

## ESPACIADORES DE BAJO CONTENIDO DE SÍLICE CRISTALINA COMPATIBLES

### ANTECEDENTES

5 [0001] Los fluidos espaciadores se usan a menudo en operaciones subterráneas para facilitar una mayor eficiencia de desplazamiento al introducir nuevos fluidos en un pozo. Por ejemplo, se puede usar un fluido espaciador para desplazar un fluido en un pozo antes de la introducción de otro fluido. Cuando se usan para el desplazamiento del fluido de perforación, los fluidos espaciadores pueden mejorar la remoción de sólidos, así como también separar el fluido de perforación de un fluido físicamente incompatible. Por ejemplo, en operaciones de cementación primaria, el fluido espaciador puede colocarse en el pozo para separar la composición de cemento del fluido de perforación. Los fluidos espaciadores también se pueden colocar entre diferentes fluidos de perforación durante los cambios de perforación o entre un fluido de perforación y la salmuera de terminación. Los fluidos espaciadores típicamente no se consolidan porque los fluidos espaciadores típicamente no desarrollan una fuerza significativa de gel o compresión.

10 [0002] El fluido espaciador puede tener determinadas características para mejorar su eficacia. Por ejemplo, el fluido espaciador puede ser compatible con el fluido desplazado y la composición de cemento. Esta compatibilidad también puede estar presente a temperaturas y presiones de fondo de pozo. En algunos casos, los fluidos espaciadores pueden usarse para desplazar los fluidos de perforación a base de aceite, a menudo denominados "lodos a base de aceite", de un pozo. Los fluidos de perforación a base de aceite son típicamente una emulsión inversa que incluye una fase interna acuosa y una fase externa de aceite. Sin embargo, ciertos fluidos espaciadores pueden presentar interacciones negativas cuando se produce el contacto y la mezcla en el pozo con los fluidos de perforación a base de aceite. Esta interacción negativa puede denominarse "incompatibilidad" y puede observarse como un aumento significativo de la viscosidad mayor que la viscosidad del fluido espaciador o del fluido de perforación a base de aceite.

### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0003] Estos dibujos ilustran ciertos aspectos de algunas de las formas de realización de la presente divulgación y no deben utilizarse para limitar o definir la presente divulgación.

30 [0004] La Figura 1 es una ilustración esquemática de un sistema de ejemplo para la preparación y entrega de un fluido espaciador a un pozo.

[0005] La Figura 2 es una ilustración esquemática de un ejemplo en el que se usa un fluido espaciador entre una composición de cemento y un fluido de perforación.

35 [0006] La Figura 3 es una ilustración esquemática de la forma de realización de la Figura 2 que muestra el desplazamiento del fluido de perforación.

### DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0007] La presente divulgación se refiere a fluidos espaciadores para su uso en operaciones subterráneas y, más particularmente, en ciertas formas de realización, a fluidos espaciadores que incluyen un aditivo espaciador que comprende un material abrasivo sólido y una goma de biopolímero mientras que están esencialmente libres de arcilla. Mediante el uso de goma de biopolímero en lugar de arcilla para obtener viscosidad, los fluidos espaciadores pueden tener una compatibilidad

mejorada con fluidos desplazados, tales como los fluidos de perforación a base de aceite. Además, los fluidos espaciadores pueden exhibir una resistencia mejorada a la gelificación al entrar en contacto con fluidos de perforación a base de aceite en el pozo, lo que da como resultado una recuperación mejorada de los fluidos de perforación a base de aceite y una densidad circulante equivalente reducida. Los fluidos espaciadores también pueden incluir un compuesto de tensioactivo sólido, por ejemplo, que también debería mejorar la compatibilidad del fluido espaciador. El material abrasivo sólido usado en los fluidos espaciadores también puede considerarse de bajo contenido de sílice cristalina (es decir, alrededor de 5% en peso o menos). Mediante el uso de materiales abrasivos sólidos con bajo contenido de sílice cristalina, se puede reducir la exposición a la sílice cristalina personal, lo que reduce así o limita potencialmente los peligros para la salud por la inhalación de partículas de sílice. Además del material abrasivo sólido, la goma de biopolímero y el tensioactivo sólido, los fluidos espaciadores pueden incluir además agentes antiespumantes y agentes densificantes según se desee para una aplicación particular.

[0008] Las formas de realización pueden incluir preparar una mezcla seca espaciadora que incluye un aditivo espaciador y un compuesto de tensioactivo sólido, en donde el aditivo espaciador comprende un material abrasivo sólido y una goma de biopolímero. La mezcla seca espaciadora puede incluir además aditivos opcionales, que incluyen agentes antiespumantes y agentes densificantes. La mezcla seca de espaciador se puede preparar en cualquier lugar adecuado. A modo de ejemplo, la mezcla seca espaciadora se puede preparar en el sitio del pozo o en un lugar remoto del sitio del pozo, tal como una planta de cemento a granel. En el sitio del pozo, la mezcla seca del espaciador se puede combinar con agua y el fluido espaciador resultante se puede bombear al pozo. En otras formas de realización, uno o más de los componentes del fluido espaciador se pueden combinar individualmente con el agua en el sitio del pozo para formar el fluido espaciador.

[0009] Las formas de realización de los fluidos espaciadores pueden incluir un aditivo espaciador que incluye un material abrasivo sólido, por ejemplo, para depurar y facilitar la eliminación de la torta de filtro sólida en las superficies del pozo. En algunas formas de realización, los materiales abrasivos sólidos adecuados pueden tener una dureza de Mohs de alrededor de 6 o mayor. En algunas formas de realización, los materiales abrasivos sólidos adecuados pueden tener una gran angularidad de modo que el material abrasivo sólido tenga esquinas afiladas y/o dentadas. Al tener esquinas afiladas y/o dentadas, el material abrasivo sólido puede tener una mejor abrasión con presiones de impacto más altas. Angularidad y redondez son ambos términos que se pueden usar para describir la forma de las esquinas de una partícula. Cuanto mayor sea la angularidad de una partícula (por ejemplo, partícula angular), menor será la redondez de esa partícula. De manera similar, cuanto mayor es la redondez de una partícula, menor es la angularidad de esa partícula. Como apreciará una persona del oficio de nivel medio, y con la ayuda de esta divulgación, los ejemplos de materiales abrasivos sólidos adecuados pueden tener una gran angularidad. En algunas formas de realización, los materiales abrasivos sólidos adecuados pueden tener una redondez de menos de alrededor de 0.6 y una esfericidad de menos de alrededor de 0.6. La redondez generalmente se refiere a la nitidez de las esquinas y bordes de un grano/partícula y puede definirse como la relación entre la relación de curvatura promedio de las esquinas y la relación del círculo inscrito más grande. Dado que medir la redondez puede llevar bastante tiempo, el método común para estimar la redondez es comparar

visualmente los granos de redondez desconocida con imágenes estándar de granos de redondez conocida. La esfericidad generalmente mide el grado en que una partícula se acerca a una forma esférica, y puede definirse como la relación entre el diámetro de una esfera con el mismo volumen que la partícula y el diámetro de la esfera circunscrita. La esfericidad de una partícula generalmente se determina al medir las tres dimensiones lineales de la partícula: diámetro más largo, diámetro intermedio y diámetro más corto.

[0010] Además, el material abrasivo sólido se puede considerar de bajo contenido de sílice cristalina, ya que el material abrasivo sólido puede contener cantidades reducidas de sílice cristalina (es decir, alrededor de 5% en peso o menos). Por ejemplo, el material abrasivo sólido puede contener sílice cristalina en una cantidad de alrededor de 5% en peso, alrededor de 3% en peso o menos, o alrededor de 1% en peso o menos. En algunas formas de realización, el material abrasivo sólido puede estar libre y/o esencialmente libre de sílice cristalina.

[0011] Los ejemplos de materiales abrasivos sólidos adecuados pueden incluir, entre otros, piedra pómez, perlita, otros vidrios volcánicos, sílice ahumada y cenizas volantes, entre otros. En formas de realización, el material abrasivo sólido puede tener un peso específico de alrededor de 2.5 o menos. En algunas formas de realización, el material abrasivo sólido puede incluir piedra pómez. Generalmente, la piedra pómez es una roca volcánica que puede exhibir propiedades cementosas, ya que puede fraguar y endurecerse en presencia de cal hidratada y agua. La piedra pómez también se puede moler. Generalmente, la piedra pómez puede tener cualquier distribución de tamaño de partícula que se desee para una aplicación particular. En determinadas formas de realización, la piedra pómez puede tener un tamaño medio de partícula de alrededor de 1 micrómetro a alrededor de 200 micrómetros según se define por los métodos ASTM. El tamaño medio de partícula corresponde a valores d50 medidos por analizadores de tamaño de partícula tales como los fabricados por Malvern Instruments, Worcestershire, Reino Unido. En formas de realización específicas, la piedra pómez puede tener un tamaño medio de partícula de alrededor de 1 micrómetro a alrededor de 200 micrómetros, de alrededor de 5 micrómetros a alrededor de 100 micrómetros, o de alrededor de 10 micrómetros a alrededor de 25 micrómetros. El material abrasivo sólido puede estar presente en el aditivo espaciador en cualquier cantidad adecuada, que incluye, entre otras, una cantidad de alrededor de 50% en peso a alrededor de 99.9% en peso en función del peso total del aditivo espaciador. En formas de realización específicas, el material abrasivo sólido puede estar presente en una cantidad de alrededor de 90% en peso a alrededor de 99% en peso o de alrededor de 95% en peso a alrededor de 98% en peso en función del peso total del aditivo espaciador. En un ejemplo específico, el material abrasivo sólido puede estar presente en el aditivo espaciador en una cantidad de alrededor de 97.6% en peso en función del peso total del aditivo espaciador. Una persona del oficio de nivel medio con el beneficio de esta divulgación debería poder seleccionar un tamaño de partícula y una concentración apropiados para el material abrasivo sólido.

[0012] Las formas de realización de los fluidos espaciadores pueden incluir un aditivo espaciador que incluye una goma de biopolímero. Los ejemplos de gomas de biopolímero adecuadas pueden incluir, entre otros, goma xantano, goma diutano, goma welan, goma escleroglucano y combinaciones de estas. La goma de biopolímero puede estar presente en el aditivo espaciador en cualquier cantidad adecuada, que incluye, entre otras, una cantidad de alrededor de 0.1% en peso a alrededor de 10%

en peso en función del peso total del aditivo espaciador. En formas de realización específicas, el material abrasivo sólido puede estar presente en una cantidad de alrededor de 1% en peso a alrededor de 5% en peso, o de alrededor de 2% en peso a alrededor de 3% en peso en función del peso total del aditivo espaciador. En un ejemplo específico, la goma de biopolímero puede estar presente en el aditivo espaciador en una cantidad de alrededor de 97.6% en peso en función del peso total del aditivo espaciador. Una persona del oficio de nivel medio con el beneficio de esta divulgación debería poder seleccionar una concentración apropiada para el biopolímero.

[0013] La reología y la cantidad de material abrasivo sólido y goma de biopolímero en la mezcla seca espaciadora que contiene agente abrasivo, goma de biopolímero, compuesto de tensioactivo sólido, agente antiespumante y/o agente densificante pueden modificarse según se desee para obtener un fluido espaciador con las propiedades deseadas. Por ejemplo, la reducción del porcentaje en peso de la goma de biopolímero en la mezcla seca del espaciador debería reducir el esfuerzo de cizallamiento producido por el fluido espaciador a una velocidad de cizallamiento dada por unidad de masa de aditivo espaciador en la mezcla seca del espaciador. En cantidades bajas, tal como 0.1% en peso, la goma de biopolímero en el aditivo espaciador puede verse obstaculizada para lograr la reología necesaria en fluidos espaciadores de mayor densidad. Si el porcentaje en peso de la goma de biopolímero en el aditivo espaciador aumenta a una cantidad elevada, tal como 10% en peso o más, la cantidad de material abrasivo sólido puede reducirse hasta tal punto que se vuelva ineficaz para depurar la torta de filtro de lodo del pozo. En algunas formas de realización, el aditivo espaciador puede tener una relación en peso de goma de biopolímero con respecto al material abrasivo sólido de alrededor de 0.5:99.5 a alrededor de 10:90, o alrededor de 1:99 a alrededor de 5:95, o de alrededor de 2:98 a alrededor de 3:97. En algunas formas de realización, la relación en peso de biopolímero con respecto al material abrasivo sólido puede ser de alrededor de 2.4 de goma de biopolímero a alrededor de 97.6 de material abrasivo sólido.

[0014] El aditivo espaciador puede incluirse en la mezcla seca espaciadora en cualquier cantidad adecuada. En algunas formas de realización, el aditivo espaciador que incluye el material abrasivo sólido y la goma de biopolímero se puede incluir en la mezcla seca del espaciador en una cantidad de alrededor de 20% en peso a alrededor de 100% en peso, en función del peso total de la mezcla seca del espaciador. En formas de realización específicas, la mezcla seca espaciadora puede estar presente en una cantidad alrededor de 20% en peso a alrededor de 50% en peso, alrededor de 60% en peso a alrededor de 99% en peso, alrededor de 80% en peso a alrededor de 99% en peso, o alrededor de 90% en peso a alrededor de 100% en peso, en función del peso total de la mezcla seca del espaciador.

[0015] Las formas de realización de los fluidos espaciadores pueden incluir un compuesto tensioactivo sólido, que puede incluir un tensioactivo y un portador sólido. Opcionalmente, el compuesto de tensioactivo sólido puede incluir un dispersante, un agente antiespumante o una combinación de estos. El compuesto de tensioactivo sólido puede tener una amplia variedad de formas y tamaños de partículas individuales adecuadas para su uso en aplicaciones de pozos. A modo de ejemplo, las partículas individuales del compuesto de tensioactivo sólido pueden tener geometrías físicas bien definidas, así como geometrías irregulares, que incluye la forma física de plaquetas, virutas, fibras, escamas, cintas, varillas, tiras, esferoides, perlas huecas, toroides, pélets,

tabletas o cualquier otra forma física. Sin limitación, el compuesto de tensioactivo sólido puede tener un tamaño de partícula medio en el rango de alrededor de 5 micrómetros a alrededor de 1,500 micrómetros y, alternativamente, un tamaño de partícula medio en el rango de alrededor de 20 micrómetros a alrededor de 500 micrómetros. Sin embargo, los tamaños de partículas fuera de estos rangos definidos también pueden ser adecuados para aplicaciones particulares.

[0016] El compuesto de tensioactivo sólido puede incluirse en la mezcla seca espaciadora en cualquier cantidad adecuada. En algunas formas de realización, el compuesto de tensioactivo sólido se puede incluir en la mezcla seca del espaciador en una cantidad de alrededor de 0.1% en peso a alrededor de 10% en peso en función del peso total de la mezcla seca del espaciador. En formas de realización específicas, la mezcla seca espaciadora puede estar presente en una cantidad alrededor de 1% en peso a alrededor de 10% en peso, alrededor de 1% en peso a alrededor de 5% en peso, o alrededor de 2% en peso a alrededor de 5% en función del peso total de la mezcla seca del espaciador.

[0017] Se puede incluir cualquiera de una variedad de tensioactivos en el compuesto de tensioactivo sólido que puede ser capaz de humedecer las superficies de los pozos (por ejemplo, humedecer con agua o aceite), tal como la pared del pozo y la superficie del revestimiento. La función que puede realizar un tensioactivo particular depende de una variedad de factores. Estos factores pueden incluir, entre otros, la elección de las porciones hidrófobas e hidrófilas y las cantidades relativas de estas y la presencia de cualquier grupo catiónico, iónico, no iónico, anfótero o bipolar. En algunas formas de realización, en el compuesto de tensioactivo sólido se pueden incluir tanto un tensioactivo humectante de agua como un tensioactivo humectante de aceite. El tensioactivo humectante puede incluirse en el compuesto de tensioactivo sólido en una cantidad, entre otras, de alrededor de 5% en peso a alrededor de 99.9% en peso en función del peso total del compuesto de tensioactivo sólido. A modo de ejemplo, el tensioactivo humectante puede incluirse en una cantidad de alrededor de 5% en peso, alrededor de 10% en peso, alrededor de 20 en peso, alrededor de 30% en peso, alrededor de 40% en peso, alrededor de 50% en peso, alrededor de 60% en peso, alrededor de 70% en peso, alrededor de 80% en peso, alrededor de 90% en peso, o alrededor de 99.9% en peso en función del peso total del compuesto de tensioactivo sólido. Los ejemplos de tensioactivos humectantes adecuados pueden incluir etoxilatos de alcohol, etoxisulfatos de alcohol, etoxilatos de alquilfenol (por ejemplo, etoxilatos de nonilfenol), éteres de glicol y combinaciones de estos. Algunos de los tensioactivos humectantes pueden usarse como sales solubles en agua. Por ejemplo, los tensioactivos humectantes pueden seleccionarse de metales alcalinos, metales alcalinotérreos, amonio y sales de alcanolammonio de etoxilatos de alcohol, etoxisulfatos de alcohol, y etoxilatos de alquilfenol. La persona de oficio de nivel medio, con el beneficio de esta divulgación, debería ser capaz de seleccionar un tensioactivo humectante apropiado y su concentración para una aplicación particular.

[0018] Como se ha descrito anteriormente, el tensioactivo humectante puede disponerse en un portador sólido. Sin limitación, el portador sólido puede incluir cualquiera de una variedad de materiales sólidos, tales como tierra de diatomeas, sílice amorfa, almidón, silicato de calcio y combinaciones de estos. El portador sólido puede incluirse en el compuesto de tensioactivo sólido en una cantidad, entre otras, de alrededor de 0.1% en peso a alrededor de 95% en peso en función del peso total del compuesto de tensioactivo sólido. A modo de ejemplo, el portador sólido puede

incluirse en una cantidad de alrededor de 0.1% en peso, alrededor de 10% en peso, alrededor de 20 en peso, alrededor de 30% en peso, alrededor de 40% en peso, alrededor de 50% en peso, alrededor de 60% en peso, alrededor de 70% en peso, alrededor de 80% en peso, alrededor de 90% en peso, o alrededor de 95% en peso en función del peso total del compuesto de tensioactivo sólido. La persona de oficio de nivel medio, con el beneficio de esta divulgación, debería ser capaz de seleccionar un portador sólido apropiado y su concentración para una aplicación particular.

[0019] Opcionalmente, el compuesto de tensioactivo sólido puede incluir un dispersante. Sin limitación, los dispersantes adecuados pueden incluir cualquiera de una variedad de dispersantes de cemento comúnmente usados, tales como dispersantes sulfonados; dispersantes poliméricos sulfonados; sulfonatos de naftaleno; sulfonatos de melamina; condensado de melamina formaldehído sulfonado; condensado de naftaleno formaldehído sulfonado; condensado de sulfonato acetona formaldehído; poliacrilatos etoxilados; o combinaciones de estos. Un ejemplo de un dispersante adecuado puede incluir un sulfonato de naftaleno condensado con de alrededor de 4 moles a alrededor de 8 moles y, alternativamente, alrededor de 6 moles de formaldehído. El dispersante puede incluirse en el compuesto de tensioactivo sólido en una cantidad, entre otras, de alrededor de 10% en peso a alrededor de 90% en peso en función del peso total del compuesto de tensioactivo sólido. A modo de ejemplo, el dispersante puede incluirse en una cantidad de alrededor de alrededor de 10% en peso, alrededor de 20% en peso, alrededor de 30% en peso, alrededor de 40% en peso, alrededor de 50% en peso, alrededor de 60% en peso, alrededor de 70% en peso, alrededor de 80% en peso, o alrededor de 90% en peso en función del peso total del compuesto de tensioactivo sólido. La persona de oficio de nivel medio, con el beneficio de esta divulgación, debería ser capaz de seleccionar un dispersante apropiado y su concentración para una aplicación particular.

[0020] Opcionalmente, el compuesto de tensioactivo sólido puede incluir un agente antiespumante. El agente antiespumante se puede incluir en el compuesto de tensioactivo sólido además del dispersante, o separado de este. Los agentes antiespumantes adecuados pueden incluir compuestos usados en operaciones de pozos para evitar que el fluido de tratamiento de pozos forme espuma durante la mezcla y el bombeo. Por ejemplo, los agentes antiespumantes adecuados pueden incluir composiciones de poliol, siloxanos tales como polidimetilsiloxano, dioles acetilénicos y combinaciones de estos. El agente antiespumante se puede incluir en el compuesto de tensioactivo sólido además del dispersante, o separado de este. El agente antiespumante se puede incluir en el compuesto de tensioactivo sólido en una cantidad, entre otras, de alrededor de 0.1% en peso a alrededor de 20% en peso en función del peso total del compuesto tensioactivo sólido. A modo de ejemplo, el agente antiespumante se puede incluir en una cantidad de alrededor de 0.1% en peso, alrededor de 5% en peso, alrededor de 10% en peso, alrededor de 15% en peso, o alrededor de 20% en peso en función del peso total del compuesto de tensioactivo sólido. La persona de oficio de nivel medio, con el beneficio de esta divulgación, debería ser capaz de seleccionar un agente antiespumante apropiado y su concentración para una aplicación particular.

[0021] Por ejemplo, un compuesto de tensioactivo sólido puede incluir un etoxilato de alcohol, un portador sólido que incluye sílice amorfa, un dispersante y un agente antiespumante. A modo de ejemplo, el compuesto de tensioactivo sólido puede incluir un alcohol C<sub>8</sub> a C<sub>12</sub> sustituido con alrededor de 4 moles a alrededor de 8 moles de óxido de etileno, sílice amorfa, un condensado de naftaleno

formaldehído sulfonado, y un siloxano. A modo de ejemplo adicional, el compuesto de tensioactivo sólido puede incluir alcohol isodecílico sustituido con 6 moles de óxido de etileno, sílice amorfa, sulfonato de naftaleno condensado con 6 moles de formaldehído y un polidimetil siloxano.

[0022] Por ejemplo, un compuesto de tensioactivo sólido puede incluir un etoxilato de alcohol, un portador sólido, un dispersante y un agente antiespumante. A modo de ejemplo, el compuesto de tensioactivo sólido puede incluir un alcohol C<sub>12</sub> a C<sub>14</sub> sustituido con alrededor de 10 moles a alrededor de 14 moles de óxido de etileno, sílice amorfa, tierra de diatomeas, un condensado de naftaleno formaldehído sulfonado, y un siloxano. A modo de ejemplo adicional, el compuesto de tensioactivo sólido puede incluir alcohol isotridecílico sustituido con 12 moles de óxido de etileno, sílice amorfa, tierra de diatomeas, sulfonato de naftaleno condensado con 6 moles de formaldehído y un polidimetilsiloxano.

[0023] El compuesto de tensioactivo sólido se puede preparar mediante cualquier técnica adecuada. A modo de ejemplo, los componentes (por ejemplo, tensioactivo humectante, portador sólido, dispersante y/o agente antiespumante) se pueden combinar para formar una mezcla. A continuación, esta mezcla se puede secar, tal como mediante secado por pulverización, para formar un producto sólido sustancialmente seco. También pueden usarse otras técnicas adecuadas para la preparación del compuesto de tensioactivo sólido, como resultará evidente para la persona de oficio de nivel medio.

[0024] Se puede incluir una amplia variedad de aditivos adicionales en la mezcla seca del espaciador según lo considere apropiado una persona del oficio de nivel medio, con el beneficio de esta divulgación. Los ejemplos de tales aditivos incluyen, entre otros, agentes densificantes, (por ejemplo, barita), agentes antiespumantes. Los agentes densificantes se pueden incluir en la mezcla seca del espaciador, por ejemplo, para proporcionar al fluido espaciador la densidad deseada. Los ejemplos de agentes densificantes adecuados incluyen, por ejemplo, materiales que tienen un peso específico de 2.5 o más, tales como barita, tetraóxido de manganeso, óxido de hierro, carbonato de calcio o carbonato de hierro. Los agentes densificantes se pueden incluir en cualquier cantidad adecuada, que incluye, entre otros, de alrededor de 1% en peso a alrededor de 99% en peso, alrededor de 50% en peso a alrededor de 99% en peso, o alrededor de 75% en peso a alrededor de 99% en peso en función del peso total de la mezcla seca del espaciador. Los agentes antiespumantes se pueden incluir en la mezcla seca del espaciador, por ejemplo, para reducir la formación de espuma indeseable en el fluido espaciador al mezclar e instruir en el pozo. Los ejemplos de agentes antiespumantes adecuados pueden incluir, entre otros, composiciones de polioliol, siloxanos tales como el polidimetilsiloxano, dioles acetilénicos, alcoholes etoxilados, alcoholes propoxilados, etoxilatos de alcoholes grasos, olefinas internas y combinaciones de estos. Los agentes antiespumantes se pueden incluir en cualquier cantidad adecuada, que incluye, entre otros, de alrededor de 0.01% en peso a alrededor de 10% en peso, alrededor de 0.05% en peso a alrededor de 5% en peso, o alrededor de 0.05% en peso a alrededor de 1% en peso en función del peso total de la mezcla seca del espaciador. Una persona de oficio de nivel medio, con el beneficio de esta divulgación, debería ser capaz de determinar fácilmente el tipo y la cantidad de aditivo útil para una aplicación particular y el resultado deseado. Si bien estos aditivos se describen como incluidos en la mezcla seca del espaciador, también se contempla que uno o más de estos aditivos se puedan agregar directamente

al agua, lo que puede ocurrir antes, durante o después de la adición de la mezcla seca del espaciador al agua.

[0025] Como se describió anteriormente, la mezcla seca del espaciador se puede combinar con agua para formar un fluido espaciador, que luego se puede introducir en el pozo. El agua usada en una forma de realización de los fluidos espaciadores puede incluir, por ejemplo, agua dulce, agua salada (por ejemplo, agua que contiene una o más sales disueltas en su interior), salmueras, agua de mar o cualquier combinación de estas. Generalmente, el agua puede provenir de cualquier fuente, siempre que el agua no contenga un exceso de compuestos que puedan afectar indeseablemente a otros componentes en el fluido espaciador. El agua se incluye en una cantidad suficiente para formar un fluido espaciador bombeable. En algunas formas de realización, el agua se puede incluir en los fluidos espaciadores en una cantidad en el rango de alrededor de 15% en peso a alrededor de 95% en peso en función del peso total del fluido espaciador. En otras formas de realización, el agua se puede incluir en los fluidos espaciadores en una cantidad en el rango de alrededor de 25% en peso a alrededor de 85% en peso o alrededor de 50% en peso a alrededor de 75% en peso en función de un peso total del fluido espaciador. La mezcla seca espaciadora se puede incluir en el fluido espaciador en cualquier cantidad adecuada, alrededor de 5% en peso a alrededor de 50 % en peso, a alrededor de 10% en peso a alrededor de 60% en peso, o alrededor de 20% en peso a 50% en peso en función del peso total del fluido espaciador. La persona de oficio de nivel medio con el beneficio de esta divulgación debería reconocer la cantidad apropiada de agua y mezcla seca espaciadora a incluir para una aplicación elegida.

[0026] Además, los fluidos espaciadores y/o las mezclas secas espaciadoras se pueden considerar de bajo contenido de sílice cristalina, en el sentido de que los fluidos espaciadores y/o los fluidos secos espaciadores pueden contener cantidades reducidas de sílice cristalina, sin incluir ningún agente densificante potencial (por ejemplo, barita) que se pueda incluir. Por ejemplo, los fluidos espaciadores y/o las mezclas secas espaciadoras pueden contener sílice cristalina en una cantidad de alrededor de 5% o menos, alrededor de 3% o menos, o alrededor de 1% o menos en peso. En algunas formas de realización, los fluidos espaciadores y/o las mezclas secas espaciadoras pueden estar libres y/o esencialmente libres de sílice cristalina.

[0027] Además, las formas de realización de los fluidos espaciadores y/o las mezclas secas espaciadoras pueden estar esencialmente libres de arcilla, es decir, pueden no contener arcilla o, en la medida en que la arcilla pueda estar presente, la arcilla está presente en una cantidad no mayor de 2% en peso. En algunas formas de realización, los fluidos espaciadores pueden no contener arcilla o, en la medida en que la arcilla pueda estar presente, la arcilla está presente en una cantidad no mayor de 1% en peso, 0.5% en peso, 0.1% en peso o menos. En los fluidos espaciadores y/o en las mezclas secas de espaciadores se suelen incluir varias arcillas diferentes, que incluyen, entre otras, las arcillas montmorillonita, atapulgita y sepiolita. A diferencia de los fluidos espaciadores convencionales que usan arcilla para la viscosidad, los fluidos espaciadores que comprenden el aditivo espaciador pueden usar la goma de biopolímero para la viscosidad. Cuando las arcillas se intercalan, las plaquetas se apilan en capas con iones entre ellas. A medida que las arcillas se exfolian, los tensioactivos y los fluidos iónicos con el lodo suelen interactuar de forma imprevisible con las plaquetas cargadas iónicamente. Esto puede dar lugar a la gelificación, así como a la falta de

propiedades viscosas adecuadas. Al reducir o incluso eliminar potencialmente la arcilla de los fluidos espaciadores, el fluido espaciador puede tener una mayor compatibilidad con los fluidos desplazados o adyacentes.

[0028] Los fluidos espaciadores generalmente deben tener una densidad adecuada para una aplicación particular según lo deseado por las personas de oficio de nivel medio, con el beneficio de esta divulgación. En algunas formas de realización, los fluidos espaciadores pueden tener una densidad en el rango de alrededor de 4 libras por galón ("lb/gal") (480 kg/m<sup>3</sup>) a alrededor de 24 lg/gal (2900 kg/m<sup>3</sup>). En otras formas de realización, los fluidos espaciadores pueden tener una densidad en el rango de alrededor de 4 lb/gal (480 kg/m<sup>3</sup>) a alrededor de 17 lb/gal (2040 kg/m<sup>3</sup>). Aun en otras formas de realización, los fluidos espaciadores pueden tener una densidad en el rango de alrededor de 8 lg/gal (960 kg/m<sup>3</sup>) a alrededor de 13 lb/gal (1600 kg/m<sup>3</sup>). Las formas de realización de los fluidos espaciadores pueden ser espumados o no espumados o incluir otros medios para reducir sus densidades conocidos en la técnica, tales como los aditivos ligeros. Las personas de oficio de nivel medio, con el beneficio de esta divulgación, reconocerán la densidad apropiada para una aplicación particular.

[0029] Los fluidos espaciadores adecuados se pueden preparar de acuerdo con cualquier técnica apropiada. Por ejemplo, la cantidad deseada de agua se puede introducir en un mezclador (por ejemplo, un mezclador de cemento) seguido de la mezcla seca del espaciador. Se pueden agregar al agua aditivos líquidos adicionales y/o aditivos secos, si se desea, antes o después de la combinación con la mezcla seca. Esta mezcla se puede agitar durante un período de tiempo suficiente para formar una lechada bombeable. A modo de ejemplo, se pueden usar bombas para el suministro de este lodo bombeable en el pozo. Como se apreciará, el fluido espaciador y/o la mezcla seca espaciadora pueden ser preparados en el sitio del pozo o preparados fuera del sitio y luego transportados al sitio del pozo. Si se prepara fuera del sitio, la mezcla seca espaciadora y/o el fluido espaciador se pueden transportar al sitio del pozo mediante el uso de cualquier modo de transporte adecuado, que incluye, entre otros, un camión, un vagón de ferrocarril, una barcaza o algo similar. Alternativamente, el fluido espaciador y/o la mezcla seca espaciadora pueden ser formulados en el sitio del pozo, por ejemplo, donde los componentes del fluido espaciador y/o la mezcla seca espaciadora pueden ser entregados desde un transporte (por ejemplo, un vehículo o una tubería) y luego mezclados antes de su colocación en el fondo de pozo. Como apreciarán las personas de oficio de nivel medio, con el beneficio de esta divulgación, se pueden usar otras técnicas adecuadas para preparar los fluidos espaciadores de acuerdo con las formas de realización.

[0030] Por ejemplo, el fluido espaciador (como se describe en la presente) se puede usar para desplazar un primer fluido de un pozo, el pozo que penetra en una formación subterránea. El método puede incluir, además, la introducción del fluido espaciador en el pozo para desplazar al menos una porción del primer fluido del pozo. Por ejemplo, el fluido espaciador puede desplazar el primer fluido de un anillo de pozo, tal como el espacio anular entre una sarta de tubería y la formación subterránea o entre la sarta de tubería y un conducto mayor. Los ejemplos no limitativos del primer fluido desplazado por el fluido espaciador pueden incluir un fluido de perforación. A modo de ejemplo, el fluido espaciador se puede usar para desplazar el fluido de perforación del pozo. Además de desplazar el fluido de perforación del pozo, el fluido espaciador también puede eliminar el fluido de

perforación de las paredes del pozo y/o de la sarta de tubería. Las etapas adicionales del método pueden incluir, entre otros, la introducción de una sarta de tubería en el pozo, la introducción de una composición de cemento en el pozo con el fluido espaciador que separa la composición de cemento y el primer fluido.

5 [0031] Como se describe en la presente, el fluido espaciador puede evitar que la composición de cemento entre en contacto con el primer fluido, tal como un fluido de perforación. El fluido espaciador también puede eliminar el fluido de perforación, el fluido de perforación deshidratado/gelificado, y/o los sólidos de la torta de filtro del pozo antes de la composición de cemento. La eliminación de estas composiciones del pozo puede mejorar la adhesión de la composición de cemento a las superficies  
10 del pozo.

[0032] El fluido de perforación desplazado puede incluir, por ejemplo, cualquier cantidad de fluidos, tales como suspensiones sólidas, mezclas y emulsiones. Un ejemplo no limitativo de un fluido de perforación adecuado puede incluir un fluido de perforación a base de aceite. Un ejemplo de un fluido de perforación adecuado a base de aceite incluye una emulsión invertida. Por ejemplo, el fluido de  
15 perforación a base de aceite puede incluir un fluido oleaginoso. Los ejemplos de fluidos oleaginosos adecuados que pueden incluirse en los fluidos de perforación a base de aceite incluyen, entre otros,  $\alpha$ -olefinas, olefinas internas, alcanos, solventes aromáticos, cicloalcanos, gas licuado de petróleo, queroseno, gasóleos, aceites crudos, gasóleos, aceites de combustible, aceites de parafina, aceites minerales, aceites minerales de baja toxicidad, olefinas, ésteres, amidas, aceites sintéticos (por  
20 ejemplo, poliolefinas), polidiorganosiloxanos, siloxanos, organosiloxanos, éteres, dialquilcarbonatos, hidrocarburos y combinaciones de estos.

[0033] La composición de cemento introducida en el pozo puede incluir cemento hidráulico y agua. Se puede utilizar una variedad de cementos hidráulicos de acuerdo con las presentes formas de realización, que incluyen, entre otros, aquellos que incluyen calcio, aluminio, silicio, oxígeno, hierro  
25 y/o azufre, que se fijan y endurecen por reacción con el agua. Los cementos hidráulicos adecuados incluyen, entre otros, los cementos Portland, los cementos de puzolana, los cementos de yeso, los cementos de alto contenido en alúmina, los cementos de escoria, los cementos de sílice y las combinaciones de estos. En ciertas formas de realización, el cemento hidráulico puede incluir un cemento Portland. En algunas formas de realización, los cementos Portland pueden incluir cementos  
30 que se clasifican como cementos clases A, C, H y G de acuerdo con el Instituto Americano del Petróleo (American Petroleum Institute), *API Specification for Materials and Testing for Well Cements*, Especificación API 10, 5.<sup>a</sup> ed., 1 de julio de 1990. Además, en algunas formas de realización, el cemento hidráulico puede incluir cementos clasificados como ASTM tipo I, II o III.

[0034] Por ejemplo, los métodos de uso de los fluidos espaciadores descritos en la presente en la  
35 cementación de pozos se describirán ahora con más detalle con referencia a las Figuras 1-3. Cualquiera de las formas de realización de un fluido espaciador descritas en la presente puede aplicarse en el contexto de las Figuras 1-3. La Figura 1 ilustra un ejemplo de sistema 100 que se puede usar para la preparación y el suministro de un fluido espaciador en el fondo de pozo. Debe observarse que, si bien la Figura 1 representa en general una operación en tierra, las personas del  
40 oficio de nivel medio reconocerán fácilmente que los principios descritos en la presente son igualmente aplicables a operaciones submarinas que emplean torres de perforación y plataformas

flotantes o situadas en el mar, sin apartarse del alcance de la divulgación. Como se ilustra en la Figura 1, el sistema 100 puede incluir un recipiente 105 y una bomba 110. La bomba 110 puede estar situada corriente abajo del recipiente 105 y puede estar acoplada de manera fluida a un tubular 115 que está en comunicación fluida con el pozo 120. El tubular 115 puede estar configurado para hacer circular o entregar de otra manera el fluido espaciador al pozo 120. El tubular 115 puede estar compuesto, por ejemplo, por uno o más tubos diferentes que se extienden dentro del pozo 120. La bomba 110 puede ser, por ejemplo, una o más bombas de alta o baja presión, que pueden depender, entre otros, de la viscosidad y densidad del fluido espaciador. Por ejemplo, la bomba 110 puede extraer el fluido espaciador del recipiente 105, elevar el fluido espaciador a una presión apropiada, y luego introducir el fluido espaciador al tubular 115 para su entrega en el fondo de pozo. Por ejemplo, el recipiente 105 y la bomba 110 pueden estar dispuestos en uno o más camiones de cemento, por ejemplo. Aunque no se ilustra, el sistema 100 puede incluir además un mezclador de recirculación, un mezclador de lotes y/o un mezclador de chorro, que se pueden usar, por ejemplo, en la preparación y/o el almacenamiento del fluido espaciador. Los componentes adicionales no limitativos que pueden estar presentes incluyen, entre otros, tolvas de suministro, válvulas, condensadores, adaptadores, juntas, medidores, sensores, compresores, controladores de presión, sensores de presión, controladores de velocidad de flujo, sensores de velocidad de flujo, sensores de temperatura, y similares.

[0035] La Figura 2 representa una o más formaciones subterráneas 200 penetradas por el pozo 120 con fluido de perforación 205 dispuesto en su interior. El fluido de perforación 205 puede incluir los fluidos de perforación de ejemplo divulgados en la presente, así como otros fluidos de perforación adecuados que serán fácilmente evidentes para las personas de oficio de nivel medio. Si bien el pozo 120 se muestra como extendido generalmente de manera vertical en una o más formaciones subterráneas 200, los principios descritos en la presente son también aplicables a pozos que se extienden en un ángulo a través de una o más formaciones subterráneas 200, tales como pozos horizontales e inclinados. Como se ilustra, el pozo 120 incluye paredes 210. Sin limitación, un revestimiento de superficie 215 puede ser cementado a las paredes 210 del pozo 120 por medio de una vaina de cemento 220. Por ejemplo, una o más sarta de tubería adicionales (por ejemplo, tubería de revestimiento intermedia, tubería de revestimiento de producción, tuberías de revestimiento cortas, etc.), mostradas en la presente como tubería de revestimiento 225, también pueden estar dispuestas en el pozo 120. Como se ilustra, hay un anillo de pozo 230 formado entre el revestimiento 225 y las paredes 210 del pozo 120 (y/o un conducto más grande tal como el revestimiento de superficie 215). Aunque no se muestra, uno o más centralizadores pueden estar unidos a la tubería de revestimiento 225, por ejemplo, para centralizar la tubería de revestimiento 225 en el pozo 120 antes y durante la operación de cementación.

[0036] Como se ilustra, se puede introducir una composición de cemento 235 en el pozo 120. Por ejemplo, la composición de cemento 235 se puede bombear hacia el interior del revestimiento 225. Una bomba (por ejemplo, la bomba 110 en la Figura 1) se puede usar para la entrega de la composición de cemento 235 en el pozo 120. Se puede desear hacer circular la composición de cemento 235 en el pozo 120 hasta que esté en el anillo de pozo 230. La composición de cemento 235 puede incluir las composiciones de cemento de ejemplo divulgadas en la presente, así como otras

composiciones de cemento adecuadas que serán fácilmente evidentes para las personas de oficio de nivel medio. Si bien no se las ilustra, también se pueden utilizar otras técnicas para la introducción de la composición de cemento 235. A modo de ejemplo, se pueden usar técnicas de circulación inversa que incluyen la introducción de la composición de cemento 235 en el pozo 120 por medio del anillo de pozo 230 en lugar de a través del revestimiento 225.

[0037] Por ejemplo, el fluido espaciador 240 se puede usar para separar el fluido de perforación 205 de la composición de cemento 235. La descripción anterior con respecto a la Figura 1 para la preparación de un fluido espaciador se puede usar para el suministro del fluido espaciador 240 en el pozo 120. Además, una bomba (por ejemplo, la bomba 110 en la Figura 1) se puede usar también para el suministro del fluido espaciador 240 en el pozo 120. El fluido espaciador 240 se puede usar con la composición de cemento 235 para desplazar el fluido de perforación 205 del pozo 120, así como para preparar el pozo 120 para la composición de cemento 235. A modo de ejemplo, el fluido espaciador 240 puede funcionar, entre otras cosas, para eliminar el fluido de perforación 205, el fluido de perforación 205 que está deshidratado/gelificado, y/o los sólidos de la torta de filtro del pozo 120 antes de la composición de cemento 235. Aunque no se muestra, se pueden usar uno o más tapones u otros dispositivos adecuados para separar físicamente el fluido de perforación 205 del fluido espaciador 240 y/o el fluido espaciador 240 de la composición de cemento 235.

[0038] Con referencia a la Figura 3, el fluido de perforación 205 ha sido desplazado del anillo de pozo 230. Como se ilustra, se puede permitir que el fluido espaciador 240 y la composición de cemento 235 fluyan por el interior del revestimiento 225 a través de la parte inferior del revestimiento 225 (por ejemplo, la zapata de revestimiento 300) y suban alrededor del revestimiento 225 hacia el anillo de pozo 230, lo que desplaza así el fluido de perforación 205. Al menos una porción del fluido de perforación desplazado 205 puede salir del anillo de pozo 230 a través de una línea de flujo 125 y ser depositado, por ejemplo, en uno o más pozos de retención 130 (por ejemplo, un pozo de lodo), como se muestra en la Figura 1. Con referencia de nuevo a la Figura 3, la composición de cemento 235 puede continuar circulando hasta que haya alcanzado una ubicación deseada en el anillo de pozo 230. El fluido espaciador 240 (o una parte de este) y/o la composición de cemento 235 pueden dejarse en el anillo de pozo 230. Como se ilustra, el fluido espaciador 240 puede disponerse en el anillo de pozo 230 por encima o sobre la composición de cemento 235. La composición de cemento 235 puede asentarse en el anillo de pozo 230 para formar una vaina de anillo de material endurecido y sustancialmente impermeable (es decir, una vaina de cemento) que puede sostener y posicionar el revestimiento 225 en el pozo 120.

[0039] En consecuencia, esta divulgación describe fluidos espaciadores que incluyen un aditivo espaciador que comprende un material abrasivo sólido y una goma de biopolímero, mientras están esencialmente libres de arcilla. Los sistemas y métodos pueden caracterizarse además por una o más de las siguientes declaraciones:

[0040] Declaración 1. Un método de ejemplo puede incluir que el fluido espaciador incluya agua y un aditivo espaciador. El aditivo espaciador puede incluir un material abrasivo sólido y una goma de biopolímero, en donde el material abrasivo sólido incluye sílice cristalina en una cantidad de alrededor de 5% en peso o menos, y en donde el fluido espaciador está esencialmente libre de arcilla. El método de ejemplo puede incluir además e introducir el fluido espaciador en un pozo para desplazar

al menos una porción de un primer fluido en el pozo.

[0041] Declaración 2. El método de acuerdo con la declaración 1, que incluye además la combinación de al menos una mezcla seca espaciadora y agua para formar el fluido espaciador, en donde la mezcla seca espaciadora incluye el material abrasivo sólido y el biopolímero.

- 5 [0042] Declaración 3. El método de acuerdo con la declaración 1 o 2, en donde el material abrasivo sólido tiene una gravedad específica menor de 2.5, y en donde el fluido espaciador no contiene sílice cristalina o incluye sílice cristalina en una cantidad de alrededor de 1% en peso o menos, sin incluir ningún componente que tenga una gravedad específica mayor de 2.5.

- 10 [0043] Declaración 4. El método de acuerdo con cualquier declaración anterior, en donde el material abrasivo sólido tiene una dureza de Mohs de alrededor de 6 o mayor, en donde el material abrasivo sólido tiene una redondez de alrededor de 0.6 o menos, y en donde el material abrasivo sólido tiene una esfericidad de alrededor de 6 o menos.

- 15 [0044] Declaración 5. El método de acuerdo con cualquier declaración anterior, en donde el material abrasivo sólido incluye al menos un material seleccionado del grupo que consiste en piedra pómez, perlita, otros vidrios volcánicos, sílice ahumada, cenizas volantes y combinaciones de estos, y en donde la goma de biopolímero incluye al menos una goma seleccionada del grupo que consiste en goma xantana, goma diutana, goma welan, goma escleroglucana y combinaciones de estas.

[0045] Declaración 6. El método de cualquier declaración anterior, en donde el material abrasivo sólido incluye piedra pómez, y en donde la goma de biopolímero incluye goma de diután.

- 20 [0046] Declaración 7. El método de acuerdo con cualquier declaración anterior, en donde una relación de peso entre la goma de biopolímero y el material abrasivo sólido en el aditivo espaciador es de alrededor de 10:90 a alrededor de 1:99.

- 25 [0047] Declaración 8. El método de acuerdo con cualquier declaración anterior, en donde una relación de peso entre la goma de biopolímero y el material abrasivo sólido en el aditivo espaciador es de alrededor de 3:97 a alrededor de 2:98.

[0048] Declaración 9. El método de acuerdo con cualquier declaración anterior, en donde el fluido espaciador incluye además un compuesto de tensioactivo sólido.

- 30 [0049] Declaración 10. El método de acuerdo con la declaración 9, en donde el compuesto de tensioactivo sólido tiene un tamaño medio de partícula de alrededor de 5 micrómetros a alrededor de 1,500 micrómetros, y en donde el compuesto de tensioactivo sólido incluye un tensioactivo humectante en un portador sólido.

[0050] Declaración 11. El método de acuerdo con cualquier declaración anterior, en donde el fluido espaciador incluye además al menos un aditivo seleccionado del grupo que consiste en un agente antiespumante, un agente densificante y combinaciones de estos.

- 35 [0051] Declaración 12. El método de acuerdo con cualquier declaración anterior, en donde el primer fluido incluye un fluido de perforación a base de aceite.

[0052] Declaración 13. El método de acuerdo con cualquier declaración anterior, que incluye además la introducción de una composición de cemento en el pozo detrás del fluido espaciador.

- 40 [0053] Declaración 14. Otro ejemplo puede incluir un método para desplazar los fluidos de pozo. El método puede incluir proporcionar una mezcla seca espaciadora que incluye un aditivo espaciador, un compuesto de tensioactivo sólido y un agente densificante que tiene una gravedad específica

mayor de 2.5, en donde el aditivo espaciador incluye piedra pómez y goma diutana en una relación de peso de goma diutana con respecto a la piedra pómez de alrededor de 2:98 a alrededor de 3:97, y en donde el compuesto tensioactivo sólido incluye un tensioactivo en un portador sólido. El método puede incluir combinar al menos la mezcla seca espaciadora y el agua para formar un fluido espaciador, en donde el fluido espaciador está esencialmente libre de arcilla que comprende arcilla montmorillonita, arcilla atapulgita y arcilla sepiolita. El método de ejemplo puede incluir introducir el fluido espaciador en un pozo para desplazar al menos una porción de un fluido de perforación a base de aceite en el pozo.

[0054] Declaración 15. El método de acuerdo con la declaración 14, que incluye además la introducción de una composición de cemento en el pozo detrás del fluido espaciador.

[0055] Declaración 16. Un ejemplo de fluido espaciador para su uso en el desplazamiento de fluidos de pozo puede incluir agua y un aditivo espaciador. El aditivo espaciador puede incluir un material abrasivo sólido y una goma de biopolímero, en donde el material abrasivo sólido incluye sílice cristalina en una cantidad de alrededor de 2.5% en peso o menos, y en donde el fluido espaciador está esencialmente libre de arcilla.

[0056] Declaración 17. El fluido espaciador de acuerdo con la declaración 16, en donde el material abrasivo sólido tiene una gravedad específica menor de 2.5, y en donde el fluido espaciador no contiene sílice cristalina o incluye sílice cristalina en una cantidad de alrededor de 1% en peso o menos, sin incluir ningún componente que tenga una gravedad específica mayor a 2.5.

[0057] Declaración 18. El fluido espaciador de acuerdo con la declaración 16 o 17, en donde el material abrasivo sólido tiene una dureza de Mohs de alrededor de 6 o mayor, en donde el material abrasivo sólido tiene una redondez de alrededor de 0.6 o menos, y en donde el material abrasivo sólido tiene una esfericidad de alrededor de 6 o menos.

[0058] Declaración 19. El fluido espaciador de acuerdo con cualquiera de las declaraciones 16 a 18, en donde el material abrasivo sólido incluye piedra pómez, y en donde la goma de biopolímero incluye goma de diután.

[0059] Declaración 20. El fluido espaciador de acuerdo con cualquiera de las declaraciones 16 a 19, en donde el fluido espaciador incluye además un compuesto de tensioactivo sólido, en donde el compuesto de tensioactivo sólido incluye un tensioactivo humectante en un portador sólido.

[0060] Para facilitar una mejor comprensión de la presente divulgación, se proporcionan los siguientes ejemplos de ciertos aspectos de algunas formas de realización. De ninguna manera debería considerarse que los siguientes ejemplos limitan, o definen, el alcance de la divulgación. En los siguientes ejemplos, las concentraciones se indican en porcentaje en peso de la composición global.

#### **EJEMPLO 1**

[0061] Se preparó una muestra de fluido espaciador (espaciador 1) y se evaluó su compatibilidad con un primer lodo a base de aceite (OBM1). El espaciador 1 tenía una densidad de 10.5 lbm/gal (1260 kg/m<sup>3</sup>) y la composición indicada en la Tabla 1. El compuesto de tensioactivo sólido 1 incluido en el espaciador 1 era un tensioactivo humectante de agua (sal de amonio de etoxilato de alcohol C6-C10) dispuesto sobre un portador de sílice amorfa. El compuesto de tensioactivo sólido 2 era un tensioactivo humectante de aceite (mezcla de nonilfenol etoxilado) dispuesto sobre un portador de sílice amorfa. El OBM1 era un lodo de perforación de emulsión invertida a base de diésel.

[0062] Se evaluó la compatibilidad del espaciador 1 con el OBM1 a 80°F (27°C) y 180°F (82°C). El espaciador 1 y el OBM 1 se acondicionaron a la temperatura de prueba durante 30 minutos antes de la medición. Se prepararon las relaciones prescritas en la norma *API RP 10B2* (2013) y se realizaron mediciones reológicas sobre el espaciador 1, OBM1 y sus mezclas mediante el uso de un viscosímetro automatizado OFITE 900 con una configuración R1-B1-F1. Las lecturas del viscosímetro para los fluidos se muestran a velocidades de rotación en las Tablas 2 y 3. Las velocidades de rotación de 60 rotaciones por minuto (rpm) y 100 rpm son de gran interés, ya que son las que más se aproximan a las velocidades de cizallamiento que se experimentan habitualmente durante la cementación primaria. A 60 rpm y 100 rpm, ninguna de las mezclas experimentó una gelificación adversa o una lectura del dial mayor a 10% de la del espaciador 1, lo que indica una buena compatibilidad reológica del fluido para el espaciador 1 y el OBM1.

Tabla 1. Composición del espaciador 1

| Material                          | Masa, en gramos |
|-----------------------------------|-----------------|
| Piedra pómez                      | 111.36          |
| Diután                            | 2.74            |
| Barita                            | 210.28          |
| Tensioactivo sólido Composición 1 | 6.85            |
| Tensioactivo sólido Composición 2 | 6.85            |
| Agua dulce                        | 668.47          |

Tabla 2. Compatibilidad reológica del espaciador 1 y OBM1 a 80°F.

| Relación del OBM1 con respecto al espaciador 1 | 300 rpm | 200 rpm | 100 rpm | 60 rpm | 30 rpm | 6 rpm | 3 rpm |
|------------------------------------------------|---------|---------|---------|--------|--------|-------|-------|
| 100:0                                          | 22      | 17      | 10      | 8      | 6      | 2.8   | 2.5   |
| 95:75                                          | 25      | 18      | 11      | 8      | 6      | 2.8   | 2.5   |
| 75:25                                          | 35      | 24      | 13      | 10     | 7      | 2.6   | 2.1   |
| 50:50                                          | 48      | 38      | 24      | 18     | 12     | 5.1   | 3.5   |
| 25:75                                          | 47      | 40      | 31      | 24     | 17     | 7.6   | 5.5   |
| 5:95                                           | 48      | 42      | 37      | 31     | 24     | 14.8  | 11.6  |
| 0:100                                          | 46      | 42      | 38      | 36     | 32     | 26.6  | 21.8  |

Tabla 3. Compatibilidad reológica del espaciador 1 y OBM1 a 180°F.

| Relación del OBM1 con respecto al espaciador 1 | 300 rpm | 200 rpm | 100 rpm | 60 rpm | 30 rpm | 6 rpm | 3 rpm |
|------------------------------------------------|---------|---------|---------|--------|--------|-------|-------|
| 100:0                                          | 17      | 12      | 8       | 6      | 5      | 1.4   | 0.9   |
| 95:75                                          | 14      | 11      | 7       | 6      | 4      | 1.4   | 1.2   |
| 75:25                                          | 19      | 14      | 8       | 6      | 5      | 2.3   | 2.0   |
| 50:50                                          | 41      | 33      | 21      | 14     | 9      | 3.1   | 2.1   |
| 25:75                                          | 45      | 41      | 33      | 26     | 20     | 11.5  | 9.1   |
| 5:95                                           | 46      | 42      | 39      | 35     | 30     | 20.9  | 18.4  |
| 0:100                                          | 44      | 41      | 38      | 35     | 32     | 27.0  | 22.6  |

### Ejemplo 2

[0063] –Se preparó una segunda muestra de fluido espaciador (espaciador 2) y se evaluó la compatibilidad del fluido con un segundo lodo a base de aceite (OBM2). El espaciador 2 tenía una densidad de 11.5 lbm/gal (1380 kg/m<sup>3</sup>) y la composición indicada en la Tabla 4. Se evaluó la compatibilidad del espaciador 2 a 80°F (27°C) y 180°F (82°C) con el OBM2. El OBM2 era un lodo de perforación de emulsión invertida a base de diésel. El espaciador 2 y el OBM2 se acondicionaron a la temperatura de prueba durante 30 minutos antes de la medición. Se prepararon las relaciones prescritas en la norma *API RP 10B2* (2013) y se realizaron mediciones reológicas sobre el espaciador 2, OBM2 y sus mezclas mediante el uso de un viscosímetro automatizado OFITE 900 con una configuración R1-B1-F1. Las lecturas del viscosímetro para los fluidos se muestran a velocidades de rotación en las Tablas 5 y 6. Las velocidades de rotación de 60 rpm y 100 rpm son de gran interés, ya que son las que más se aproximan a las velocidades de cizallamiento que se experimentan habitualmente durante la cementación primaria. A 60 rpm y 100 rpm, ninguna de las mezclas experimentó una gelificación adversa o una lectura del dial mayor a 10% de la del espaciador 2, lo que indica una buena compatibilidad reológica del fluido para el espaciador 2 y el OBM2.

Tabla 4. Espaciador 2 Composición

| Material                          | Masa, en gramos |
|-----------------------------------|-----------------|
| Piedra pómez                      | 69.35           |
| Diután                            | 1.71            |
| Barita                            | 356.98          |
| Tensioactivo sólido Composición 1 | 6.85            |
| Tensioactivo sólido Composición 2 | 6.85            |
| Agua dulce                        | 660.68          |

Tabla 5. Compatibilidad reológica del espaciador 2 y OBM2 a 80°F.

| Relación del OBM2 con respecto al espaciador 2 | 300 rpm | 200 rpm | 100 rpm | 60 rpm | 30 rpm | 6 rpm | 3 rpm |
|------------------------------------------------|---------|---------|---------|--------|--------|-------|-------|
| 100:0                                          | 19      | 14      | 8       | 6      | 4      | 1.1   | 0.9   |
| 95:75                                          | 22      | 15      | 9       | 6      | 4      | 1.2   | 0.9   |
| 75:25                                          | 29      | 18      | 10      | 6      | 3      | 1.2   | 1.0   |
| 50:50                                          | 48      | 35      | 24      | 18     | 13     | 8.3   | 8.1   |
| 25:75                                          | 39      | 32      | 22      | 17     | 13     | 8.6   | 7.7   |
| 5:95                                           | 36      | 30      | 24      | 21     | 16     | 9.7   | 7.6   |
| 0:100                                          | 32      | 28      | 23      | 21     | 19     | 15.4  | 13.5  |

Tabla 6. Compatibilidad reológica del espaciador 2 y OBM2 a 180°F.

| Relación del OBM2 con respecto al espaciador 2 | 300 rpm | 200 rpm | 100 rpm | 60 rpm | 30 rpm | 6 rpm | 3 rpm |
|------------------------------------------------|---------|---------|---------|--------|--------|-------|-------|
| 100:0                                          | 12      | 9       | 6       | 3      | 2      | 1.0   | 0.9   |
| 95:75                                          | 13      | 9       | 5       | 5      | 2      | 0.6   | 0.5   |
| 75:25                                          | 25      | 12      | 6       | 4      | 2      | 0.5   | 0.4   |
| 50:50                                          | 47      | 38      | 22      | 15     | 11     | 8.6   | 8.4   |
| 25:75                                          | 33      | 30      | 25      | 20     | 15     | 11.2  | 10.5  |
| 5:95                                           | 28      | 26      | 22      | 20     | 16     | 10.7  | 9.4   |
| 0:100                                          | 28      | 26      | 22      | 21     | 20     | 16.7  | 15.5  |

### Ejemplo 3

[0064] Se preparó una tercera muestra de fluido espaciador (espaciador 3) y se evaluó su compatibilidad con un tercer lodo a base de aceite (OBM3). El espaciador 3 tenía una densidad de 11.5 lbm/gal (1380 kg/m<sup>3</sup>) y la composición indicada en la Tabla 7. Se evaluó la compatibilidad del espaciador 3 a 80°F (27°C) y 180°F (82°C) con el OBM3. El OBM3 era un lodo de perforación de emulsión invertida a base de destilados. El espaciador 3 y el OBM3 se acondicionaron a la temperatura de prueba durante 30 minutos antes de la medición. Se prepararon las relaciones prescritas en la norma *API RP 10B2* (2013) y se realizaron mediciones reológicas sobre el espaciador 3, OBM3 y sus mezclas mediante el uso de un viscosímetro automatizado OFITE 900 con una configuración R1-B1-F1. Las lecturas del viscosímetro para los fluidos se muestran a velocidades de rotación en las Tablas 8 y 9. Las velocidades de rotación de 60 rpm y 100 rpm son de gran interés, ya que son las que más se aproximan a las velocidades de cizallamiento que se experimentan habitualmente durante la cementación primaria. A 60 rpm y 100 rpm, ninguna de las mezclas experimentó una gelificación adversa o una lectura del dial mayor a 10% de la del espaciador 3, lo que indica una buena compatibilidad reológica del fluido para el espaciador 3 y el OBM3.

Tabla 7. Espaciador 3 Composición

| Material                          | Masa, en gramos |
|-----------------------------------|-----------------|
| Piedra pómez                      | 74.91           |
| Diután                            | 1.84            |
| Barita                            | 353.19          |
| Tensioactivo sólido Composición 1 | 7.99            |
| Tensioactivo sólido Composición 2 | 7.99            |
| Agua dulce                        | 656.48          |

Tabla 8. Compatibilidad reológica del espaciador 3 y OBM3 a 80°F.

| Relación del OBM3 con respecto al espaciador 3 | 300 rpm | 200 rpm | 100 rpm | 60 rpm | 30 rpm | 6 rpm | 3 rpm |
|------------------------------------------------|---------|---------|---------|--------|--------|-------|-------|
| 100:0                                          | 12      | 9       | 5       | 4      | 4      | 1.4   | 1.2   |
| 95:75                                          | 12      | 8       | 5       | 3      | 2      | 0.7   | 0.6   |
| 75:25                                          | 14      | 10      | 7       | 5      | 3      | 0.6   | 0.4   |
| 50:50                                          | 32      | 24      | 15      | 10     | 6      | 3.2   | 3.0   |
| 25:75                                          | 34      | 29      | 22      | 18     | 12     | 5.3   | 4.1   |
| 5:95                                           | 38      | 32      | 26      | 22     | 18     | 10.8  | 9.6   |
| 0:100                                          | 35      | 31      | 26      | 23     | 21     | 16.9  | 14.9  |

Tabla 9. Compatibilidad reológica del espaciador 3 y OBM3 a 180°F.

| Relación del OBM con respecto al espaciador 3 | 300 rpm | 200 rpm | 100 rpm | 60 rpm | 30 rpm | 6 rpm | 3 rpm |
|-----------------------------------------------|---------|---------|---------|--------|--------|-------|-------|
| 100:0                                         | 8       | 6       | 4       | 3      | 3      | 1.0   | 0.9   |
| 95:75                                         | 8       | 6       | 3       | 3      | 1      | 1.0   | 0.9   |
| 75:25                                         | 9       | 7       | 3       | 2      | 1      | 0.9   | 0.9   |
| 50:50                                         | 29      | 22      | 15      | 11     | 7      | 4.9   | 4.8   |
| 25:75                                         | 21      | 27      | 23      | 19     | 14     | 8.7   | 8.1   |
| 5:95                                          | 33      | 30      | 26      | 24     | 20     | 13.8  | 12.3  |
| 0:100                                         | 31      | 29      | 25      | 23     | 22     | 18.1  | 16.1  |

#### Ejemplo 4

[0065] Se preparó una cuarta muestra de fluido espaciador (espaciador 4) y se evaluó la compatibilidad del fluido con una lechada de cemento (CMT) con la composición indicada en la Tabla 11. El espaciador 4 tenía una densidad de 11.5 lbm/gal (1380 kg/m<sup>3</sup>) y la composición indicada en la Tabla 10. Se evaluó la compatibilidad del espaciador 4 a 80°F (27°C) y 180°F (82°C) con el CMT. El espaciador 4 y el CMT se acondicionaron a la temperatura de prueba durante 30 minutos antes de la medición. Se prepararon las relaciones prescritas en la norma *API RP 10B2* (2013) y se realizaron mediciones reológicas sobre el espaciador 4, CMT y sus mezclas mediante el uso de un viscosímetro automatizado OFITE 900 con una configuración R1-B1-F1. Las lecturas del viscosímetro para los fluidos se muestran a velocidades de rotación en las Tablas 12 y 13. Las velocidades de rotación de 60 rpm y 100 rpm son de gran interés, ya que son las que más se aproximan a las velocidades de cizallamiento que se experimentan habitualmente durante la cementación primaria. A 60 rpm y 100 rpm, ninguna de las mezclas experimentó una gelificación adversa o una lectura del dial mayor de 10% de la del CTM, lo que indica una buena compatibilidad reológica del fluido para el espaciador 4 y el CTM.

Tabla 10. Espaciador 4 Composición

| Material                          | Masa, en gramos |
|-----------------------------------|-----------------|
| Piedra pómez                      | 74.91           |
| Diután                            | 1.84            |
| Barita                            | 332.38          |
| Tensioactivo sólido Composición 1 | 7.99            |
| Tensioactivo sólido Composición 2 | 7.99            |
| Agua dulce                        | 677.29          |

Tabla 11. Composición de CMT

| Material                       | Masa, en gramos |
|--------------------------------|-----------------|
| Cemento tipo I/II              | 440.47          |
| Cenizas volantes tipo F        | 174.91          |
| Elastómero                     | 36.14           |
| Humo de sílice                 | 21.61           |
| Agente de pérdida de fluidos 1 | 3.07            |
| Ayudante de expansión          | 24.62           |
| Agua dulce                     | 481.23          |

Tabla 12. Compatibilidad reológica del espaciador 4 y CMT a 80°F.

| Relación del CMT con respecto al espaciador 4 | 300 rpm | 200 rpm | 100 rpm | 60 rpm | 30 rpm | 6 rpm | 3 rpm |
|-----------------------------------------------|---------|---------|---------|--------|--------|-------|-------|
| 100:0                                         | 138     | 105     | 66      | 48     | 31     | 11.5  | 8.3   |
| 95:75                                         | 146     | 110     | 71      | 51     | 34     | 13.2  | 9.7   |
| 75:25                                         | 120     | 94      | 63      | 47     | 34     | 15.7  | 10.8  |
| 50:50                                         | 81      | 66      | 49      | 40     | 31     | 20.7  | 17.6  |
| 25:75                                         | 54      | 45      | 36      | 32     | 27     | 21.3  | 19.4  |
| 5:95                                          | 40      | 34      | 28      | 26     | 23     | 19.0  | 16.4  |
| 0:100                                         | 35      | 30      | 25      | 23     | 20     | 17.5  | 15.6  |

Tabla 13. Compatibilidad reológica del espaciador 4 y CMT a 180°F.

|   | Relación del CMT con respecto al espaciador 4 | 300 rpm | 200 rpm | 100 rpm | 60 rpm | 30 rpm | 6 rpm | 3 rpm |
|---|-----------------------------------------------|---------|---------|---------|--------|--------|-------|-------|
| 5 | 100:0                                         | 82      | 63      | 40      | 30     | 19     | 6.8   | 4.5   |
|   | 95:75                                         | 86      | 67      | 44      | 33     | 22     | 8.0   | 5.5   |
|   | 75:25                                         | 75      | 60      | 42      | 33     | 23     | 9.9   | 7.4   |
|   | 50:50                                         | 53      | 45      | 36      | 31     | 26     | 16.1  | 13.1  |
|   | 25:75                                         | 43      | 40      | 34      | 32     | 29     | 24.2  | 21.9  |
|   | 5:95                                          | 34      | 30      | 27      | 26     | 23     | 19.2  | 17.2  |
|   | 0:100                                         | 29      | 27      | 25      | 23     | 21     | 18.5  | 17.0  |

10

[0066] Debe entenderse que, si bien las composiciones y los métodos se describen en términos de "que comprenden", "que contienen" o "que incluyen" diversos componentes o etapas, las composiciones y los métodos también pueden "consistir esencialmente en" o "consistir en" los diversos componentes y etapas. Además, el artículo indefinido "un" o "una", como se usa en las reivindicaciones, significa, según su definición en la presente, uno o más de uno de los elementos que introduce.

15

[0067] Por razones de brevedad, en la presente solo se divulgan explícitamente ciertos rangos. Sin embargo, los rangos desde cualquier límite inferior pueden combinarse con cualquier límite superior para mencionar un rango no mencionado explícitamente, y los rangos desde cualquier límite inferior pueden combinarse con cualquier otro límite inferior para mencionar un rango no mencionado explícitamente; de la misma manera, los rangos desde cualquier límite superior pueden combinarse con cualquier otro límite superior para mencionar un rango no mencionado explícitamente. Además, siempre que se divulga un rango numérico con un límite inferior y un límite superior, se divulga específicamente cualquier número y cualquier rango incluido que se encuentre dentro del rango. En particular, cada rango de valores (de la forma, "de alrededor de a a alrededor de b", o equivalente, "de aproximadamente a a b", o equivalente, "de aproximadamente a-b") divulgado en la presente establece cada número y rango abarcado dentro del rango más amplio de valores, incluso si no se enumeran explícitamente. Por lo tanto, cada punto o valor individual puede servir como su propio límite inferior o superior combinado con cualquier otro punto o valor individual o cualquier otro límite inferior o superior, para enumerar un rango no enumerado explícitamente.

20

25

30

[0068] Por tanto, la presente divulgación está adaptada para lograr los fines y las ventajas mencionados, así como aquellos que son inherentes a esta. Las formas de realización particulares divulgadas anteriormente son solo ilustrativas, ya que la presente divulgación puede modificarse y ponerse en práctica de maneras diferentes pero equivalentes que son evidentes para las personas del oficio de nivel medio que tienen el beneficio de las enseñanzas en la presente. Si bien se analizan formas de realización individuales, la divulgación cubre todas las combinaciones de todas esas formas de realización. Además, no se pretende limitar los detalles de construcción o diseño mostrados en la presente, excepto de la manera descrita en las reivindicaciones a continuación. Además, los términos en las reivindicaciones tienen su significado común y habitual, a menos que el titular de la patente los defina explícita y claramente de otra forma. Por lo tanto, es evidente que las formas de realización ilustrativas particulares divulgadas anteriormente pueden alterarse o

35

40

modificarse y que todas tales variaciones se consideren dentro del alcance y espíritu de la presente divulgación. Si existiese conflicto alguno en los usos de una palabra o un término en esta memoria descriptiva y una o más patentes u otros documentos que se pueden incorporar en la presente por referencia, deben adoptarse las definiciones que sean consistentes con esta memoria descriptiva.