

WO 2018/045282

PCT/US2017/049845

EMULSIONES, FLUIDOS DE TRATAMIENTO Y MÉTODOS PARA TRATAR FORMACIONES SUBTERRANEAS

REFERENCIA CRUZADA CON SOLICITUDES RELACIONADAS

[0001] Esta solicitud reivindica prioridad a la Solicitud Provisional de Estados Unidos No. 62/382.347, presentada el 1 de septiembre de 2016.

CAMPO DE LA TÉCNICA

[0002] La presente descripción se refiere en general a emulsiones, fluidos de tratamiento y métodos para tratar formaciones subterráneas.

ANTECEDENTES

[0003] En la perforación, terminación y estimulación de pozos de petróleo y gas, los fluidos de tratamiento de pozos a menudo se bombean a los orificios de los pozos a alta presión y a altas velocidades de flujo, lo que causa que la formación de roca que rodea el pozo se fracture. A medida que el fluido se bombea a través de la tubería a altas velocidades de flujo (miles de GPM), existe una cantidad significativa de resistencia a la fricción, lo que resulta en grandes requerimientos de energía.

[0004] Con el fin de reducir la fricción entre el fluido de tratamiento del pozo y los revestimientos de la perforación, se han combinado los aditivos reductores de la presión de fricción con los fluidos de tratamiento y han sido añadidos durante el bombeo para reducir la presión de la bomba. Por ejemplo, un tipo de tratamiento de pozo comúnmente utilizado

para estimular la producción de hidrocarburos desde una zona subterránea penetrada por un pozo es la fracturación hidráulica. La fracturación hidráulica, también denominada fractura (o fracking), se utiliza para iniciar la producción en reservorios de baja permeabilidad y volver a estimular la producción en pozos productores más antiguos. En la fracturación hidráulica, se inyecta una composición fluida en el pozo a presiones efectivas para causar fracturas en la formación de roca circundante. La fracturación se utiliza tanto para abrir fracturas ya presentes en la formación como para crear nuevas fracturas.

[0005] Los polímeros solubles en agua se pueden usar como reductores de fricción en los fluidos de tratamiento de pozos para alterar las propiedades reológicas del fluido de modo que se reduzca el flujo turbulento, evitando así la pérdida consecuente de energía en el fluido a medida que se bombea a través de la tubería. Estos tipos de tratamientos a menudo se denominan "tratamientos de fluido de baja fricción o fracturas de fluido de baja fricción". En algunos casos, los polímeros reductores de fricción solubles en agua se suspenden en emulsiones de agua en aceite, en las que después de la adición al fluido de tratamiento acuoso, la emulsión debe invertirse para liberar el polímero reductor de fricción en el fluido. El desempeño en el campo depende (al menos en parte) de la capacidad de las emulsiones para invertirse o romperse rápidamente. Ciertas condiciones, por ejemplo, condiciones de salmuera elevadas, pueden dificultar la rotura de la emulsión. En particular, las salmueras elevadas que incluyen cloruro de potasio, cloruro de sodio, agua de mar y otras salmueras a base de API que incluyen dureza de bario, estroncio,

hierro, calcio o magnesio pueden interferir con la inversión de polímeros de emulsión.

BREVE RESUMEN

[0006] En el presente documento se describen emulsiones que comprenden: agua; un líquido inmiscible en agua; más de aproximadamente 10% en peso de uno o más polímeros; de aproximadamente 0.1% a aproximadamente 5% en peso de una composición surfactante inversora que comprende uno o más surfactantes seleccionados del grupo que consiste en compuestos de amina etoxilada, compuestos de ácido graso etoxilados y compuestos de ácido alquil polietilenglicol éter carboxílico, compuestos de ácido alquil poliglicol éter carboxílico, y sales o ésteres de los mismos.

[0007] También se proporcionan fluidos de tratamiento que comprenden las emulsiones, así como métodos para tratar formaciones subterráneas con las emulsiones o fluidos de tratamiento.

[0008] La divulgación se puede entender más fácilmente con referencia a la siguiente descripción detallada de las diversas características de la divulgación y los ejemplos incluidos en la misma.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

[0009] **Las figuras 1, 2 y 3** muestran los perfiles de reducción de la fricción de muestras de poliacrilamidas en emulsión catiónica con una composición surfactante inversora ejemplar en tres salmueras diferentes.

[0010] **Las figuras 4 y 5** muestran los perfiles de reducción de fricción de muestras de poliacrilamidas en emulsión catiónica con un agente surfactante inversor comparativo (aniónico o catiónico) en tres salmueras diferentes.

[0011] **La figura 6** muestra los perfiles de reducción de la fricción de muestras de poliacrilamidas en emulsión catiónica con varios ejemplos de composiciones de surfactante inversor en una salmuera.

[0012] **La figura 7** muestra los perfiles de reducción de la fricción de muestras de poliacrilamidas en emulsión aniónica con varios ejemplos de composiciones de surfactante inversor en una salmuera.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0013] La presente descripción proporciona fluidos de tratamiento acuosos y métodos para su uso en salmueras acuosas. Los fluidos de tratamiento acuosos utilizan una combinación ventajosa de un polímero soluble en agua, que puede ser aniónico, catiónico, anfótero o no iónico, y una composición de agente surfactante inversor que comprende uno o más agentes surfactantes seleccionados del grupo que consiste en compuestos de aminas etoxiladas, compuestos de ácido graso etoxilado y compuestos de ácido alquil polietilenglicol éter carboxílico, compuestos de ácido alquil poliglicol éter carboxílico, y sales o ésteres de los mismos.

[0014] Las emulsiones, los fluidos de tratamiento y los métodos ejemplares pueden ser utilizados para proporcionar una reducción rápida y mejorada de la fricción en salmueras acuosas, por ejemplo en condiciones de salmuera dura. Las emulsiones, los fluidos de tratamiento y los métodos ejemplares pueden ser utilizados en un rango de temperaturas, incluso a bajas temperaturas, sin pérdida de desempeño del polímero.

[0015] En incorporaciones ejemplares, las emulsiones, los fluidos de tratamiento y los métodos pueden ser utilizados para llevar los apuntalantes a las fracturas, por ejemplo, en

aplicaciones de fracturación. Las poliacrilamidas de alto peso molecular se usan comúnmente en aplicaciones de fracturación como reductor de fricción. En general, los fluidos reticulados se utilizan para transportar apuntalantes a las fracturas, que generalmente requieren productos químicos adicionales, como entrecruzador, tampones y disyuntores, para ser incorporados en el fluido de fracturación. En incorporaciones ejemplares, las emulsiones y el fluido de tratamiento se pueden usar para transportar el apuntalante a la vez que se minimiza el uso de otros productos químicos o aditivos típicamente requeridos por los fluidos reticulados.

[0016] En la fracturación con fluido de baja fricción, el agua se hace de baja fricción agregando un reductor de fricción. Los fluidos de fractura de baja fricción tienen típicamente viscosidades bajas; se puede usar una mayor tasa de flujo de inyección para transportar el apuntalante. Las emulsiones, los fluidos de tratamiento y los métodos ejemplares pueden ser utilizados en aplicaciones de fracturación con fluidos de baja fricción. Ventajosamente, las emulsiones y los fluidos de tratamiento ejemplares pueden ser utilizados en salmueras elevadas con una inversión muy rápida de la emulsión, muy buena reducción de la fricción y con buenas capacidades de transporte de apuntalante en cargas más altas.

[0017] POLÍMEROS

[0018] Tal como se utilizan en el presente documento, los términos "polímero", "polímeros", "polimérico" y términos similares se utilizan en su sentido ordinario como lo entiende una persona versada en la materia, y por lo tanto se pueden utilizar en el presente documento para referirse o describir una molécula grande (o grupo de tales moléculas) que contiene unidades recurrentes. Los polímeros pueden formarse de varias

maneras, incluyendo polimerizando monómeros y/o modificando químicamente una o más unidades recurrentes de un polímero precursor. Un polímero puede ser un "homopolímero" que comprende unidades recurrentes sustancialmente idénticas formadas, por ejemplo, por medio de la polimerización de un monómero particular. Un polímero también puede ser un "copolímero" que comprende dos o más unidades recurrentes diferentes formadas por, por ejemplo, copolimerizando dos o más monómeros diferentes, y/o modificando químicamente una o más unidades recurrentes de un polímero precursor. Un polímero también puede ser un "terpolímero" que comprende tres o más unidades recurrentes diferentes. El término "polímero", tal como se utiliza en el presente documento, pretende incluir tanto la forma ácida del polímero como sus diversas sales.

[0019] En incorporaciones ejemplares, el polímero es una poliacrilamida en emulsión, por ejemplo, una poliacrilamida en emulsión que puede usarse como un polímero reductor de la fricción. El término "polímero reductor de fricción" se refiere a un polímero que reduce las pérdidas de energía debido a la fricción entre un fluido acuoso en flujo turbulento y productos tubulares, por ejemplo, tuberías, tubería flexible y similares, y/o formación. El polímero reductor de fricción no está destinado a limitarse a ningún tipo particular y puede ser polímeros sintéticos, polímeros naturales o surfactantes viscoelásticos. Los polímeros reductores de fricción adecuados son típicamente polímeros de látex o copolímeros de acrilamidas, acrilatos, goma guar, óxido de polietileno y combinaciones de los mismos. Los polímeros reductores de fricción pueden ser aniónicos, catiónicos, anfóteros o no iónicos, dependiendo de la aplicación deseada. Además, se pueden usar varias combinaciones que incluyen, entre otras, combinaciones

hidrófilas/hidrófobas, mezclas naturales y/o sintéticas funcionalizadas de las anteriores, o similares. En ciertas incorporaciones ejemplares, el polímero reductor de fricción es aniónico. En ciertas incorporaciones ejemplares, el polímero reductor de fricción es catiónico. En ciertas incorporaciones ejemplares, el polímero reductor de fricción es no iónico. En ciertas incorporaciones ejemplares, el polímero reductor de la fricción es anfótero.

[0020] En incorporaciones ejemplares, el polímero es un polímero útil en composiciones en emulsión o un polímero en emulsión.

[0021] En incorporaciones ejemplares, el polímero es una emulsión de poliacrilamida (EPAM). Los EPAM son generalmente emulsiones inversas (agua en aceite) en las que las gotas de agua que contienen el polímero se suspenden en una fase oleosa.

[0022] En incorporaciones ejemplares, el polímero es un polímero útil para aplicaciones mejoradas de recuperación de petróleo. El término "recuperación mejorada de petróleo" o "EOR" (también conocido como producción de petróleo mineral terciario) se refiere a un proceso para la producción de petróleo mineral en el que se inyecta un fluido de inyección acuoso que comprende al menos un polímero soluble en agua en un depósito de petróleo mineral. Las técnicas de producción de petróleo mineral terciario incluyen lo que se conoce como "inundación de polímeros". La inundación de polímeros consiste en inyectar una solución acuosa de un polímero espesante soluble en agua a través de los orificios de inyección en el depósito de petróleo mineral. Como resultado de la inyección de la solución de polímero, el petróleo mineral es forzado a través de las cavidades en la formación, procediendo del pozo de inyección, en la dirección del pozo de producción, y el

petróleo mineral se produce a través del pozo de producción. En virtud del hecho de que la formulación de polímero tiene una viscosidad aumentada en comparación con la viscosidad del agua, se reduce el riesgo de que la formulación de polímero se rompa en el pozo de producción. Por lo tanto, es posible movilizar petróleo mineral adicional en la formación. Los detalles de la inundación de polímeros y de los polímeros adecuados para este propósito se describen, por ejemplo, en "Petróleo, Recuperación Mejorada de Petróleo, Kirk-Othmer, Enciclopedia de Tecnología Química, edición en línea, John Wiley & Sons, 2010". Para la inundación de polímeros, se ha propuesto una multitud de diferentes polímeros espesantes solubles en agua, especialmente poliacrilamida de alto peso molecular, copolímeros de acrilamida y otros comonómeros, por ejemplo ácido vinilsulfónico o ácido acrílico. La poliacrilamida puede ser poliacrilamida parcialmente hidrolizada, en la que algunas de las unidades de acrilamida se han hidrolizado a ácido acrílico. En la técnica se conoce el uso de emulsiones inversas de copolímeros de poliacrilamida para la recuperación mejorada de petróleo (EOR), en particular para su uso en plataformas marinas. Tales emulsiones inversas comprenden típicamente alrededor de 30% en peso de polímeros. Para su uso, las emulsiones inversas se diluyen simplemente con agua hasta la concentración final del polímero.

[0023] En incorporaciones ejemplares, el uno o más polímeros es soluble en agua. En incorporaciones ejemplares, el uno o más polímeros comprenden un polímero que contiene acrilamida. En incorporaciones ejemplares, el uno o más polímeros consisten esencialmente en polímeros que contienen acrilamida. En incorporaciones ejemplares, el uno o más polímeros comprenden poliacrilamida, copolímeros de acrilamida,

poliacrilamida sulfonada, poliacrilamida catiónica, poliacrilamida aniónica y acrilamida parcialmente hidrolizada. En incorporaciones ejemplares, el uno o más polímeros comprenden acrilamida o acrilamida parcialmente hidrolizada y uno o más monómeros no iónicos y/o aniónicos.

[0024] Los monómeros no iónicos adecuados incluyen, pero no se limitan a, acrilamida, N-alquilacrilamidas, N, N-dialquilacrilamidas, metacrilamida, N-vinilmetilacetamida o formamida, acetato de vinilo, vinil pirrolidona, metacrilatos de alquilo, acrilonitrilo, N-vinil pirrolidona, otro éster acrílico (u otro etilénicamente insaturado) u otros monómeros vinílicos insolubles en agua tales como estireno o acrilonitrilo.

[0025] El término "monómero aniónico" se refiere a un monómero que posee una carga negativa. Monómeros aniónicos representativos incluyen ácido acrílico, acrilato de sodio, acrilato de amonio, ácido metacrílico, ácido 2-acrilamido-2-metilpropanosulfónico (AMPS), ácido vinil sulfónico, ácido de estireno sulfónico, ácido maleico, acrilato de sulfopropilo o metacrilato u otras formas solubles en agua de éstos u otros ácidos polimerizables carboxílicos o sulfónicos, acrilamida sulfometilada, sulfonato de alilo, ácido itacónico, ácido acrilamidometilbutanoico, ácido fumárico, ácido vinilfosfónico, ácido alilfosfónico, acrilamida fosfonometilada, metacrilato, itaconato, 2-acrilamido 2-sulfotratato de metil propano, ácidos sulfoalquil(met)acrílicos, estirenos sulfonados, ácidos dicarboxílicos insaturados, sulfoalquil (met) acrilamidas, acetato de vinilo, n-vinilformamida, n-vinilacetamida, n-vinilcaprolactama, n-vinilimidazol, n-vinilpiridina, n-vinilpirolidona, cloruro de acrilamidopropiltrimonio, sales de

dichos ácidos y similares, u otro compuesto aniónico etilénicamente insaturado.

[0026] En una incorporación particular, el uno o más polímeros comprenden acrilamida o acrilamida parcialmente hidrolizada y uno o más monómeros aniónicos. En incorporaciones ejemplares, el uno o más polímeros tiene una carga aniónica global y comprende acrilamida o acrilamida parcialmente hidrolizada y uno o más monómeros no iónicos y/o aniónicos. En incorporaciones ejemplares, el uno o más polímeros comprenden de aproximadamente 5% a aproximadamente 60% de monómeros aniónicos en peso. En incorporaciones ejemplares, el uno o más polímeros comprenden una poliacrilamida aniónica. En incorporaciones ejemplares, la poliacrilamida aniónica es un copolímero que comprende uno o más monómeros aniónicos y monómeros de acrilamida. Las sales ejemplares de estos monómeros aniónicos incluyen, pero no se limitan a, sales de sodio y amonio. En una incorporación el polímero es un polímero aniónico. En una incorporación particular, el polímero aniónico tiene aproximadamente de 5% a aproximadamente de 60% de carga, aproximadamente de 10% a aproximadamente de 50% de carga, aproximadamente de 15% a aproximadamente de 45% de carga, aproximadamente de 20% a aproximadamente de 40% de carga, aproximadamente de 10% a aproximadamente de 15% de carga, o aproximadamente de 25% a aproximadamente de 35% de carga.

[0027] En incorporaciones ejemplares, el uno o más polímeros comprenden acrilamida o acrilamida parcialmente hidrolizada y uno o más monómeros catiónicos.

[0028] El término "monómero catiónico" se refiere a un monómero que posee una carga positiva. Monómeros catiónicos representativos incluyen acrilatos y metacrilatos de dialquilaminoalquilo y sus sales cuaternarias o ácidas,

incluyendo, pero sin limitación, sal cuaternaria de cloruro de metilo de acrilato de dimetilaminoetilo, sal cuaternaria de sulfato de metilo de acrilato de dimetilaminoetilo, sal cuaternaria de cloruro de bencilo de acrilato de dimetilaminoetilo, sal de ácido sulfúrico de acrilato de dimetilaminoetilo, sal de ácido hidroclopórico de acrilato de dimetilaminoetilo, acrilato de dietilaminoetilo, sal cuaternaria de cloruro de metilo, sal cuaternaria de cloruro de metilo de metacrilato de dimetilaminoetilo, sal cuaternaria de sulfato de metilo de metacrilato de dimetilaminoetilo, sal cuaternaria de cloruro de bencilo de metacrilato de dimetilaminoetilo, sal de ácido sulfúrico de metacrilato de dimetilaminoetilo, sal de ácido hidroclopórico de metacrilato de dimetilaminoetilo, sal de ácido hidroclopórico de metacrilato de dimetilaminoetilo, dialquilaminoalquilacrilamidas o metacrilamidas y sus sales cuaternarias o ácidas, tales como el cloruro de acrilamidopropil trimetilamonio, sal cuaternaria de sulfato de metilo de acrilamida de dimetilaminopropilo, sal de ácido sulfúrico de acrilamida de dimetilaminopropilo, sal de ácido hidroclopórico de acrilamida de dimetilaminopropilo, cloruro de metacrilamidopropil trimetilamonio, sal cuaternaria de sulfato de metilo de metacrilamida de dimetilaminopropilo, sal de ácido sulfúrico de metacrilamida de dimetilaminopropilo, sal de ácido hidroclopórico de metacrilamida de dimetilaminopropilo, cloruro de acrilatoiloxietiltrimetilamonio, haluros de dietilamino etil acrilato, dietilamino etil metacrilato y dialquil dialquil amonio tales cloruro de dialil dimetil amonio y cloruro de dialildimetilamonio. Los grupos alquilo son generalmente alquilo C₁₋₈.

[0029] En una incorporación particular, el uno o más polímeros comprenden acrilamida o acrilamida parcialmente hidrolizada y

uno o más monómeros catiónicos. En una incorporación particular, el uno o más polímeros comprenden acrilamida o acrilamida parcialmente hidrolizada y cloruro de acrililoiloxietiltrimetilamonio. En incorporaciones ejemplares, el uno o más polímeros tiene una carga catiónica global y comprende acrilamida o acrilamida parcialmente hidrolizada y uno o más monómeros catiónicos. En incorporaciones ejemplares, el uno o más polímeros comprenden de aproximadamente 5% a aproximadamente 60% de monómeros catiónicos en peso. En incorporaciones ejemplares, el uno o más polímeros comprenden una poliacrilamida catiónica. En incorporaciones ejemplares, la poliacrilamida catiónica es un copolímero que comprende uno o más monómeros catiónicos y monómeros de acrilamida. En una incorporación, el polímero es un polímero catiónico.

[0030] En incorporaciones ejemplares, la acrilamida parcialmente hidrolizada es acrilamida en la que aproximadamente del 3% a aproximadamente el 70% de los grupos amida ha sido hidrolizado a grupos carboxilo.

[0031] En una incorporación, el uno o más polímeros comprenden un polímero anfótero. En una incorporación, el uno o más polímeros comprenden un polímero no iónico.

[0032] En incorporaciones ejemplares, el uno o más polímeros comprenden acrilamida o acrilamida parcialmente hidrolizada y uno o más monómeros seleccionados del grupo que consiste en ácido acrílico, sal de acrilato, ácido 2-acrilamido-2-metilpropano sulfónico, N, N-dimetilacrilamida, ácido vinil sulfónico, N-vinil sulfónico acetamida, N-vinil formamida, ácido itacónico, ácido metacrílico, cloruro de acrililoiloxietiltrimetilamonio, sales de los mismos y combinaciones de los mismos. En una incorporación particular, el uno o más polímeros comprenden acrilamida o acrilamida

parcialmente hidrolizada y uno o más monómeros seleccionados del grupo que consiste en ácido acrílico, ácido 2-acrilamido-2-metilpropano sulfónico y ácido metacrílico, y sus sales. En una incorporación particular, el uno o más polímeros comprenden acrilamida o acrilamida parcialmente hidrolizada y uno o más monómeros seleccionados del grupo que consiste en ácido acrílico y sales del mismo.

[0033] En ciertas incorporaciones, el polímero comprende acrilamida y uno o más monómeros seleccionados del grupo que consiste en: ácido acrílico y sus sales, metacrilamida, ácido metacrílico y sus sales, ácido maleico y sus sales, acrilato de metilo, acrilato de etilo, acrilato de propilo, metacrilato de metilo, metacrilato de etilo, acrilato de dimetilaminoetilo y sus de cloruro de metilo y metosulfato cuaternarios, metacrilato de dimetilaminoetilo y sus de cloruro de metilo y metosulfato cuaternarios, acrilato de dietilaminoetilo y sus de cloruro de metilo y metosulfato cuaternarios, metacrilato de dietilaminoetilo y sus de cloruro de metilo y metosulfato cuaternarios, acrilato de hidroxietilo, metacrilato de hidroxietilo, estireno, acrilonitrilo, ácido 2-acrilamido-2-metilpropano sulfónico y sus sales, cloruro de 3-(metilacrilamido)-propiltrimetilamonio, dimetilaminopropilmetacrilamida, isopropilaminopropilmetacrilamida, acetato de metacrilamidopropilhidroxietildimetilamonio, vinil metil éter, vinil etil éter, metal alcalino y sales de amonio de ácido vinil sulfónico, vinil piridina, vinil pirrolidona, vinil imidazol, cloruro de dialildimetilamonio, ácido estireno sulfónico y sus sales, y similares.

[0034] En incorporaciones ejemplares, uno o más polímeros es un copolímero de acrilamida o acrilamida parcialmente

hidrolizada y uno o más monómeros aniónicos. En incorporaciones ejemplares, el uno o más polímeros comprenden al menos aproximadamente 40% en moles, aproximadamente 50% en moles, aproximadamente 60% en moles, aproximadamente 70% en moles, aproximadamente 80% en moles, o aproximadamente 90% en moles de acrilamida o acrilamida parcialmente hidrolizada. En incorporaciones ejemplares, el uno o más polímeros comprenden al menos aproximadamente 5% en moles, aproximadamente 10% en moles, aproximadamente 20% en moles, aproximadamente 30% en moles, aproximadamente 40% en moles, aproximadamente 50% en moles, o aproximadamente 55% en moles de uno o más monómeros aniónicos. En incorporaciones ejemplares, el uno o más polímeros comprenden aproximadamente 40% en moles a aproximadamente 95% en moles, o aproximadamente 60 % en moles a aproximadamente 90% en moles de acrilamida o acrilamida parcialmente hidrolizada. En incorporaciones ejemplares, el uno o más polímeros comprenden aproximadamente 5% en moles a aproximadamente 60% en moles, o aproximadamente 10% en moles a aproximadamente 40% en moles de uno o más monómeros aniónicos.

[0035] En incorporaciones ejemplares, uno o más polímeros es un copolímero de acrilamida o acrilamida parcialmente hidrolizada y uno o más monómeros catiónicos. En incorporaciones ejemplares, el uno o más polímeros comprenden al menos aproximadamente 40% en moles, aproximadamente 50% en moles, aproximadamente 60% en moles, aproximadamente 70% en moles, aproximadamente 80% en moles, o aproximadamente 90% en moles de acrilamida o acrilamida parcialmente hidrolizada. En incorporaciones ejemplares, el uno o más polímeros comprenden al menos aproximadamente 5% en moles, aproximadamente 10% en moles, aproximadamente 20% en moles, aproximadamente 30% en moles, aproximadamente 40% en moles, aproximadamente 50% en

moles, o aproximadamente 55% en moles de uno o más monómeros catiónicos. En incorporaciones ejemplares, el uno o más polímeros comprenden aproximadamente 40% en moles a aproximadamente 95% en moles, o aproximadamente 60% en moles a aproximadamente 90% en moles de acrilamida o acrilamida parcialmente hidrolizada. En incorporaciones ejemplares, el uno o más polímeros comprenden aproximadamente 5% en moles a aproximadamente 60% en moles, o aproximadamente 10% en moles a aproximadamente 40% en moles de uno o más monómeros catiónicos.

[0036] En incorporaciones ejemplares, uno o más polímeros es un copolímero de acrilamida o acrilamida parcialmente hidrolizada y ácido acrílico o una sal de acrilato. En incorporaciones ejemplares, el uno o más polímeros comprenden al menos aproximadamente 40% en moles, aproximadamente 50% en moles, aproximadamente 60% en moles, aproximadamente 70% en moles, aproximadamente 80% en moles, o aproximadamente 90% en moles de acrilamida o acrilamida parcialmente hidrolizada. En incorporaciones ejemplares, el uno o más polímeros comprenden al menos aproximadamente 5% en moles, aproximadamente 10% en moles, aproximadamente 20% en moles, aproximadamente 30% en moles, aproximadamente 40% en moles, aproximadamente 50% en moles, o aproximadamente 55% en moles de ácido acrílico o sales de acrilato. En incorporaciones ejemplares, la sal de acrilato comprende acrilato de amonio. En incorporaciones ejemplares, el uno o más polímeros comprenden aproximadamente 40% en moles a aproximadamente 95% en moles, o aproximadamente 60% en moles a aproximadamente 90% en moles de acrilamida o acrilamida parcialmente hidrolizada. En incorporaciones ejemplares, el uno o más polímeros comprenden aproximadamente 5% en moles a aproximadamente 60% en moles, o aproximadamente 10% en moles a

aproximadamente 40% en moles de ácido acrílico o una sal de acrilato.

[0037] Los polímeros ejemplares pueden incluirse en los fluidos de tratamiento en una cantidad suficiente para proporcionar las propiedades deseadas. En algunas incorporaciones, un polímero puede estar presente en una cantidad en el rango de aproximadamente 0.1 a aproximadamente 10, aproximadamente 0.1 a aproximadamente 6, aproximadamente 0.1 a aproximadamente 5, o aproximadamente 0.25 a aproximadamente 1 galones por mil galones del fluido de tratamiento acuoso (GPTG). Los polímeros se pueden agregar a tratamientos de fluidos de baja fricción en concentraciones de aproximadamente 0.1 a aproximadamente 20 GPTG, de fluido de tratamiento. En otras incorporaciones, el polímero se agrega a una concentración de aproximadamente 0.25 a aproximadamente 6 GPTG de fluido de tratamiento.

[0038] Los polímeros de las presentes incorporaciones deberían tener un peso molecular suficiente para proporcionar las propiedades deseadas. Por ejemplo, los polímeros utilizados para la reducción de la fricción deben tener pesos moleculares más altos para proporcionar un nivel deseable de reducción de la fricción. Los polímeros utilizados para aplicaciones EOR deben tener un peso molecular suficiente para proporcionar la viscosidad deseada para movilizar el petróleo de una manera deseable. En algunas incorporaciones ejemplares, el peso molecular promedio en peso de un polímero puede estar en el rango de aproximadamente 7.500.000 a aproximadamente 30.000.000 de Dalton. Las personas versadas en la materia reconocerán que los polímeros que tienen pesos moleculares fuera del rango mencionado pueden proporcionar propiedades deseables en el fluido de tratamiento acuoso.

[0039] En incorporaciones ejemplares, el polímero se usa para aplicaciones EOR.

[0040] Los polímeros adecuados de las presentes incorporaciones pueden estar en forma ácida o en forma de sal. Se puede obtener una variedad de sales neutralizando la forma ácida de un monómero, por ejemplo ácido acrílico o ácido 2-acrilamido-2-metilpropano sulfónico, con una base, tal como hidróxido de sodio, hidróxido de amonio o similares. Tal como se usa en el presente documento, el término "polímero" pretende incluir tanto la forma ácida del copolímero como sus diversas sales.

[0041] COMPOSICIÓN SURFACTANTE INVERSORA

[0042] En incorporaciones ejemplares, además de uno o más polímeros, la emulsión o el fluido de tratamiento acuoso comprende una composición surfactante inversora. Entre otras cosas, un surfactante inversor o una composición surfactante inversora puede facilitar la inversión de la emulsión tras la adición a los fluidos de tratamiento de las presentes incorporaciones. Como apreciarán las personas versadas en la materia, con el beneficio de esta divulgación, tras la adición al fluido de tratamiento, la emulsión debería invertirse, liberando el polímero en el fluido de tratamiento.

[0043] En incorporaciones ejemplares, la composición surfactante inversora comprende uno o más surfactantes seleccionados del grupo que consiste en compuestos del surfactante A, compuestos del surfactante B y compuestos del surfactante C, tal como se describe en el presente documento. En ciertas incorporaciones ejemplares, la composición surfactante inversora comprende uno o más surfactantes seleccionados del grupo que consiste en compuestos del surfactante A. En ciertas incorporaciones ejemplares, la composición surfactante inversora comprende uno o más

surfactantes seleccionados del grupo que consiste en compuestos del surfactante B.

[0044] En incorporaciones ejemplares, la composición surfactante inversora comprende dos o más surfactantes seleccionados del grupo que consiste en compuestos del surfactante A, compuestos del surfactante B y compuestos del surfactante C, tal como se describe en el presente documento.

[0045] En incorporaciones ejemplares, la composición surfactante inversora comprende uno o más compuestos del surfactante A. En incorporaciones ejemplares, la composición surfactante inversora comprende uno o más compuestos del surfactante B. En incorporaciones ejemplares, la composición surfactante inversora comprende uno o más compuestos del surfactante C.

[0046] En incorporaciones ejemplares, la composición surfactante inversora comprende uno o más compuestos del surfactante A y uno o más compuestos del surfactante B. En incorporaciones ejemplares, la composición surfactante inversora comprende uno o más compuestos del surfactante A y uno o más compuestos del surfactante C. En incorporaciones ejemplares, la composición surfactante inversora comprende uno o más compuestos del surfactante B y uno o más compuestos del surfactante C. En incorporaciones ejemplares, la composición surfactante inversora comprende dos o más tipos de compuestos del surfactante B.

[0047] En incorporaciones ejemplares, la composición surfactante inversora comprende uno o más compuestos del surfactante A, uno o más compuestos del surfactante B, y uno o más compuestos del surfactante C. En incorporaciones ejemplares, la composición surfactante inversora comprende uno o más compuestos del surfactante A, dos o más tipos de

compuestos del surfactante B. En incorporaciones ejemplares, la composición surfactante inversora comprende uno o más compuestos del surfactante C, dos o más tipos de compuestos del surfactante B.

[0048] En incorporaciones ejemplares, la composición surfactante inversora comprende uno o más compuestos del surfactante A, dos o más tipos de compuestos del surfactante B, uno o más compuestos del surfactante C.

[0049] En incorporaciones ejemplares, la composición surfactante inversora puede comprender otros surfactantes inversores además de los elegidos entre los compuestos del surfactante A, surfactante B y surfactante C. Los surfactantes inversores representativos que también pueden agregarse a las emulsiones ejemplares incluyen aquellos que tienen un equilibrio hidrofílico-lipofílico (HLB) mayor que 10; tetraoleato de polioxietileno sorbitol; monoleato de polietilenglicol; alcoholes etoxilados, tales como alcohol etoxilado ramificado C₁₂₋₁₄, octilo etoxilado y fenoles de nonilo; resina de nonilfenol formaldehído etoxilada; ésteres de óxido de polietileno de ácidos grasos; ésteres de dioctilo de sulfosuccinato de sodio; y otros surfactantes inversores descritos en la patente de Estados Unidos No. 3.624.019 la cual es incorporada en el presente como referencia. El surfactante inversor debe estar presente en una cantidad suficiente para proporcionar la inversión deseada de la emulsión en contacto con el agua en el fluido de tratamiento acuoso.

[0050] En incorporaciones ejemplares, la composición surfactante inversora comprende 0 a aproximadamente 100%, 0 a aproximadamente 75%, o aproximadamente 5 a aproximadamente 75% en peso, de compuestos del surfactante A. En incorporaciones ejemplares, la composición del surfactante inversor comprende

al menos aproximadamente 5, aproximadamente 10, aproximadamente 15, aproximadamente 20, aproximadamente 25, aproximadamente 35, aproximadamente 40, aproximadamente 50, aproximadamente 55, aproximadamente 60, aproximadamente 65, aproximadamente 70, aproximadamente 75, aproximadamente 80, aproximadamente 85, aproximadamente 90, o aproximadamente 95% en peso de compuestos del surfactante A, cuando el surfactante A está incluido en la composición. En ciertas incorporaciones ejemplares, la composición del surfactante inversor no comprende compuestos del surfactante A.

[0051] En incorporaciones ejemplares, la composición surfactante inversora comprende 0 a aproximadamente 100%, 0 a aproximadamente 75%, o aproximadamente 5 a aproximadamente 75% en peso, de compuestos del surfactante B. En incorporaciones ejemplares, la composición surfactante inversora comprende al menos aproximadamente 5, aproximadamente 10, aproximadamente 15, aproximadamente 20, aproximadamente 25, aproximadamente 35, aproximadamente 40, aproximadamente 50, aproximadamente 55, aproximadamente 60, aproximadamente 65, aproximadamente 70, aproximadamente 75, aproximadamente 80, aproximadamente 85, aproximadamente 90, o aproximadamente 95% en peso de compuestos del surfactante B, cuando el surfactante B está incluido en la composición. En ciertas incorporaciones ejemplares, la composición surfactante inversora no comprende compuestos del surfactante B.

[0052] En incorporaciones ejemplares, la composición surfactante inversora comprende 0 a aproximadamente 75%, o aproximadamente 5 a aproximadamente 50% en peso, de compuestos del surfactante C. En incorporaciones ejemplares, la composición surfactante inversora comprende al menos aproximadamente 5, aproximadamente 10, aproximadamente 15,

aproximadamente 20, aproximadamente 25, aproximadamente 30, aproximadamente 35, aproximadamente 40, o aproximadamente 50% en peso de compuestos del surfactante C, cuando el surfactante C es Incluido en la composición. En ciertas incorporaciones ejemplares, la composición surfactante inversora no comprende compuestos del surfactante C.

[0053] En ciertas incorporaciones ejemplares, la composición surfactante inversora comprende o consiste esencialmente en aproximadamente 5 a aproximadamente 95% en peso de uno o más compuestos surfactantes A y aproximadamente 5 a aproximadamente 95% en peso de uno o más compuestos surfactantes B. En ciertas incorporaciones ejemplares, las composiciones surfactantes inversoras comprenden o consisten esencialmente en aproximadamente 25 a aproximadamente 35% en peso de uno o más compuestos del surfactante A y aproximadamente 65 a aproximadamente 75% en peso de uno o más compuestos del surfactante B.

[0054] En ciertas incorporaciones ejemplares, la composición surfactantes inversora comprende o consiste esencialmente en aproximadamente 5 a aproximadamente 95% en peso de uno o más compuestos del surfactante A y aproximadamente 5 a aproximadamente 75% en peso de uno o más compuestos del surfactantes C. En ciertas incorporaciones ejemplares, la composición surfactante inversora comprende o consiste esencialmente en aproximadamente 5 a aproximadamente 95% en pes de uno o más compuestos del surfactante B y aproximadamente 5 a aproximadamente 75% en peso de uno o más compuestos del surfactante C. En ciertas incorporaciones ejemplares, la composición surfactante inversora comprende o consiste esencialmente en aproximadamente 25 a aproximadamente 65, aproximadamente 25 a aproximadamente 55, aproximadamente 30 a

aproximadamente 50, o aproximadamente 30 a aproximadamente 60% en peso de uno o más compuestos del surfactante B y aproximadamente 35 a aproximadamente 75, aproximadamente 45 a aproximadamente 75, aproximadamente 40 a aproximadamente 70, aproximadamente 50 a aproximadamente 70% en peso de uno o más compuestos del surfactante C.

[0055] En ciertas incorporaciones ejemplares, la composición surfactante inversora comprende o consiste esencialmente en aproximadamente 5 a aproximadamente 95% en peso de uno o más compuestos del surfactante B y aproximadamente 5 a aproximadamente 95% en peso de un compuesto del surfactante B diferente.

[0056] En ciertas incorporaciones ejemplares, la composición surfactante inversora comprende o consiste esencialmente en aproximadamente 5 a aproximadamente 90% en peso de uno o más compuestos del surfactante A, aproximadamente 5 a aproximadamente 90% en peso de uno o más compuestos del surfactante B y aproximadamente 5 a aproximadamente 75 % en peso uno o más compuestos del surfactante C. En ciertas incorporaciones ejemplares, la composición surfactante inversora comprende o consiste esencialmente en aproximadamente 5 a aproximadamente 35, o aproximadamente 10 a aproximadamente 30% en peso de uno o más compuestos del surfactante A; aproximadamente 25 a aproximadamente 70, o aproximadamente 30 a aproximadamente 60% en peso de uno o más compuestos del surfactante B; y aproximadamente 15 a aproximadamente 70, aproximadamente 15 a aproximadamente 55, aproximadamente 20 a aproximadamente 50, aproximadamente 35 a aproximadamente 65, o aproximadamente 40 a aproximadamente 60% en peso de uno o más compuestos del surfactante C. En ciertas incorporaciones ejemplares, la composición surfactante

inversora comprende o consiste esencialmente en aproximadamente 15 a aproximadamente 35, aproximadamente 25 a aproximadamente 35, aproximadamente 20 a aproximadamente 30, aproximadamente 15 a aproximadamente 25, o aproximadamente 5 a aproximadamente 15% en peso de uno o más compuestos del surfactante A; aproximadamente 15 a aproximadamente 45, aproximadamente 35 a aproximadamente 45; aproximadamente 45 a aproximadamente 55, aproximadamente 55 a aproximadamente 65, aproximadamente 65 a aproximadamente 75, o aproximadamente 20 a aproximadamente 40% en peso de uno o más compuestos del surfactante B; y aproximadamente 15 a aproximadamente 65, aproximadamente 15 a aproximadamente 25, aproximadamente 25 a aproximadamente 35, aproximadamente 35 a aproximadamente 45, aproximadamente 45 a aproximadamente 55, aproximadamente 55 a aproximadamente 65, o aproximadamente 30 a aproximadamente 50,% en peso de uno o más compuestos del surfactante C.

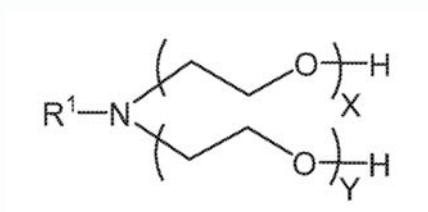
[0057] En ciertas incorporaciones ejemplares, la composición surfactante inversora comprende o consiste esencialmente en aproximadamente 5 a aproximadamente 75% en peso de uno o más compuestos del surfactante A, de aproximadamente 5 a aproximadamente 75% en peso de dos o más tipos de compuestos del surfactante B, y aproximadamente 5 hasta aproximadamente el 75% en peso de uno o más compuestos del surfactante C. En una incorporación particular, la composición surfactante inversora comprende o consiste esencialmente de aproximadamente 25 a aproximadamente 35, o aproximadamente 28 a aproximadamente 32% en peso de uno o más compuestos del surfactante A, aproximadamente 25 a aproximadamente 35, o aproximadamente 28 a aproximadamente 32% en peso de uno o más compuestos del surfactante B, aproximadamente 25 a aproximadamente 35, o aproximadamente 28 a aproximadamente 32%

en peso de uno o más compuestos del surfactante C y aproximadamente 5 a aproximadamente 15, o aproximadamente 8 a aproximadamente 12% en peso de un compuesto del surfactante B diferente.

[0058] SURFACTANTE A

[0059] En incorporaciones ejemplares, la emulsión o el fluido de tratamiento acuoso comprende uno o más compuestos de Surfactante A. En incorporaciones ejemplares, los compuestos de Surfactante A se seleccionan de compuestos de amina etoxilados, tales como compuestos de amina de sebo etoxilados. Tal como se menciona en el presente documento, los "compuestos de amina etoxilados" incluyen, por ejemplo, amina o compuestos de mida que comprenden dos grupos etoxi o polietoxi y un grupo seleccionado de hidrógeno, alquilo, arilo, alquilo C (=0) o grupo arilo C (=0). En ciertas incorporaciones ejemplares, los compuestos de amina etoxilados son compuestos de amina no iónicos. En ciertas incorporaciones, los compuestos de amina etoxilados no comprenden compuestos de amina de sebo polioxi-etileno catiónicos.

[0060] En incorporaciones ejemplares, los compuestos de amina etoxilados son compuestos de Fórmula I:



Fórmula I

[0061] En donde R¹ es H, alquilo, arilo, C (= 0) -alquilo o C (= 0) -arilo; y X e Y son cada uno independientemente 1-20. En incorporaciones ejemplares, un grupo alquilo es un grupo alquilo saturado o insaturado que tiene 8 a 26 átomos de carbono.

En incorporaciones ejemplares, un grupo arilo es un grupo arilo que tiene 6 a 18 átomos de carbono. En incorporaciones ejemplares, el grupo alquilo puede ser saturado o insaturado, y puede derivarse de, pero sin limitación, sebo, aceite de soja, aceite de coco o aceite de semilla de algodón. En incorporaciones ejemplares, el contenido de poli (oxietileno) (X + Y) de la amina etoxilada está en el rango de 3 a 20.

[0062] En ciertas incorporaciones, R^1 es H. En ciertas incorporaciones, R^1 no es H. En ciertas incorporaciones, R^1 es alquilo, por ejemplo, es un grupo alquilo saturado o insaturado que tiene de 8 a 26 átomos de carbono. En ciertas incorporaciones, R^1 es C (= O)-alquilo, por ejemplo un grupo carbonilo unido al nitrógeno de la amina y a un grupo alquilo saturado o insaturado que tiene 8 a 26 átomos de carbono, tal como N, N-bis (2- hidroxietil) -9-octadecenamida.

[0063] Debe entenderse que cualquier rango numérico mencionado en el presente documento pretende incluir todos los sub-rangos incluidos en el mismo. Por ejemplo, un rango de "1-10" está destinado a incluir todos los sub-rangos entre e incluyendo el valor mínimo recitado de 1 y el valor máximo recitado de 10. Debido a que los rangos numéricos descritos son continuos, incluyen cada valor entre los valores mínimos y máximos.

[0064] En incorporaciones ejemplares, los compuestos de amina etoxilados son amina de ácido graso de polietileno o una mezcla de compuestos de amina de ácido graso de polietileno.

[0065] En incorporaciones ejemplares, R^1 es un residuo de un ácido graso saturado o insaturado, por ejemplo un residuo de ácido caprílico, ácido cáprico, ácido láurico, ácido mirístico, ácido palmítico, ácido esteárico, ácido araquídico, ácido behénico, ácido lignocérico, ácido cerótico, ácido miristoleico, ácido palmitoleico, ácido sapiénico, ácido

oleico, ácido elaídico, ácido vaccénico, ácido linoleico, ácido linoelaídico, ácido α -linolénico, ácido araquidónico, ácido eicosapentaenoico, ácido erúcico o ácido docosahexaenoico.

[0066] En incorporaciones ejemplares, el uno o más compuestos de amina etoxilados es amina de sebo de polietileno. El sebo contiene una variedad de ácidos grasos que incluyen oleico (37-43%), palmítico (24-32%), esteárico (20-25%), mirístico (3-6%) y linoleico (2-3%). En incorporaciones ejemplares, el uno o más compuestos de amina etoxilados incluye amina de polietileno oleico, amina de polietileno palmítico, amina de polietileno esteárico, amina de polietileno mirística y amina de polietileno linoleico.

[0067] SURFACTANTE B

[0068] En incorporaciones ejemplares, la emulsión o el fluido de tratamiento acuoso comprende uno o más compuestos del surfactante B. En incorporaciones ejemplares, los compuestos del surfactante B se seleccionan de compuestos de ácido alquil polietilenglicol éter carboxílico, compuestos de ácido alquil poliglicol éter carboxílico, y sales o ésteres de los mismos. Tal como se hace referencia en el presente documento, los compuestos del surfactante B incluyen, por ejemplo, compuestos que comprenden una cadena de alquilo insaturado o saturado C_8 a C_{26} sustituido con un $(OCH_2CH_2)_yOCH_2CO_2H$ en la que el valor medio de y es de aproximadamente 2 a aproximadamente 20, o de aproximadamente 2 a aproximadamente 10. En ciertas incorporaciones ejemplares, los compuestos de alquil poliglicol éter carboxílico son compuestos aniónicos.

[0069] En incorporaciones ejemplares, los compuestos del surfactante B comprenden una cadena de alquilo insaturada C_{14} a C_{22} , por ejemplo una cadena de alquilo insaturada derivada de un residuo de ácido graso, como ácido oleico, ácido

miristoleico, ácido palmitoleico, ácido sapiénico, ácido elaídico, ácido vaccénico, ácido linoleico, ácido α -linoleico, ácido linoelaídico, araquidónico, ácido eicosapentaenoico, ácido erúcico, ácido docosahexaenoico y similares. En incorporaciones ejemplares, el surfactante B se selecciona del grupo que consiste en éter oleilo etoxilato de ácido glicólico, éter miristoleilo etoxilato de ácido glicólico, éter palmitoleilo etoxilato de ácido glicólico, éter sapienilo etoxilato de ácido glicólico, éter elaídilo etoxilato de ácido glicólico, éter vaccenilo etoxilato de ácido glicólico, éter linoleilo etoxilato de ácido glicólico, éter α -linoleilo etoxilato de ácido glicólico, éter linoelaídilo etoxilato de ácido glicólico, éter araquidonilo etoxilato de ácido glicólico, éter eicosapentanoilo etoxilato de ácido glicólico, éter erucilo etoxilato de ácido glicólico, y éter docosahexaenoilo etoxilato de ácido glicólico.

[0070] En ciertas incorporaciones ejemplares, el surfactante B es un compuesto o una mezcla de compuestos representados por la fórmula:

$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_x \text{CH} = \text{CH} (\text{CH}_2)_8 (\text{OCH}_2\text{CH}_2)_y \text{OCH}_2\text{CO}_2\text{H}$, en donde x es 1-12 e y es 2-20.

[0071] En ciertas incorporaciones ejemplares, el surfactante B es etoxilato de oleil éter de ácido glicólico. En ciertas incorporaciones ejemplares, el surfactante B es la mezcla de compuestos representados por la fórmula: $\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_x \text{CH} = \text{CH} (\text{CH}_2)_8 (\text{OCH}_2\text{CH}_2)_y \text{OCH}_2\text{CO}_2\text{H}$, en donde el valor promedio para x es 5-7 y el valor promedio para y es aproximadamente 2. En incorporaciones ejemplares, los compuestos de surfactante B comprenden una cadena de alquilo saturada C_{14} a C_{22} , por ejemplo una cadena de alquilo saturada derivada de un residuo de ácido graso, tal como ácido caprílico, ácido cáprico, ácido láurico,

ácido mirístico, ácido palmítico, ácido esteárico, ácido araquídico, ácido behénico, ácido lignocérico, ácido cerótico y similares. En incorporaciones ejemplares, el surfactante B se selecciona del grupo que consiste en éter de laurilo etoxilato de ácido glicólico, éter de caprililo de etoxilato de ácido glicólico, éter de caprilo etoxilado de ácido glicólico, éter de miristilato de etoxilato de ácido glicólico, éter de palmitilo de ácido glicólico, éter de estearilo etoxilato de ácido glicólico, éter de araquidilo etoxilado de ácido glicólico, éter de behenilo etoxilato de ácido glicólico, éter de lignocerilo etoxilato de ácido glicólico y éter cerotilo etoxilato de e ácido glicólico.

[0072] En ciertas incorporaciones ejemplares, el surfactante B es un compuesto o una mezcla de compuestos representados por la fórmula: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_w(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_y\text{OCH}_2\text{CO}_2\text{H}$, en donde w es 6-24 y y es 2-20.

[0073] En ciertas incorporaciones ejemplares, el surfactante B es un etoxilato de lauril éter de ácido glicólico o un ácido de polioxietileno lauril éter carboxílico o una sal del mismo, tal como ácido de polioxietileno (10) lauril éter carboxílico, ácido de polioxietileno (3) lauril éter carboxílico, ácido de polioxietileno (5) lauril éter carboxílico, ácido de polioxietileno (7) lauril éter carboxílico o ácido de polioxietileno (4) lauril éter carboxílico.

[0074] En ciertas incorporaciones ejemplares, el Surfactante B es B1 o B2 de los Ejemplos, o una combinación de los mismos.

[0075] SURFACTANTE C

[0076] En incorporaciones ejemplares, la emulsión o el fluido de tratamiento acuoso comprende uno o más compuestos del surfactante C. En incorporaciones ejemplares, los compuestos

del surfactante C se seleccionan de compuestos de ácido graso etoxilados. Tal como se relacionan en el presente documento, los "compuestos de ácido graso etoxilados" incluyen, por ejemplo, compuestos de ácido graso que han sido sometidos a reacción con óxido de etileno para formar compuestos que contienen al menos 20 moles de grupos etoxi por 1 mol del ácido graso. En ciertas incorporaciones ejemplares, los compuestos de ácidos grasos etoxilados son insaturados, por ejemplo, monoinsaturados. En ciertas incorporaciones ejemplares, los compuestos de ácidos grasos etoxilados están hidroxilados o sustituidos con uno o más grupos hidroxilo. En ciertas incorporaciones ejemplares, los compuestos de ácidos grasos etoxilados son compuestos no iónicos. En incorporaciones ejemplares, el compuesto del surfactante C contiene al menos aproximadamente 20, aproximadamente 25, aproximadamente 30 o aproximadamente 35 unidades de etoxilación.

[0077] En ciertas incorporaciones, el ácido graso es, por ejemplo, un ácido graso hidroxilado monoinsaturado, tal como el ácido ricinoleico. El ácido ricinoleico (ácido 12-hidroxioctadecenoico) es un ácido graso omega-9 insaturado y un ácido hidroxilo. Es un componente importante del aceite de semilla obtenido de semillas maduras de Castor (*Ricinus communis* L., Euphorbiaceae) o en esclerocios de ergot (*Claviceps purpurea* Tul., Clavicipitaceae). Alrededor del 90% del contenido de ácidos grasos en el aceite de ricino es el triglicérido formado a partir del ácido ricinoleico.

[0078] En ciertas incorporaciones ejemplares, el surfactante C es aceite de ricino etoxilado.

[0079] En incorporaciones ejemplares, el compuesto del surfactante C se produce mediante la etoxilación de materiales de ácidos grasos derivados de animales saturados o insaturados o grasas

vegetales, tales como aceite de coco, aceite de bogol, ácido graso esteárico, ácido graso oleico o ácido graso adípico.

[0080] En ciertas incorporaciones eje, el compuesto de ácido graso etoxilado es, por ejemplo, etoxilato de ácido graso de coco, etoxilato de ácido láurico, etoxilato de ácido oleico o etoxilato de ácido renal.

[0081] EMULSIONES

[0082] Las emulsiones ejemplares, por ejemplo, emulsiones de agua en aceite o emulsiones externas de aceite, pueden comprender agua, un líquido inmiscible en agua, uno o más polímeros, y una composición surfactante inversora que comprende uno o más surfactantes seleccionados del grupo que consta de compuestos del surfactante A, compuestos del surfactante B y compuestos del surfactante C, tal como se describen en el presente documento. En ciertas incorporaciones ejemplares, las emulsiones comprenden agua, un líquido inmiscible en agua, uno o más polímeros, y una composición surfactante inversora que comprende uno o más compuestos del surfactante A. En ciertas incorporaciones ejemplares, las emulsiones comprenden agua, un líquido inmiscible en agua, uno o más polímeros, y una composición de surfactante inversora que comprende uno o más compuestos del surfactante B. En ciertas incorporaciones ejemplares, las emulsiones comprenden agua, un líquido inmiscible en agua, uno o más polímeros, y una composición surfactante inversora que comprende uno o más compuestos del surfactante C. En ciertas incorporaciones ejemplares, las emulsiones comprenden agua, un líquido inmiscible en agua, uno o más polímeros, y una composición surfactante inversora que comprende dos o más surfactantes seleccionados del grupo que consiste en compuestos del surfactante A, compuestos del surfactante B y compuestos del

surfactante C. En ciertas incorporaciones ejemplares, las emulsiones comprenden agua, un líquido inmiscible en agua, uno o más polímeros y una composición de surfactante inversora que comprende tres o más surfactantes seleccionados del grupo que consiste en compuestos del surfactante A, compuestos del surfactante B y compuestos de surfactante C. En ciertas incorporaciones ejemplares, las emulsiones comprenden agua, un líquido inmiscible en agua, uno o más polímeros y una composición surfactante inversora que comprende cuatro o más surfactante seleccionados del grupo que consiste en compuestos del surfactante A, compuestos del surfactante B y compuestos del surfactante C. La emulsión puede comprender opcionalmente inhibidores, emulsionantes, sales y/u otros surfactantes.

[0083] En incorporaciones ejemplares, la emulsión comprende: agua; un líquido inmiscible en agua; superior a aproximadamente el 10% en peso de uno o más polímeros; de aproximadamente el 0,1% a aproximadamente el 5% en peso de una composición surfactante inversora descrita en el presente documento. En incorporaciones ejemplares, la emulsión comprende: agua; un líquido inmiscible en agua; superior a aproximadamente el 10% en peso de uno o más polímeros; aproximadamente 0,1% a aproximadamente 5%, aproximadamente 1% a aproximadamente 4%, o aproximadamente 1,5% a aproximadamente 3,5% en peso, una composición surfactante inversora que comprende uno o más surfactantes seleccionados del grupo que consiste en compuestos del surfactante A, compuestos del surfactante B, y compuestos del surfactante C. En incorporaciones ejemplares, las cantidades de cada surfactante inversor individual incluido en la emulsión, cuando se usan dos o más surfactantes inversores ejemplares pueden variar según sea necesario, por ejemplo, cada surfactante inversor ejemplar puede estar presente en una

cantidad de aproximadamente 0.01 a aproximadamente 5%, 0.01 a aproximadamente 3%, o aproximadamente 0.02 a aproximadamente 2%, en peso, basado en la emulsión total.

[0084] El agua presente en las emulsiones generalmente incluye agua dulce, pero también se puede usar agua salada o combinaciones con agua salada. En general, el agua utilizada puede provenir de cualquier fuente, siempre que no contenga un exceso de compuestos que puedan afectar negativamente a otros componentes en la emulsión. En algunas incorporaciones, el agua puede estar presente en la emulsión en una cantidad en el rango de aproximadamente 1% a aproximadamente 50%, aproximadamente 1% a aproximadamente 12%, aproximadamente 3% a aproximadamente 50%, aproximadamente 3% a aproximadamente 12%, aproximadamente 1% a aproximadamente 5%, aproximadamente 12% a aproximadamente 50%, o aproximadamente 30% a aproximadamente 50% en peso de la emulsión. En algunas incorporaciones, la composición de emulsión puede tener menos de aproximadamente el 30%, aproximadamente el 20%, aproximadamente el 12%, aproximadamente el 10%, aproximadamente el 7%, aproximadamente el 5%, o alrededor del 3% en peso de agua. En algunas incorporaciones, la composición de emulsión puede tener más de aproximadamente 1%, aproximadamente 2%, aproximadamente 3%, aproximadamente 5%, aproximadamente 7%, aproximadamente 10%, aproximadamente 12% o aproximadamente 20% en peso de agua. En ciertas incorporaciones ejemplares, la emulsión puede estar libre de agua o al menos sustancialmente libre de agua. En incorporaciones en las que la cantidad de agua en la emulsión se mantiene en una cantidad muy pequeña, la emulsión puede estar en forma de una composición polimérica de dispersión líquida o una composición polimérica líquida.

[0085] Los líquidos adecuados inmiscibles en agua pueden incluir, pero no se limitan a, disolventes inmiscibles en agua, tales como hidrocarburos parafínicos, hidrocarburos nafténicos, hidrocarburos aromáticos, olefinas, aceites, surfactantes estabilizantes y mezclas de los mismos. Los hidrocarburos parafínicos pueden ser hidrocarburos parafínicos saturados, lineales o ramificados. Los ejemplos de hidrocarburos aromáticos adecuados incluyen, pero no se limitan a, tolueno y xileno. En una incorporación, el líquido inmiscible en agua es una mezcla de olefinas y parafinas. En una incorporación, el líquido inmiscible en agua comprende aceite y uno o más emulsionantes. El líquido inmiscible en agua puede estar presente en la emulsión en una cantidad suficiente para formar una emulsión estable. En algunas incorporaciones, el líquido inmiscible en agua puede estar presente en las emulsiones en una cantidad en el rango de aproximadamente de 20% a aproximadamente 60%, aproximadamente de 25% a aproximadamente el 55%, aproximadamente de 35% a aproximadamente el 55%, o aproximadamente de 20% a aproximadamente el 30% en peso.

[0086] En incorporaciones ejemplares, la emulsión comprende uno o más emulsionantes. Los emulsionantes, entre otras cosas, en la emulsión, disminuyen la tensión interfacial entre el agua y el líquido inmiscible en agua para facilitar la formación de una emulsión de polímero de agua en aceite. En incorporaciones ejemplares, el emulsionante no es un compuesto de los surfactantes A, B o C. El emulsionante debe estar presente en una cantidad suficiente para proporcionar la emulsión de polímero de agua en aceite estable deseada. En algunas incorporaciones, el emulsionante puede estar presente en una cantidad en el rango de aproximadamente 0.5% a aproximadamente 5% en peso de la emulsión.

[0087] El polímero debe estar presente en la emulsión en una cantidad que no afecte indeseablemente a la estabilidad de la emulsión. En realizaciones ejemplares, el uno o más polímeros pueden estar presentes en una cantidad en el intervalo de aproximadamente 10% a aproximadamente 80%, aproximadamente 10% a aproximadamente 35%, aproximadamente 15% a aproximadamente 30%, o aproximadamente 20% a aproximadamente 30%, aproximadamente 39% a aproximadamente 80%, o aproximadamente 40% a aproximadamente 60%, o aproximadamente 45% a aproximadamente 55%, en peso de la emulsión. En incorporaciones ejemplares, la emulsión puede comprender más de aproximadamente 35%, aproximadamente 39%, 40%, 41%, 42%, 43%, 44%, 45%, 46%, 47%, 48%, 49%, 50%, 51%, 52%, 53%, 54%, 55%, 56%, 57%, 58%, 59% o aproximadamente 60% o más, en peso de polímero. En incorporaciones ejemplares, la emulsión puede comprender menos de aproximadamente el 35%, o aproximadamente el 30%, o menos, en peso de polímero.

[0088] En ciertas incorporaciones ejemplares, las emulsiones pueden comprender además una o más sales orgánicas o inorgánicas. En ciertas incorporaciones ejemplares, las emulsiones comprenden al menos aproximadamente el 0.5% de una o más sales orgánicas o inorgánicas. En incorporaciones ejemplares, las emulsiones comprenden una o más sales orgánicas o inorgánicas en una cantidad de aproximadamente 0.5% a aproximadamente el punto de saturación en la emulsión. Las sales orgánicas o inorgánicas representativas incluyen, entre otras, cloruro de sodio, sulfato de sodio, bromuro de sodio, sulfato de amonio, cloruro de amonio, cloruro de litio, bromuro de litio, cloruro de potasio, bromuro de potasio, sulfato de magnesio, sulfato de aluminio, hidrógenofosfato de amonio, hidrógenofosfato de sodio, hidrógeno fosfato de potasio, sales

de sodio, sales de litio, sales de potasio, sales de magnesio, sales de aluminio, sales de amonio, sales de fosfato, sales de sulfato, sales de cloruro, sales de fluoruro, sales de citrato, sales de acetato, sales de tartrato, sales de fosfato de hidrógeno, sales inorgánicas solubles en agua, otras sales inorgánicas, otras sales orgánicas y mezclas de las mismas. En incorporaciones ejemplares, la una o más sales orgánicas o inorgánicas incluyen cloruro de amonio.

[0089] En algunas incorporaciones, la polimerización en emulsión se puede usar para preparar emulsiones ejemplares. Las técnicas de polimerización en emulsión adecuadas pueden tener una variedad de diferentes temperaturas de iniciación dependiendo de, entre otras cosas, la cantidad y el tipo de iniciador utilizado, la cantidad y el tipo de monómeros utilizados y una serie de otros factores conocidos por las personas versadas en la materia. En una incorporación, una técnica de polimerización en emulsión adecuada puede tener una temperatura de iniciación de aproximadamente 25°C. Debido a la naturaleza exotérmica de la reacción de polimerización, la mezcla puede mantenerse a una temperatura más alta que la temperatura de iniciación durante la procepción de la reacción de polimerización, por ejemplo, en el rango de aproximadamente 30°C a aproximadamente 70°C, o de aproximadamente 40°C a aproximadamente 60°C.

[0090] En incorporaciones ejemplares, el uno o más polímeros están en forma de una emulsión, tal como una emulsión de poliacrilamida. En incorporaciones ejemplares, la emulsión comprende un polímero hidrófilo contenido dentro de gotitas de agua que se dispersan en una fase oleosa continua. En incorporaciones ejemplares, el uno o más polímeros están en forma de una dispersión acuosa, por ejemplo una dispersión

polimérica acuosa preparada por polimerización en solución. Los métodos para la preparación de dispersiones poliméricas acuosas a modo de ejemplo son bien conocidos en la técnica, por ejemplo tal como se describe en la Patente de Estados Unidos No. 5.200.448.

[0091] En incorporaciones ejemplares, se puede emplear cualquier método de polimerización en emulsión adecuado en la preparación de uno o más polímeros descritos aquí. Las descripciones de las etapas de una preparación de emulsión ejemplar han sido proporcionadas en este documento, pero no pretenden ser limitativas con respecto a los métodos para preparar el ejemplo de uno o más polímeros.

[0092] Se prepara una emulsión preliminar homogeneizando aceite y fases acuosas. La fase oleosa de la emulsión, que generalmente comprende de aproximadamente 5 a aproximadamente 35 por ciento en peso de la emulsión total, se compone de uno o más líquidos hidrófobos inertes. Preferiblemente, la fase oleosa comprende aproximadamente 20 a 30 por ciento de la emulsión. El aceite usado se puede seleccionar de una gran clase de líquidos orgánicos que no son miscibles con agua, incluidos los hidrocarburos líquidos y los hidrocarburos líquidos sustituidos. Los ejemplos representativos de tales aceites incluyen benceno, xileno, tolueno, aceites minerales, querosenos, naftas, hidrocarburos clorados, tales como percloroetileno, y similares.

[0093] La fase oleosa puede contener uno o más surfactantes primarios o emulsionantes, es decir, estabilizantes de polimerización en emulsión convencionales. Tales estabilizantes son bien conocidos en la técnica para promover la formación y estabilización de emulsiones de agua en aceite. Normalmente, tales emulsionantes tienen valores HLB en el rango

de aproximadamente 2 a aproximadamente 10, preferiblemente menos de aproximadamente 7. Los emulsionantes adecuados incluyen los ésteres de sorbitán, ésteres ftálicos, glicéridos de ácidos grasos, ésteres de glicerina, así como las versiones etoxiladas de los anteriores y cualquier otro emulsionante con HLB relativamente bajo bien conocido. Los ejemplos de dichos compuestos incluyen monooleato de sorbitán, el producto de reacción de ácido oleico con isopropanolamida, ftalato de hexadecilo sódico, ftalato de decilo sódico, estearato de sorbitán, ácido ricinoleico, ácido ricinoleico hidrogenado, monoéster glicérico de ácido láurico, monoéster de glicérido del ácido esteárico, diéster de glicerol del ácido oleico, triéster de glicerol del ácido 12-hidroxiesteárico, triéster del glicerol del ácido ricinoleico y las versiones etoxiladas del mismo que contienen de 1 a 10 moles de óxido de etileno por mol del emulsionante básico. Por lo tanto, se puede utilizar cualquier emulsionante que permita la formación de la emulsión inicial y que se estabilice durante la reacción de polimerización.

[0094] Estos surfactantes primarios se usan solos o en mezclas y se utilizan en cantidades no superiores a aproximadamente el 5%, aproximadamente el 4%, aproximadamente el 3%, aproximadamente el 2% o aproximadamente el 1% en peso de la emulsión total.

[0095] La fase acuosa generalmente comprende aproximadamente 95 a 65% en peso de la emulsión inicial. Preferiblemente, comprende aproximadamente 80 a 70% de la misma. Además del agua, la fase acuosa contiene los monómeros que se polimerizan, generalmente en una cantidad inferior a aproximadamente el 50%, aproximadamente del 15 a aproximadamente el 40%, o aproximadamente del 22 a aproximadamente el 35% en peso de la

emulsión total, y generalmente agentes de transferencia de cadena, iniciadores y secuestrantes. Alternativamente, los agentes de transferencia de cadena, iniciadores y secuestrantes pueden agregarse al sistema después de que se haya preparado la emulsión preliminar. El iniciador también puede ser agregado continuamente durante la polimerización para controlar la velocidad de polimerización dependiendo de los monómeros particulares utilizados y sus reactividades.

[0096] Alternativamente, el iniciador puede estar presente en la fase de aceite o la acuosa, siendo los monómeros añadidos de forma continua o incremental posteriormente. Todas estas variaciones son bien conocidas en la técnica.

[0097] Los monómeros adecuados para uso en la preparación de los polímeros ejemplares se describen en el presente documento.

[0098] Puede emplearse cualquier agente de transferencia de cadena convencional, tal como propilenglicol, isopropanol, 2-mercaptoetanol, hipofosfito de sodio, dodecil mercaptano y ácido tioglicólico. El agente de transferencia de cadena está generalmente presente en una cantidad de aproximadamente 0.1 a 10 por ciento en peso de la emulsión total, aunque se puede utilizar más.

[0099] El iniciador puede ser cualquier material productor de radicales libres bien conocido en la técnica. Los iniciadores de radicales libres preferidos son los iniciadores de polimerización tipo redox y tipo azo y generalmente se usan en una cantidad de aproximadamente 0.0005 a 0.5 por ciento en peso de la emulsión total. La radiación también se puede utilizar para iniciar la reacción.

[00100] Cualquier secuestrante convencional también puede estar presente en la fase acuosa, tal como ácido

etilendiaminotetraacético o pentaacetato de dietilentriamina pentasódica. El secuestrante está generalmente presente en una cantidad de aproximadamente 0.01 a 2 por ciento en peso de la emulsión total, aunque se puede utilizar más.

[00101] Después de la preparación de la emulsión preliminar, se inicia la polimerización de los monómeros a una temperatura suficientemente alta para descomponer el iniciador para producir los radicales libres deseados. En general, una temperatura adecuada es de aproximadamente -20°C a aproximadamente 200°C , o aproximadamente de 20°C a 100°C .

[00102] Preferiblemente, la polimerización se realiza a un pH de aproximadamente 2 a 12 y se puede añadir una cantidad adecuada de base o ácido a la emulsión preliminar para lograr el pH deseado. La polimerización generalmente se completa en aproximadamente de una hora o dos a varios días, dependiendo de los monómeros empleados y otras variables de reacción. Generalmente se lleva a cabo a la presión atmosférica, pero se utilizan ventajosamente presiones más altas cuando están involucrados ingredientes volátiles.

[00103] En ciertas incorporaciones ejemplares, una vez que se completa la polimerización, la cantidad de agua en la emulsión puede reducirse o eliminarse según se desee. Por ejemplo, el agua se puede eliminar a un nivel inferior a aproximadamente el 12%, o inferior a aproximadamente el 10%, o inferior a aproximadamente el 7%, o inferior a aproximadamente el 5%, o inferior a aproximadamente el 3% en peso. En incorporaciones ejemplares, la eliminación de agua se lleva a cabo por cualquier medio adecuado, por ejemplo, a presión reducida, por ejemplo, a una presión de aproximadamente 0.00 a aproximadamente 0.5 bares, o aproximadamente de 0.05 a aproximadamente 0.25 bares. La temperatura para los pasos de

eliminación de agua puede ser típicamente de aproximadamente 50°C a aproximadamente 150°C, aunque se pueden usar técnicas que eliminan el agua a temperaturas más altas.

[00104] Después de completar la polimerización, el pH de la emulsión se puede ajustar según se desee. Para una emulsión de polímero aniónico, esto es generalmente alrededor de 4 a 10; para emulsiones catiónicas de aproximadamente 2.0 a 5,5; y para emulsiones no iónicas de aproximadamente 2.0 a 7.0. Generalmente se agrega un interruptor o surfactante inversor, o una mezcla de surfactantes inversores, para producir un solo paquete de producto final. En incorporaciones ejemplares, se añade una composición surfactante inversora, tal como se describe en el presente documento, a la emulsión de polímero. Se pueden usar otros surfactantes de ruptura o inversión adecuados en combinación con el polímero ejemplar y la composición surfactante inversora de inversión ejemplar en la emulsión. Tal como se describe en el presente documento, la cantidad total de surfactantes inversores presentes en la emulsión es de aproximadamente 0.1 a aproximadamente 5% en peso, basado en la emulsión total.

[00105] Una vez preparadas, las emulsiones de las presentes realizaciones pueden modificarse químicamente de cualquier manera conocida. "Químicamente modificado" está destinado a cubrir el tratamiento adicional del polímero dispersado soluble en agua y/o la adición de componentes al polímero dispersado soluble en agua que, sin la estabilización proporcionada por los estabilizantes de la emulsión, haría que el las partículas poliméricas normalmente solubles en agua se coagularan o aglomeraran. Ejemplos de dichos tratamientos adicionales se describen en las patentes de Estados Unidos Nos. 4.052.353 y 4.171.296, las cuales son incorporadas en el

presente documento como referencia. La emulsión de las presentes incorporaciones también puede estar concentrada de cualquier manera adecuada, tal como se describe en la Patente de Estados Unidos No. 4.021.399, la cual es incorporada en el presente documento como referencia.

[00106] Se puede usar una variedad de diferentes mezclas para preparar una emulsión para usar en las presentes incorporaciones. Las mezclas adecuadas pueden incluir acrilamida, otros monómeros, agua, un líquido inmiscible en agua, un iniciador y un emulsionante. En general, uno o más compuestos de amina etoxilados pueden combinarse con uno o más surfactantes inversores para formar la composición surfactante inversora. La composición surfactante inversora se puede agregar a la emulsión de polímero para formar una mezcla. Opcionalmente, la mezcla puede comprender, además, una base (por ejemplo, hidróxido de sodio) para neutralizar los monómeros en forma ácida de modo que la sal del monómero no se forme, un agente complejante para permitir la liberación gradual de monómeros en la reacción de polimerización, activador para iniciar la polimerización a una temperatura más baja, y un inversor. Las personas normalmente versadas en la materia, con el beneficio de esta descripción, conocerán la cantidad y el tipo de componentes que se incluirán en la mezcla en función de una variedad de factores, que incluyen el peso molecular y la composición del polímero deseado y la temperatura de iniciación deseada.

[00107] En general, las emulsiones ejemplares son particularmente adecuadas para uso en salmuera. Las emulsiones ejemplares pueden usarse en un rango de temperaturas, por ejemplo entre aproximadamente 5 y aproximadamente 99°C, o aproximadamente 50 y aproximadamente 95°C.

[00108] En ciertas incorporaciones ejemplares, la emulsión se puede usar en combinación con un apuntalante.

[00109] FLUIDOS DE TRATAMIENTO

[00110] El fluido de tratamiento, por ejemplo un fluido de tratamiento acuoso, que contiene las emulsiones descritas en el presente documento, se puede usar en cualquier fluido de tratamiento de pozo, que incluye, entre otros, las operaciones de estimulación, producción y finalización. Por ejemplo, el fluido de tratamiento de pozos se puede usar para aplicaciones de fracturación hidráulica o en una aplicación donde se desea reducir la fricción. Los fluidos de fracturación convencionales contienen típicamente polímeros solubles en agua naturales o sintéticos, que son bien conocidos en la técnica. Los polímeros solubles en agua vuelven viscosos los líquidos acuosos en concentraciones relativamente bajas debido a su alto peso molecular.

[00111] En una incorporación ejemplar, el fluido de tratamiento comprende agua y una emulsión ejemplar descrita en el presente documento. Los fluidos de tratamiento pueden prepararse mezclando una emulsión ejemplar con agua. El agua adicional que se mezcla con la emulsión para formar el fluido de tratamiento puede ser agua dulce, agua salada (por ejemplo, agua que contiene una o más sales disueltas en ella), salmuera (por ejemplo, producida a partir de formaciones subterráneas), agua de mar o combinaciones de las mismas. En general, el agua utilizada puede ser de cualquier fuente, siempre que no contenga un exceso de compuestos que puedan afectar adversamente a otros componentes en el fluido de tratamiento acuoso o en la propia formación. En ciertas incorporaciones ejemplares, el agua es salmuera con un contenido total de sólidos disueltos (TDS) de aproximadamente 5.000 a

aproximadamente 300.00 ppm, o aproximadamente 100.000 a aproximadamente 260.000 ppm. En ciertas incorporaciones ejemplares, el contenido total de especies catiónicas divalentes de la salmuera está en el rango de aproximadamente 5.000 a aproximadamente 100.000 ppm, o aproximadamente 10.000 a aproximadamente 50.000 ppm.

[00112] En incorporaciones ejemplares, el polímero puede estar presente en el fluido de tratamiento en una cantidad de aproximadamente el 0.01% a aproximadamente el 1% en peso del fluido de tratamiento.

[00113] En estas aplicaciones, el fluido de tratamiento puede configurarse como un fluido gelificado, tal como un gel lineal, un gel reticulado, o un fluido de gel espumado; fluidos ácidos, tratamientos con agua y cloruro de potasio, y similares. El fluido se inyecta a una presión efectiva para crear una o más fracturas en la formación subterránea. Dependiendo del tipo de fluido de tratamiento de pozo utilizado, también se pueden agregar diversos aditivos al fluido de fractura para cambiar las propiedades físicas del fluido o para cumplir una determinada función beneficiosa. En una incorporación, el fluido no contiene una cantidad suficiente de polímero soluble en agua para formar un gel.

[00114] En incorporaciones ejemplares, el fluido de tratamiento comprende un apuntalante.

[00115] En diversas incorporaciones ejemplares, los apuntalantes pueden ser arena de tamaño fino. En general, se hace referencia a la arena por el tamaño de la malla por la que pasará la arena y el tamaño de la malla por la que no pasará la arena. Típicamente, se usa una arena de malla 20-40 pero se pueden utilizar otros tamaños, como 40-50 o 40-60. La arena también se caracteriza por la "redondez" de las

partículas de arena. Generalmente se utiliza arena más redonda para crear espacios vacíos más uniformes entre las partículas y, por lo tanto, una mejor permeabilidad dentro de la fractura apoyada. Los fluidos de fracturación también contienen, por ejemplo, viscosificadores para disminuir la velocidad a la que la arena se separa de los fluidos y permite que la arena sea llevada más lejos hacia las fracturas.

[00116] En otras incorporaciones ejemplares, se pueden usar otros tipos de apuntalantes. Por ejemplo, el apuntalante puede ser un apuntalante cerámico. El apuntalante puede ser un apuntalante recubierto, como los apuntalantes con recubrimientos con bajos coeficientes de fricción para reducir la erosión causada por el fluido de fracturación. Los recubrimientos también se pueden usar para hacer que las partículas de arena sean más redondas. Los ejemplos de dichos recubrimientos incluyen trióxido de antimonio, bismuto, ácido bórico, fluoruro de calcio y bario, cobre, grafito, indio, fluoropolímeros (FTFE), óxido de plomo, sulfuro de plomo, disulfuro de molibdeno, dielenuro de niobio, politetrafluoroetileno, plata, estaño o tungsteno disulfuro u óxido de zinc. Los apuntalantes de cerámica se sugieren, por ejemplo, en las patentes de Estados Unidos No. 4.555.493 de Watson et al., y refuerzos de cerámica de baja densidad se sugieren en la patente de Estados Unidos No. 8.420.578 de Usova et al.

[00117] Los fluidos de fracturación también pueden contener otros componentes según sea necesario o deseado. Por ejemplo, los fluidos de fracturación pueden contener ácidos para romper los polímeros espesantes, sales como los cloruros de calcio para aumentar la densidad de los fluidos, los inhibidores de la corrosión u otros aditivos en los fluidos de fracturación.

[00118] También, se pueden agregar agentes de pérdida de fluidos para sellar parcialmente las secciones más porosas de la formación, de modo que se produzca la fractura en los estratos menos porosos. Otros aditivos para yacimientos petrolíferos que también pueden agregarse al fluido de fracturación incluyen disyuntores de emulsión, antiespumantes, inhibidores de incrustaciones, barredores de H_2S y O_2 , biocidas, agentes reticulantes, reductores de tensión superficial, tampones, surfactantes fluorocarbonados, estabilizadores de arcilla, aditivos para pérdida de fluidos, espumantes, reductores de fricción, estabilizadores de temperatura, agentes de desviación, estabilizadores de lutitas y arcillas, inhibidores de parafina/asfaltenos, inhibidores de corrosión y ácidos. Por ejemplo, se puede incluir un ácido en los fluidos de tratamiento acuosos, entre otras cosas, para un tratamiento de matriz o de fractura por acidificación. En incorporaciones de fracturación, se puede incluir un agente propulsor en los fluidos de tratamiento acuosos para evitar que la fractura se cierre cuando se libera la presión hidráulica. En una incorporación particular, el fluido de tratamiento comprende además un biocida.

[00119] MÉTODOS DE USO

[00120] Las emulsiones y los fluidos de tratamiento de las presentes incorporaciones se pueden usar en cualquier tratamiento subterráneo. Tales tratamientos subterráneos incluyen, entre otros, operaciones de perforación, tratamientos de estimulación y operaciones de terminación. Las personas versadas en la materia, con el beneficio de esta descripción, podrán reconocer un tratamiento subterráneo adecuado. En incorporaciones ejemplares, la emulsión comprende: agua; un líquido inmisible en

agua; aproximadamente del 10% a aproximadamente el 80% en peso de uno o más polímeros; y de aproximadamente el 0.1% a aproximadamente el 5% en peso de una composición surfactante inversora ejemplar descrita en el presente documento.

[00121] En incorporaciones ejemplares, los métodos pueden comprender además preparar el fluido de tratamiento, o fluido de tratamiento acuoso. La preparación del fluido de tratamiento puede comprender proporcionar una emulsión como se describe en el presente documento, y combinar la emulsión con agua para formar el fluido de tratamiento.

[00122] En incorporaciones ejemplares, un método para tratar una porción de una formación subterránea comprende: proporcionar un fluido de tratamiento de las presentes incorporaciones que comprende una emulsión como se describe en el presente documento, e introducir el fluido de tratamiento en la porción de la formación subterránea. En algunas incorporaciones, el fluido de tratamiento puede introducirse en la porción de la formación subterránea a una velocidad y presión suficientes para crear o mejorar una o más fracturas en la porción de la formación subterránea. La parte de la formación subterránea en la que se introduce el fluido de tratamiento variará dependiendo del tratamiento subterráneo particular. Por ejemplo, la porción de la formación subterránea puede ser una sección de un pozo de perforación, por ejemplo, en una operación de limpieza de pozo de perforación. En las incorporaciones de estimulación, la porción puede ser la porción de la formación subterránea a estimular. En incorporaciones ejemplares, el fluido de tratamiento puede introducirse en la porción de la formación subterránea a una velocidad de aproximadamente 30 bpm a aproximadamente 250 bpm, o aproximadamente 50 bpm a aproximadamente 175 bpm.

[00123] En incorporaciones ejemplares, un método para tratar una formación subterránea comprende: proporcionar un fluido de tratamiento que comprende una emulsión ejemplar descrita en el presente documento; e introducir el fluido de tratamiento en una formación subterránea.

[00124] En incorporaciones ejemplares, un método para fracturar una formación subterránea comprende: (a) proporcionar una emulsión ejemplar tal como se describe en el presente documento; (b) mezclar la emulsión con agua adicional para formar un fluido de tratamiento, en donde el uno o más polímeros están presentes en el fluido de tratamiento en una cantidad de aproximadamente 0.01% a aproximadamente 1% en peso del fluido de tratamiento; y (c) introducir el fluido de tratamiento en una formación subterránea a una presión suficiente o por encima de ella para crear una o más fracturas en la formación subterránea. En incorporaciones ejemplares, el fluido de tratamiento comprende salmuera. En incorporaciones ejemplares, el fluido de tratamiento o emulsión ejemplar comprende un agente de sostén. En ciertas incorporaciones ejemplares, se agrega un agente propulsor (o apuntalante) como arena u otro material duro a las emulsiones o fluidos de tratamiento ejemplares que sirven para mantener las fracturas abiertas después de la operación de fracturación.

[00125] Las fracturas producidas pueden apoyarse utilizando apuntalantes, o el fluido de fractura puede incluir reactivos para reaccionar con la superficie de las caras de la roca para dar lugar a la permeabilidad a lo largo de la fractura. Las fracturas se pueden utilizar en pozos verticales u horizontales, para producir gas natural, petróleo hermético a la luz o para la inyección de fluidos en la formación.

[00126] La fracturación, o fracking, de formaciones generalmente se realiza mediante la inyección de una suspensión de fluido de fracturación y apuntalante en la formación a presiones suficientemente grandes como para exceder la resistencia a la tracción de la formación y hacer que la formación se separe en el punto de las perforaciones. Las formaciones generalmente tendrán una dirección en la que la formación está bajo la menor cantidad de esfuerzo, y la fractura inicialmente se propagará en un plano perpendicular a la dirección de dicho esfuerzo mínimo. En formaciones profundas, el peso de la sobrecarga generalmente asegurará que la dirección de la tensión mínima sea una dirección horizontal. Generalmente, el objetivo es proporcionar pozos horizontales en dicha formación en la dirección del esfuerzo de formación mínimo, de modo que las fracturas del pozo tenderán a ser perpendiculares al pozo. Esto permite acceder al máximo volumen posible de formación desde un pozo horizontal de una longitud limitada.

[00127] Cualquier método para la fracturación hidráulica de formaciones conocido en la técnica puede utilizar las emulsiones y los fluidos de tratamiento ejemplares.

[00128] La propagación de las fracturas se detiene normalmente o, al menos, se inhibe mediante interfaces entre formaciones porque la fuerza ejercida en la punta de la fractura puede dispersarse en la interfaz de las formaciones. Las fracturas más grandes, por lo tanto, tienden a tener más formas rectangulares en lugar de formas de disco, ya que las dimensiones de la fractura exceden la altura de la formación y, por lo tanto, la fractura crece lateralmente en lugar de continuar creciendo verticalmente.

[00129] En incorporaciones ejemplares, los métodos para mejorar las propiedades de reducción de la fricción de un fluido de tratamiento, comprenden: (i) proporcionar una emulsión ejemplar tal como se describe en el presente documento; e (ii) invertir la emulsión en el fluido de tratamiento que comprende salmuera. En ciertas incorporaciones, el fluido de tratamiento resultante tiene una mejora en la reducción de la fricción, cuando se compara con un fluido de tratamiento similar en el que la emulsión invertida es distinta a una composición surfactante inversora ejemplar tal como se describe en el presente documento.

[00130] En ciertas incorporaciones, la emulsión comprende además un emulsionante. En una incorporación, la propiedad mejorada de reducción de la fricción es el porcentaje de reducción de la fricción del fluido de tratamiento. En una incorporación, la propiedad mejorada de reducción de la fricción es el tiempo para lograr la máxima reducción de la fricción, o un porcentaje deseado de la máxima reducción de la fricción, por ejemplo, el 90%. En ciertas incorporaciones ejemplares, los métodos descritos en este documento proporcionan un ahorro de energía con respecto a los métodos que utilizan un fluido de tratamiento similar en el que la emulsión invertida es distinta de una composición de agente surfactante inversor ejemplar como se describe en el presente documento.

[00131] En incorporaciones ejemplares, un método para mejorar las propiedades de reducción de la fricción de un fluido de tratamiento comprende: (i) proporcionar una emulsión que comprende: agua; un líquido inmisible en agua; uno o más polímeros; y una composición surfactante inversora que comprende dos o más surfactantes seleccionados del grupo que

consiste en compuestos del surfactante A, compuestos del surfactante B y compuestos del surfactante C; e (ii) invertir la emulsión en el fluido de tratamiento que comprende salmuera; en donde el fluido de tratamiento resultante tiene una mejora en la reducción de la fricción, cuando se compara con un fluido de tratamiento similar en el que la emulsión que no contiene una composición surfactante inversora que comprende dos o más surfactantes seleccionados del grupo que consiste en compuestos del surfactante A, compuestos del surfactante B, y compuestos del surfactante C.

[00132] En incorporaciones ejemplares, un método para mejorar las propiedades de reducción de la fricción de un fluido de tratamiento comprende: (i) proporcionar una emulsión que comprende: agua; un líquido inmisible en agua; uno o más polímeros; y una composición de surfactante inversora que comprende dos o más se (ii) invertir la emulsión en el fluido de tratamiento que comprende salmuera; en donde el fluido de tratamiento resultante tiene una mejora en la reducción de la fricción, cuando se compara con un fluido de tratamiento similar en el que la emulsión que no contiene una composición de surfactante inversora que comprende dos o más surfactantes que comprende compuestos del surfactante B1 y del surfactante B2.

[00133] Las composiciones surfactantes inversoras, emulsiones y fluidos de tratamiento de las presentes incorporaciones pueden tener varios usos, por ejemplo, en el desarrollo de petróleo crudo y la producción a partir de formaciones que contienen petróleo que pueden incluir recuperación primaria, secundaria o terciaria (mejorada). Las técnicas químicas, que incluyen, por ejemplo, la inyección de surfactantes (inundación de surfactante) para reducir la tensión interfacial que impide

o inhibe que las gotas de petróleo se muevan a través de un reservorio o inyectan polímeros que permiten que el petróleo presente se movilice más fácilmente a través de una formación, se puede usar antes, durante o después de implementar técnicas de recuperación primaria y/o secundaria. Estas técnicas también se pueden usar para mejorar la recuperación de petróleo, o para complementar otras técnicas mejoradas de recuperación de petróleo.

[00134] Las composiciones surfactantes inversoras, emulsiones y fluidos de tratamiento de las presentes incorporaciones pueden usarse en cualquier técnica de recuperación de petróleo, por ejemplo, una técnica de recuperación de petróleo en donde se desea la reducción de la fricción o la tensión interfacial, o donde se desea la movilización de petróleo. En incorporaciones ejemplares, un método que comprende el uso de una composición surfactante inversora, emulsión o fluido de tratamiento tal como se describe en el presente documento puede utilizarse para la recuperación de petróleo, incluyendo, entre otros, la recuperación mejorada de petróleo. En incorporaciones ejemplares, el método comprende proporcionar un fluido de tratamiento que comprende una emulsión que comprende uno o más polímeros y una composición surfactante inversora ejemplar descrita en el presente documento; e introducir el fluido de tratamiento en una formación subterránea; y recuperar los hidrocarburos de la formación subterránea. En incorporaciones ejemplares, el método comprende proporcionar una emulsión que comprende uno o más polímeros y una composición surfactante inversora ejemplar descrita en el presente documento; e introducir la emulsión en una formación subterránea; y recuperar los hidrocarburos de la formación subterránea.

[00135] En ciertas incorporaciones ejemplares, los métodos además comprenden la adición de un apuntalante.

[00136] El término "salmuera" o "salmuera acuosa" tal como se utiliza en el presente documento se refiere a agua de mar; salmuera natural; una salmuera a base de cloruro, a base de bromuro, a base de formiato o a base de acetato que contiene cationes monovalentes y/o polivalentes o combinaciones de los mismos. Los ejemplos de salmueras a base de cloruro adecuadas incluyen, sin limitación, cloruro de sodio y cloruro de calcio. Además, sin limitación, los ejemplos de salmueras a base de bromuro adecuadas incluyen bromuro de sodio, bromuro de calcio y bromuro de zinc. Además, los ejemplos de salmueras a base de formiato incluyen, sin limitación, formiato de sodio, formiato de potasio y formiato de cesio.

[00137] Los siguientes ejemplos se presentan solo con fines ilustrativos, y no pretenden ser limitativos.

EJEMPLOS

[00138] En estos ejemplos, se evalúa el impacto de las composiciones surfactantes inversoras ejemplares sobre las propiedades de inversión de ciertas composiciones de emulsión de polímero midiendo el desempeño de reducción de fricción de las emulsiones de polímero.

[00139] Materiales y Métodos para los Ejemplos 1 y 2:

[00140] I. Salmuera

[00141] Se usaron tres tipos de salmuera en los ejemplos (Salmuera 1, Salmuera 2 y Salmuera 3). La composición de cada salmuera se proporciona en la Tabla 1.

[00142] Tabla 1. Composiciones de salmuera.

Muestra	Na (ppm)	K (ppm)	Mg (ppm)	Ca (ppm)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Fe (ppm)	Cl (ppm)	SO ₄ (ppm)	TDS divalent e cati3nico (ppm)	TDS total (ppm)
Salmuer a 1	41.67 5	17.82 0	-	10.46 7	-	-	110	34.713	190	10.577	104.97 5
Salmuer a 2	38.82 9	566	1.734	16.89 3	2.866	836	143	101.26 9	5	22.472	163.14 1
Salmuer a 3	41,24 0	-	11.71 2	35.36 0	129	1.740	301	163.20 0	-	49.242	253.68 2

[00143] II. Emulsiones de Pol3mero

[00144] Se prepar3 una emulsi3n de poliacrilamida mediante la adici3n de una fase de mon3mero a un agente surfactante que contiene una fase oleosa con homogeneizaci3n. La emulsi3n de mon3mero resultante fue polimerizada utilizando qu3mica de polimerizaci3n por radicales libres en presencia de agitaci3n y enfriamiento adecuados, lo que dio como resultado una emulsi3n de pol3mero ani3nico de alto peso molecular. La polimerizaci3n de acrilamida y co-mon3meros en una emulsi3n inversa dio como resultado una emulsi3n de pol3mero que contiene ret3culas inversas est3ricamente estabilizadas. El tama3o de part3cula promedio de las emulsiones inversas fue t3picamente de 0.7 a 1.5 micrones. Despu3s de la polimerizaci3n, se agreg3 un sistema de surfactante inversor para permitir una r3pida diluci3n y disoluci3n en agua.

[00145] Prueba de Bucle de Fricci3n

[00146] El bucle de fricci3n es un instrumento de laboratorio dise3ado para simular las condiciones de flujo de fracturaci3n de pozos. La fracturaci3n en el campo a menudo requiere bombear m3s de 50 barriles por minuto a trav3s de una perforaci3n de

~4.5" lo que resulta en un flujo altamente turbulento (número de Reynolds: 500.000 a 5.000.000). Aunque no es posible lograr este tipo de flujo en el laboratorio, el bucle de fricción diseñado simula las condiciones de campo en la máxima extensión conocida (número de Reynolds: 120.000). Los datos generados por este bucle de fricción a escala de laboratorio son precisos y ampliamente aceptados por la industria. Los componentes principales del bucle de fricción son: bomba, medidor de flujo magnético y un transmisor de presión diferencial para crear y monitorear las condiciones necesarias. Todas las tuberías y otros componentes están contruidos utilizando un material de acero inoxidable de 316L / 304L.

[00147] Para probar la propiedad de reducción de la fricción del polímero, el reservorio de bucle de fricción se llenó con 20L de la salmuera requerida (ver la tabla anterior para revisar las recetas de las diversas salmueras). Esta salmuera fue luego recirculada a través del circuito de fricción a una velocidad de flujo de 24 galones por minuto a través de una sección de cinco pies de diámetro de tubería de media pulgada (requerida para generar el número de Reynolds antes mencionado). Se midió la caída de presión basal. El ejemplo de emulsión que contenía polímero se agregó ahora (a una concentración medida de 0.5 galones de polímero por mil galones de salmuera o 0.5 GPTG) a la solución de salmuera que estaba recirculando, donde se invirtió y disolvió. El grado de reducción de la fricción (% de FRt) en un momento dado 't' se calculó a partir de la caída de presión inicial ΔP_i y la caída de presión en el tiempo t, ΔP_t utilizando la ecuación:

$$\%FR_t = \frac{\Delta P_i - \Delta P_t}{\Delta P_i} \times 100$$

[00148] **EJEMPLO 1**

[00149] Se preparó una emulsión de poliacrilamida catiónica con una carga de 10% en moles de acuerdo con el procedimiento de emulsión estándar sin ningún agente surfactante inversor. Esta emulsión básica fue utilizada para preparar la Muestra 1 y la Muestra 2 que incluían los surfactantes inversores tal como se muestra en la Tabla 2. De manera similar, se preparó una emulsión de poliacrilamida de base aniónica con una carga de 15% en moles sin ningún surfactante inversor y esta base fue utilizada para preparar la Muestra 3 con los surfactantes inversores mostrados en la Tabla 2. Los parámetros de desempeño de reducción de fricción, que incluyen el FR máximo (reducción de fricción máxima), t_{90} (tiempo hasta reducción de fricción del 90%, una medida simple de la tasa de inversión) y $t_{\max}$ (tiempo para reducción de fricción máxima) se midieron en la Salmuera 1, la Salmuera 2 y la Salmuera 3 con diferentes TDS en una dosis de 0.5 gptg y a $77^{\circ}\text{F} \pm 3^{\circ}\text{F}$. La Muestra 1 contenía el 3% en peso de los surfactantes A, B1, B2 y C. La Muestra 2 contenía el 2% en peso de los surfactantes A, B1 y C. La Muestra 3 contenía el 3% en peso de los surfactantes A y B1. Los resultados de los experimentos de reducción de fricción se proporcionan en las Tablas 2 y 3, así como en las Figuras 1-5.

[00150] Tabla 2. Desempeño de reducción de fricción de emulsiones de polímeros con composiciones surfactantes inversoras ejemplares

Muestra	Surfactante A (% en peso)	Surfactante B1 (% en peso)	Surfactante B2 (% en peso)	Surfactante C (% en peso)	Agua	Max FR (%)	T _{max} (s)	T ₉₀ (s)
1	30	30	10	30	Salmuera 1	61	38	22
1	30	30	10	30	Salmuera 2	52	30	16
1	30	30	10	30	Salmuera 3	57	54	28
2	30	40	0	30	<i>Salmuera</i> 1	58	51	31
2	30	40	0	30	<i>Salmuera</i> 2	54	90	42
2	30	40	0	30	<i>Salmuera</i> 3	55	103	50
3	30	70	0	0	<i>Salmuera</i> 1	60	53	32
3	30	70	0	0	<i>Salmuera</i> 2	59	54	34
3	30	70	0	0	<i>Salmuera</i> 3	49	115	58

[00151] Tabla 3. Desempeño de reducción de fricción de emulsiones de polímeros con surfactante inversor aniónico o catiónico comparativo

Muestra	Agua	Max FR (%)	T _{max} (s)	T ₉₀ (s)
---------	------	------------	----------------------	---------------------

Aniónico comparativo	Salmuera 1	53	92	48
Aniónico comparativo	Salmuera 2	47	48	27
Aniónico comparativo	Salmuera 2	45	61	35
Catiónico comparativo	Salmuera 1	41	366	155
Catiónico comparativo	Salmuera 2	50	210	74
Catiónico comparativo	Salmuera 3	58	71	37

[00152] **EJEMPLO 2**

[00153] Se preparó una emulsión de poliacrilamida catiónica con una carga de 10% en moles de acuerdo con el procedimiento de emulsión estándar sin ningún agente surfactante inversor. Esta emulsión básica fue utilizada para preparar las muestras CPAM1 - CPAM8 con el 3% en peso de las proporciones de surfactante inversor tal como se muestra en la Tabla 4. Las composiciones surfactantes fueron mezcladas previamente antes de la adición a la emulsión. Los parámetros de reducción de la fricción para cada muestra se midieron en la Salmuera 1 a 77°F ± 3°F a una dosis de 0.5 gptg. Los resultados se muestran en la Figura 6.

[00154] Tabla 4. Desempeño de reducción de fricción de emulsiones de polímeros con composiciones surfactante inversoras ejemplares

Muestra	Proporción de surfactantes inversores A:B:C (% en peso)	Max FR (%)	T _{max} (s)	T ₉₀ (s)
CPAM1	20:40:40	61	41	25
CPAM2	30:40:30	58	50	28
CPAM3	0:50:50	58	45	27
CPAM4	0:40:60	54	50	28
CPAM5	0:100:0	54	70	44
CPAM6	0:30:70	52	83	36
CPAM7	30:30:40	50	169	36
CPAM8	20:30:50	50	179	38

[00155] **EJEMPLO 3**

[00156] Se preparó una emulsión de poliacrilamida aniónica con una carga de 15% en moles de acuerdo con el procedimiento de emulsión estándar sin ningún agente surfactante inversor. Esta emulsión básica fue utilizada para preparar las muestras APAM1 - APAM5 con el 3% en peso de las proporciones de surfactante inversor tal como se muestra en la Tabla 5. Las composiciones surfactantes fueron mezcladas previamente antes de la adición a la emulsión. Los parámetros de reducción de la fricción para cada muestra se midieron en la Salmuera 1 a 77°F ± 3°F a una dosis de 0.5 gptg. Los resultados se muestran en la Figura 7.

[00157] Tabla 5. Desempeño de reducción de fricción de emulsiones de polímeros con composiciones surfactante inversoras ejemplares

Muestra	Proporción de surfactantes inversores A:B:C (% en peso)	Max FR (%)	T _{max} (s)	T ₉₀ (s)
APAM1	30:70:0	60	53	32
APAM2	30:50:20	55	91	45
APAM3	30:40:30	53	87	50
APAM4	10:60:30	52	117	71
APAM5	0:60:40	50	117	73

[00158] En la memoria descriptiva anterior, se han descrito varias incorporaciones con referencia a los ejemplos. Sin embargo, será evidente que se pueden realizar varias modificaciones y cambios a las mismas, y se pueden implementar incorporaciones adicionales, sin apartarse del alcance más amplio de las incorporaciones ejemplares que se exponen en las reivindicaciones siguientes. Por consiguiente, la memoria descriptiva y los dibujos deben considerarse en un sentido ilustrativo en lugar de restrictivo.