestos orgánicos de azufre. No se forma un enlace químico porque no hay una reacción química entre las nanopartículas de sílice y ninguno de los componentes inhibidores de corrosión. En cambio, la interacción electrostática, las fuerzas de van der Waals, o ambas, proporcionan fuerzas de atracción entre las nanopartículas de sílice y los otros componentes inhibidores de corrosión para formar uno o más complejos, sin formar un enlace químico.

Nanopartículas de sílice

[0019] Las nanopartículas de sílice, como se describen en este documento, son partículas sólidas de sílice que tienen al menos una dimensión que es de 1 nm a 400 nm; como alternativa, de 1 nm a 300 nm; como alternativa, de 1 nm a 250 nm; como alternativa, de 1 nm a 100 nm; como alternativa, de 200 nm a 500 nm; como alternativa, de 200 nm a 400 nm; como alternativa, de 300 nm a 400 nm; como alternativa, de 30 nm a 100 nm; como alternativa, de 50 nm a 100 nm; como alternativa, de 1 nm a 50 nm; como alternativa, de 1 nm a 40 nm; como alternativa, de 1 nm a 30 nm. Las nanopartículas de sílice pueden asumir una variedad de geometrías, como esferas, cáscaras huecas, varillas, placas, cintas, prismas, estrellas o combinaciones de estos. Se entiende que todas las geometrías de las nanopartículas están dentro del alcance de esta divulgación. Por ejemplo, una partícula de sílice de 2 μm de longitud y 10 nm de diámetro se consideraría una “nanopartícula de sílice” aunque una de sus dimensiones sea mayor que la dimensión más grande generalmente aceptada para las nanopartículas, es decir, 500 nm. En otro ejemplo, una varilla de sílice de 10 nm de diámetro y 5 μm de longitud se consideraría una nanopartícula (una nanopartícula similar a una varilla o nanovarilla).

[0020] En algunos aspectos, al menos una dimensión es un diámetro o diámetro aproximado de las nanopartículas de sílice. El tamaño de las nanopartículas de sílice se puede obtener midiendo el diámetro o diámetro aproximado. Para una población de nanopartículas, el diámetro o diámetro aproximado también se puede denominar tamaño de partícula promedio Z, que se puede medir de acuerdo con protocolos de rutina conocidos por un experto en la materia, por ejemplo, dispersión dinámica de luz (DLS) (promedio Z). El tamaño de partícula también se puede medir mediante microscopía electrónica de transmisión (TEM).

[0021] En algunos aspectos, las nanopartículas de sílice pueden estar en forma de

nanopartículas de sílice coloidal. Las nanopartículas de sílice coloidal se producen y se comercializan en dispersiones (o soles para sistemas sólido-líquido). En algunos aspectos, las nanopartículas de sílice están presentes en una dispersión de partículas de sílice coloidal. En estos aspectos, la dispersión puede contener entre 1 % en peso y 35 % en peso de sílice coloidal y entre 65 % en peso y 99 % en peso de disolvente acuoso. En algunas modalidades, el disolvente acuoso utilizado para la dispersión es agua.

[0022] En algunos aspectos, un área superficial de las nanopartículas de sílice puede estar en un intervalo de 100 a 500 m²/g; como alternativa, de 150 a 450 m²/g; como alternativa, de 200 a 400 m²/g; como alternativa de 250 a 350 m²/g.

[0023] Las nanopartículas de sílice en medios acuosos (soles) están disponibles comercialmente. Por ejemplo, las soluciones acuosas o acuosas de alcohol de nanopartículas de sílice están disponibles comercialmente bajo los nombres comerciales LUDOX® de W.R. Grace & Co.-Conn., NYACOL® o NEXSIL® de NYACOL® Nano Technologies, Inc., u otros soles de ECOLAB®. Un sol de sílice útil con un tamaño de partícula promedio de 7-9 nm, un contenido nominal de sólidos del 30,11 % en peso y un área de superficie de 330 m²/g está disponible como NALCO 1130 de ECOLAB®.

Nanopartículas de sílice modificadas en superficie

[0024] En algunos aspectos, las nanopartículas de sílice en la composición del inhibidor de corrosión están funcionalizadas, también denominadas aquí nanopartículas de sílice modificadas en la superficie. En los aspectos en los que las nanopartículas de sílice se obtienen como dispersión de sílice coloidal, la sílice coloidal puede funcionalizarse (por ejemplo, grupos funcionales, como organosilanos, unidos, acoplados o enlazados a la superficie de las partículas de sílice).

[0025] En algunos aspectos, las nanopartículas de sílice se funcionalizan con uno o más agentes de acoplamiento superficial. Los agentes de acoplamiento de superficie pueden incluir uno o más organosilanos, uno o más silano zwitteriónico o combinaciones de estos.

[0026] Los organosilanos pueden incluir un silano, un arilo silano, un alcoxisilano, un alquilil silano o combinaciones de estos. En algunas modalidades, el organosilano puede tener uno o más grupos epoxi, grupos vinilo, grupos éter, grupos estirilo, grupos metacrililo, grupos acrílico, grupos amino, grupos isocianurato o combinaciones de estos.

[0027] Ejemplos de organosilanos incluyen un alcoxisilano, un silazano, un siloxano o combinaciones de estos.

[0028] Otros ejemplos de organosilanos son 3-glicidoxipropiltrimetoxisilano, 3-glicidoxipropiltriethoxisilano, 3-glicidoxipropilmetildimetoxisilano, 3-

[0029] Los silanos zwitteriónicos pueden incluir un silano sulfonato funcional zwitteriónico, un silano funcional carboxilato zwitteriónico, un silano fosfato funcional zwitteriónico, un silano funcional de ácido fosfónico zwitteriónico o combinaciones de estos. Ejemplos de silanos zwitteriónicos incluyen N,N-dimetil,N-(2-fosfato de etilo etil)-aminopropiltri-metoxisilano (DMPAMS), 3-(dimetil(3-(trimetoxisilil) propil)-amonio) propano-1-sulfonato, 3-(dimetil (3-(trietoxisilil) propil)-amonio) propano-1-sulfonato, 3-(dietil (3-(trimetoxisilil) propilo)-amonio) propano-1-sulfonato o combinaciones de estos.

[0031] En algunos aspectos, la relación de masa entre los agentes de acoplamiento de superficie y las nanopartículas de sílice (por ejemplo, nanopartículas de sílice coloidal) es de 0,1:15; como alternativa, 0,1:10; como alternativa, 0,1:5; como alternativa, 0,01:5.

6

peso a cerca de 30 % en peso y la concentración de agentes de acoplamiento de superficie es la que es suficiente para reaccionar con SiOH presente en la superficie de las nanopartículas de sílice. La cantidad de agentes de acoplamiento de superficie que reaccionan con las nanopartículas de sílice puede determinarse por el diámetro y el área superficial específica de las nanopartículas de sílice. El medio de reacción comprende de 0 % en peso a 100 % en peso de agua, el resto (si lo hay) está compuesto por un solvente orgánico como etanol, metanol, dimetilformamida (DMF), dimetilsulfóxido (DMSO), 1,4 dioxano, tetrahidrofurano (THF), acetonitrilo, acetona, n-butanol, isopropanol, n-propanol o combinaciones de estos. Si se va a utilizar un sistema de disolventes orgánicos, debe haber suficiente agua para promover las reacciones de hidrólisis/condensación que unen el silano zwitteriónico a la superficie. La cantidad de agua suele estar en un intervalo de 1 ppm a 1 % en peso.

[0033] En algunos aspectos, la composición del inhibidor de corrosión contiene tanto nanopartículas de sílice no funcionalizadas como nanopartículas de sílice funcionalizadas. En tales aspectos, la relación de masa de las nanopartículas de sílice no funcionalizadas a las nanopartículas de sílice funcionalizadas puede variar de 0,01:1 a 1:0,01 en función del peso total de las nanopartículas de sílice y las nanopartículas de sílice funcionalizadas.

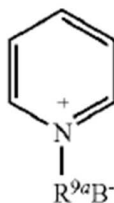
Compuestos de amonio cuaternario

[0034] Los compuestos de amonio cuaternario pueden incluir, entre otros, cloruro de tetrametilamonio, cloruro de tetraetilamonio, cloruro de tetrapropilamonio, cloruro de tetrabutilamonio, cloruro de tetrahexilamonio, cloruro de tetraoctilamonio, cloruro de benciltrimetilamonio, cloruro de benciltrietilamonio, cloruro de feniltrimetilamonio, cloruro de feniltrietilamonio, cloruro de cetilbencildimetilamonio, cloruro de hexadeciltrimetilamonio. Compuestos de amonio, compuestos de amonio cuaternario monometil dialquilbencilbencil amonio, compuestos de amonio cuaternario trimetilbencilo, compuestos de amonio cuaternario trimetilbencilo o combinaciones de estos. En los compuestos que tienen uno o más grupos alquilo, el grupo alquilo puede contener de 6 a 24 átomos de carbono; como alternativa, de cerca de 10 a cerca de 18 átomos de carbono; como alternativa, de cerca de 12 a cerca de 16 átomos de carbono. Los ejemplos de compuestos de amonio cuaternario que se denominan "cuaternarios" pueden incluir, entre otros, compuestos de amonio cuaternario y sales de trialquilo, dialquilo, dialquilo, monoalcoxi-, bencilo e imidazolinio-amonio cuaternario y sus sales.

[0035] Ejemplos del compuesto de amonio cuaternario que son sales incluyen una sal de amonio cuaternario de benciloalquilamina, una sal de amonio cuaternario de benciltrietanolamina, una sal de amonio cuaternario de bencildimetilaminoetanolamina, o combinaciones de estas.

[0036] Algunos ejemplos adicionales de sales cuaternarias de alquilo, hidroxialquilo, alquilarilo- y aril-amina incluyen aquellas que tienen la fórmula $[N^+R^{5a}R^{6a}R^{7a}R^{8a}][X^-]$, que se caracteriza porque R^{5a} , R^{6a} , R^{7a} y R^{8a} contienen de uno a 18 átomos de carbono, y X es Cl, Br o I. En ciertas modalidades, R^{5a} , R^{6a} , R^{7a} y R^{8a} se seleccionan independientemente del grupo que consiste en alquilo (por ejemplo, alquilo C1-C18), hidroxialquilo (por ejemplo, hidroxialquilo C1-C18) y arilalquilo (por ejemplo, bencilalquilo). La sal de amina aromática mono o policíclica con haluro de alquilo o alquilarilo incluye sales de la fórmula $[N^+R^{5a}R^{6a}R^{7a}R^{8a}][X^-]$ que se caracteriza porque R^{5a} , R^{6a} , R^{7a} y R^{8a} contienen de uno a 18 átomos de carbono, y X es Cl, Br o I.

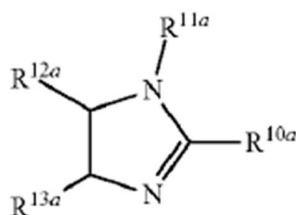
[0037] En algunos aspectos, el compuesto de amonio cuaternario se puede representar mediante la fórmula:



que se caracteriza porque R^{9a} es un grupo alquilo, un grupo arilo, o un grupo arilalquilo, que se caracteriza porque los grupos alquilo tienen de 1 a 18 átomos de carbono cerca de y B es Cl, Br o I. Entre estos compuestos se encuentran las sales de alquil piridinio y el alquil piridinio bencil quats. Algunos ejemplos son cloruro de metilpiridinio, cloruro de etilo piridinio, cloruro de propiridinio, cloruro de butil piridinio, cloruro de octilpiridinio, cloruro de decil piridinio, cloruro de lauril piridinio, cloruro de cetilpiridinio, bencilpiridinio y cloruro de alquil bencil piridinio, de preferencia que se caracteriza porque el grupo alquilo es un grupo hidrocarbilo C 1-C6. En ciertas modalidades, el compuesto de amonio cuaternario incluye cloruro de bencilpiridinio.

Derivado de imidazolina

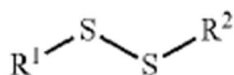
[0038] En algunos aspectos, el derivado de imidazolina se puede seleccionar de entre una imidazolina derivada de una diamina y un ácido graso de cadena larga. Algunos ejemplos de diamina pueden ser etilendiamina (EDA), dietilentriamina (DETA), trietilentetraamina (TETA) o combinaciones de estos. Un ejemplo del ácido graso de cadena larga es el ácido graso de alto aceite (TOFA), que puede ser una mezcla alquilada de ácidos grasos C16-C18. Las imidazolininas adecuadas incluyen las de fórmula:



que se caracteriza porque R^{10a} es un grupo alquilo C1-C20, un grupo alcoxialquilo C1-C20 o un ácido graso de aceite alto; R^{11a} es hidrógeno, un grupo alquilo C1-C6, un grupo hidroxialquilo C1-C6 o un grupo arilalquilo C1-C6; y R^{12a} y R^{13a} se seleccionan independientemente a partir del hidrógeno o de un grupo alquilo C1-C6. En una modalidad particular, R^{10a} es la mezcla de alquilo de ácidos grasos C16-C18 en ácido graso de aceite alto (TOFA), y R^{11a}, R^{12a} y R^{13a} son hidrógeno.

Compuestos orgánicos de azufre

[0039] Los compuestos orgánicos de azufre pueden incluir un tiol (también conocido como mercaptano), un disulfuro orgánico o combinaciones de estos. Ejemplos de tioles incluyen 2-mercaptoetanol, ácido mercaptoacético o combinaciones de estos. Ejemplos de compuestos disulfuro tienen la siguiente fórmula:



donde R¹ y R² se seleccionan independientemente de entre un grupo C1-C10-alquilo, un grupo C2-C10-alqueno, un grupo C2-C10-alquilo, un grupo C6-C12-arilo, un grupo heterocíclico monocíclico o bicíclico, un grupo heterocíclico monocíclico o bicíclico y un grupo C3-C8-cicloalquilo, que se caracteriza porque cada grupo alquilo, alqueno, alquilo, arilo, heteroarilo, heterociclo y cicloalquilo no está sustituido independientemente o se sustituye por 1 a 3 sustituyentes seleccionados independientemente de entre —F, —Cl, —NO₂, —CN, —OH, —NH₂, un grupo alquilo C1-C6, un grupo haloalquilo C₁-C₆, un grupo alcoxilo C₁-C₆, —CO₂R₃ y —CON(R₄)₂, que se caracteriza porque R₃ y R₄, en cada caso se seleccionan independientemente de entre hidrógeno y un grupo alquilo C1-C6. Otros compuestos de disulfuro ejemplares se divulgan en la patente de EE. UU. No. 9,238,588 B2, que se incorpora mediante referencia en su totalidad.

Concentraciones

[0040] En algunos aspectos, la composición del inhibidor de corrosión puede incluir i) nanopartículas de sílice en una cantidad de cerca de 0,1 % en peso a cerca de 99 % en peso; como alternativa, de cerca de 0,1 % en peso a cerca de 10 % en peso; como alternativa, de cerca de 0,1 % en peso a cerca de 9 % en peso; como alternativa, de cerca de 0,1 % en peso a cerca

de 8 % en peso; como alternativa, de cerca de 0,1 % en peso a cerca de 7 % en peso; como alternativa, de cerca de 0,1 % en peso a cerca de 6 % en peso; como alternativa, de cerca de 0,1 % en peso a cerca de 5 % en peso; como alternativa, de cerca de 0,1 % en peso a cerca de 4 % en peso; de cerca de 0,1 % en peso a cerca de 3 % en peso; como alternativa, de cerca de 0,1 % en peso a 2 % en peso; como alternativa, de cerca de 0,1 % en peso a cerca de 1 % en peso; como alternativa, de cerca de 1 % en peso a cerca de 2 % en peso; como alternativa, de cerca de 1 % en peso a cerca de 3 % en peso; Como alternativa, desde cerca de 2 % en peso hasta cerca de 3 % en peso, basado en una suma total de peso de basado en un peso total de la composición del inhibidor de corrosión. En algunos aspectos, la concentración de nanopartículas de sílice en la composición del inhibidor de corrosión puede ser 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9, 1,0, 1,1, 1,2, 1,3, 1,4, 1,5, 1,6, 1,7, 1,8, 1,9, 2,0, 2,1, 2,2, 2,3, 2,4, 2,5, 2,6, 2,7, 2,8, 2,9 o 3,0 % en peso según el peso total de la composición del inhibidor de corrosión. La concentración de nanopartículas de sílice puede ser la concentración de i) nanopartículas de sílice no funcionalizadas para composiciones que no tienen nanopartículas de sílice funcionalizadas, ii) nanopartículas de sílice funcionalizadas para composiciones que no tienen nanopartículas de sílice no funcionalizadas, o iii) nanopartículas de sílice funcionalizadas y no funcionalizadas para composiciones que tienen tanto nanopartículas de sílice funcionalizadas como nanopartículas de sílice no funcionalizadas.

[0041] En algunos aspectos, la composición del inhibidor de corrosión puede incluir uno o más compuestos de amonio cuaternario, derivados de imidazolina y compuestos orgánicos de azufre en una cantidad de cerca de 40 % en peso a cerca de 99 % en peso; como alternativa, de cerca de 40 % en peso a cerca de 80 % en peso; como alternativa, de cerca de 50 % en peso a cerca de 70 % en peso; Como alternativa, desde cerca de 55 % en peso hasta cerca de 65 % en peso, según el peso total de la composición del inhibidor de corrosión.

[0042] En algunos aspectos, la relación en peso entre i) los compuestos de amonio cuaternario, los derivados de imidazolina y los compuestos orgánicos de azufre y ii) las nanopartículas de sílice se encuentra en un intervalo de 1:1 a 1.000:1; como alternativa, de 5:1 a 900:1; como alternativa, de 10:1 a 800:1; como alternativa, de 15:1 a 700:1; como alternativa, de 20:1 a 650:1.

Componentes adicionales

[0043] Los componentes adicionales para su inclusión en las composiciones incluyen éster de fosfato, ácidos grasos monoméricos u oligoméricos, solventes, inhibidores de asfaltenos, inhibidores de parafina, inhibidores de incrustaciones, emulsionantes, clarificadores de agua, dispersantes, rompedores de emulsiones, eliminadores de sulfuro de hidrógeno, inhibidores de

hidratos de gas, biocidas, modificadores de pH, surfactantes, agentes funcionales y otros aditivos, o combinaciones de estos.

Ésteres de fosfato

[0044] En algunos aspectos, las composiciones de los inhibidores de corrosión que se describen en este documento pueden incluir ésteres de fosfato mono, dialquilo o trialquilo; ésteres de fosfato de hidroxilaminas; ésteres de fosfato de polioles, o combinaciones de estos.

[0045] Los ésteres de fosfato mono, di y trialquilo adecuados, los ésteres de fosfato mono, di y trialquilaril fosfato y los ésteres de fosfato de mono, di y trietanolamina suelen contener de 1 a 18 átomos de carbono. En algunos aspectos, los ésteres de fosfato mono, di- y trialquilo, los ésteres de fosfato mono-, di- y trialquilaril fosfato, y los ésteres de fosfato mono-, di- y trialquilo fosfato son los que se preparan haciendo reaccionar un alcohol alifático C 3-C18 con pentóxido de fósforo. El intermediario de fosfato intercambia sus grupos éster con fosfato de trietilo con trietilfosfato produciendo una distribución más amplia de ésteres de fosfato de alquilo. Como alternativa, el éster de fosfato se puede hacer mezclando con un di éster de alquilo, una mezcla de alcoholes alquílicos de bajo peso molecular o dioles. Los alcoholes alquílicos o dioles de bajo peso molecular incluyen de preferencia alcoholes C₆ a C₁₀ o dioles. Además, se prefieren los ésteres de fosfato de los polioles y sus sales que contienen uno o más grupos 2-hidroxietilo, y los ésteres de fosfato de hidroxilamina obtenidos por reacción de ácido polifosfórico o pentóxido de fósforo con hidroxilaminas como dietanolamina o trietanolamina.

Ácidos grasos monoméricos y oligoméricos

[0046] La composición del inhibidor de corrosión puede incluir además un ácido graso monomérico u oligomérico. Se prefieren los ácidos grasos saturados e insaturados C14-C22, así como los dímeros, trímeros y oligómeros obtenidos por polimerización de uno o más de los mencionados ácidos grasos.

Solventes

[0047] La composición del inhibidor de corrosión puede incluir además uno o más solventes. Algunos ejemplos de solventes incluyen, entre otros, agua, alcoholes, hidrocarburos, cetonas, éteres, aromáticos, amidas, nitrilos, sulfóxidos, ésteres, éteres de glicol, sistemas acuosos y combinaciones de estos. En ciertas modalidades, el disolvente es agua, isopropanol, metanol, etanol, 2-etilhexanol, nafta aromática pesada, tolueno, etilenglicol, éter monobutílico de etilenglicol (EGMBE), éter monoetílico de dietilenglicol, xileno, o combinaciones de estos. Los disolventes polares representativos adecuados para la formulación con la composición incluyen agua, salmuera, agua de mar, alcoholes (incluidos los alifáticos de cadena lineal o ramificados como metanol, etanol, propanol, isopropanol, butanol, 2-etilhexanol, hexanol, octanol, decanol,

2-butoxietanol, etc.), glicoles y derivados (etilenglicol, 1,2-propilenglicol, 1,3-propilenglicol, etilenglicol monobutílico, etc.), cetonas (ciclohexanona, diisobutilcetona), N-metilpirrolidinona (NMP), N,N-dimetilformamida, o combinaciones de estas. Los solventes no polares representativos adecuados para la formulación con la composición incluyen hidrocarburos alifáticos como pentano, hexano, ciclohexano, metilciclohexano, heptano, decano, dodecano, diésel o combinaciones de estos; hidrocarburos aromáticos como tolueno, xileno, nafta aromática pesada, derivados de ácidos grasos (ácidos, ésteres, amidas) o combinaciones de estos; o cualquier combinación de hidrocarburos alifáticos e hidrocarburos aromáticos.

[0048] En ciertas modalidades, el disolvente es un disolvente polihidroxlado, un poliéter, un alcohol, o una combinación de ambos. En ciertas modalidades, el disolvente es monoetilenglicol, metanol, dimetilsulfóxido (DMSO), dimetilformamida (DMF), tetrahidrofurano (THF), o una combinación de estos.

[0049] La composición de un inhibidor de corrosión puede comprender desde 0 % en peso hasta 99 % en peso; como alternativa, de 1 % en peso a 98 % en peso de uno o más solventes, en función del peso total de la composición del inhibidor de corrosión. En ciertas modalidades, una composición del inhibidor de corrosión divulgada en este documento puede incluir 20 % en peso, 25 % en peso, 30 % en peso, 35 % en peso, 40 % en peso, 45 % en peso, 50 % en peso, 55 % en peso, 60 % en peso, 65 % en peso, 70 % en peso, 75 % en peso, 80 % en peso, 85 % en peso, 90 % en peso o 95 % en peso de uno o más solventes, basado en el peso total de la composición del inhibidor de corrosión. En ciertas modalidades, una composición de inhibidor de corrosión comprende 80 % en peso, 81 % en peso, 82 % en peso, 83 % en peso, 84 % en peso, 85 % en peso, 86 % en peso, 87 % en peso, 88 % en peso, 89 % en peso, 90 % en peso, 91 % en peso, 92 % en peso, 93 % en peso, 94 % en peso, 95 % en peso, 96 % en peso, 97 % en peso, 98 % en peso o 99 % en peso de uno o más solventes, basado en el peso total de la composición del inhibidor de corrosión.

Inhibidores de asfaltenos

[0050] La composición del inhibidor de corrosión puede incluir adicionalmente un inhibidor de asfaltenos. Ejemplos de inhibidores de asfaltenos incluyen, entre otros, ácidos sulfónicos alifáticos; ácidos alquilarilsulfónicos; sulfonatos de arilo; lignosulfonatos; resinas de alquilfenol/aldehído y resinas sulfonadas similares; ésteres de poliolefinas; imidas de poliolefina; ésteres de poliolefinas con grupos funcionales alquilo, alquilenfenilo o alquilenpiridilo; amidas de poliolefina; amidas de poliolefinas con grupos funcionales alquilo, alquilenfenilo o alquilenpiridilo; imidas de poliolefinas con grupos funcionales alquilo, alquilenfenilo o alquilenpiridilo; copolímeros de alquénil/vinil pirrolidona; polímeros de injerto de poliolefinas con anhídrido maleico o vinil

imidazol; amidas de poliéster hiperramificadas; asfaltenos polialcoxilados, ácidos grasos anfóteros; sales de alquilo succinatos; monooleato de sorbitán; y anhídrido succínico de poliisobutileno, o combinaciones de ambos.

Inhibidores de parafina

[0051] La composición del inhibidor de corrosión divulgada en este documento puede incluir adicionalmente uno o más inhibidores de parafina. Algunos ejemplos de inhibidores de parafina son, entre otros, modificadores de cristales de parafina y combinaciones de dispersantes/modificadores de cristales. Ejemplos de modificadores de cristales de parafina incluyen, entre otros, copolímeros de acrilato de alquilo, copolímeros de acrilato de alquilo de vinilpiridina, copolímeros de etilenacetato de vinilo, copolímeros de éster de anhídrido maleico, polietilenos ramificados, naftaleno, antraceno, cera microcristalina, asfaltenos o combinaciones de estos. Ejemplos de dispersantes incluyen, pero no se limitan a, sulfonato de dodecibenceno, alquilfenoles oxialquilados y resinas alquinólicas oxialquiladas, o combinaciones de estos.

Inhibidores de incrustaciones

[0052] La composición del inhibidor de corrosión divulgada en este documento puede incluir adicionalmente uno o más inhibidores de incrustaciones. Ejemplos de inhibidores de incrustaciones incluyen, entre otros, fosfatos, ésteres de fosfato, ácidos fosfóricos, fosfonatos, ácidos fosfónicos, poli(acrilamidas), sales de sulfonato de acrilamido-metilo propano/copolímero de ácido acrílico (AMPS/AA), copolímero maleico fosfinado (PHOS/MA), sales de un terpolímero de ácido polimaleico/ácido acrílico/sulfonato de acrilamido-metilpropano (PMA/AMPS), o combinaciones de estos.

Emulsionantes

[0053] La composición del inhibidor de corrosión que se describe en este documento puede incluir adicionalmente uno o más emulsionantes. Ejemplos de emulsionantes incluyen, pero no se limitan a, sales de ácidos carboxílicos, productos de reacciones de acilación entre ácidos carboxílicos o anhídridos carboxílicos y aminas, derivados de alquilo, acilo y amida de sacáridos (emulsionantes de alquilsacáridos), o combinaciones de estos.

Clarificadores de agua

[0054] La composición del inhibidor de corrosión divulgada en este documento puede incluir uno o más clarificadores de agua. Ejemplos de clarificadores de agua incluyen, entre otros, sales metálicas inorgánicas como alumbre, cloruro de aluminio y clorhidrato de aluminio; polímeros orgánicos como polímeros a base de ácido acrílico; polímeros a base de acrilamida; aminas polimerizadas; alcanolaminas; tiocarbamatos; polímeros catiónicos como el cloruro de dialildimetilamonio (DADMAC); o combinaciones de estos.

Dispersantes

[0055] La composición del inhibidor de corrosión puede incluir adicionalmente uno o más dispersantes. Ejemplos de dispersantes incluyen, pero no se limitan a, ácidos fosfónicos alifáticos con 2 a 50 átomos de carbono (por ejemplo, ácido hidroxietildifónico), ácidos aminoalquilfosfónicos (por ejemplo, fosfonatos de poliaminometileno con 2 a 10 átomos de N, por ejemplo, cada uno con al menos un grupo de ácido metileno fosfónico), o combinaciones de estos. Ejemplos de fosfonatos de poliaminometileno son la tetra(fosfonato de metileno), la penta(fosfonato de metileno) dietilentriamina, los fosfonatos de triamina y tetramina-polimetileno con 2-4 grupos metileno entre cada átomo de N, siendo al menos 2 de los números de grupos metileno en cada fosfonato diferentes, o combinaciones de estos. Otros dispersantes pueden incluir lignina o derivados de la lignina como el lignosulfonato y el ácido naftaleno sulfónico y derivados.

Rompedores de emulsión

[0056] La composición del inhibidor de corrosión puede incluir adicionalmente uno o más rompedores de emulsión. Ejemplos de rompedores de emulsión incluyen, entre otros, ácido dodecibencilsulfónico (DDBSA), la sal sódica del ácido xilensulfónico (NAXSA), compuestos epoxilados y propoxilados, surfactantes aniónicos catiónicos y no iónicos, resinas como resinas fenólicas y resinas epóxido, o combinaciones de estos.

Eliminadores de sulfuro de hidrógeno

[0057] La composición del inhibidor de corrosión puede incluir adicionalmente uno o más eliminadores de sulfuro de hidrógeno. Ejemplos de eliminadores adicionales de sulfuro de hidrógeno incluyen, entre otros, oxidantes (por ejemplo, peróxidos inorgánicos como peróxido de sodio o dióxido de cloro), aldehídos (por ejemplo, de 1 a 10 átomos de carbono como formaldehído o glutaraldehído o (meta)acroleína), triazinas (por ejemplo, monoetanol amina triazina, monometilamina triazina y triazinas de múltiples aminas o mezclas de estas), glioxal o combinaciones de estos.

Inhibidores de hidratos de gas

[0058] La composición del inhibidor de corrosión puede incluir adicionalmente uno o más inhibidores de hidratos de gas. Ejemplos de inhibidores de hidratos de gas incluyen, entre otros, inhibidores de hidratos termodinámicos (THI), inhibidores de hidratos cinéticos (KHI), antiaglomerantes (AA) o combinaciones de estos.

[0059] Ejemplos de inhibidores de hidratos termodinámicos incluyen, entre otros, sal de NaCl, sal de KCl, sal de CaCl_2 , sal de MgCl_2 , sal de NaBr_2 , salmueras de formiato (por ejemplo, formiato de potasio), polioles (por ejemplo, glucosa, sacarosa, fructosa, maltosa, lactosa,

gluconato, monoetilenglicol, dietilenglicol, trietilenglicol, monopropilenglicol, dipropilenglicol, tripropilenglicol, tetrapropilenglicol, monobutilenglicol, dibutilenglicol, tributilenglicol, glicerol, diglicerol, triglicerol, alcoholes de azúcar (por ejemplo, sorbitol, manitol) o combinaciones de estos), metanol, propanol, etanol, éteres de glicol (por ejemplo, dietilenglicol monometileter, etilenglicol monobutiléter o combinaciones de estos), alquilo o ésteres cíclicos de alcoholes (por ejemplo, lactato de etilo, lactato de butilo, benzoato de metiletilo o combinaciones de estos), o combinaciones de estos.

[0060] Ejemplos de inhibidores de hidratos cinéticos y antiaglomerantes incluyen, entre otros, polímeros y copolímeros, polisacáridos (por ejemplo, hidroxietilcelulosa (HEC), carboximetilcelulosa (CMC), almidón, derivados del almidón, xantano o combinaciones de estos), lactámicos (por ejemplo, polivinilcaprolactam, polivinillactam), pirrolidonas (por ejemplo, polivinilpirrolidona de varios pesos moleculares), surfactantes (por ejemplo, sales de ácidos grasos, alcoholes etoxilados, alcoholes propoxilados, ésteres de sorbitán, ésteres de sorbitán etoxilados, ésteres de poliglicerol de ácidos grasos, alquilglucósidos poliglucósidos, sulfatos de alquilo, sulfonatos de alquilo, sulfonatos de éster de alquilo, sulfonatos aromáticos de alquilo, alquil betaína, alquil amido betaínas o combinaciones de estos), dispersantes a base de hidrocarburos (por ejemplo, lignosulfonatos, iminodisuccinatos, poliaspartatos o combinaciones de estos), aminoácidos, proteínas o combinaciones de estos.

Biocidas

[0061] La composición del inhibidor de corrosión puede incluir adicionalmente uno o más biocidas.

[0062] Algunos ejemplos de biocidas son, entre otros, biocidas oxidantes y no oxidantes. Ejemplos de biocidas no oxidantes incluyen, por ejemplo, aldehídos (por ejemplo, formaldehído, glutaraldehído, acroleína o combinaciones de estos), compuestos de tipo amina (por ejemplo, compuestos de amina cuaternaria, cocodiamina o una combinación de estos), compuestos halogenados (por ejemplo, bronopol, 2-2-dibromo-3-nitrilopropionamida (DBNPA), o una combinación de estos), compuestos de azufre (por ejemplo, isotiazolona, carbamatos, metronidazol o una combinación de estos), sales de fosfonio cuaternario (por ejemplo, tetrakis(hidroxiometil)sulfato de fosfonio (THPS)), o combinaciones de estos.

[0063] Algunos ejemplos de biocidas oxidantes son hipoclorito de sodio, ácidos tricloroisocianúricos, ácido dicloroisocianúrico, hipoclorito de calcio, hipoclorito de litio, hidantoínas cloradas, hipobromuro de sodio estabilizado, bromuro de sodio activado, hidantoínas bromadas, dióxido de cloro, ozono, peróxidos o combinaciones de estos.

Modificadores de pH

[0064] La composición del inhibidor de corrosión puede incluir adicionalmente uno o más modificadores de pH. Ejemplos de modificadores de pH incluyen, entre otros, hidróxidos alcalinos, carbonatos alcalinos, bicarbonatos alcalinos, hidróxidos metálicos alcalinotérreos, carbonatos metálicos alcalinotérreos, bicarbonatos metálicos alcalinotérreos o combinaciones de estos. Los modificadores de pH ejemplares incluyen NaOH, KOH, Ca(OH)_2 , CaO, Na^2CO^3 , KHCO^3 , K^2CO^3 , NaHCO^3 , MgO y Mg(OH)_2 , o combinaciones de estos.

Surfactantes

[0065] La composición del inhibidor de corrosión puede incluir adicionalmente uno o más surfactantes. Algunos ejemplos de surfactantes son, entre otros, surfactantes aniónicos, surfactantes catiónicos, surfactantes zwitteriónicos y surfactantes no iónicos.

[0066] Los surfactantes aniónicos incluyen sulfonatos de alquilarilo, sulfonatos de olefina, sulfonatos de parafina, sulfatos de alcohol, sulfatos de éter alcohólico, carboxilatos de alquilo, carboxilatos de éter de alquilo, ésteres de fosfato de alquilo, ésteres de fosfato de alquilo etoxilados y mono y alquilsulfosuccinatos, sulfosuccinatos mono y alquil sulfosuccinatos, o combinaciones de estos.

[0067] Los surfactantes catiónicos incluyen sales de alquil trimetilamonio cuaternario, sales de alquil dimetil bencil amonio cuaternario, sales de dialquil dimetilamonio cuaternario, sales de imidazolinio o combinaciones de estas.

[0068] Los surfactantes no iónicos incluyen alcoxilatos de alcohol, alcoxilatos de alquilfenol, copolímeros de bloque de óxidos de etileno, propileno y butileno, óxidos de alquil dimetil amina, óxidos de alquil-bis(2-hidroxietil) amina, óxidos de alquilo amidopropil dimetil amina, óxidos de alquilamopilapropil-bis(2-hidroxietil) amina, poliglucósidos de alquilo, glicéridos polialcoxilados, ésteres de sorbitán y ésteres de sorbitán polialcoxilados, ésteres y diésteres de alquilo polietilenglicol, o combinaciones de estos. Ejemplos de surfactantes no iónicos también incluyen betaínas, pasanos, surfactantes anfóteros (por ejemplo, anfoacetatos de alquilo y anfodiacetatos, anfopropionatos de alquilo y anfodipropionatos, alquiliminodipropionato o combinaciones de estos) o combinaciones de estos.

[0069] En algún aspecto, un surfactante puede ser un compuesto de amonio cuaternario, un óxido de amina, un surfactante iónico o no iónico, o cualquier combinación de estos. Los compuestos adecuados de amina cuaternaria incluyen, entre otros, cloruro de alquilbencil amonio, cloruro de bencilo cocoalquilo (C12-C18) dimetilamonio, cloruro de dicocoalquilo (C12-C18) dimetilamonio, cloruro de dimetilamonio disebo, alquilo de di(sebo hidrogenado)dimetil cloruro de metilamonio cuaternario, metil bis(2-hidroxietilcocoalquilo(C12-C18) cloruro de amonio cuaternario, dimetil(2-etil) sebo sulfato de metilo de amonio, cloruro de n-

dodecylbencilbidimetilamonio, cloruro de n-octadecylbencilbidimetilamonio, sulfato de n-dodecyltrimetilamonio, cloruro de alquiltrimetilamonio de soja y sulfato de metilo de amonio dimetil de sebo hidrogenado.

Agentes funcionales y otros aditivos

[0070] Las composiciones de los inhibidores de corrosión pueden incluir además agentes funcionales adicionales o aditivos que proporcionan una propiedad beneficiosa. Por ejemplo, se pueden seleccionar agentes o aditivos adicionales del grupo que consta de ajustadores de pH u otros agentes neutralizantes, surfactantes, emulsionantes, secuestrantes, solubilizantes, otros lubricantes, amortiguadores, detergentes, agentes de limpieza, composición de abrillantadores, agentes anticorrosivos secundarios, conservantes, aglutinantes, espesantes u otros modificadores de la viscosidad, coadyuvantes tecnológicos, portadores, agentes acondicionadores de agua, inhibidores de espuma o generadores de espuma, agentes o sistemas de umbral, agentes potenciadores de la estética (es decir, tintes, odorantes, perfumes), otros agentes o aditivos adecuados para la formulación con una composición inhibidora de la corrosión y similares, y mezclas de los mismos. Los agentes o aditivos adicionales variarán de acuerdo con la composición particular del inhibidor de corrosión que se esté fabricando.

[0071] Las composiciones de inhibidores de corrosión elaboradas pueden incluir además agentes funcionales adicionales o aditivos que proporcionan una propiedad beneficiosa. Los agentes o aditivos adicionales variarán de acuerdo con la composición particular que se fabrique y su uso previsto, como lo apreciará un experto en la materia. De acuerdo con una modalidad, las composiciones no contienen ninguno de los agentes o aditivos adicionales.

Concentración de componentes adicionales

[0072] La composición de un inhibidor de corrosión descrita en este documento puede comprender de 0 % en peso a 80 % en peso, 0 % en peso a 60 % en peso o 0 % en peso a 50 % en peso de uno o más componentes adicionales, según el peso total de la composición. En algunos aspectos, la composición de un inhibidor de corrosión divulgada en este documento puede tener al menos 1.0 % en peso, 1.5 % en peso, 2.0 % en peso, 2.5 % en peso, 3.0 % en peso, 3.5 % en peso, 4.0 en peso, 4.5 % en peso, 5.0 en peso, 5.5 % en peso, 6.0 % en peso, 6.5 % en peso, 7.0 % en peso, 8.5 % en peso, 8.5 % en peso, 9.0 % en peso, 9.5 % en peso, 10.0 en peso, 10.5 en peso, 11.0 % en peso, 11.5 % en peso, 11.5 % en peso, 12,0 % en peso, 12,5 % en peso, 13,0 % en peso, 13,5 % en peso, 14,0 % en peso, 14,5 % en peso o 15,0 % en peso de uno o más componentes adicionales, según el peso total de la composición; y menos del 80, 79, 78, 77, 76, 75, 74, 73, 72, 71, 70, 69, 68, 67, 66, 65, 64, 63, 62, 61 o 60 % en peso de uno o más componentes adicionales según el peso total de la composición.

USO Y MÉTODOS

[0073] Las composiciones inhibidoras de corrosión se pueden utilizar en cualquier industria en la que sea deseable inhibir la corrosión en una superficie metálica. Por ejemplo, las composiciones inhibidoras de corrosión se pueden usar para inhibir la corrosión en superficies metálicas utilizadas en aplicaciones de petróleo y gas, en sistemas de agua, en sistemas de condensado/petróleo/gas, o cualquier combinación de estos.

[0074] Un método puede incluir la preparación de una composición inhibidora de la corrosión mediante la mezcla de nanopartículas de sílice, un compuesto de amonio cuaternario, un derivado de imidazolina y un compuesto orgánico de azufre. Como se indica en este documento, las nanopartículas de sílice pueden ser no funcionalizadas, funcionalizadas, o las nanopartículas de sílice pueden contener una primera parte que comprende nanopartículas de sílice funcionalizadas y una segunda porción que comprende nanopartículas de sílice no funcionalizadas.

[0075] Se pueden realizar otros métodos después de preparar la composición del inhibidor de corrosión.

[0076] Otro método puede incluir poner en contacto un fluido que comprende la composición del inhibidor de corrosión descrita en este documento con una superficie metálica.

[0077] Otro método puede incluir introducir, agregar o inyectar la composición del inhibidor de corrosión en un fluido para inhibir la corrosión en una superficie metálica que está en contacto con el fluido.

[0078] Otro método puede incluir la introducción, adición o inyección de la composición del inhibidor de corrosión en un fluido i) producido o utilizado en la producción, transporte, almacenamiento y/o separación de petróleo crudo o gas natural o ii) en un proceso de aguas residuales, una granja, un matadero, un vertedero, una planta municipal de aguas residuales, un proceso de carbón de coque o un proceso de biocombustible. En tales métodos, el método también puede incluir producción, transporte, almacenamiento o separación del fluido, antes de introducir, agregar o inyectar la composición del inhibidor de corrosión en un fluido. La producción del fluido puede incluir la producción de un fluido de producción a partir de un pozo formado en una formación subterránea.

[0079] Otro método puede incluir la introducción, adición o inyección de la composición del inhibidor de corrosión a una corriente de gas utilizada o producida en un proceso de carbón, como una central eléctrica de carbón.

[0080] Otro método puede incluir el transporte o movimiento del fluido que comprende la composición del inhibidor de corrosión en un oleoducto y gasoducto.

[0081] El fluido puede estar compuesto por un hidrocarburo, agua o ambos (por ejemplo, un medio acuoso). El fluido puede fluir en una corriente de gas o en una corriente de líquido; como alternativa, el fluido puede ser estático en un recipiente o fluir a través del recipiente. En los aspectos en los que el fluido es un medio acuoso, el medio acuoso puede estar compuesto por agua, gas y, opcionalmente, hidrocarburos líquidos.

[0082] En otros aspectos, el fluido puede estar compuesto por hidrocarburos líquidos. Los hidrocarburos líquidos pueden incluir, entre otros, petróleo crudo, petróleo pesado, petróleo residual procesado, aceite bituminoso, aceites de coque, gasóleos de coque, alimentadores de craqueo catalítico fluido, gasóleo, nafta, lodo de craqueo catalítico fluido, combustible diésel, fueloil, combustible para aviones, gasolina, queroseno o combinaciones de estos.

[0083] La temperatura del fluido puede oscilar entre cerca de 40 °C y cerca de 250 °C. En algunos aspectos, el fluido puede estar a una temperatura de -50 °C a 300 °C, de 0 °C a 200 °C, de 10 °C a 100 °C o de 20 °C a 90 °C. En algunos aspectos, el fluido puede estar a una temperatura de 22 °C, 23 °C, 24 °C, 25 °C, 26 °C, 27 °C, 28 °C, 29 °C, 30 °C, 31 °C, 32 °C, 33 °C, 34 °C, 35 °C, 36 °C, 37 °C, 38 °C, 39 °C o 40 °C. En algunos aspectos, el fluido puede estar a una temperatura de 85 °C, 86 °C, 87 °C, 88 °C, 89 °C, 90 °C, 91 °C, 92 °C, 93 °C, 94 °C, 95 °C, 96 °C, 97 °C, 98 °C, 99 °C o 100 °C.

[0084] Las composiciones de inhibidores de corrosión divulgadas en este documento pueden introducirse, agregarse o inyectarse a un fluido que tenga agua como parte del fluido. Por ejemplo, la concentración de agua puede ser de 0 % a 100 % volumen/volumen (v/v), de 1 % a 80 % v/v, o de 1 % a 60 % v/v del fluido. El fluido puede ser un medio acuoso que contiene varios niveles de salinidad.

[0085] En algunos aspectos, el fluido puede tener un TDS bajo, y la composición del inhibidor de corrosión puede incluir nanopartículas de sílice funcionalizadas, nanopartículas de sílice no funcionalizadas o nanopartículas de sílice funcionalizadas y nanopartículas de sílice no funcionalizadas. En otros aspectos, el fluido puede tener un alto TDS, y la composición del inhibidor de corrosión puede incluir nanopartículas de sílice funcionalizadas sin incluir (no incluye) nanopartículas de sílice no funcionalizadas.

[0086] En algunos aspectos, el fluido puede estar contenido o fluir a través de muchos tipos diferentes de aparatos. En algunos aspectos, los aparatos están aguas abajo del pozo, en relación con la dirección del flujo de hidrocarburos de una formación subterránea. Por ejemplo, el fluido puede estar contenido en un aparato que transporta fluido de un lugar a otro, como un oleoducto, un gasoducto o un oleoducto y gasoducto. En ciertos aspectos, el aparato puede ser parte de una refinería de petróleo y/o gas, como una tubería o conducto, un recipiente de

separación, una unidad de deshidratación o una línea de gas. El fluido puede estar contenido o fluir a través de un aparato utilizado en la extracción y/o producción de petróleo, como la boca de un pozo. En otros aspectos, el aparato puede ser parte de una central eléctrica de carbón. En otros aspectos, el aparato puede ser un depurador (por ejemplo, un desulfurador de gases de combustión húmedos, un absorbente seco por pulverización, un inyector de absorbente seco, una torre de pulverización o una torre de contacto o de burbujas). En otros aspectos, el aparato puede ser un recipiente de carga, un recipiente de almacenamiento, un tanque de retención o una tubería que conecta los tanques, recipientes o unidades de procesamiento. En algunos aspectos, el fluido puede estar contenido en sistemas de agua, sistemas de condensado/petróleo/gas, o cualquier combinación de estos.

[0087] La composición del inhibidor de corrosión puede introducirse, agregarse o inyectarse en un fluido mediante cualquier método apropiado para combinar la composición del inhibidor de corrosión en el fluido. Por ejemplo, la composición del inhibidor de corrosión se puede agregar en una ubicación en el flujo del proceso que esté aguas arriba de la ubicación en la que se desea prevenir la corrosión. Las composiciones del inhibidor de corrosión se pueden inyectar utilizando equipos mecánicos como una bomba de inyección química, un tubo en T, un accesorio de inyección, un atomizador, una válvula de inyección o una pluma. En algunos aspectos, las composiciones de los inhibidores de corrosión pueden bombearse a un oleoducto y/o gasoducto utilizando una línea umbilical. En otros aspectos, los sistemas de inyección capilar se pueden utilizar para administrar las composiciones de inhibidores de corrosión a un fluido seleccionado.

[0088] En algunos aspectos, el método puede incluir, después de introducir, agregar o inyectar las composiciones del inhibidor de corrosión en el fluido, mezclar el fluido y la composición del inhibidor de corrosión para dispersar la composición del inhibidor de corrosión en el fluido.

[0089] En algunos aspectos, la composición del inhibidor de corrosión puede introducirse, agregarse o inyectarse en un fluido como una solución, mezcla o lodo acuoso o no acuoso.

[0090] En algunos aspectos, las composiciones de inhibidores de corrosión divulgadas en este documento generalmente se agregan a una línea de flujo de proceso para proporcionar una cantidad efectiva de la composición de inhibidor de corrosión descrita de cerca de 0.01 a cerca de 5,000 ppm en función de un peso total del fluido (por ejemplo, gas, líquido, lodo o combinaciones de estos) en la línea de flujo del proceso. En ciertas modalidades, las composiciones pueden añadirse o introducirse a un fluido para proporcionar una cantidad efectiva de la composición del inhibidor de corrosión descrita de cerca de 1 partes por millón (ppm) a cerca de 1.000.000 ppm; como alternativa, desde cerca de 1 parte por millón (ppm) hasta

cerca de 100,000 ppm; como alternativa, de cerca de 10 ppm a cerca de 75.000 ppm; como alternativa, de cerca de 100 ppm a cerca de 10.000 ppm; como alternativa, de cerca de 200 ppm a cerca de 8.000 ppm; como alternativa, de cerca de 500 ppm a cerca de 6.000 ppm; Como alternativa, cerca de 0,1 ppm, 0,125 ppm, 0,25 ppm, 0,5 ppm, 0,625 ppm, 1 ppm, 1,25 ppm, 2 ppm, 2,5 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 20 ppm, 100 ppm, 200 ppm, 500 ppm o 1,000 ppm según el peso total del fluido.

[0091] En el método, la introducción, adición o inyección de las composiciones del inhibidor de corrosión puede incluir la dosificación de las composiciones del inhibidor de corrosión de forma continua, por lotes, intermitente (agregue periódicamente un lote de composición del inhibidor de corrosión) o una combinación de estas. La concentración de dosis para la dosificación continua o intermitente puede oscilar entre cerca de 10 ppm y cerca de 500 ppm; Como alternativa, de cerca de 10 ppm a cerca de 200 ppm en función del peso total del fluido. Las tasas de dosificación para la dosificación por lotes pueden oscilar entre cerca de 10 ppm y cerca de 400,000 ppm; Como alternativa, de cerca de 10 a cerca de 20,000 ppm en función del peso total del fluido. En algunos aspectos, la composición del inhibidor de corrosión se puede agregar, introducir o inyectar como una píldora en una tubería, proporcionando una dosis alta (por ejemplo, 20,000 ppm) de la composición del inhibidor de corrosión.

[0092] La velocidad de flujo de una línea de flujo de proceso en la que se utiliza la composición del inhibidor de corrosión puede estar en un intervalo de 0 a 100 pies por segundo, o en un intervalo de 0,1 a 50 pies por segundo. En algunos casos, las composiciones pueden formularse con agua o con un solvente descrito en este documento para facilitar la adición a la línea de flujo.

[0093] Las composiciones de inhibidores de corrosión divulgadas en este documento pueden proporcionar al menos 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98 o 99 % de protección contra la corrosión para una superficie metálica, opcionalmente según lo definido por un cupón de acero al carbono 1018 en una prueba de celda de burbujas de corrosión. Se puede realizar una prueba de celda de burbujas de corrosión como se describe en los ejemplos a continuación. La prueba de celda de burbujas de corrosión es una prueba que compara el rendimiento de un inhibidor de corrosión con otro, bajo una temperatura de prueba de cerca de 80 °C, un fluido saturado de CO₂ de 20 % en peso de aceite LVT-200 y salmuera de NaCl en 80 % en peso (3 % en peso acuoso), cerca de 3 a 4 horas en condiciones previas a la inyección de composición, una duración de prueba de cerca de 15 horas, y una dosis de composición del inhibidor de corrosión de 2 ppm basada en la fase acuosa.

EJEMPLOS

[0094] Los siguientes ejemplos están destinados a ilustrar diferentes aspectos y modalidades del inhibidor de corrosión divulgado y no deben considerarse limitantes. Se reconocerá que se pueden realizar diversas modificaciones y cambios a las modalidades experimentales descritas en este documento, y sin apartarse del alcance de las reivindicaciones.

[0095] Se probaron seis composiciones de inhibidores de corrosión para la inhibición de la corrosión.

PREPARACIÓN DE COMPOSICIONES DE INHIBIDORES DE CORROSIÓN 1 a 6

[0096] Las composiciones de los inhibidores de corrosión se prepararon i) formando la Mezcla 1, ii) formando la Mezcla 2, y iii) mezclando la Mezcla 1 y la Mezcla 2 con agua desionizada.

[0097] Mezcla 1: La mezcla 1 de las composiciones del inhibidor de corrosión se formó mezclando a) una solución de cloruro de bencil-(alquil)-dimetilamonio lineal C12-C18 (el compuesto de amonio cuaternario), b) una solución de imidazolina acrilada TOFA-DETA (el derivado de la imidazolina) y c) 2-mercaptoehtanol puro (el compuesto de azufre orgánico).

[0098] La solución de cloruro de bencil-(C12-C18 alquil)-dimetilamonio tuvo una actividad del 92 % en peso sobre la base del peso total de la solución. La solución de imidazolina acrilada TOFA-DETA tuvo una actividad del 80 % en peso sobre la base del peso total de la solución. El 2-mercaptoehtanol estaba disponible en forma pura, 100 % en peso. Estos productos químicos se mezclaron en las cantidades que se indican en la Tabla 1 a continuación:

Tabla 1

Solución o compuesto	Concentración en la mezcla 1 (% en peso)
solución de cloruro de bencil-(C12-C18 alquilo lineal)-dimetilamonio	56
solución de imidazolina acrilada TOFA-DETA	35
2-mercaptoehtanol	9
Total	100

[0099] Las actividades reales de cada componente inhibidor de corrosión en la mezcla 1, considerando la presencia de solventes agregados con la solución de cloruro de bencil-(C12-C18 alquil)-dimetilamonio lineal y la solución de imidazolina acrilada TOFA-DETA, se establecen en la Tabla 2 a continuación:

Tabla 2

Compuesto	Actividad en la mezcla 1 (% en peso)
cloruro de bencilo-(C12-C18 alquilo lineal)-dimetilamonio	52
acrilato TOFA-DETA imidazolina	28
2-mercaptoehtanol	9
Total	88

[00100] Como se puede ver, la mezcla 1 tuvo una actividad del 88 % en peso para i) cloruro de bencilo-(C12-C18 alquilo lineal)-dimetilamonio (el compuesto de amonio cuaternario), ii) imidazolina acrilada TOFA-DETA (el derivado de la imidazolina) y iii) 2-mercaptoehtanol (el compuesto orgánico de azufre), sobre la base de un peso total de la mezcla 1.

[00101] Formación de la mezcla 2: La mezcla 2 de las composiciones del inhibidor de la corrosión se formó mediante la producción de nanopartículas de sílice modificadas en la superficie en una solución acuosa. Una dispersión de sílice coloidal (Nalco 1130G, 30,11 % activos, 7-9 nm, 330 m²/g) en agua se cargó a un reactor equipado con un agitador, un condensador y un embudo adicional. Se añadió agua desionizada (DI) para ajustar la concentración final de las nanopartículas de sílice (SNP) al 10-20 % (p/v). El SNP y el agua se calentaron a 60 °C. Se añadió una solución acuosa de epoxisilano hidrolizado (glicidiloxipropiltrimetoxisilano, también conocido como GPTMS) gota a gota a la dispersión a 60 °C durante la mezcla. La cantidad de GPTMS añadida fue de 10 µmol de GPTMS por m² de la superficie del SNP. El pH de la reacción se mantuvo en 10 y la dispersión se agitó a 60 °C durante 24 horas.

[00102] La Mezcla 2 resultante tenía un 19 % en peso de nanopartículas de sílice funcionalizadas basadas en un peso total de la Mezcla 2.

[00103] Mezcla de Mezcla 1 y Mezcla 2 con agua desionizada: Se prepararon seis composiciones de inhibidores de corrosión mezclando seis combinaciones diferentes de Mezcla 1 y Mezcla 2 con agua desionizada.

[00104] La Composición del Inhibidor de Corrosión 1 se formó mezclando la Mezcla 1 (no se incluye la Mezcla 2) con agua, de modo que la Composición del Inhibidor de Corrosión 1 contenía un 70 % en peso de la Mezcla 1 y un 30 % en peso de agua. La composición del inhibidor de corrosión 1 tuvo una actividad total del 62 % en peso para i) cloruro de bencilo-(C12-C18 alquilo lineal)-dimetilamonio (el compuesto de amonio cuaternario), ii) imidazolina acrilada TOFA-DETA (el derivado de la imidazolina) y iii) 2-mercaptoetanol (el compuesto de azufre orgánico), basado en un peso total de la composición del inhibidor de corrosión 1.

[00105] La Composición del Inhibidor de Corrosión 2 se formó mezclando la Mezcla 1 y la Mezcla 2 con agua, de modo que la Composición del Inhibidor de Corrosión 2 contenía 70 % en peso de la Mezcla 1, 0,5 % en peso de la Mezcla 2 y 29,5 % en peso de agua.

[00106] La Composición del Inhibidor de Corrosión 3 se formó mezclando la Mezcla 1 y la Mezcla 2 con agua, de modo que la Composición del Inhibidor de Corrosión 3 contenía 70 % en peso de Mezcla 1, 1 % en peso de Mezcla 2 y 29 % en peso de agua.

[00107] La Composición 4 del Inhibidor de Corrosión se formó mezclando la Mezcla 1 y la Mezcla 2 con agua, de modo que la Composición 4 del Inhibidor de Corrosión contenía 70 % en peso de la Mezcla 1, 2 % en peso de la Mezcla 2 y 28 % en peso de agua.

[00108] La Composición 5 del Inhibidor de Corrosión se formó mezclando la Mezcla 1 y la Mezcla 2 con agua, de modo que la Composición 5 del Inhibidor de Corrosión contenía 70 % en peso de la Mezcla 1, 4 % en peso de la Mezcla 2, 26 % en peso de agua.

[00109] La Composición del Inhibidor de Corrosión 6 se formó mezclando la Mezcla 1 y la Mezcla 2 con agua, de modo que la Composición del Inhibidor de Corrosión 6 contenía 70 % en peso de Mezcla 1, 16 % en peso de Mezcla 2, 14 % en peso de agua.

[00110] La Tabla 3 a continuación establece las concentraciones de los componentes en las composiciones 1 a 6 del inhibidor de corrosión:

Tabla 3

	Composición del inhibidor de corrosión					
	1	2	3	4	5	6
Nanopartículas de sílice funcionalizadas (% en peso)	0	0.095	0.19	0.38	0.76	3.04
QAC + ID + OSC (% en peso)	61.6	61.6	61.6	61.6	61.6	61.6
Relación en peso de (QAC + ID + OSC): Nanopartículas de sílice funcionalizadas	N/A	648	324	162	81	20

En la Tabla 3 anterior, QAC = compuesto de amonio cuaternario, ID = derivado de imidazolina y OSC = compuesto orgánico de azufre.

ENSAYOS DE INHIBICIÓN DE LA CORROSIÓN

[00111] A continuación, se analizan los resultados de la inhibición de la corrosión de las pruebas de cada una de las composiciones 1 a 6 del inhibidor de corrosión.

[00112] Las pruebas de celda de burbujas de corrosión se realizaron utilizando las siguientes

condiciones para evaluar el rendimiento de inhibición de la corrosión de las composiciones 1 a 6 de inhibidores de corrosión en un electrodo de acero al carbono (grado C1018): 80 °C, CO₂ con fluidos saturados con salmuera de NaCl al 3 % en peso (solución acuosa al 80 % en peso) e hidrocarburo LVT-200 (20 %) con CO₂ continuo rociado a presión atmosférica. Se llevaron a cabo cerca de 3 a 4 horas de tiempo de precorrosión (es decir, sin composición de inhibidor de corrosión) antes de inyectar la composición del inhibidor de corrosión.

[00113] La velocidad de corrosión de cada composición de inhibidor de corrosión se evaluó electroquímicamente utilizando la metodología de resistencia a la polarización lineal (LPR). La tasa de inhibición de la corrosión cerca de 15 horas después de la inyección de cada composición inhibidora de corrosión se determinó comparando la velocidad de corrosión de cada composición inhibidora de corrosión con la tasa de corrosión de un electrodo de acero al carbono en las mismas condiciones en ausencia de una composición inhibidora de corrosión después del mismo tiempo de exposición al entorno corrosivo (denominado Blanco).

[00114] La Tabla 4 a continuación muestra los parámetros de las pruebas de inhibición de la corrosión para las composiciones 1 a 6 de inhibidores de corrosión:

Tabla 4

	Blanco	Composición del inhibidor de corrosión					
		1	2	3	4	5	6
Dosis activa (ppmw)	N/A	2	2	2	2	2	2
Velocidad de corrosión después de 15 horas de inyección (mpy)	441	31	9	12	6	9	10
Tasa de inhibición de la corrosión (%)	N/A	93	98	97	99	98	98

[00115] La dosis activa en la Tabla 4 anterior es la concentración de QAC, ID, OSC y las nanopartículas de sílice funcionalizadas. Las tasas de inhibición de la corrosión para las composiciones 1 a 6 del inhibidor de corrosión se calcularon en relación con la tasa de corrosión de la pieza en bruto, que fue de 441 mpy. Todas las composiciones 1 a 6 de los inhibidores de corrosión tenían tasas de corrosión más bajas que la pieza en bruto. Se observa que las composiciones inhibidoras de corrosión 2 a 6, que tenían nanopartículas de sílice funcionalizadas, habían inhibido las tasas de corrosión en un intervalo del 97 % al 99 %. En comparación, el inhibidor de corrosión de la Composición 1, que no tenía nanopartículas de sílice, tenía una tasa de inhibición de la corrosión del 93 %. Las pruebas de las composiciones 2 a 6 de

los inhibidores de corrosión indican que la adición de nanopartículas de sílice funcionalizadas redujo la tasa de corrosión en cerca de 60 % en comparación con las pruebas de la composición del inhibidor de la corrosión 1 (97-99 % de tasa de inhibición de la corrosión para las composiciones de inhibidores de corrosión 2-6 frente al 93 % de tasa de inhibición de la corrosión para la composición del inhibidor de corrosión 1).

DESCRIPCIÓN ADICIONAL

[00116] Aspecto 1. Un método para inhibir la corrosión en una superficie metálica, el cual método comprende: poner en contacto un fluido que comprende una composición inhibidora de la corrosión con una superficie metálica, que se caracteriza porque la composición del inhibidor de la corrosión comprende nanopartículas de sílice, un compuesto de amonio cuaternario, un derivado de imidazolina y un compuesto orgánico de azufre.

[00117] Aspecto 2. El método del Aspecto 1, que se caracteriza porque las nanopartículas de sílice tienen un tamaño de partícula promedio de 1 nm a 500 nm.

[00118] Aspecto 3. El método del Aspecto 1 o 2, que se caracteriza porque las nanopartículas de sílice son nanopartículas de sílice coloidal.

[00119] Aspecto 4. El método de cualquiera de los Aspectos 1 a 3, que se caracteriza porque las nanopartículas de sílice están presentes en una cantidad de cerca de 0.1 % en peso a cerca de 10 % en peso basado en un peso total de la composición del inhibidor de corrosión.

[00120] Aspecto 5. El método de cualquiera de los Aspectos 1 a 4, que se caracteriza porque una superficie de las nanopartículas de sílice está unida a un organosilano.

[00121] Aspecto 6. El método del Aspecto 5, que se caracteriza porque el organosilano comprende uno o más grupos epoxi, grupos vinilo, grupos éter, grupos estirilo, grupos metacrililo, grupos acrílico, grupos amino, grupos isocianurato o combinaciones de estos.

[00122] Aspecto 7. El método del Aspecto 5, que se caracteriza porque el organosilano es un alcoxisilano, un silazano, un siloxano, o combinaciones de estos.

[00123] Aspecto 8. El método del Aspecto 5, que se caracteriza porque el organosilano comprende 3-glicidoxipropiltriethoxisilano, 3-glicidoxipropilmetildimethoxisilano, 3-glicidoxipropilmetildietoxisilano, 3-glicidoxipropiltriethoxisilano, 2-(3,4-epoxyciclohexil)propiltrimethoxisilano, 2-(3,4-epoxyciclohexil)propiltriethoxisilano, 2-(3,4-epoxyciclohexil)etiltrimethoxisilano, 2-(3,4-epoxyciclohexil)etiltriethoxisilano, 2-(3,4-epoxyciclohexil)metiltrimethoxisilano, 2-(3,4-epoxyciclohexil)metiltriethoxisilano, [(3-etil-3-oxetanil)metoxi]propiltrimethoxisilano, [(3-etil-3-oxetanil)metoxi]propiltriethoxisilano, o combinaciones de estos.

[00124] Aspecto 9. El método del Aspecto 5, que se caracteriza porque el organosilano es un

silano zwitteriónico.

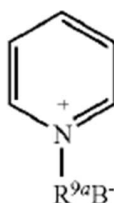
[00125] Aspecto 10. El método del Aspecto 9, que se caracteriza porque el silano zwitteriónico comprende 3-(dimetil(3-(trimetoxisilil)propil)-amonio) propano-1-sulfonato, 3-(dimetil (3-trietoxisilil) propil)-amonio) propano-1-sulfonato, o 3-(dietil (3-(trimetoxisilil) propil)-amonio) propano-1-sulfonato.

[00126] Aspecto 11. El método de cualquiera de los Aspectos 5 a 10, que se caracteriza porque una relación de masa entre el organosilano y las nanopartículas de sílice es de 0,1:15.

[00127] Aspecto 12. El método de cualquiera de los Aspectos 1 a 11, que se caracteriza porque el compuesto de amonio cuaternario se selecciona a partir de cloruro de tetrametilamonio, cloruro de tetraetilamonio, cloruro de tetrapropilamonio, cloruro de tetrabutilamonio, cloruro de tetrahexilamonio, cloruro de tetraoctilamonio, cloruro de benciltrimetilamonio, cloruro de benciltriethylamonio, cloruro de feniltrimetilamonio, cloruro de feniltriethylamonio, cloruro de cetilbencildimetilamonio cloruro de amonio, compuestos de dimetilalquilbencilamonio cuaternario, compuestos monometildialquilbencilbencilamonio cuaternario, compuestos trimetilbencilamonio cuaternario, compuestos trimetilbencil amonio cuaternario, o combinaciones de estos.

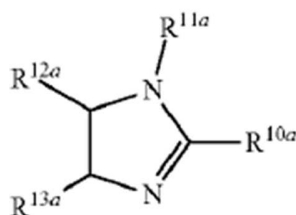
[00128] Aspecto 13. El método de cualquiera de los Aspectos 1 a 11, que se caracteriza porque el compuesto de amonio cuaternario está representado por la fórmula $[N^+R^{5a}R^{6a}R^{7a}R^{8a}][X^-]$ que se caracteriza porque R^{5a} , R^{6a} , R^{7a} y R^{8a} contienen de uno a 18 átomos de carbono, y X es Cl, Br o I.

[00129] Aspecto 14. El método de cualquiera de los Aspectos 1 a 11, que se caracteriza porque el compuesto de amonio cuaternario está representado por la fórmula:



que se caracteriza porque R^{9a} es un grupo alquilo, un grupo arilo, o un grupo arilalquilo, que se caracteriza porque los grupos alquilo tienen de 1 a 18 átomos de carbono cerca de y B es Cl, Br o I.

[00130] Aspecto 15. El método de cualquiera de los Aspectos 1 a 14, que se caracteriza porque el derivado de imidazolina tiene una fórmula:



que se caracteriza porque R^{10a} es un ácido graso de alto nivel (TOFA), y que se caracteriza porque R^{11a}, R^{12a} y R^{13a} son hidrógeno.

[00131] Aspecto 16. El método de cualquiera de los Aspectos 1 a 15, que se caracteriza porque el compuesto orgánico de azufre comprende un compuesto orgánico disulfuro o un tiol.

[00132] Aspecto 17. El método de cualquiera de los Aspectos 1 a 16, que se caracteriza porque la superficie del metal es un acero al carbono.

[00133] Aspecto 18. El método de cualquiera de los Aspectos 1 a 17, que se caracteriza porque el fluido comprende agua, un hidrocarburo, o combinaciones de ambos.

[00134] Aspecto 19. El método de cualquiera de los Aspectos 1 a 18, que se caracteriza porque la superficie metálica es parte del equipo utilizado en una producción, transporte, almacenamiento y/o separación de petróleo crudo o gas natural.

[00135] Aspecto 20. El método de cualquiera de los Aspectos 1 a 19, que se caracteriza porque la superficie metálica es parte de un equipo utilizado en un proceso de carbón, un proceso de aguas residuales, una granja, un matadero, un vertedero, una planta de aguas residuales municipal, un proceso de carbón de coque o un proceso de biocombustible.

[00136] Aspecto 21. El método de cualquiera de los Aspectos 1 a 20, que se caracteriza porque las nanopartículas de sílice no forman un enlace químico con el compuesto de amonio cuaternario, el derivado de imidazolina, el compuesto orgánico de azufre, o combinaciones de estos.

[00137] Aspecto 22. El método de cualquiera de los Aspectos 1 a 21, que se caracteriza porque las nanopartículas de sílice no forman un enlace químico con los compuestos de amonio cuaternario, que se caracteriza porque las nanopartículas de sílice no forman un enlace químico con los derivados de imidazolina, y que se caracteriza porque las nanopartículas de sílice no forman un enlace químico con los compuestos orgánicos de azufre.

[00138] Aspecto 23. El método de cualquiera de los Aspectos 1 a 22, que se caracteriza porque se forma un complejo entre las nanopartículas de sílice y uno o más del compuesto de amonio cuaternario, el derivado de imidazolina y el compuesto orgánico de azufre.

[00139] Aspecto 24. El método del Aspecto 23, que se caracteriza porque el complejo no

contiene ningún enlace químico entre las nanopartículas de sílice y una o más del compuesto de amonio cuaternario, el derivado de imidazolina y el compuesto orgánico de azufre.

[00140] Aspecto 25. El método del Aspecto 23 o 24, que se caracteriza porque el complejo está formado por interacciones electrostáticas, fuerzas de van der Waals, o ambas, entre las nanopartículas de sílice y uno o más del compuesto de amonio cuaternario, el derivado de imidazolina, y el compuesto orgánico de azufre.

[00141] Aspecto 26. Una composición inhibidora de la corrosión que comprende: nanopartículas de sílice; un compuesto de amonio cuaternario; un derivado de la imidazolina; y un compuesto orgánico de azufre, que se caracteriza porque las nanopartículas de sílice están presentes en una cantidad de cerca de 0.1 % en peso a cerca de 10 % en peso basado en un peso total de la composición del inhibidor de corrosión.

[00142] Aspecto 27. La composición del inhibidor de corrosión del Aspecto 26, que se caracteriza porque las nanopartículas de sílice tienen un tamaño de partícula promedio de 1 nm a 500 nm.

[00143] Aspecto 28. La composición del inhibidor de corrosión de los Aspectos 26 o 27, que se caracteriza porque las nanopartículas de sílice son nanopartículas de sílice coloidal.

[00144] Aspecto 29. La composición del inhibidor de corrosión de cualquiera de los Aspectos 26 a 28, que se caracteriza porque una superficie de las nanopartículas de sílice está unida a un organosilano.

[00145] Aspecto 30. La composición del inhibidor de corrosión del Aspecto 29, que se caracteriza porque el organosilano comprende uno o más grupos epoxi, grupos vinilo, grupos éter, grupos estirilo, grupos metacrilato, grupos acrílico, grupos amino, grupos isocianurato o combinaciones de estos.

[00146] Aspecto 31. La composición del inhibidor de corrosión del Aspecto 29 o 30, que se caracteriza porque el organosilano es un alcóxido de silicio, un silazano, un siloxano, o combinaciones de estos.

[00147] Aspecto 32. La composición del inhibidor de corrosión de cualquiera de los Aspectos 29 a 31, que se caracteriza porque el organosilano comprende 3-glicidoxipropiltrimetoxisilano, 3-glicidoxipropildimetoxisilano, 3-glicidoxipropildietoxisilano, 3-glicidoxipropiltriethoxisilano, 2-(3,4-epoxyciclohexil)propiltrimetoxisilano, 2-(3,4-epoxyciclohexil)propildimetoxisilano, 2-(3,4-epoxyciclohexil)propildietoxisilano, 2-(3,4-epoxyciclohexil)propiltriethoxisilano, 2-(3,4-epoxyciclohexil)etiltrimetoxisilano, 2-(3,4-epoxyciclohexil)etildimetoxisilano, 2-(3,4-epoxyciclohexil)etildietoxisilano, 2-(3,4-epoxyciclohexil)etiltriethoxisilano, [(3-etil-3-oxetanil)metoxi]propiltrimetoxisilano, [(3-etil-3-oxetanil)metoxi]propildimetoxisilano, [(3-etil-3-oxetanil)metoxi]propildietoxisilano, [(3-etil-3-oxetanil)metoxi]propiltriethoxisilano, o combinaciones de estos.

[00148] Aspecto 33. La composición del inhibidor de corrosión de cualquiera de los Aspectos 29 a 32, que se caracteriza porque el organosilano es un silano zwitteriónico.

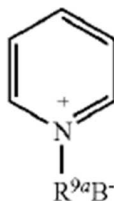
[00149] Aspecto 34. La composición del inhibidor de corrosión del Aspecto 33, que se caracteriza porque el silano zwitteriónico comprende 3-(dimetil(3-(trimetoxisilil)propil)-amonio) propano-1-sulfonato, 3-(dimetil (3-(triethoxisilil) propil)-amonio) propano-1-sulfonato o 3-(dietil (3-(trimetoxisilil) propilo)-amonio) propano-1-sulfonato.

[00150] Aspecto 35. La composición del inhibidor de corrosión de cualquiera de los Aspectos 29 a 34, que se caracteriza porque una relación de masa entre el organosilano y las nanopartículas de sílice es de 0,1:15.

[00151] Aspecto 36. La composición del inhibidor de corrosión de cualquiera de los Aspectos 26 a 35, que se caracteriza porque el compuesto de amonio cuaternario se selecciona a partir de cloruro de tetrametilamonio, cloruro de tetraetilamonio, cloruro de tetrapropilamonio, cloruro de tetrabutilamonio, cloruro de tetrahexilamonio, cloruro de tetraoctilamonio, cloruro de benciltrimetilamonio, cloruro de bencitrietilamonio, cloruro de feniltrimetilamonio, cloruro de feniltrietilamonio, cloruro de hexadecil trimetilamonio, compuestos de dimetil alquil bencil amonio cuaternario, compuestos monometil dialquil bencil amonio cuaternario, compuestos trimetilbencil amonio cuaternario, compuestos trimetil bencil amonio cuaternario o combinaciones de estos.

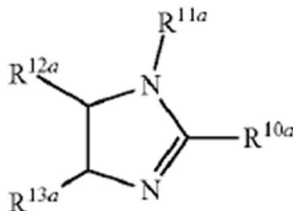
[00152] Aspecto 37. La composición del inhibidor de corrosión de cualquiera de los Aspectos 26 a 36, que se caracteriza porque el compuesto de amonio cuaternario está representado por la fórmula $[N^+R^{5a}R^{6a}R^{7a}R^{8a}][X^-]$ que se caracteriza porque R^{5a} , R^{6a} , R^{7a} y R^{8a} contienen de uno a 18 átomos de carbono, y X es Cl, Br o I.

[00153] Aspecto 38. La composición del inhibidor de corrosión de cualquiera de los Aspectos 26 a 37, que se caracteriza porque el compuesto de amonio cuaternario está representado por la fórmula:



que se caracteriza porque R^{9a} es un grupo alquilo, un grupo arilo, o un grupo arilalquilo, que se caracteriza porque los grupos alquilo tienen de 1 a 18 átomos de carbono cerca de y B es Cl, Br o I.

[00154] Aspecto 39. La composición del inhibidor de corrosión de cualquiera de los Aspectos 26 a 38, que se caracteriza porque el derivado de imidazolina tiene una fórmula:



que se caracteriza porque R^{10a} es un ácido graso de alto nivel (TOFA), y que se caracteriza porque R^{11a} , R^{12a} y R^{13a} son hidrógeno.

[00155] Aspecto 40. La composición del inhibidor de corrosión de cualquiera de los Aspectos 26 a 39, que se caracteriza porque el compuesto orgánico de azufre comprende un compuesto orgánico disulfuro o un tiol.

[00156] Aspecto 41. La composición del inhibidor de corrosión de cualquiera de los Aspectos 26 a 40, que se caracteriza porque no existe ningún enlace químico entre las nanopartículas de sílice y el compuesto de amonio cuaternario, el derivado de imidazolina, el compuesto orgánico de azufre o combinaciones de estos.

[00157] Aspecto 42. La composición del inhibidor de corrosión de cualquiera de los Aspectos 26 a 41, que se caracteriza porque no hay enlace químico entre las nanopartículas de sílice y el compuesto de amonio cuaternario, que se caracteriza porque no hay enlace químico entre las nanopartículas de sílice y el compuesto orgánico de azufre.

[00158] Aspecto 43. La composición del inhibidor de corrosión de cualquiera de los Aspectos 26 a 42, que se caracteriza porque se forma un complejo entre las nanopartículas de sílice y uno o más del compuesto de amonio cuaternario, el derivado de imidazolina y el compuesto orgánico de azufre.

[00159] Aspecto 44. La composición del inhibidor de corrosión del Aspecto 43, que se caracteriza porque el complejo no contiene ningún enlace químico entre las nanopartículas de sílice y uno o más del compuesto de amonio cuaternario, el derivado de imidazolina y el compuesto orgánico de azufre.

[00160] Aspecto 45. La composición del inhibidor de corrosión del Aspecto 43 o 44, que se caracteriza porque el complejo está formado por interacciones electrostáticas, fuerzas de van der Waals, o ambas, entre las nanopartículas de sílice y uno o más del compuesto de amonio cuaternario, el derivado de imidazolina y el compuesto de azufre orgánico.

[00161] Aunque la presente divulgación y sus ventajas se han descrito en detalle, debe

entenderse que se pueden realizar varios cambios, sustituciones y alteraciones en este documento sin apartarse del espíritu y el alcance de la divulgación como se define en las reivindicaciones adjuntas. Además, el alcance de la presente aplicación no pretende limitarse a las modalidades particulares del proceso, la máquina, la fabricación, la composición de la materia, los medios, los métodos y los pasos descritos en la especificación. Como alguien con habilidad ordinaria en la técnica apreciará fácilmente a partir de la divulgación, los procesos, máquinas, fabricación, composiciones de materia, medios, métodos o pasos, actualmente existentes o que se desarrollarán en el futuro, que realizan sustancialmente la misma función o logran sustancialmente el mismo resultado que las modalidades correspondientes descritas en este documento, pueden utilizarse de acuerdo con la presente divulgación. En consecuencia, las reivindicaciones adjuntas tienen por objeto incluir dentro de su alcance los mencionados procesos, máquinas, fabricación, composiciones de materia, medios, métodos o pasos.

RESUMEN

Composiciones de inhibidores de corrosión que incluyen nanopartículas de sílice, un compuesto de amonio cuaternario, un derivado de imidazolina y un compuesto de azufre orgánico. Las nanopartículas de sílice se pueden funcionalizar con un organosilano. Un método incluye introducir, agregar o inyectar la composición del inhibidor de corrosión en un fluido para inhibir la corrosión en una superficie metálica que está en contacto con el fluido.