

POLÍMEROS HIDRATABLES SINTÉTICOS PARA SU USO EN FLUIDOS DE FRACTURACIÓN Y MÉTODOS DE PREPARACIÓN Y USO DE LOS MISMOS

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

5 1. Campo de la invención

Las realizaciones de la presente invención se refieren a polímeros hidratables sintéticos y a mezclas de polímeros hidratables sintéticos como alternativa a guar para su uso en fluidos de perforación, y a métodos de preparación y uso de los mismos.

10 Más particularmente, las realizaciones de la presente invención se refieren a polímeros hidratables sintéticos y a mezclas de polímeros hidratables sintéticos como alternativa a guar para su uso en fluidos de perforación, en las que los polímeros hidratables sintéticos incluyen polímeros de poliacrilato reticulados hidrófobamente modificados y/o polímero de ácido poliacrílico
15 reticulado hidrófilo, aniónico, de alto peso molecular, y a métodos de preparación y uso de los mismos.

2. Descripción de la técnica relacionada

Los fluidos de fracturación basados en agua se utilizan actualmente en la mayoría de los tratamientos de fracturación hidráulica. Estos fluidos son los
20 sistemas de elección debido a su economía, disponibilidad, toxicidad y manipulación segura en comparación con los sistemas de hidrocarburos.

Guar es un polímero natural, y comúnmente se utiliza como gelificante basado en agua en fluidos de fracturación. Guar es un hidrocoloide que se hincha tras el contacto con el agua, proporcionando viscosidad y control de
25 pérdida de fluido. Debido a los fuertes requisitos de exportación de la goma guar y a las bajas existencias remanentes, el precio de la guar ha subido rápidamente recientemente y ha hecho que las alternativas sintéticas sean más atractivas.

Así, hay una necesidad en la materia del desarrollo de alternativas
30 sintéticas a la guar natural para su uso en fluidos de perforación.

SUMARIO DE LA INVENCION

Composiciones de polímero sintético

Las realizaciones de la presente invención proporcionan composiciones de polímero sintético que incluyen una cantidad importante de polímeros
35 hidratables sintéticos y una cantidad menor de polímeros hidratables naturales

para su uso en fluidos de fracturación u otros fluidos de alta viscosidad que forman viscosidad después de combinarse con un fluido de base acuosa y son capaces de romperse usando agentes de ruptura convencionales, en las que la cantidad importante está entre el 80 % en peso hasta el 100 % en peso y la

5 cantidad menor está entre el 0 % en peso y el 20 % en peso. En ciertas realizaciones, las composiciones de polímero sintético incluyen 100 % en peso de polímeros hidratables sintéticos. Los polímeros hidratables sintéticos están seleccionados del grupo que consiste en (a) homo- y/o copolímeros de alto peso molecular de ácido acrílico reticulados con polialquénil poliéteres, (b)

10 polímeros de poliacrilato reticulados hidrófobamente modificados de alto peso molecular, (c) polímeros de ácido poliacrílico reticulados hidrófilos, aniónicos, de alto peso molecular, y (d) mezclas o combinaciones de los mismos.

Fluidos de fracturación

Las realizaciones de la presente invención proporcionan fluidos de

15 fracturación que incluyen un fluido de base y una composición de polímero sintético que incluye una cantidad importante de polímeros hidratables sintéticos y una cantidad menor de polímeros hidratables naturales, en las que las composiciones de polímero sintético son capaces de aumentar la viscosidad de los fluidos de base después de la adición, y de romperse usando

20 un agente de ruptura o una pluralidad de agentes de ruptura, en la que la cantidad importante está entre el 80 % en peso hasta el 100 % en peso y la cantidad menor está entre el 0 % en peso y el 20 % en peso. En ciertas realizaciones, las composiciones de polímero sintético incluyen 100 % en peso de polímeros hidratables sintéticos. Los polímeros hidratables sintéticos se

25 seleccionaron del grupo que consiste en (a) homo- y/o copolímeros de alto peso molecular de ácido acrílico reticulados con polialquénil poliéteres, (b) polímeros de poliacrilato reticulados hidrófobamente modificados de alto peso molecular, (c) polímeros de ácido poliacrílico reticulados hidrófilos, aniónicos, de alto peso molecular, y (d) mezclas o combinaciones de los mismos. En

30 cierta realización, los fluidos de fracturación incluyen adicionalmente agentes de sustentación. En otras realizaciones, los fluidos de fracturación incluyen adicionalmente otros aditivos para modificar el comportamiento de los fluidos de fracturación. En otras realizaciones, los fluidos de fracturación incluyen adicionalmente una composición de agente de ruptura capaz de romper el

35 fluido de fracturación de una manera controlada. En otras realizaciones, los

fluidos de fracturación incluyen adicionalmente un sistema de reticulación para formar viscosidad. En otras realizaciones, la composición de agente de ruptura que comprende salmueras como composiciones de polímero sintético se ha mostrado que pierde viscosidad a medida que aumenta la salinidad del fluido de base. Así, en ciertas realizaciones, pueden usarse sales encapsuladas como agentes de ruptura, en las que el material de encapsulamiento libera la sal encapsulada después de un tiempo deseado de exposición al fluido de base o en respuesta a la adición de un agente que rompe el material de encapsulamiento y libera la sal.

10 **Métodos de preparación de los fluidos de fracturación**

Las realizaciones de la presente invención proporcionan métodos de preparación de fluidos de fracturación que incluyen combinar un fluido de base y una cantidad eficaz de una composición de polímero sintético bajo condición suficiente para formar un fluido de fracturación que tiene un perfil de viscosidad deseado y un perfil de agente de ruptura deseado. Las composiciones de polímero sintético incluyen una cantidad importante de polímeros hidratables sintéticos y una cantidad menor de polímeros hidratables naturales, en las que las composiciones de polímero sintético son capaces de aumentar la viscosidad de los fluidos de base después de la adición, y de romperse usando un agente de ruptura o una pluralidad de agentes de ruptura, en las que la cantidad importante está entre el 80 % en peso hasta el 100 % en peso y la cantidad menor está entre el 0 % en peso y el 20 % en peso. En ciertas realizaciones, las composiciones de polímero sintético incluyen 100 % en peso de polímeros hidratables sintéticos. Las composiciones de polímero sintético son capaces de aumentar una viscosidad del fluido de base hasta el perfil de viscosidad deseado y de romperse usando un agente de ruptura o una pluralidad de agentes de ruptura que producen el perfil de ruptura deseado. En ciertas realizaciones, los métodos incluyen añadir una composición de polímero hidratable sintético al fluido de base antes o durante la inyección del fluido de base en el fondo del pozo. En ciertas realizaciones, los polímeros hidratables sintéticos se seleccionaron del grupo que consiste en (a) homo- y/o copolímeros de alto peso molecular de ácido acrílico reticulados con polialquenil poliéteres, (b) polímeros de poliacrilato reticulados hidrófobamente modificados de alto peso molecular, (c) polímeros de ácido poliacrílico reticulados hidrófilos, aniónicos, de alto peso molecular, y (d) mezclas o

combinaciones de los mismos. En cierta realización, los fluidos de fracturación incluyen adicionalmente agentes de sustentación. En otras realizaciones, los fluidos de fracturación incluyen adicionalmente otros aditivos para modificar el comportamiento de los fluidos de fracturación. En otras realizaciones, los fluidos de fracturación incluyen adicionalmente una composición de agente de ruptura capaz de romper el fluido de fracturación de una manera controlada. En otras realizaciones, los fluidos de fracturación incluyen adicionalmente un sistema de reticulación para formar viscosidad.

Métodos de formación de fracturas

Las realizaciones de la presente invención proporcionan métodos de fracturación de una formación o zona de formación usando fluidos de fracturación que incluyen un fluido de base y una cantidad eficaz de una composición de polímero sintético bajo condición suficiente para formar un fluido de fracturación que tiene un perfil de viscosidad deseado y un perfil de agente de ruptura deseado. Las composiciones de polímero sintético incluyen una cantidad importante de polímeros hidratables sintéticos y una cantidad menor de polímeros hidratables naturales. Las composiciones de polímero sintético se usan en fluidos de fracturación hidratables u otro fluido de alta viscosidad que forma viscosidad después de combinarse con un fluido de base acuosa y son capaces de romperse usando agentes de ruptura convencionales. Los métodos incluyen inyectar un fluido de fracturación dentro de una formación bajo condiciones de fracturación, en los que la composición de polímero hidratable sintético se añade al fluido de base antes o durante la inyección del fluido de base en el fondo del pozo. La cantidad importante está entre el 80 % en peso hasta el 100 % en peso y la cantidad menor está entre el 0 % en peso y el 20 % en peso. En ciertas realizaciones, las composiciones de polímero sintético incluyen 100 % en peso de polímeros hidratables sintéticos. En ciertas realizaciones, los polímeros hidratables sintéticos se seleccionaron del grupo que consiste en (a) homo- y/o copolímeros de alto peso molecular de ácido acrílico reticulados con polialquénil poliéteres, (b) polímeros de poliacrilato reticulados hidrófobamente modificados de alto peso molecular, (c) polímeros de ácido poliacrílico reticulados hidrófilos, aniónicos, de alto peso molecular, y (d) mezclas o combinaciones de los mismos. En cierta realización, los fluidos de fracturación incluyen adicionalmente agentes de sustentación. En otras realizaciones, los fluidos de fracturación incluyen adicionalmente otros

aditivos para modificar el comportamiento de los fluidos de fracturación. En otras realizaciones, los fluidos de fracturación incluyen adicionalmente una composición de agente de ruptura capaz de romper el fluido de fracturación de una manera controlada. En otras realizaciones, los fluidos de fracturación incluyen adicionalmente un sistema de reticulación para formar viscosidad.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La invención puede entenderse mejor con referencia a la siguiente descripción detallada junto con los dibujos ilustrativos adjuntos en los que elementos similares están numerados de igual forma:

10 Las **Figuras 1A y B** representan un reómetro PVS típico.

La **Figura 2** representa perfiles de velocidad de hidratación de sistemas **P1** a temperatura ambiente.

La **Figura 3** representa un perfil de velocidad de hidratación de un sistema **P1** en 2 % en peso de KCl a temperatura ambiente.

15 La **Figura 4** representa perfiles de velocidad de hidratación de sistemas **P2** con diferentes concentraciones de base en 2 % en peso de KCl a temperatura ambiente.

La **Figura 5** representa el perfil de velocidad de hidratación de un sistema **P2** en agua de mar a temperatura ambiente.

20 La **Figura 6** representa el perfil de velocidad de hidratación de un sistema **P3** al 1,0 % en peso en 2 % en peso de KCl a temperatura ambiente.

La **Figura 7** representa el perfil de velocidad de hidratación del sistema **P3** al 1,3 % en peso en 2 % en peso de KCl a temperatura ambiente.

25 La **Figura 8** representa el perfil de velocidad de hidratación del sistema **P3** al 1,5 % en peso en 2 % en peso de KCl a temperatura ambiente.

La **Figura 9** representa el efecto del pH sobre los sistemas **P1-5** en 2 % en peso de KCl a temperatura ambiente.

La **Figura 10** representa el efecto del pH sobre los sistemas **P1-5** en agua de mar a temperatura ambiente.

30 La **Figura 11** representa el efecto del pH sobre los sistemas **P2** en 2 % en peso de KCl a temperatura ambiente.

La **Figura 12** representa el efecto del pH sobre los sistemas **P2** en agua de mar a temperatura ambiente.

35 La **Figura 13** representa los perfiles de estabilidad de la viscosidad para un sistema **P1** a 60 °C, 80 °C y 100 °C.

La **Figura 14** representa el efecto de concentraciones del agente de ruptura **B1** sobre un sistema **P1** a 80 °C.

La **Figura 15** representa el efecto de concentraciones del agente de ruptura **B1** sobre un sistema **P1** a 100 °C.

5 La **Figura 16** representa el efecto de concentraciones del agente de ruptura **B2** sobre un sistema **P1** a 100 °C.

La **Figura 17** representa el efecto de la concentración del agente de ruptura **B3** sobre un sistema **P1** a 80 °C.

10 La **Figura 18** representa las viscosidades de sistemas **P1-5** en 2 % en peso de KCl a 80 °C.

La **Figura 19** representa el efecto de la temperatura sobre un sistema **P2** al 1,1 % en peso en 2 % en peso de KCl.

La **Figura 20** representa el efecto de la temperatura sobre un sistema **P2** al 1,2 % en peso en 2 % en peso de KCl.

15 La **Figura 21** representa el efecto del agente de ruptura **B15** sobre un sistema **P2** al 1,2 % en peso en 2 % en peso de KCl a 65 °C.

La **Figura 22** representa el efecto del agente de ruptura **B3** sobre un sistema **P2** al 1,2 % en peso en 2 % en peso de KCl a 80 °C.

20 La **Figura 23** representa el efecto de diferentes agentes de ruptura sobre un sistema **P2** al 1,2 % en peso en 2 % en peso de KCl a 100 °C.

La **Figura 24** representa el efecto del agente de ruptura **B8** sobre un sistema **P2** al 1,2 % en peso en 2 % en peso de KCl a 100 °C.

La **Figura 25** representa el efecto del agente de ruptura **B8** sobre un sistema **P2** al 1,2 % en peso en 2 % en peso de KCl a 120 °C.

25 La **Figura 26** representa el efecto del agente de ruptura **B9** sobre un sistema **P2** al 1,2 % en peso en 2 % en peso de KCl a 120 °C.

La **Figura 27** representa el efecto del agente de ruptura **B17** sobre un sistema **P2** al 1,2 % en peso en 2 % en peso de KCl a 149 °C.

30 La **Figura 28** representa el efecto de 2 gpt de WNE-363 sobre un sistema **P2** al 1,2 % en peso en 2 % en peso de KCl a 100 °C.

La **Figura 29** representa el efecto de 0,05 gpt de BioClear 2000 sobre un sistema **P2** al 1,2 % en peso en 2 % en peso de KCl a 100 °C.

La **Figura 30** representa el efecto de 3 gpt de WGS-160L sobre un sistema **P2** al 1,2 % en peso en 2 % en peso de KCl a 100 °C.

35 La **Figura 31** representa el efecto de 2 gpt de WCS-631LC sobre un

sistema **P2** al 1,2 % en peso en 2 % en peso de KCl a 100 °C.

La **Figura 32** representa el efecto de 0,6 % WCS-631LC sobre sistemas **P1-5** al 0,5 % en peso en 2 % en peso de KCl a temperatura ambiente.

La **Figura 33** representa el efecto de 2 gpt de WNE-363, 0,05 gpt de
5 BioClear 2000, 3 gpt de WGS-160L y 2 gpt de WCS-631LC sobre el sistema **P2**
al 1,2 % en peso en 2 % en peso de KCl a 1100 °C.

La **Figura 34** representa una prueba de suspensión del agente de sustentación en columna estática de un sistema **P2** a temperatura ambiente.

La **Figura 35** representa una prueba de suspensión del agente de
10 sustentación en columna estática de un sistema **P2** a 80 °C.

DEFINICIONES DE TÉRMINOS USADOS EN LA INVENCION

Las siguientes definiciones se proporcionan con el fin de ayudar a aquellos expertos en la materia en el entendimiento de la descripción detallada de la presente invención.

15 El término “aproximadamente” significa que el valor está dentro de aproximadamente el 10 % del valor indicado. En ciertas realizaciones, el valor está dentro de aproximadamente el 5 % del valor indicado. En ciertas realizaciones, el valor está dentro de aproximadamente el 2,5 % del valor indicado. En ciertas realizaciones, el valor está dentro de aproximadamente el
20 1 % del valor indicado. En ciertas realizaciones, el valor está dentro de aproximadamente el 0,5 % del valor indicado.

El término “sustancialmente” significa que el valor está dentro de aproximadamente el 10 % del valor indicado. En ciertas realizaciones, el valor está dentro de aproximadamente el 5 % del valor indicado. En ciertas
25 realizaciones, el valor está dentro de aproximadamente el 2,5 % del valor indicado. En ciertas realizaciones, el valor está dentro de aproximadamente el 1 % del valor indicado. En ciertas realizaciones, el valor está dentro de aproximadamente el 0,5 % del valor indicado.

El término “sustancialmente libre de” significa que la composición incluye
30 menos del 5 % (peso o volumen) del componente indicado. En ciertas realizaciones, el valor está dentro de aproximadamente el 2,5 % (peso o volumen) del valor indicado. En ciertas realizaciones, el valor está dentro de aproximadamente el 1,0 % del valor indicado. En ciertas realizaciones, el valor está dentro de aproximadamente el 1 % (peso o volumen) del valor indicado.
35 En ciertas realizaciones, el valor está dentro de aproximadamente el 0,5 %

(peso o volumen) del valor indicado. En ciertas realizaciones, el valor está dentro de aproximadamente el 0,1 % (peso o volumen) del valor indicado.

El término “sustancialmente ninguno” significa que la composición incluye ninguno del componente indicado o tiene menos de una cantidad detectable del componente indicado.

El término “pilar de agente de sustentación, isla de agente de sustentación, conglomerado de agente de sustentación, agregado de agente de sustentación o aglomerado de agente de sustentación” significa que una pluralidad de partículas de agente de sustentación están agregadas, conglomeradas, aglomeradas o adheridas juntas de otro modo para formar estructuras discretas.

El término “pilar de agente de sustentación, isla de agente de sustentación, conglomerado de agente de sustentación, agregado de agente de sustentación o aglomerado de agente de sustentación móvil” significa pilar de agente de sustentación, isla de agente de sustentación, conglomerado de agente de sustentación, agregado de agente de sustentación o aglomerado de agente de sustentación que es capaz de reposicionarse durante las operaciones de fracturación, producción o inyección.

El término “pilar de agente de sustentación, isla de agente de sustentación, conglomerado de agente de sustentación, agregado de agente de sustentación o aglomerado de agente de sustentación auto-regenerante” significa pilar de agente de sustentación, isla de agente de sustentación, conglomerado de agente de sustentación, agregado de agente de sustentación o aglomerado de agente de sustentación que es capaz de separarse y recombinarse durante las operaciones de fracturación, producción o inyección.

El término “ruptura prematura”, como se usa en el presente documento, se refiere a un fenómeno en el que una viscosidad del gel se reduce a un grado no deseable antes de que todo el fluido se introduzca en la formación que va a fracturarse. Así, para ser satisfactoria, la viscosidad del gel debe permanecer preferentemente en el intervalo de aproximadamente el 50 % a aproximadamente el 75 % de la viscosidad del gel inicial durante al menos dos horas de exposición a la temperatura de operación esperada. Preferentemente, el fluido debe tener una viscosidad superior a 100 centipoise (cP) a 100 s^{-1} mientras que se inyecta dentro del yacimiento como se mide en un viscosímetro Fann 50 C en el laboratorio.

El término “ruptura completa”, como se usa en el presente documento, se refiere a un fenómeno en el que la viscosidad de un gel se reduce a un nivel tal que el gel puede lavarse de la formación haciendo circular fluido de formación o que puede recuperarse por una operación de pistoneo. A niveles
5 de laboratorio, un gel no reticulado completamente roto es uno cuya viscosidad es aproximadamente 10 cP o menos como se mide en un viscosímetro modelo 35 Fann que tiene un ensamblaje de rotor y cilindro interno R1B1 que gira a 300 rpm.

El término “anfótero” se refiere a tensioactivos que tienen tanto cargas
10 positivas como negativas. La carga neta del tensioactivo puede ser positiva, negativa, o neutra, dependiendo del pH de la solución.

El término “aniónico” se refiere a aquellos tensioactivos viscoelásticos que poseen una carga negativa neta.

El término “fracturación” se refiere al proceso y métodos de romper una
15 formación geológica, es decir, la formación de rocas alrededor de un pozo, bombeando fluido a presiones muy altas, con el fin de aumentar las velocidades de producción de un yacimiento de hidrocarburos. Los métodos de fracturación de la presente invención usan por lo demás técnicas convencionales conocidas en la técnica.

El término “agente de sustentación” se refiere a una sustancia granular
20 suspensa en el fluido de fracturación durante la operación de fracturación, que sirve para proteger que la formación no se cierre de nuevo sobre ella misma una vez se libera la presión. Los agentes de sustentación previstos por la presente invención incluyen, pero no se limitan a, agentes de sustentación
25 convencionales familiares para aquellos expertos en la materia tales como arena, arena de 20-40 de malla, arena recubierta de resina, bauxita sinterizada, perlas de vidrio y materiales similares.

La abreviatura “RPM” se refiere a modificadores de la permeabilidad relativa.

El término “tensioactivo” se refiere a un compuesto soluble, o
30 parcialmente soluble, que reduce la tensión superficial de líquidos, o reduce la tensión interfacial entre dos líquidos, o un líquido y un sólido, congregándose y orientándose él mismo en estas interfases.

El término “viscoelástico” se refiere a aquellos fluidos viscosos que
35 tienen propiedades elásticas, es decir, el líquido vuelve al menos parcialmente

a su forma original cuando se libera una tensión aplicada.

La expresión “tensioactivos viscoelásticos” o “VES” se refiere a aquella clase de compuestos que puede formar micelas (cristal esferulítico, anisométrico, laminar o líquido) en presencia de contraiones en soluciones
5 acuosas, confiriendo así viscosidad al fluido. Se prefieren en particular las micelas anisométricas, ya que su comportamiento en solución se parece mucho al de un polímero.

La abreviatura “VAS” se refiere a un tensioactivo aniónico viscoelástico útil para las operaciones de fracturación y relleno de fracturación. Como se
10 trata en el presente documento, tienen una naturaleza aniónica con contraiones preferidos de potasio, amonio, sodio, calcio o magnesio.

El término “espumable” significa una composición que cuando se mezcla con un gas forma una espuma estable.

El término “capa de fracturación” se usa para designar una capa, o
15 capas, de roca que pretenden ser fracturadas en un único tratamiento de fracturación. Es importante entender que una “capa de fracturación” puede incluir una o más de una de capas o estratos de roca como normalmente se definen por diferencias en permeabilidad, tipo de roca, porosidad, tamaño de grano, módulo de Young, contenido de fluido, o cualquiera de muchos otros
20 parámetros. Es decir, una “capa de fracturación” es la capa o capas de roca en contacto con todas las perforaciones a través de la que el fluido es obligado a entrar en la roca en un tratamiento dado. El operario puede elegir fracturar, de una vez, una “capa de fracturación”, que incluye zonas de agua y zonas de hidrocarburo, y/o zonas de alta permeabilidad y baja permeabilidad (o incluso
25 zonas impermeables tales como zonas de esquistos), etc. Así, una “capa de fracturación” puede contener múltiples regiones que se llaman convencionalmente capas individuales, estratos, zonas, vetas, zonas productivas, etc., y los presentes inventores usan tales términos en su manera convencional para describir partes de una capa de fracturación. Normalmente,
30 la capa de fracturación contiene un yacimiento de hidrocarburo, pero los métodos también pueden usarse para pozos de fracturación, pozos de almacenamiento, pozos de inyección, etc. Obsérvese también que algunas realizaciones de la invención se describen en términos de perforaciones circulares convencionales (por ejemplo, como creadas con cargas formadas),
35 que normalmente tienen túneles de perforación. Sin embargo, la invención

también puede ponerse en práctica con otros tipos de “perforaciones”, por ejemplo, aberturas o ranuras cortadas en la tubería por perforación hidráulica.

El término “gpt” significa galones por mil galones.

El término “ppt” significa libras por mil galones.

5 **DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION**

Los inventores han encontrado que pueden formularse fluidos de perforación usando polímeros hidratables sintéticos que sustituyen a los polímeros hidratables naturales, de manera que las composiciones estén sustancialmente libres de polímeros hidratables que se producen naturalmente o incluyen polímeros hidratables que se producen no naturalmente. Los inventores han encontrado que el uso de polímeros hidratables sintéticos en lugar de polímeros hidratables naturales tiene muchas ventajas, debido a que los polímeros hidratables sintéticos están gobernados por los precios del crudo, que significa que las fluctuaciones en el precio serán menos espectaculares y el suministro de materiales dependerá más en comparación con fuentes naturales, que son algo impredecibles.

Composiciones de polímero sintético

Las realizaciones de la presente invención se refieren ampliamente a composiciones de polímero sintético que incluyen una cantidad importante de polímeros hidratables sintéticos para su uso en fluidos de fracturación, en las que las composiciones de polímero sintético son capaces de aumentar la viscosidad de fluidos de base acuosa y de romperse usando un agente de ruptura o una pluralidad de agentes de ruptura, en las que la cantidad importante es mayor o igual al 80 % en peso o entre el 80 % en peso hasta el 100 % en peso, y una cantidad menor de polímeros hidratables naturales, en las que la cantidad menor es menor o igual al 20 % en peso o entre el 0 % en peso y el 20 % en peso. En ciertas realizaciones, las composiciones de polímero sintético incluyen entre el 85 % en peso y el 100 % en peso de polímeros hidratables sintéticos. En ciertas realizaciones, las composiciones de polímero sintético incluyen entre el 95 % en peso y el 100 % en peso de polímeros hidratables sintéticos. En ciertas realizaciones, las composiciones de polímero sintético incluyen entre el 99 % en peso y el 100 % en peso de polímeros hidratables sintéticos. En ciertas realizaciones, las composiciones de polímero sintético incluyen el 100 % en peso de polímeros hidratables sintéticos. En ciertas realizaciones, las composiciones de polímero sintético

están sustancialmente libres de polímeros hidratables naturales. En ciertas realizaciones, las composiciones de polímero sintético no incluyen sustancialmente polímeros hidratables naturales. Los polímeros hidratables sintéticos están seleccionados del grupo que consiste en (a) homo- y/o

5 copolímeros de alto peso molecular de ácido acrílico reticulados con polialquénil poliéteres, (b) polímeros de poliacrilato reticulados hidrófobamente modificados de alto peso molecular, (c) polímeros de ácido poliacrílico reticulados hidrófilos, aniónicos, de alto peso molecular, y (d) mezclas o combinaciones de los mismos. En cierta realización, los fluidos de fracturación

10 incluyen adicionalmente agentes de sustentación.

Las realizaciones de la presente invención se refieren a composiciones de polímero sintético que incluyen una cantidad importante de polímeros hidratables sintéticos, y una cantidad menor de polímeros hidratables naturales, en las que los polímeros hidratables sintéticos están seleccionados del grupo

15 que consiste en (a) homo- y/o copolímeros de alto peso molecular de ácido acrílico reticulados con polialquénil poliéteres, (b) polímeros de poliacrilato reticulados hidrófobamente modificados de alto peso molecular, (c) polímeros de ácido poliacrílico reticulados hidrófilos, aniónicos, de alto peso molecular, y (d) mezclas o combinaciones de los mismos, en las que los polímeros

20 hidratables naturales están seleccionados del grupo que consiste en polisacáridos, poliacrilamidas, copolímeros de poliacrilamida, y mezclas o combinaciones de los mismos, en las que la composición de polímero forma viscosidad después de combinarse con un fluido de base acuosa y se rompe usando un agente de ruptura o una pluralidad de agentes de ruptura, y en las

25 que la cantidad importante está entre el 80 % en peso hasta el 100 % en peso y la cantidad menor está entre el 0 % en peso y el 20 % en peso. En ciertas realizaciones, la cantidad importante está entre el 85 % en peso y el 100 % en peso de polímeros hidratables sintéticos y la cantidad menor está entre el 0 % en peso y el 15 % en peso. En ciertas realizaciones, la cantidad importante

30 está entre el 90 % en peso y el 100 % en peso de polímeros hidratables sintéticos y la cantidad menor está entre el 0 % en peso y el 10 % en peso. En ciertas realizaciones, la cantidad importante está entre el 95 % en peso y el 100 % en peso de polímeros hidratables sintéticos y la cantidad menor está entre el 0 % en peso y el 5 % en peso. En otras realizaciones, la cantidad

35 importante está entre el 99 % en peso y el 100 % en peso de polímeros

hidratables sintéticos y la cantidad menor está entre el 0 % en peso y el 1 % en peso. En otras realizaciones, la composición está sustancialmente libre de polímeros hidratables naturales o no incluye sustancialmente polímeros hidratables naturales. En otras realizaciones, los polisacáridos incluyen goma de galactomanano y derivados de celulosa. En otras realizaciones, los polisacáridos incluyen goma guar, goma de semilla de algarrobo, carboximetilguar, hidroxietilguar, hidroxipropilguar, carboximetilhidroxipropilguar, carboximetilhidroxietilguar, hidroximetilcelulosa, carboximetilhidroxietilcelulosa e hidroxietilcelulosa, y mezclas o combinaciones de los mismos.

Fluidos de fracturación

Las realizaciones de la presente invención se refieren ampliamente a fluidos de fracturación que incluyen un fluido de base y una cantidad eficaz de una composición de polímero sintético que incluye una cantidad importante de polímeros hidratables sintéticos y una cantidad menor de polímeros hidratables naturales, en las que las composiciones de polímero sintético son capaces de aumentar la viscosidad de los fluidos de base después de la adición, y de romperse usando un agente de ruptura o una pluralidad de agentes de ruptura, en las que la cantidad importante está entre el 80 % en peso hasta el 100 % en peso y la cantidad menor está entre el 0 % en peso y el 20 % en peso. En ciertas realizaciones, las composiciones de polímero sintético incluyen 100 % en peso de polímeros hidratables sintéticos. Los polímeros hidratables sintéticos se seleccionaron del grupo que consiste en (a) homo- y/o copolímeros de alto peso molecular de ácido acrílico reticulados con polialquenil poliéteres, (b) polímeros de poliacrilato reticulados hidrófobamente modificados de alto peso molecular, (c) polímeros de ácido poliacrílico reticulados hidrófilos, aniónicos, de alto peso molecular, y (d) mezclas o combinaciones de los mismos. En otras realizaciones, los fluidos de fracturación incluyen adicionalmente otros aditivos para modificar el comportamiento de los fluidos de fracturación. En otras realizaciones, los fluidos de fracturación incluyen adicionalmente una composición de agente de ruptura capaz de romper el fluido de fracturación de una manera controlada. En otras realizaciones, los fluidos de fracturación incluyen adicionalmente un sistema de reticulación para formar viscosidad. En ciertas realizaciones, la cantidad eficaz de la composición de polímero sintético está entre el 0,1 % en

peso y aproximadamente el 10 % en peso del fluido de fracturación entero. En ciertas realizaciones, la cantidad eficaz de la composición de polímero sintético está entre el 0,5 % en peso y aproximadamente el 5 % en peso del fluido de fracturación entero. En ciertas realizaciones, la cantidad eficaz de la

5 composición de polímero sintético está entre el 1,0 % en peso y aproximadamente el 2,5 % en peso del fluido de fracturación entero.

Las realizaciones de la presente invención se refieren a composiciones de fluido de fracturación que incluyen un fluido de base y una cantidad eficaz de una composición de polímero sintético que incluye una cantidad importante

10 de polímeros hidratables sintéticos y una cantidad menor de polímeros hidratables naturales, en las que los polímeros hidratables sintéticos están seleccionados del grupo que consiste en (a) homo- y/o copolímeros de alto peso molecular de ácido acrílico reticulados con polialquénil poliéteres, (b)

15 polímeros de poliácrilato reticulados hidrófobamente modificados de alto peso molecular, (c) polímeros de ácido poliácrico reticulados hidrófilos, aniónicos, de alto peso molecular, y (d) mezclas o combinaciones de los mismos, en las que los polímeros hidratables naturales están seleccionados del grupo que consiste en polisacáridos, poliácrilamidas, copolímeros de poliácrilamida, y

20 mezclas o combinaciones de los mismos, en las que la composición de polímero forma viscosidad después de combinarse con un fluido de base acuosa y se rompe usando un agente de ruptura o una pluralidad de agentes de ruptura, en las que la cantidad importante está entre el 80 % en peso hasta el 100 % en peso, en las que la cantidad menor está entre el 0 % en peso y el 20 % en peso, y en las que la cantidad eficaz de la composición de polímero

25 sintético está entre el 0,1 % en peso y aproximadamente el 10 % en peso del fluido de fracturación entero. En ciertas realizaciones, las composiciones incluyen adicionalmente agentes de sustentación. En otras realizaciones, las composiciones incluyen adicionalmente aditivos modificadores para modificar el comportamiento de los fluidos de fracturación. En otras realizaciones, las

30 composiciones incluyen adicionalmente una composición de agente de ruptura capaz de romper el fluido de fracturación de una manera controlada. En otras realizaciones, las composiciones incluyen adicionalmente un sistema de reticulación para formar viscosidad. En otras realizaciones, la cantidad eficaz de la composición de polímero sintético está entre el 0,1 % en peso y

35 aproximadamente el 5 % en peso del fluido de fracturación entero. En otras

realizaciones, la cantidad eficaz de la composición de polímero sintético está entre el 0,1 % en peso y aproximadamente el 2,5 % en peso del fluido de fracturación entero. En otras realizaciones, la cantidad importante está entre el 85 % en peso y el 100 % en peso de polímeros hidratables sintéticos y la cantidad menor está entre el 0 % en peso y el 15 % en peso. En otras realizaciones, la cantidad importante está entre el 90 % en peso y el 100 % en peso de polímeros hidratables sintéticos y la cantidad menor está entre el 0 % en peso y el 10 % en peso. En otras realizaciones, la cantidad importante está entre el 95 % en peso y el 100 % en peso de polímeros hidratables sintéticos y la cantidad menor está entre el 0 % en peso y el 5 % en peso. En otras realizaciones, la cantidad importante está entre el 99 % en peso y el 100 % en peso de polímeros hidratables sintéticos y la cantidad menor está entre el 0 % en peso y el 1 % en peso. En otras realizaciones, la composición está sustancialmente libre de polímeros hidratables naturales o no incluye sustancialmente polímeros hidratables naturales. En otras realizaciones, los polisacáridos incluyen goma de galactomanano y derivados de celulosa. En otras realizaciones, los polisacáridos incluyen goma guar, goma de semilla de algarrobo, carboximetilguar, hidroxietilguar, hidroxipropilguar, carboximetilhidroxipropilguar, carboximetilhidroxietilguar, hidroximetilcelulosa, carboximetilhidroxietilcelulosa e hidroxietilcelulosa, y mezclas o combinaciones de los mismos.

Métodos de preparación de fluidos de fracturación

Las realizaciones de la presente invención se refieren ampliamente a métodos de preparación de fluidos de fracturación que incluyen combinar un fluido de base y una cantidad eficaz de una composición de polímero sintético bajo condición suficiente para formar un fluido de fracturación que tiene un perfil de viscosidad deseado y un perfil de agente de ruptura deseado. Las composiciones de polímero sintético incluyen una cantidad importante de polímeros hidratables sintéticos y una cantidad menor de polímeros hidratables naturales, en las que las composiciones de polímero sintético son capaces de aumentar la viscosidad de los fluidos de base después de la adición, y de romperse usando un agente de ruptura o una pluralidad de agentes de ruptura, en las que la cantidad importante está entre el 80 % en peso hasta el 100 % en peso y la cantidad menor está entre el 0 % en peso y el 20 % en peso. En ciertas realizaciones, las composiciones de polímero sintético incluyen 100 %

en peso de polímeros hidratables sintéticos. Las composiciones de polímero sintético son capaces de aumentar una viscosidad del fluido de base hasta el perfil de viscosidad deseado y de romperse usando un agente de ruptura o una pluralidad de agentes de ruptura que producen el perfil de ruptura deseado. En ciertas realizaciones, los métodos incluyen añadir una composición de polímero hidratable sintético al fluido de base antes o durante la inyección del fluido de base en el fondo del pozo. En ciertas realizaciones, los polímeros hidratables sintéticos se seleccionaron del grupo que consiste en (a) homo- y/o copolímeros de alto peso molecular de ácido acrílico reticulados con polialquénil poliéteres, (b) polímeros de poliacrilato reticulados hidrófobamente modificados de alto peso molecular, (c) polímeros de ácido poliacrílico reticulados hidrófilos, aniónicos, de alto peso molecular, y (d) mezclas o combinaciones de los mismos. En cierta realización, los fluidos de fracturación incluyen adicionalmente agentes de sustentación. En otras realizaciones, los fluidos de fracturación incluyen adicionalmente otros aditivos para modificar el comportamiento de los fluidos de fracturación. En otras realizaciones, los fluidos de fracturación incluyen adicionalmente una composición de agente de ruptura capaz de romper el fluido de fracturación de una manera controlada. En otras realizaciones, los fluidos de fracturación incluyen adicionalmente un sistema de reticulación para formar viscosidad.

Las realizaciones de la presente invención se refieren a métodos de preparación de fluidos de fracturación que incluyen combinar un fluido de base y una cantidad eficaz de una composición de polímero sintético bajo condición suficiente para formar un fluido de fracturación que tiene un perfil de viscosidad deseado y un perfil de agente de ruptura deseado, en las que los polímeros hidratables sintéticos están seleccionados del grupo que consiste en (a) homo- y/o copolímeros de alto peso molecular de ácido acrílico reticulados con polialquénil poliéteres, (b) polímeros de poliacrilato reticulados hidrófobamente modificados de alto peso molecular, (c) polímeros de ácido poliacrílico reticulados hidrófilos, aniónicos, de alto peso molecular, y (d) mezclas o combinaciones de los mismos, en las que los polímeros hidratables naturales están seleccionados del grupo que consiste en polisacáridos, poliacrilamidas, copolímeros de poliacrilamida, y mezclas o combinaciones de los mismos, en las que las composiciones de polímero sintético incluyen una cantidad importante de polímeros hidratables sintéticos y una cantidad menor de

polímeros hidratables naturales, en las que las composiciones de polímero sintético son capaces de aumentar la viscosidad de los fluidos de base después de la adición, y de romperse usando un agente de ruptura o una pluralidad de agentes de ruptura, y en las que la cantidad importante está entre el 80 % en peso hasta el 100 % en peso. En ciertas realizaciones, los métodos incluyen adicionalmente combinar agentes de sustentación en el fluido de fracturación. En otras realizaciones, los métodos incluyen adicionalmente combinar aditivos modificadores en el fluido de fracturación para modificar el comportamiento de los fluidos de fracturación. En otras realizaciones, los métodos incluyen adicionalmente combinar una composición de agente de ruptura en el fluido de fracturación capaz de romper el fluido de fracturación de una manera controlada. En otras realizaciones, los métodos incluyen adicionalmente combinar un sistema de reticulación en el fluido de fracturación para formar viscosidad. En otras realizaciones, la cantidad eficaz de la composición de polímero sintético está entre el 0,1 % en peso y aproximadamente el 10 % en peso del fluido de fracturación entero. En otras realizaciones, la cantidad eficaz de la composición de polímero sintético está entre el 0,5 % en peso y aproximadamente el 5 % en peso del fluido de fracturación entero. En otras realizaciones, la cantidad eficaz de la composición de polímero sintético está entre el 1,0 % en peso y aproximadamente el 2,5 % en peso del fluido de fracturación entero. En otras realizaciones, la cantidad importante está entre el 85 % en peso y el 100 % en peso de polímeros hidratables sintéticos y la cantidad menor está entre el 0 % en peso y el 15 % en peso. En otras realizaciones, la cantidad importante está entre el 90 % en peso y el 100 % en peso de polímeros hidratables sintéticos y la cantidad menor está entre el 0 % en peso y el 10 % en peso. En otras realizaciones, la cantidad importante está entre el 95 % en peso y el 100 % en peso de polímeros hidratables sintéticos y la cantidad menor está entre el 0 % en peso y el 5 % en peso. En otras realizaciones, la cantidad importante está entre el 99 % en peso y el 100 % en peso de polímeros hidratables sintéticos y la cantidad menor está entre el 0 % en peso y el 1 % en peso. En otras realizaciones, la composición está sustancialmente libre de polímeros hidratables naturales o no incluye sustancialmente polímeros hidratables naturales. En otras realizaciones, los polisacáridos incluyen goma de galactomanano y derivados de celulosa. En otras realizaciones, los

polisacáridos incluyen goma guar, goma de semilla de algarrobo, carboximetilguar, hidroxietilguar, hidroxipropilguar, carboximetilhidroxipropilguar, carboximetilhidroxietilguar, hidroximetilcelulosa, carboximetilhidroxietilcelulosa e hidroxietilcelulosa, y mezclas o combinaciones de los mismos.

Métodos de fracturación de formaciones

Las realizaciones de la presente invención se refieren ampliamente a métodos de fracturación de una formación o zona de formación usando fluidos de fracturación que incluyen un fluido de base y una cantidad eficaz de una composición de polímero sintético bajo condición suficiente para formar un fluido de fracturación que tiene un perfil de viscosidad deseado y un perfil de agente de ruptura deseado. Las composiciones de polímero sintético incluyen una cantidad importante de polímeros hidratables sintéticos y una cantidad menor de polímeros hidratables naturales. Las composiciones de polímero sintético se usan en fluidos de fracturación hidratables u otro fluido de alta viscosidad que forma viscosidad después de combinarse con un fluido de base acuosa y son capaces de romperse usando agentes de ruptura convencionales. Los métodos incluyen inyectar un fluido de fracturación dentro de una formación bajo condiciones de fracturación, en los que la composición de polímero hidratable sintético se añade al fluido de base antes o durante la inyección del fluido de base en el fondo del pozo. La cantidad importante está entre el 80 % en peso hasta el 100 % en peso y la cantidad menor está entre el 0 % en peso y el 20 % en peso. En ciertas realizaciones, las composiciones de polímero sintético incluyen 100 % en peso de polímeros hidratables sintéticos. En ciertas realizaciones, los polímeros hidratables sintéticos se seleccionaron del grupo que consiste en (a) homo- y/o copolímeros de alto peso molecular de ácido acrílico reticulados con polialquénil poliéteres, (b) polímeros de poliacrilato reticulados hidrófobamente modificados de alto peso molecular, (c) polímeros de ácido poliacrílico reticulados hidrófilos, aniónicos, de alto peso molecular, y (d) mezclas o combinaciones de los mismos. En cierta realización, los fluidos de fracturación incluyen adicionalmente agentes de sustentación. En cierta realización, los fluidos de fracturación incluyen adicionalmente agentes de sustentación. En otras realizaciones, los fluidos de fracturación incluyen adicionalmente otros aditivos para modificar el comportamiento de los fluidos de fracturación. En otras realizaciones, los fluidos de fracturación incluyen

adicionalmente una composición de agente de ruptura capaz de romper el fluido de fracturación de una manera controlada. En otras realizaciones, los fluidos de fracturación incluyen adicionalmente un sistema de reticulación para formar viscosidad.

- 5 Las realizaciones de la presente invención se refieren a métodos de fracturación de una formación o zona de formación usando fluidos de fracturación que incluyen inyectar un fluido de fracturación dentro de una formación bajo condiciones de fracturación, en las que el fluido de fracturación incluye un fluido de base y una cantidad eficaz de una composición de polímero
- 10 sintético que incluye una cantidad importante de polímeros hidratables sintéticos y una cantidad menor de polímeros hidratables naturales, en las que los polímeros hidratables sintéticos están seleccionados del grupo que consiste en (a) homo- y/o copolímeros de alto peso molecular de ácido acrílico reticulados con polialquénil poliéteres, (b) polímeros de poliacrilato reticulados
- 15 hidrófobamente modificados de alto peso molecular, (c) polímeros de ácido poliacrílico reticulados hidrófilos, aniónicos, de alto peso molecular, y (d) mezclas o combinaciones de los mismos, en las que los polímeros hidratables naturales están seleccionados del grupo que consiste en polisacáridos, poliacrilamidas, copolímeros de poliacrilamida, y mezclas o combinaciones de
- 20 los mismos, en las que la composición de polímero forma viscosidad después de combinarse con el fluido de base y se rompe usando un agente de ruptura o una pluralidad de agentes de ruptura, en las que la cantidad importante está entre el 80 % en peso hasta el 100 % en peso y la cantidad menor está entre el 0 % en peso y el 20 % en peso, en las que la cantidad eficaz de la composición
- 25 de polímero sintético está entre el 0,1 % en peso y aproximadamente el 10 % en peso del fluido de fracturación entero, y en las que el fluido de fracturación tiene un perfil de viscosidad deseado y un perfil de agente de ruptura deseado. En ciertas realizaciones, los métodos incluyen adicionalmente inyectar un fluido de agente de sustentación que incluye agentes de sustentación dentro de la
- 30 formación bajo condiciones de sustentación. En otras realizaciones, el fluido de fracturación incluye adicionalmente agentes de sustentación. En otras realizaciones, el fluido de fracturación incluye adicionalmente aditivos modificadores para modificar el comportamiento de los fluidos de fracturación. En otras realizaciones, el fluido de fracturación incluye adicionalmente una
- 35 composición de agente de ruptura capaz de romper el fluido de fracturación de

una manera controlada. En otras realizaciones, el fluido de fracturación incluye adicionalmente un sistema de reticulación en el fluido de fracturación para formar viscosidad. En otras realizaciones, la cantidad eficaz de la composición de polímero sintético está entre el 0,5 % en peso y aproximadamente el 5 % en peso del fluido de fracturación entero. En otras realizaciones, la cantidad eficaz de la composición de polímero sintético está entre el 1,0 % en peso y aproximadamente el 2,5 % en peso del fluido de fracturación entero. En otras realizaciones, la cantidad importante está entre el 85 % en peso y el 100 % en peso de polímeros hidratables sintéticos y la cantidad menor está entre el 0 % en peso y el 15 % en peso. En otras realizaciones, la cantidad importante está entre el 90 % en peso y el 100 % en peso de polímeros hidratables sintéticos y la cantidad menor está entre el 0 % en peso y el 10 % en peso. En otras realizaciones, la cantidad importante está entre el 95 % en peso y el 100 % en peso de polímeros hidratables sintéticos y la cantidad menor está entre el 0 % en peso y el 5 % en peso. En otras realizaciones, la cantidad importante está entre el 99 % en peso y el 100 % en peso de polímeros hidratables sintéticos y la cantidad menor está entre el 0 % en peso y el 1 % en peso. En otras realizaciones, la composición está sustancialmente libre de polímeros hidratables naturales o no incluye sustancialmente polímeros hidratables naturales. En otras realizaciones, los polisacáridos incluyen goma de galactomanano y derivados de celulosa. En otras realizaciones, los polisacáridos incluyen goma guar, goma de semilla de algarrobo, carboximetilguar, hidroxietilguar, hidroxipropilguar, carboximetilhidroxipropilguar, carboximetilhidroxietilguar, hidroximetilcelulosa, carboximetilhidroxietilcelulosa e hidroxietilcelulosa, y mezclas o combinaciones de los mismos.

REACTIVOS ADECUADOS

Polímeros hidratables sintéticos

Polímeros hidratables sintéticos adecuados incluyen, sin limitación, (a) homo- y/o copolímeros de alto peso molecular de ácido acrílico reticulados con polialquenil poliéteres, (b) polímeros de poliacrilato reticulados hidrófobamente modificados de alto peso molecular, (c) polímeros de ácido poliacrílico reticulados hidrófilos, aniónicos, de alto peso molecular, y (d) mezclas o combinaciones de los mismos.

En ciertas realizaciones, el polímero de poliacrilato reticulado usado en

la presente invención tiene una viscosidad RVF o RVT de Brookfield mínima, (mPa·s) (20 rpm a 25 °C, soluciones neutralizadas) de 19.000 y una viscosidad máxima de 35.000 para una solución al 0,2 % en peso. En otras realizaciones, el polímero de poliacrilato reticulado usado en la presente invención tiene una

5 viscosidad mínima de 40.000 y una viscosidad máxima de 60.000 para una solución al 0,5 % en peso. En otras realizaciones, el polímero de poliacrilato reticulado usado en la presente invención tiene una viscosidad mínima de 45.000 y una viscosidad máxima de 80.000 para una solución al 1,0 % en peso. En otras realizaciones, el polímero de poliacrilato reticulado usado en la

10 presente invención tiene una viscosidad RVF o RVT de Brookfield mínima, (mPa·s) (20 rpm a 25 °C, soluciones neutralizadas) de 13.000 y una viscosidad máxima de 30.000 para una solución al 0,2 % en peso. En otras realizaciones, el polímero de poliacrilato reticulado usado en la presente invención tiene una viscosidad mínima de 40.000 y una viscosidad máxima de 60.000 para una

15 solución al 0,5 % en peso. En ciertas realizaciones, el polímero de poliacrilato reticulado hidrófobamente modificado usado en la presente invención tiene una viscosidad Brookfield RVT mínima (mPa·s) (20 rpm a 25 °C, husillo N.º 7) de 47.000 y una viscosidad máxima de 67.000 para una solución al 1,0 % en peso neutralizada a un pH entre 6,0 y 6,3. En otras realizaciones, el polímero de poliacrilato reticulado hidrófobamente modificado usado en la presente invención tiene una viscosidad Brookfield RVT mínima (mPa·s) (20 rpm a 25 °C, husillo N.º 7) de 45.000 y una viscosidad máxima de 65.000 para una solución al 0,5 % en peso neutralizada a un pH entre 6,0 y 6,3. En otras realizaciones, el homopolímero de ácido acrílico reticulado usado en la

20 presente invención tiene una viscosidad Brookfield RVT mínima (mPa·s) (20 rpm a 25 °C, husillo N.º 7) de 50.000 y una viscosidad máxima de 70.000 para una solución al 0,5 % en peso neutralizada a un pH entre 6,0 y 6,3.

25

Modificadores de la reología sintéticos a modo de ejemplo incluyen polímeros y copolímeros basados en acrílico. Una clase de modificadores de la

30 reología basados en acrílico son los espesantes hinchables en álcali y soluble en álcali (ASTs) con funcionalidad carboxilo producidos por la polimerización por radicales libres de ácido acrílico solo o en combinación con otros monómeros etilénicamente insaturados. Los polímeros pueden sintetizarse por disolvente/precipitación, además de técnicas de polimerización en emulsión.

35 Modificadores de la reología sintéticos a modo de ejemplo de esta clase

incluyen homopolímeros de ácido acrílico o ácido metacrílico y copolímeros polimerizados a partir de uno o más monómeros de ácido acrílico, ácido acrílico sustituido y ésteres de alquilo C₁-C₃₀ de ácido acrílico y ácido metacrílico. Opcionalmente, otros monómeros etilénicamente insaturados tales como, por ejemplo, estireno, acetato de vinilo, etileno, butadieno, acrilonitrilo, además de mezclas de los mismos, pueden copolimerizarse dentro del esqueleto. Los polímeros anteriores se reticulan por un monómero que contiene dos o más restos que contienen insaturación etilénica. En un aspecto, el reticulante está seleccionado de un polialquénil poliéter de un alcohol polihidroxilado que contiene al menos dos grupos alquénil éter por molécula. Otros reticulantes a modo de ejemplo están seleccionados de, pero no se limitan a, alil éteres de sacarosa y alil éteres de pentaeritritol, y mezclas de los mismos. Estos polímeros se describen más completamente en la patente de EE.UU. N.º 5.087.445; la patente de EE.UU. N.º 4.509.949; y la patente de EE.UU. N.º 2.798.053.

En un aspecto, el modificador de la reología AST o espesante es un homopolímero reticulado polimerizado a partir de ácido acrílico o ácido metacrílico y generalmente se denomina con el nombre de INCI de carbómero. Carbómeros comercialmente disponibles incluyen polímeros Carbopol® 934, 940, 941, 956, 980 y 996 disponibles de Lubrizol Advanced Materials, Inc.

En otro aspecto, el modificador de la reología está seleccionado de un copolímero reticulado polimerizado a partir de un monómero seleccionado de uno o más monómeros de ácido acrílico, ácido metacrílico y un segundo monómero seleccionado de uno o más ésteres de acrilato de alquilo C₁₀-C₃₀ de ácido acrílico o ácido metacrílico. En un aspecto, los monómeros pueden polimerizarse en presencia de un estabilizador estérico tal como se desvela en la patente de EE.UU. N.º 5.288.814, que se incorpora en el presente documento por referencia. Algunos de los polímeros anteriores se designan bajo la nomenclatura de INCI como polímero cruzado de acrilatos/acrilato de alquilo C₁₀-30 y están comercialmente disponibles bajo los nombres comerciales Carbopol® 1342 y 1382, Carbopol® Ultrez 20 y 21, Carbopol® ETD 2020 y Pemulen® TR-1 y TR-2 de Lubrizol Advanced Materials, Inc. Otros modificadores de la reología de copolímeros acrílicos comercializados por Lubrizol Advanced Materials, Inc. están disponibles con el nombre comercial de la serie Carbopol® EZ.

Los homopolímeros y copolímeros que contienen grupos carboxilo reticulados de la invención tienen pesos moleculares promedio en peso que oscilan de al menos 1 millón a billones de Dalton en un aspecto y de aproximadamente 1,5 a aproximadamente 4,5 billones de Dalton en otro
5 aspecto (véase TDS-222, 15 de octubre de 2007, Lubrizol Advanced Materials, Inc., que se incorpora en el presente documento por referencia).

Ejemplos a modo de ejemplo de polímeros hidratables sintéticos adecuados incluyen, sin, limitación, CARBOPOL® Aqua SF-1 Polymer (copolímero de acrilatos), CARBOPOL® Aqua SF-2 Polymer (polímero cruzado-
10 4 de acrilatos), CARBOPOL® Aqua CC Polymer (polímero cruzado de poliacrilato-1), CARBOPOL® 934 Polymer (carbómero), CARBOPOL® 940 Polymer (carbómero), CARBOPOL® 941 Polymer (carbómero), CARBOPOL® 980 Polymer (carbómero), CARBOPOL® 981 Polymer (carbómero), CARBOPOL® 1342 Polymer (polímero cruzado de acrilatos/acrilato de alquilo
15 C₁₀₋₃₀), CARBOPOL® 1382 Polymer (polímero cruzado de acrilatos/acrilato de alquilo C₁₀₋₃₀), CARBOPOL® 2984 Polymer (carbómero), CARBOPOL® 5984 Polymer (carbómero), CARBOPOL® Ultrez 10 Polymer (carbómero), CARBOPOL® Ultrez 20 Polymer (polímero cruzado de acrilatos/acrilato de alquilo C₁₀₋₃₀), CARBOPOL® Ultrez 21 Polymer (polímero cruzado de
20 acrilatos/acrilato de alquilo C₁₀₋₃₀), CARBOPOL® Ultrez 30 Polymer (carbómero), CARBOPOL® ETD 2020 Polymer (polímero cruzado de acrilatos/acrilato de alquilo C₁₀₋₃₀), CARBOPOL® ETD 2050 Polymer (carbómero), CARBOPOL® 674 Polymer, CARBOPOL® 676 Polymer, CARBOPOL® 690 Polymer, CARBOPOL® ETD 2623 Polymer, CARBOPOL®
25 ETD 2691 Polymer, CARBOPOL® EZ-2 Polymer, CARBOPOL® EZ-3 Polymer, CARBOPOL® EZ-4 Polymer, CARBOPOL® Aqua 30 Polymer, y mezclas o combinaciones de los mismos, en las que estos polímeros están disponibles de The Lubrizol Corporation y Ashland™ 941 CARBOMER, Ashland™ 981 CARBOMER, Ashland™ 980 CARBOMER (polímero de ácido acrílico),
30 Ashland™ 940 CARBOMER, y mezclas o combinaciones de los mismos, en las que estos polímeros están disponibles de Ashland Inc y Lubrizol Corporation.

Polímeros hidratables naturales

Polímeros solubles en agua hidratables naturales adecuados para su uso en fluidos de fracturación de la presente invención incluyen, sin limitación,
35 polisacáridos, poliacrilamidas y copolímeros de poliacrilamida. Polisacáridos

adecuados incluyen goma de galactomanano y derivados de celulosa. En ciertas realizaciones, los polisacáridos incluyen goma guar, goma de semilla de algarrobo, carboximetilguar, hidroxietilguar, hidroxipropilguar, carboximetilhidroxipropilguar, carboximetilhidroxietilguar, hidroximetilcelulosa, carboximetilhidroxietilcelulosa e hidroxietilcelulosa, y mezclas o combinaciones de los mismos.

El polímero hidratable natural útil en la presente invención puede ser cualquiera de los polisacáridos hidratables que tienen componentes de monosacárido de galactosa o manosa y son conocidos para aquellos en la industria de servicios a pozos. Estos polisacáridos son capaces de gelificar en presencia de un agente de reticulación para formar un fluido de base gelificado. Por ejemplo, polisacáridos hidratables adecuados son las gomas de galactomanano, guar y guar derivatizadas. Ejemplos específicos son goma guar y derivados de goma guar. Gelificantes adecuados son goma guar, hidroxipropilguar y carboximetilhidroxipropilguar. En cierta realización, los polímeros hidratables para la presente invención son goma guar y carboximetilhidroxipropilguar e hidroxipropilguar. Otras formulaciones de fluido de fracturación a modo de ejemplo se desvelan en las patentes de EE.UU. N.º 5.201.370 y 6.138.760, que se incorporan en el presente documento por referencia.

Agentes de sustentación

El tipo de agente de sustentación puede ser arena, agentes de sustentación cerámicos de resistencia intermedia (disponibles de Carbo Ceramics, Norton Proppants, etc.), bauxitas sinterizadas y otros materiales conocidos para la industria. Cualquiera de estos agentes de sustentación de base puede recubrirse adicionalmente con una resina (disponible de Santrol, una división de Fairmount Industries, Borden Chemical, etc.) para posiblemente mejorar la capacidad de formación de conglomerados del agente de sustentación. Además, el agente de sustentación puede recubrirse con resina o, por ejemplo, un agente de control del retorno del agente de sustentación tal como fibras puede bombear simultáneamente. Seleccionando agentes de sustentación que tienen un contraste en una de tales propiedades tales como la densidad, el tamaño y las concentraciones se lograrán diferentes velocidades de sedimentación.

Los agentes de sustentación normalmente se añaden al fluido de

fracturación antes de la adición de un agente de reticulación. Sin embargo, los agentes de sustentación pueden introducirse de cualquier manera que logre el resultado deseado. Puede usarse cualquier agente de sustentación en realizaciones de la invención. Ejemplos de agentes de sustentación adecuados incluyen, pero no se limitan a, granos de arena de cuarzo, perlas de vidrio y de cerámica, fragmentos de cáscaras de nueces, granalla de aluminio, pellas de nailon, y similares. Los agentes de sustentación normalmente se usan en concentraciones de entre aproximadamente 1 a 8 lbs por galón de un fluido de fracturación, aunque también pueden usarse mayores o menores concentraciones, según se desee. El fluido de fracturación también puede contener otros aditivos, tales como tensioactivos, inhibidores de la corrosión, disolventes mutuos, estabilizadores, inhibidores de parafina, trazadores para monitorizar el retorno de fluidos, etc.

Además de las concentraciones de agente de sustentación en la formulación final, los tamaños de partícula de los agentes de sustentación también son un factor en el rendimiento de los fluidos de la presente invención. En ciertas realizaciones, los agentes de sustentación tienen tamaños de 16/20 malla, 16/30 malla, 20/40 malla, y mezclas y combinaciones de los mismos. Además, la densidad del agente de sustentación es otro factor en el rendimiento de los fluidos de la presente invención. Ejemplos a modo de ejemplo de los agentes de sustentación útiles en la presente invención incluyen, sin limitación, CARBO-HSP® 16/30 malla y 20/40 malla que tiene una densidad aparente = 2 g/cm^3 y CARBO-LITE® 16/20 malla y 20/40 malla que tiene una densidad aparente = $1,57 \text{ g/cm}^3$, y mezclas o combinaciones de los mismos.

Agentes de reticulación

Agentes de reticulación adecuados para su uso en la presente invención incluyen, sin limitación, cualquier agente de reticulación adecuado para su uso con los gelificantes. Agentes de reticulación a modo de ejemplo incluyen, sin limitación, sales metálicas di- y tri-valentes tales como sales de calcio, sales de magnesio, sales de bario, sales cuprosas, sales cúpricas, sales férricas, sales de aluminio, o mezclas o combinaciones de las mismas.

Un agente de reticulación adecuado puede ser cualquier compuesto que aumente la viscosidad del fluido por reticulación química, reticulación física, o cualquier otro mecanismo. Por ejemplo, la gelificación de un polímero

hidratable puede lograrse reticulando el polímero con iones metálicos que incluyen boro en combinación con compuestos que contienen circonio y titanio. La cantidad de agente de reticulación usada también depende de las condiciones del pozo y del tipo de tratamiento que vaya a efectuarse, pero está
5 generalmente en el intervalo de aproximadamente el 0,001 % en peso a aproximadamente el 2 % en peso de ión metálico del agente de reticulación en el fluido de polímero hidratable. En algunas aplicaciones, la solución de polímero acuosa se reticula inmediatamente tras la adición del agente de reticulación para formar un gel altamente viscoso. En otras aplicaciones, la
10 reacción del agente de reticulación puede retardarse de manera que la formación del gel viscoso no se produzca hasta el momento deseado.

Los agentes de reticulación basados en boro pueden seleccionarse del grupo que consiste en ácido bórico, tetraborato de sodio, y mezclas de los mismos. Éstos se describen en la patente de EE.UU. N.º 4.514.309. En
15 algunas realizaciones, la composición de fluido de tratamiento del pozo puede comprender además un agente de sustentación.

Agentes de ruptura

El término “agente de ruptura” se refiere a cualquier producto químico que sea capaz de reducir la viscosidad de un fluido gelificado. Como se ha
20 descrito anteriormente, después de que se forme un fluido de fracturación y se bombee dentro de una formación subterránea, generalmente es deseable convertir el gel altamente viscoso en un fluido de viscosidad más baja. Esto permite que el fluido sea fácilmente y eficazmente extraído de la formación y permitir que el material deseado, tal como petróleo o gas, circule dentro del
25 pozo. Esta reducción en la viscosidad del fluido de tratamiento se denomina comúnmente “ruptura”. Por consiguiente, los productos químicos usados para romper la viscosidad del fluido se denominan agente de ruptura. En ciertas realizaciones, el agente de ruptura es una sal o una solución de salmuera. En otras realizaciones, el agente de ruptura es una sal encapsulada, en las que el
30 material de encapsulamiento está diseñado para degradarse después de un tiempo deseado de exposición a un fluido de base o mediante la adición de un agente que rompe el material de encapsulamiento liberando la sal. En otras realizaciones, el agente de ruptura es una salmuera añadida al fluido de fracturación en una cantidad suficiente para romper la viscosidad del fluido de
35 fracturación. Las salmueras pueden ser cualquier solución de salmuera que

incluye salmueras de cloruro sódico, salmueras de cloruro de calcio, u otras salmueras capaces de reducir la viscosidad de los polímeros hidratables sintéticos usados en los fluidos de fracturación de la presente invención.

Hay diversos métodos disponibles para romper un fluido de fracturación o un fluido de tratamiento. Normalmente, los fluidos se rompen después del paso del tiempo y/o exposición prolongada a altas temperaturas. Sin embargo, se desea ser capaz de predecir y controlar la ruptura dentro de límites relativamente estrechos. Agentes de oxidación suaves son útiles como agentes de ruptura cuando se usa un fluido en una formación de temperatura relativamente alta, aunque las temperaturas de formación de 300 °F (149 °C) o superiores generalmente romperán el fluido relativamente rápidamente sin la ayuda de un agente de oxidación.

Ejemplos de agentes de ruptura inorgánicos para su uso en la presente invención incluyen, pero no se limitan a, persulfatos, percarbonatos, perboratos, peróxidos, perfosfatos, permanganatos, etc. Ejemplos específicos de agentes de ruptura inorgánicos incluyen, pero no se limitan a, persulfatos de metal alcalinotérreo, percarbonatos de metal alcalinotérreo, perboratos de metal alcalinotérreo, peróxidos de metal alcalinotérreo, perfosfatos de metal alcalinotérreo, sales de cinc de peróxido, perfosfato, perborato y percarbonato, etc. Agentes de ruptura adecuados adicionales se desvelan en las patentes de EE.UU. N.º 5.877.127; 5.649.596; 5.669.447; 5.624.886; 5.106.518; 6.162.766; y 5.807.812, incorporadas en el presente documento por referencia. En algunas realizaciones, un agente de ruptura inorgánico está seleccionado de agentes de oxidación basados en metal alcalinotérreo o metal de transición, tales como peróxidos de magnesio, peróxidos de cinc y peróxidos de calcio.

Además, también pueden usarse agentes de ruptura enzimáticos en lugar de o además de un agente de ruptura no enzimático. Ejemplos de agentes de ruptura enzimáticos adecuados tales como enzimas específicas de guar, alfa y beta amilasas, amiloglucosidasa, aligoglucosidasa, invertasa, maltasa, celulasa y hemi-celulasa se desvelan en las patentes de EE.UU. N.º 5.806.597 y 5.067.566, incorporadas en el presente documento por referencia.

Un agente de ruptura puede usarse "tal cual" o encapsularse y activarse mediante una variedad de mecanismos que incluyen machacado por cierre de la formación o disolución por fluidos de formación. Tales técnicas se desvelan, por ejemplo, en las patentes de EE.UU. N.º 4.506.734; 4.741.401; 5.110.486; y

3.163.219, incorporados en el presente documento por referencia.

El agente de ruptura anterior también puede encapsularse en un recubrimiento polimérico que se descompone en los fluidos a una velocidad predeterminada o conocida de manera que el agente de ruptura sea liberado
5 dentro del sistema solo después de que el agente de encapsulación se descomponga o las cápsulas se rompan bajo condiciones de perforación.

Compuestos de éster adecuados incluyen cualquier éster que sea capaz de ayudar al agente de ruptura a degradar el fluido viscoso de una manera controlada, es decir, proporcionando ruptura retardada inicialmente y ruptura
10 sustancialmente completa después de completarse el tratamiento del pozo. Un compuesto de éster se define como un compuesto que incluye uno o más grupos carboxilato: R--COO--, en la que R es fenilo, metoxifenilo, alquilfenilo, alquilo C₁-C₁₁, alquilo C₁-C₁₁ sustituido, fenilo sustituido, u otros radicales orgánicos. Ésteres adecuados incluyen, pero no se limitan a, diésteres,
15 triésteres, etc.

Un éster normalmente se forma por una reacción de condensación entre un alcohol y un ácido eliminando una o más moléculas de agua. Preferentemente, el ácido es un ácido orgánico, tal como un ácido carboxílico. Un ácido carboxílico se refiere a cualquiera de una familia de ácidos orgánicos
20 caracterizados como ácidos policarboxílicos y por la presencia de más de un grupo carboxilo. Además del carbono, hidrógeno y oxígeno, un ácido carboxílico puede incluir heteroátomos, tales como S, N, P, B, Si, F, Cl, Br y I. En algunas realizaciones, un compuesto de éster adecuado es un éster de ácidos oxálico, malónico, succínico, málico, tartárico, citrato, ftálico,
25 etilendiaminatetraacético (EDTA), nitrilotriacético, fosfórico, etc. Además, ésteres adecuados también incluyen los ésteres de ácido glicólico. El grupo alquilo en un éster que procede del alcohol correspondiente incluye cualquier grupo alquilo, tanto sustituido como sin sustituir. Preferentemente, el grupo alquilo tiene de uno a aproximadamente diez átomos de carbono por grupo. Se
30 encontró que el número de átomos de carbono en el grupo alquilo afecta la solubilidad en agua del éster resultante. Por ejemplo, los ésteres preparados a partir de alcoholes C₁-C₂, tales como metanol y etanol, tienen solubilidad relativamente mayor en agua. Así, el intervalo de temperatura de aplicación para estos ésteres puede oscilar de aproximadamente 120 °F a
35 aproximadamente 250 °F (aproximadamente 49 °C a aproximadamente

121 °C). Para aplicaciones a mayor temperatura pueden usarse ésteres formados a partir de alcoholes C₃-C₁₀, tales como n-propanol, butanol, hexanol y ciclohexanol. Por supuesto, también pueden usarse los ésteres formados a partir de alcoholes C₁₁ o superior. En algunas realizaciones, ésteres mixtos, tales como citrato de acetilmetildibutilo, pueden usarse para aplicaciones a alta temperatura. Ésteres mixtos se refiere a aquellos ésteres preparados a partir de ácido policarboxílico con dos o más alcoholes diferentes en una única reacción de condensación. Por ejemplo, puede prepararse citrato de acetilmetildibutilo condensando ácido cítrico con tanto metanol como butanol y entonces seguido de acilación.

Ejemplos específicos de los grupos alquilo que se originan a partir de un alcohol incluyen, pero no se limitan a, metilo, etilo, propilo, butilo, iso-butilo, 2-butilo, t-butilo, bencilo, p-metoxibencilo, m-metoxibencilo, clorobencilo, p-clorobencilo, fenilo, hexilo, pentilo, etc. Ejemplos específicos de compuestos de éster adecuados incluyen, pero no se limitan a, fosfato de trietilo, oxalato de dietilo, ftalato de dimetilo, ftalato de dibutilo, maleato de dietilo, tartrato de dietilo, 2-etoxiacetato de etilo, acetilacetato de etilo, citrato de trietilo, citrato de acetiltriethyl, tetraciclohexil-EDTA, tetra-1-octil-EDTA, tetra-n-butil-EDTA, tetrabencil-EDTA, tetrametil-EDTA, etc. Compuestos de éster adecuados adicionales se describen, por ejemplo, en las siguientes patentes de EE.UU. N.º 3.990.978; 3.960.736; 5.067.556; 5.224.546; 4.795.574; 5.693.837; 6.054.417; 6.069.118; 6.060.436; 6.035.936; 6.147.034; y 6.133.205, incorporadas en el presente documento por referencia.

Cuando se usa un éster de un ácido policarboxílico, se prefiere la esterificación total de la funcionalidad del ácido, aunque también puede usarse un compuesto parcialmente esterificado en lugar de o además de un compuesto totalmente esterificado. En estas realizaciones, los ésteres de fosfato no se usan solos. Un éster de fosfato se refiere a un producto de condensación entre un alcohol y un ácido fosforoso o un ácido fosfórico y sales metálicas de los mismos. Sin embargo, en estas realizaciones, la combinación de un éster de ácido policarboxílico con un éster de fosfato puede usarse para ayudar a la degradación de un gel viscoso.

Cuando se usan los ésteres de ácidos policarboxílicos, tales como ésteres de ácidos oxálico, malónico, succínico, málico, tartárico, citrato, ftálico, etilendiaminatetraacético (EDTA), nitrilotriacético, y otros ácidos carboxílicos,

se observó que estos ésteres ayudaban a los agentes de oxidación basados en metal (tales como metal alcalinotérreo o peróxido de cinc) en la degradación de los fluidos de fracturación. Se encontró que la adición de 0,1 l/m³ a 5 l/m³ de estos ésteres mejora significativamente la degradación del fluido de fracturación. Y, lo que es más importante, la respuesta de degradación se retrasa, dando al fluido de fracturación un enorme tiempo para crear la fractura y poner el agente de sustentación antes de las reacciones de degradación. La reducción retardada en la viscosidad es probable debido a la hidrólisis relativamente lenta del éster, que forma aniones policarboxilato como productos de hidrólisis. Estos aniones policarboxilato, a su vez, mejoran la solubilidad de los agentes de oxidación basados en metal secuestrando el metal asociado a los agentes de oxidación. Esto puede haber promovido una descomposición relativamente rápida del agente de oxidación y causado la degradación del fluido de fracturación.

Generalmente, la temperatura y el pH de un fluido de fracturación afecta a la tasa de hidrólisis de un éster. Para las operaciones de perforación, la temperatura de fondo de pozo estática ("BHST") no puede controlarse o cambiarse fácilmente. El pH de un fluido de fracturación normalmente se ajusta a un nivel para asegurar el rendimiento del fluido apropiado durante el tratamiento de fracturación. Por tanto, la velocidad de hidrólisis de un éster no podría cambiarse fácilmente alterando BHST o el pH de un fluido de fracturación. Sin embargo, la tasa de hidrólisis puede controlarse por la cantidad de un éster usada en un fluido de fracturación. Para aplicaciones a mayor temperatura, la hidrólisis de un éster puede retardarse o retrasarse disolviendo el éster en un disolvente de hidrocarburo. Además, el tiempo de retraso puede ajustarse seleccionando ésteres que proporcionan más o menos solubilidad en agua. Por ejemplo, para aplicaciones a baja temperatura, se recomiendan los ésteres policarboxílicos hechos de alcoholes de bajo peso molecular, tales como metanol o etanol. El intervalo de temperatura de aplicación para estos ésteres podría oscilar de aproximadamente 120 °F a aproximadamente 250 °F (aproximadamente 49 °C a aproximadamente 121 °C). Por otra parte, para aplicaciones a mayor temperatura o tiempos de inyección más largos, deben usarse preferentemente ésteres preparados a partir de alcoholes de mayor peso molecular. Los alcoholes de mayor peso molecular incluyen, pero no se limitan a, alcoholes C₃-C₆, por ejemplo, n-

propanol, hexanol y ciclohexanol.

- En algunas realizaciones se usan ésteres de ácido cítrico en la formulación de un fluido de tratamiento de pozos. Un éster de ácido cítrico preferido es citrato de acetiltriethyl, que está disponible con el nombre comercial
- 5 Citraflex A2 de Morflex, Inc., Greensboro, N.C.

Gases

- Gases adecuados para espumar la composición de gel iónicamente acoplada espumable incluyen, sin limitación, nitrógeno, dióxido de carbono, o cualquier otro gas adecuado para su uso en la formación de fracturas, o
- 10 mezclas o combinaciones de los mismos.

Inhibidores de la corrosión

- Inhibidores de la corrosión adecuados para su uso en la presente invención incluyen, sin limitación: sales de amonio cuaternario, por ejemplo, cloruro, bromuros, yoduros, sulfatos de dimetilo, sulfatos de dietilo, nitritos,
- 15 bicarbonatos, carbonatos, hidróxidos, alcóxidos, o similares, o mezclas o combinaciones de los mismos; sales de bases de nitrógeno; o mezclas o combinaciones de los mismos. Sales de amonio cuaternario a modo de ejemplo incluyen, sin limitación, sales de amonio cuaternario de una amina y un agente de cuaternización, por ejemplo, cloruros de alquilo, bromuro de alquilo, yoduros
- 20 de alquilo, sulfatos de alquilo tales como sulfato de dimetilo, sulfato de dietilo, etc., alcanos dihalogenados tales como dicloroetano, dicloropropano, éter dicloroetílico, aductos de epíclorhidrina de alcoholes, etoxilatos, o similares; o mezclas o combinaciones de los mismos y un agente de amina, por ejemplo,
- 25 alquilpiridinas, especialmente, alquilpiridinas altamente alquiladas, alquilquinolinas, aminas C6 a C24 terciarias sintéticas, aminas derivadas de productos naturales tales como cocos, o similares, metilaminas sustituidas con dialquilo, aminas derivadas de la reacción de ácidos grasos o aceites y poliaminas, amidoimidazolininas de DETA y ácidos grasos, imidazolininas de etilendiamina, imidazolininas de diaminociclohexano, imidazolininas de
- 30 aminoetiletilendiamina, pirimidina de propanodiamina y propenodiamina alquilada, mono y poliaminas oxialquiladas suficientes para convertir todos los átomos de hidrógeno lábiles en las aminas en grupos que contienen oxígeno, o similares, o mezclas o combinaciones de los mismos. Ejemplos a modo de
- 35 ejemplo de sales de bases de nitrógeno, incluyen, sin limitación, sales de bases de nitrógeno derivadas de una sal, por ejemplo: ácidos C1 a C8

monocarboxílicos tales como ácido fórmico, ácido acético, ácido propanoico, ácido butanoico, ácido pentanoico, ácido hexanoico, ácido heptanoico, ácido octanoico, ácido 2-etilhexanoico, o similares; ácidos C2 a C12 dicarboxílicos, ácidos C2 a C12 carboxílicos insaturados y anhídridos, o similares; poliácidos
5 tales como ácido diglicólico, ácido aspártico, ácido cítrico, o similares; hidroxiaácidos tales como ácido láctico, ácido itacónico, o similares; aril e hidroxi aril ácidos; aminoácidos naturales o sintéticos; tioácidos tales como ácido tioglicólico (TGA); formas de ácido libre de derivados de ácido fosfórico de glicol, etoxilatos, amina etoxilada o similares, y ácidos aminosulfónicos; o
10 mezclas o combinaciones de los mismos y una amina, por ejemplo: aminas de ácido graso de alto peso molecular tales como cocamina, aminas de sebo, o similares; aminas de ácido graso oxialquiladas; poliaminas de ácido graso de alto peso molecular (di, tri, tetra, o superiores); poliaminas de ácido graso oxialquiladas; aminoamidas tales como productos de reacción de ácido
15 carboxílico con poliaminas en las que los equivalentes de ácido carboxílico es inferior a los equivalentes de aminas reactivas y derivados oxialquilados de los mismos; pirimidinas de ácido graso; monoimidazolininas de EDA, DETA o etilenaminas superiores, hexametilendiamina (HMDA), tetrametilendiamina (TMDA), y análogos superiores de las mismas; bisimidazolininas, imidazolininas de
20 ácidos mono y poliorgánicos; oxazolininas derivadas de monoetanolamina y ácidos grasos o aceites, éter aminas de ácido graso, mono y bis amidas de aminoetilpiperazina; sales de GAA y TGA de los productos de reacción de resinas de lejías celulósicas en bruto o resinas de lejías celulósicas destiladas con dietilentriamina; sales de GAA y TGA de productos de reacción de ácidos
25 dímeros con mezclas de poliaminas tales como TMDA, HMDA y 1,2-diaminociclohexano; sal de TGA de imidazolina derivada de DETA con ácidos grasos de resinas de lejías celulósicas o aceite de soja, aceite de canola, o similares; o mezclas o combinaciones de los mismos.

Otros aditivos

30 Los fluidos de perforación de la presente invención también pueden incluir otros aditivos también, tales como inhibidores de cascarilla, aditivos de control de dióxido de carbono, aditivos de control de parafina, aditivos de control de oxígeno, biocidas, estabilizadores del gel, tensioactivos, aditivos del control de arcillas, u otros aditivos.

Control de cascarilla

Aditivos adecuados para el control de cascarilla y útiles en las composiciones de la presente invención incluyen, sin limitación: Agentes quelantes, por ejemplo, sales de Na^+ , K^+ o NH_4^+ de EDTA; sales de Na^+ , K^+ o NH_4^+ de NTA; sales de Na^+ , K^+ o NH_4^+ de ácido eritórico; sales de Na^+ , K^+ o NH_4^+ de ácido tioglicólico (TGA); sales de Na^+ , K^+ o NH_4^+ de ácido hidroxiacético; sales de Na^+ , K^+ o NH_4^+ de ácido cítrico; sales de Na, K o NH_4^+ de ácido tartárico u otras sales o mezclas similares o combinaciones de los mismos. Aditivos adecuados que funcionan sobre efectos umbrales, secuestrantes, incluyen, sin limitación: fosfatos, por ejemplo, hexametilfosfato de sodio, sales de fosfato lineales, sales de ácido polifosfórico, fosfonatos, por ejemplo, no iónicos tales como HEDP (ácido hidroxietilidendifosfórico), PBTC (fosfoisobutano, ácido tricarboxílico), aminofosfonatos de: MEA (monoetanolamina), NH_3 , EDA (etilendiamina), bishidroxietilendiamina, bisaminoetil éter, DETA (dietilentriamina), HMDA (hexametilendiamina), hiperhomólogos e isómeros de HMDA, poliaminas de EDA y DETA, diglicolamina y homólogos, o poliaminas similares o mezclas o combinaciones de los mismos; ésteres de fosfato, por ejemplo, ésteres de ácido polifosfórico o ésteres de pentóxido de fósforo (P_2O_5) de: alcanolaminas tales como MEA, DEA, trietanolamina (TEA), bishidroxietilendiamina; alcoholes etoxilados, glicerina, glicoles tales como EG (etilenglicol), propilenglicol, butilenglicol, hexilenglicol, trimetilolpropano, pentaeritritol, neopentilglicol o similares; tris y tetrahidroxiaminas; alquilfenoles etoxilados (uso limitado debido a problemas de toxicidad), aminas etoxiladas tales como monoaminas tales como MDEA y aminas superiores de 2 a 24 átomos de carbono, diaminas 2 a 24 átomos de carbono, o similares; polímeros, por ejemplo, homopolímeros de ácido aspártico, homopolímeros solubles de ácido acrílico, copolímeros de ácido acrílico y ácido metacrílico, terpolímeros de acilatos, AMPS, etc., poliacrilamidas hidrolizadas, anhídrido polimérico (PMA); o similares; o mezclas o combinaciones de los mismos.

Neutralización de dióxido de carbono

Aditivos adecuados para la neutralización de CO_2 y para su uso en las composiciones de la presente invención incluyen, sin limitación, MEA, DEA, isopropilamina, ciclohexilamina, morfina, diaminas, dimetilaminopropilamina (DMA), etilendiamina, metoxipropilamina (MOPA), dimetiletanolamina,

metildietanolamina (MDEA) y oligómeros, imidazolinas de EDA y homólogos y aductos superiores, imidazolinas de aminoetiletanolamina (AEEA), aminoetilpiperazina, aminoetiletanolamina, diisopropanolamina, DOW AMP-90™, Angus AMP-95, dialquilaminas (de metilo, etilo, isopropilo),
5 monoalquilaminas (metilo, etilo, isopropilo), trialquilaminas (metilo, etilo, isopropilo), bishidroxietilendiamina (THEED), o similares o mezclas o combinaciones de los mismos.

Control de parafinas

Aditivos adecuados para la eliminación de parafinas, dispersión y/o
10 distribución de cristales de parafina incluyen, sin limitación: Cellosolves disponibles de DOW Chemicals Company; acetatos de Cellosolve; cetonas; sales y ésteres de acetato y formiato; tensioactivos compuestos de alcoholes etoxilados o propoxilados, alquilfenoles y/o aminas; metilésteres tales como coconato, laurato, sojato u otros metilésteres que existen de forma natural de
15 ácidos grasos; metilésteres sulfonatados tales como coconato sulfonatado, laurato sulfonatado, soyato sulfonatado u otros metilésteres sulfonatados de ácidos grasos que existen de forma natural; cloruros de amonio cuaternario de bajo peso molecular de aceites de coco, aceites de soja o aminas C₁₀ a C₂₄ o cloruros de alquilo y arilo monohalogenados; sales de amonio cuaternario
20 compuestas de cloruros de alquilo y/o arilo halogenados disustituidos (por ejemplo, dicoco, etc.) y de menor peso molecular; sales cuaternarias de gemini de dialquilo (metilo, etilo, propilo, mixtos, etc.), aminas terciarias y etanos, propanos dihalogenados, etc., o éteres dihalogenados tales como éter dicloroetílico (DCEE), o similares; sales cuaternarias de gemini de alquilaminas
25 o amidopropilaminas, tales como cocamidopropildimetilo, bis-sales de amonio cuaternario de DCEE; o mezclas o combinaciones de los mismos. Alcoholes adecuados usados en la preparación de los tensioactivos incluyen, sin limitación, alcoholes lineales o ramificados, especialmente mezclas de alcoholes reaccionados con óxido de etileno, óxido de propileno u óxido de
30 alquilenos superior, en los que los tensioactivos resultantes tienen un intervalo de HLB. Alquilfenoles adecuados usados en la preparación de los tensioactivos incluyen, sin limitación, nonilfenol, decilfenol, dodecilfenol u otros alquilfenoles en los que el grupo alquilo tiene entre aproximadamente 4 y aproximadamente 30 átomos de carbono. Aminas adecuadas usadas en la preparación de los
35 tensioactivos incluyen, sin limitación, etilendiamina (EDA), dietilentriamina

(DETA), u otras poliaminas. Ejemplos a modo de ejemplo incluyen Quadrols, Tetrols, Pentrols disponibles de BASF. Alcanolaminas adecuadas incluyen, sin limitación, monoetanolamina (MEA), dietanolamina (DEA), productos de reacción de MEA y/o DEA con aceites y ácidos de coco.

5 **Control del oxígeno**

La introducción de agua pozo abajo frecuentemente va acompañada por un aumento en el contenido de oxígeno de fluidos pozo abajo debido al oxígeno disuelto en el agua introducida. Así, los materiales introducidos pozo abajo deben trabajar en entornos de oxígeno o deben trabajar suficientemente bien hasta que el contenido de oxígeno se haya agotado por reacciones naturales. Para el sistema que no puede tolerar oxígeno, entonces el oxígeno debe eliminarse o controlarse en cualquier material introducido pozo abajo. El problema se agrava durante el invierno cuando los materiales inyectados incluyen anticongelantes tales como agua, alcoholes, glicoles, Cellosolves, formiatos, acetatos, o similares, y debido a que la solubilidad del oxígeno es mayor a un intervalo de aproximadamente 14-15 ppm en agua muy fría. El oxígeno también puede aumentar la corrosión y la formación de escama. En aplicaciones de CCT (tubería flexible capilar) usando soluciones diluidas, las soluciones inyectadas producen la inyección de un entorno oxidante (O_2) en un entorno reductor (CO_2 , H_2S , ácidos orgánicos, etc.).

Opciones para controlar el contenido de oxígeno incluyen: (1) desaireación del fluido antes de la inyección pozo abajo, (2) adición de sulfuros normales para producir óxidos de azufre, pero también los óxidos de azufre pueden acelerar el ataque por ácido sobre superficies metálicas, (3) adición de eritorbato, ascorbato, dietilhidroxiamina u otros compuestos reactivos con oxígeno que se añaden al fluido antes de la inyección pozo abajo; y (4) adición de inhibidores de la corrosión o agentes de pasivación de metales tales como sales de potasio (alcalinas) de ésteres de glicoles, etiloxilatos de alcohol polihidroxilado u otros inhibidores de la corrosión similares. Agentes inhibidores de oxígeno y de la corrosión incluyen mezclas de tetrametilendiaminas, hexametilendiaminas, 1,2-diaminaciclohexano, cabezas de amina, o productos de reacción de tales aminas con equivalentes molares parciales de aldehídos. Otros agentes de control de oxígeno incluyen amidas salicílicas y benzoicas de poliaminas, usadas especialmente en condiciones alcalinas, acetilendíoles de cadena corta o compuestos similares, ésteres de fosfato, glicerol borato,

sales de urea y tiourea de bisoxalidinas u otro compuesto que tanto absorbe oxígeno, reacciona con oxígeno como reduce o elimina de otro modo oxígeno.

Inhibidores de sales

- 5 Inhibidores de sales adecuados para su uso en los fluidos de la presente invención incluyen, sin limitación, Na Minus –Nitrilotriacetamide disponible de Clearwater International, LLC de Houston, Texas.

EXPERIMENTOS DE LA INVENCION

- 10 Los experimentos expuestos en el presente documento se diseñan para probar el uso de polímeros sintéticos en sistemas de fluidos de fractura que es comparable a un sistema de Dynafrac simplificado a 65 °C – 149 °C (150 °F – 300 °F) para determinar (a) perfiles de viscosidad en sistemas de CC120 (cloruro de colina), 2 % en peso de KCl y de agua de mar, (b) velocidades de hidratación para cumplir el 90 % de la viscosidad máx, (c) efectos de iones calcio y magnesio, (d) estabilidad del gel frente a la temperatura, (e) perfiles de
15 ruptura de los polímeros por diversos agentes de ruptura, (f) capacidades de transporte de agentes de sustentación, (g) compatibilidad de estos sistemas con aditivos, y (h) propiedades de permeabilidad de retorno.

Los polímeros usados en los experimentos expuestos aquí se enumeran en la Tabla I.

20

TABLA I

Designaciones e identidades de polímeros

Designación del polímero	Polímero
P1	CARBOPOL® EZ-4A
P2	CARBÓMERO 940
P3	CARBOPOL® EZ-2
P4	CARBOPOL® EZ-3
P5	CARBÓMERO 980

PROCEDIMIENTOS DE LABORATORIO

Procedimiento de hidratación / mezcla de laboratorio usando la 25 mezcladora Waring

Verter 200 ml de 2 % de KCl (o agua de mar sintética) en la mezcladora de vidrio. Añadir la concentración requerida de polímero sintético en la mezcladora. Añadir el hidróxido sódico al 50 % en nivel de incremento de 0,1

- ml dentro de la mezcladora hasta que alcance un pH neutro, y se vuelva viscoso. Añadir la concentración requerida de aditivo(s) en la mezcladora si se realiza la prueba de compatibilidad de aditivo(s). Añadir la concentración requerida de agente de sustentación en la mezcladora si se realiza la prueba
- 5 de suspensión del agente de sustentación. Dejar 5 minutos para el proceso de mezcla completo o si se realiza la prueba de hidratación entonces detener la mezcla en momentos requeridos.

Parar la mezcladora y medir la viscosidad a las condiciones requeridas.

Estabilidad del gel / procedimiento de ruptura

- 10 El reómetro de modelo PVS de Brookfield está diseñado para probar muestras de fluido que simulan condiciones de proceso en un entorno de mesa (se eliminan los problemas de ebullición de las muestras). El reómetro PVS mide con una geometría de cilindro coaxial y suministra exactitud excelente y sensibilidad espectacular. El reómetro responde a cambios de tiempo y
- 15 temperatura en la viscosidad, transmitiendo mecánicamente una señal de par de torsión de rotación del área de contención de presión sin fricción.

Reómetro PVS de Brookfield

- Con referencia ahora a las **Figuras 1A y B**, un reómetro PVS típico que incluye una base de potencia **1**, un estator / cilindro interno **2**, una copa de
- 20 muestra **3**, un ensamblaje de elemento de torsión / tubo de montaje **4**, un deflector **5**, una cubierta del cabezal del reómetro **6**, una varilla vertical **7**, un tornillo de bloqueo del cabezal del reómetro PVS **8**, un bloqueo del cabezal del reómetro **9**, una válvula de tres vías **10**, una rejilla **11**, una válvula de alivio de seguridad **12**, un anillo moleteado **13**, un panel de conectores de cable **14** y un
- 25 guar de elemento de torsión **15**.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Velocidad de hidratación

- La velocidad de hidratación es un parámetro clave para medir los sistemas de polímero hidratable para determinar cuánto tiempo de residencia
- 30 se requiere antes de que los sistemas puedan ser bombeados en el fondo del pozo. Una vez el sistema de polímero se dispersa en un fluido de base tal como un fluido de base que incluye 0,2 % en peso a 0,6 % en peso de CC120 (cloruro de colina) en una solución al 2 % en peso de KCl (cloruro de potasio) o en agua de mar, la capacidad del sistema de polímero para desenredarse y
- 35 absorber agua impone su velocidad de hidratación. La velocidad de hidratación

puede controlarse mezclando tiempo/velocidad, además de mediante la adición de ajustadores del pH tales como hexametilendiamina (HMD), hexametilénimina (HMI), o una solución al 50 % de hidróxido sódico.

Las velocidades de hidratación para cada sistema de polímero sintético probado a diferentes concentraciones con adición de un ajustador del pH en diferentes fluidos de base se presentan a continuación. Los presentes sistemas de polímero sintético se diseñaron para lograr viscosidad suficiente para suspender agentes de sustentación a la velocidad de hidratación más rápida posible. En ciertas realizaciones, la viscosidad suficiente es aproximadamente 350 cP (centipoise), que significa que los sistemas de polímero sintético se comportan similarmente a los sistemas de guar natural tradicionales.

Como se muestra en la **Figura 2**, un sistema que incluye 0,25 % en peso de **P1**, 0,2 % en peso de CC120 y 0,25 % en vol. de HMI proporcionó una viscosidad de 350 cP o superior, una viscosidad suficiente para suspender agentes de sustentación. Con aproximadamente 3 minutos de mezcla, un tiempo de mezcla suficiente, el polímero **P1** en el fluido ya se hidrató completamente, que sugiere que el tiempo de hidratación (o una unidad de hidratación) puede acortarse o eliminarse en las operaciones en campo. En fluido que contiene mayores concentraciones de CC120, 0,4 % en peso y 0,6 % en peso, se necesitó una mayor cantidad del polímero **P1** para obtener una viscosidad suficiente. Aún cuando, como se muestra en la **Figura 2**, el tiempo de mezcla estuviera entre 3 y 5 minutos y fuera suficiente para alcanzar una viscosidad en suspensión del agente de sustentación suficiente.

Como se muestra en la **Figura 3**, un 1,2 % en peso del sistema **P1** alcanzó el 97 % de su viscosidad máxima en 3 minutos y el 99 % de su viscosidad máxima en 15 minutos con mezcla a temperatura ambiente (es decir, una temperatura entre 20 °C y 25 °C). El pH del sistema se ajustó a neutro (es decir, un pH entre 6 y 7) usando una solución al 50 % en peso de hidróxido sódico (NaOH).

Como se muestra en la **Figura 4**, se probó un sistema **P2** al 1,2 % en peso en 2 % de KCl a diferentes concentraciones de base añadida – una solución al 50 % en peso de hidróxido sódico (NaOH). Los datos mostraron que las bajas concentraciones de base añadida redujeron la viscosidad del sistema **P2**. La capacidad para ajustar la viscosidad del sistema **P2** ajustando la cantidad de base añadida puede ser beneficiosa en operaciones de campo,

reduciendo el riesgo de obstrucción de las mangueras en las líneas de baja y alta presión, a diferencia de añadir una dosis completa de base – una solución al 50 % de hidróxido sódico al sistema **P2** de una vez.

5 Como se muestra en la **Figura 5**, se probó un 2,5 % en peso del sistema **P2** en agua de mar. El sistema **P2** alcanzó el 80 % de su viscosidad máxima en 5 minutos y el 91 % de su viscosidad máxima en 15 minutos con mezcla a temperatura ambiente (es decir, 20 °C – 25 °C). El pH del sistema se ajustó a un pH entre 5 y 6 usando 1,05 % en vol. de una solución al 50 % de hidróxido sódico.

10 En los sistemas de polímero natural tradicionales tales como los sistemas de guar, el tiempo de hidratación requerido para alcanzar la viscosidad máxima es aproximadamente media hora. Así, las velocidades de hidratación para los sistemas de polímero sintético **P1** y **P2** son mucho más rápidas, requiriendo solo entre 3 y 5 minutos en 2 % de KCl y agua de mar.

15 Como se muestra en la **Figura 6**, se probó el rendimiento de un 1,0 % en peso del sistema **P3** en 2 % en peso de KCl. El sistema **P3** alcanzó el 90 % de su viscosidad máxima en aproximadamente 45 minutos. El pH del sistema se ajustó a un pH entre 5 y 6 usando 1,25 % en vol. de una solución al 50 % de hidróxido sódico.

20 Como se muestra en la **Figura 7**, se probó el rendimiento de un 1,3 % en peso del sistema **P3** en 2 % en peso de KCl. El sistema **P3** alcanzó el 90 % de su viscosidad máxima en aproximadamente 45 minutos. El pH del sistema se ajustó a un pH entre 5 y 6 usando una solución al 50 % de hidróxido sódico.

25 Como se muestra en la **Figura 8**, se probó el rendimiento de un 1,5 % en peso del sistema **P3** en 2 % en peso de KCl. El sistema **P3** alcanzó el 90 % de su viscosidad máxima en aproximadamente 45 minutos. El pH del sistema se ajustó a un pH entre 5 y 6 usando una solución al 50 % de hidróxido sódico.

30 Así, controlando la cantidad de cada polímero sintético usada en un sistema y el tipo de polímeros sintéticos exactos usados en un sistema, puede ajustarse la velocidad de hidratación para adecuarse a cualquier entorno de perforación deseado o cualquier perfil de viscosidad deseado para una operación de fracturación dada.

EFEECTO DEL pH

35 También se estudió el efecto de pH antes de la prueba de los agentes de ruptura con el fin de determinar el intervalo de pH óptimo para formular los

sistemas de fluido de la presente invención. El pH se varió mediante la adición de diferentes cantidades de una solución al 50 % de hidróxido sódico, las viscosidades medidas a 100/s de cizallamiento se observaron a diferentes valores de pH a temperatura ambiente. La **Figura 9** muestra el efecto del pH sobre los sistemas **P1-P5** a temperatura ambiente en un 2 % en peso de fluido de base de KCl. La **Figura 10** muestra el efecto del pH sobre los sistemas **P1-P5** a temperatura ambiente en un fluido de base de agua de mar. Los datos muestran intervalos de pH útiles para los cinco sistemas P1-P5 de polímeros sintéticos en tanto 2 % en peso de KCl como en agua de mar.

Como se muestra en la **Figura 11**, el efecto del pH sobre un sistema **P2** a temperatura ambiente neutralizando el sistema **P2** con solución al 50 % de hidróxido sódico en un 2 % en peso de fluido de base de KCl. Los datos mostraron que a un pH de aproximadamente 5,5, el sistema de fluido **P2** empieza a hidratarse rápidamente. De pH 6 a 7,5, el sistema de fluido **P2** está todavía hidratándose y también se obtuvieron mayores viscosidades. Cuando se añadió una pequeña cantidad de una solución al 50 % de hidróxido sódico al sistema de fluido **P2**, el pH se dispara rápidamente normalmente de 7 a 12, mientras que la viscosidad aumenta más lentamente. A medida que se añadió más y más solución de hidróxido sódico al sistema, el pH aumenta, mientras que las viscosidades del fluido empezaron a disminuir. Esto sugirió que el mejor intervalo de hidratación para estos sistemas de fluido de polímero sintético de la presente invención está aproximadamente en un intervalo de pH entre 6 y 7,5. El añadir demasiado ajustador del pH no ayuda a aumentar la viscosidad drásticamente, pero los fluidos se vuelven corrosivos.

La **Figura 12** muestra el efecto del pH sobre los sistemas **P2** a temperatura ambiente neutralizando con una solución al 50 % de hidróxido sódico en agua de mar. En el agua de mar, los datos mostraron picos de viscosidad a un pH entre aproximadamente 5 y aproximadamente 6, y a pH 12 y superior. Aún cuando a pH superior a 12 los fluidos dieron viscosidades muy altas, se necesitó añadir una cantidad muy grande de ajustador del pH dentro del sistema, que hace que los sistemas sean muy corrosivos, posiblemente más difíciles de romper.

En fluidos que incluyen 0,6 % en peso de fluidos de base CC120, todos los sistemas de fluido de polímero sintético probados parecen tener viscosidad alta a un intervalo de pH entre 6 y 11. En fluidos que incluyen 2 % en peso de

fluidos de base de KCl, se observó en todos los sistemas de fluido de polímero sintético probados que a aproximadamente pH 6 las viscosidades se dispararon de 100 cP.

ESTABILIDAD DEL GEL Y EFECTO DE LA TEMPERATURA

5 Se probó el rendimiento del sistema de fluido **P1** a diversas temperaturas para determinar cuánta disminución de la viscosidad por el calor se produciría. Se usó un sistema **P1** que incluye 0,40 % en peso de **P1**, 0,60 % de CC120 y 0,45 % en vol. de HMI para probar la estabilidad del gel y perfiles de ruptura. Como se muestra en la **Figura 13**, la estabilidad de la viscosidad del gel, sin ningún agente de ruptura, se probó a 60 °C, 80 °C y 100 °C en un instrumento PVS de Brookfield. Los datos mostraron que a 60 °C, la viscosidad del sistema de fluido **P1** se estabilizó a 300 cP en un periodo de 2 horas. Los datos mostraron que a 80 °C, la viscosidad del sistema de fluido **P1** se estabilizó a aproximadamente 260 cP en un periodo de 2 horas. Los datos mostraron que a 100 °C, la viscosidad del sistema de fluido **P1** se estabilizó a aproximadamente 190 cP en un periodo de 2 horas. Los datos demostraron la dependencia de la viscosidad de la temperatura de sistemas **P1**.

20 Se realizaron pruebas de estabilidad del gel durante un periodo de 2 horas para comprobar si se produjo cualquier disminución de la viscosidad por el calor en los sistemas de fluido de polímero sintético gelificado **P1-P5** de la presente invención. Como se muestra en la **Figura 14**, la estabilidad del gel de **P1-P5** a diversa concentración se muestra a 80 °C. Los datos mostraron que todos los sistemas de polímero tuvieron viscosidades estables con disminución de la viscosidad mínima a 80 °C.

25 Como se muestra en la **Figura 15**, el efecto de la temperatura sobre la viscosidad de un sistema de fluido que incluye 1,1 % en peso de **P2** y 0,65 % en vol. de hidróxido sódico al 50 % en 2 % en peso de fluido de base de KCl a un pH de aproximadamente 6 mostró que el sistema tuvo una viscosidad estable durante las 2 primeras horas a temperaturas entre 25 °C y 149 °C. Las viscosidades se estabilizaron a aproximadamente 266 cP a 25 °C; 250 cP a 30 80 °C; 202 cP a 100 °C; y 133 cP a 149 °C, respectivamente.

35 Como se muestra en la **Figura 16**, el efecto de la temperatura sobre la viscosidad de un sistema de fluido que incluye 1,2 % en peso de **P5** y 0,7 % en vol. de hidróxido sódico al 50 % en 2 % en peso de fluido de base de KCl mostró que el sistema tuvo una viscosidad estable durante las 2 primeras horas

a temperaturas entre 25 °C y 149 °C. Las viscosidades se estabilizaron a aproximadamente 256 cP a 25 °C; 278 cP a 80 °C; 238 cP a 100 °C; y 153 cP a 149 °C, respectivamente.

Como se muestra en la **Figura 17**, el efecto de la temperatura sobre la viscosidad de un sistema de fluido que incluye 1,5 % en peso de **P3** y 1,23 % en vol. de hidróxido sódico al 50 % en 2 % en peso de fluido de base de KCl mostró que el sistema tuvo una viscosidad estable durante las 2 primeras horas a temperaturas entre 80 °C y 149 °C, pero la viscosidad del sistema a 25 °C aumenta de aproximadamente 380 cP a aproximadamente 640 cP durante el periodo de prueba de 2 horas. Las viscosidades se estabilizaron a aproximadamente 580 cP a 80 °C; 500 cP a 100 °C; y entre 205-280 cP a 149 °C, respectivamente.

Como se muestra en la **Figura 18**, el efecto de la temperatura sobre un sistema de fluido que incluye 1,2 % en peso de **P2** y 0,65 % en vol. de hidróxido sódico al 50 % en 2 % de fluido de base de KCl a un pH de aproximadamente 6,5 mostró que el sistema tuvo una viscosidad estable dentro de la misma temperatura al menos durante las 2 primeras horas, y la temperatura varió entre 40 °C y 149 °C. El fluido se estabilizó a aproximadamente 368 cP a 40 °C; 341 cP a 65 °C; 325 cP a 85 °C; 278 cP a 100 °C; 228 cP a 120 °C; y 210 cP a 149 °C, respectivamente.

Pruebas de agentes de ruptura adicionales se basaron en este sistema de **P2** en el sistema de 2 % de KCl, que requiere menores cantidades de **P2** para alcanzar una viscosidad de 350 cP para los requisitos de suspensión del agente de sustentación.

PERFILES DEL AGENTE DE RUPTURA

Se evaluaron varios agentes de ruptura tanto convencionales como no convencionales en el sentido de que los presentes inventores saben que este sistema no es tolerante a las sales y es sensible al pH. Se probaron agentes de ruptura a diversas concentraciones y temperaturas con el PVS de Brookfield.

Se probaron los siguientes agentes de ruptura expuestos en la Tabla II en el PVS de Brookfield.

TABLA II

Designaciones e identidades de agentes de ruptura eficaces

Designación del agente de ruptura	Agente de ruptura
Agentes de ruptura eficaces	
B1	DRB-HT
B2	ENCAP KP-LT
B3	WBK-134
B8→B4	PROCAP CA
B9→B5	PROCAP CA-HT
B10→B6	WBK-139
B15→B7	WBK 133
B17→B8	DRB-HT

Los agentes de ruptura eficaces son capaces de romper los sistemas de fluido de polímero hidratable sintético a ciertas concentraciones y temperaturas. En cierta realización, los agentes de ruptura eficaces incluyen **B1** a una temperatura entre 80 °C y 100 °C; **B3** a una temperatura de 100 °C; y **B2** a una temperatura de 100 °C. El rendimiento de la ruptura de muchos de estos agentes de ruptura se muestra en más detalle en el presente documento.

B1 es un agente de ruptura de persulfato de amonio recubierto con resina o encapsulado en resina, que rompe los sistemas de fluido de polímero sintético de la presente invención debido a la naturaleza iónica de los sistemas y la naturaleza iónica del persulfato de amonio, pero no rompe el gel mediante actividad oxidativa. Las **Figuras 19 y 20** muestran los perfiles de ruptura para **B1** sobre un sistema **P1** de la presente invención a diferentes temperaturas.

B1 funcionó excepcionalmente bien como agente de ruptura a 100 °C, a la que el recubrimiento de la resina se rompe lentamente para liberar el persulfato de amonio. Para temperaturas más bajas, se requirieron concentraciones mayores y a 60 °C **B1** no es eficaz ya que la temperatura no es lo suficientemente alta como para romper el recubrimiento y liberar el persulfato de amonio.

B2 es otro de agente de ruptura encapsulado en resina que contiene persulfato de potasio, en el que la capa de resina se rompe a una temperatura

más baja. La **Figura 21** muestra los perfiles de ruptura para **B2** de un sistema **P1** de la presente invención a 100 °C.

Los resultados de prueba para **B2** mostraron que **B2** no es tan diferente de **B1** en términos de cómo de rápido se rompe el gel y una concentración similar de **B2** dio una viscosidad en comparación con el perfil de ruptura de **B1**.

B3 es un agente de ruptura oxidante encapsulado para su uso como un agente de ruptura de liberación retardada que se ha usado para romper fluidos de fracturación basados en guar. **B3** es una versión de baja temperatura de **B1**. La **Figura 22** muestra los perfiles de ruptura para **B3** sobre un sistema **P1** de la presente invención a 80 °C.

Si se requieren temperaturas de ruptura más bajas, **B3** puede usarse para romper los sistemas gelificados de la presente invención. Los resultados demostraron que los agentes de ruptura encapsulados son eficaces en romper los fluidos basados en polímero sintético de la presente invención. Sin embargo, debido a la naturaleza única de los sistemas basados en polímero sintético de la presente invención, las concentraciones, mezclas y características de ruptura de agente de ruptura encapsulado pueden controlarse para proporcionar un perfil de ruptura deseado para cada sistema de fluido basado en polímero sintético de la presente invención.

A 65 °C, en algunos de los agentes de ruptura encapsulados, la capa externa de resinas o lípidos empieza a degradarse, por tanto sus productos químicos encapsulados empiezan a romper los fluidos según sus mecanismos. **B3** es un persulfato de amonio encapsulado con resina acrílica curada y recubrimiento de sílice de cuarzo cristalina y **B8** es un ácido cítrico encapsulado con recubrimiento de resina curada. **B7** es un persulfato de amonio encapsulado.

Como se muestra en la **Figura 23**, el 2 % en peso de **B7** produjo un perfil de ruptura atractivo para un sistema **P2** con un retardo del tiempo de 60 minutos para la suspensión de agente de sustentación y fue capaz de romper este sistema en 3 horas.

Como se muestra en la **Figura 24**, diferentes concentraciones de **B3** fueron capaces de mantener un sistema **P2** a una viscosidad del fluido suficientemente alta (> 200 cP) para suspender agentes de sustentación durante aproximadamente 40 – 50 minutos; y luego empezar a romper el sistema **P2** a la viscosidad de 10 cP. **B3** puede mantener la viscosidad > 200

cP durante aproximadamente 43 minutos al 0,5 % en peso y durante aproximadamente 30 minutos al 2 % en peso de **B3** a 80 °C.

Como se muestra en la **Figura 25**, se muestran los perfiles de ruptura al 2 % en peso de **B4**, **B5**, **B6** y **B8** en un sistema **P2** al 1,2 % en peso durante un periodo de 175 minutos. El agente de ruptura **B8** es más eficaz que los agentes de ruptura **B4**, **B5** y **B6**, teniendo **B5** un perfil de ruptura más largo que **B6**, que tiene un perfil de ruptura más largo que **B4**.

Como se muestra en la **Figura 26**, el 2 % en peso de **B8** rompió el sistema **P2** en aproximadamente 88 minutos, que sugirió que los presentes inventores pueden reducir adicionalmente la concentración de **B8** para prolongar su perfil de ruptura. Como se muestra en las Figuras **27**, se probaron diferentes concentraciones de **B8** en el sistema **P2** a 100 °C.

Los resultados mostraron que a la concentración de **B8** del 0,75 % en peso o superior, los fluidos **P2** pueden romperse a 100 °C. Al 0,75 % en peso de **B8**, la viscosidad del fluido **P2** se mantuvo superior a 200 cP durante aproximadamente 32 minutos, y se rompió completamente en 132 minutos.

Como se muestra en la **Figura 28**, los perfiles de ruptura con concentraciones variables de **B8** a 120 °C del 0,1 % en peso al 0,5 % en peso, puede observarse resistencia de encapsulación similar una vez la temperatura empezó a ascender hasta 120 °C. Con 0,5 % en peso de **B8**, el fluido **P2** se rompió hasta 10 cP en 130 minutos; mientras que reduciendo la concentración de **B8** a 120 °C al 0,1 % en peso y al 0,25 % en peso, no se observó ruptura del fluido. Estos resultados sugieren que la resina curada externa no se degrada adecuadamente a temperaturas inferiores a 120 °C; y el material encapsulado persulfato de amonio al 0,5 % en peso es suficiente para romper el fluido **P2**.

Como se muestra en la **Figura 29**, los perfiles de ruptura con concentraciones variables de **B5** del 0,5 % en peso al 2,5 % en peso a 120 °C fueron similares al perfil de ruptura de **B8**, que tiene una resistencia de encapsulación similar, se observó que **B5** puede mantener una viscosidad de 200 cP o superior durante aproximadamente 20-40 minutos a 120 °C. Sin embargo, con 2,5 % en peso de **B5** no se rompió completamente hasta 10 cP, pero se redujo a 24 cP en 3 horas.

Como se muestra en la **Figura 30**, se observó que el efecto de **B8** sobre la viscosidad del fluido a 149 °C durante 2 horas con concentraciones variables

de **B8** del 0,5 % en peso al 2 % en peso a 149 °C mantenía una viscosidad de 200 cP o superior durante menos de 10 minutos a 149 °C. Incluso con el 0,5 % en peso de concentración, la viscosidad de la suspensión disminuyó demasiado pronto. Esto sugiere que es posible reducir la concentración de **B8**.

- 5 En resumen, se observaron perfiles de ruptura por debajo de 300 psi a diferentes temperaturas en PVS de Brookfield. Son posibles reducciones adicionales de las concentraciones de agente de ruptura, y puede promoverse la mejora del sistema de fluido. La **Tabla III**, **Tabla IV**, **Tabla V**, **Tabla VI** y **Tabla VII** muestran el sumario de fluidos cuando se aplican agentes de ruptura
- 10 a 40 °C, 65 °C, 80 °C, 100 °C, 120 °C y 149 °C, respectivamente.

TABLA III

Sumario de ruptura de fluido a 65 °C en PVS de Brookfield

	Agente de ruptura	TT (°C)	Retardo del tiempo para mantener la viscosidad >200 cP (min)	Viscosidad (cP) después de 3 horas	Comentario
K940-2	-	65	-	341	-
3 horas	2 % de B7	65	60	176 min rota <10 cP	ROTA

TABLA IV

Sumario de ruptura de fluido a 80 °C en PVS de Brookfield

15

	Agente de ruptura	TT (°C)	Retardo del tiempo para mantener la viscosidad >200 cP (min)	Viscosidad (cP) después de 3 horas	Comentario
K940-2	-	80	-	278	-
3 horas	1,5 % de B3	80	40	133 min rota <10 cP	ROTA
	2,0 % de B3	80	29	74 min rota <10 cP	ROTA

TABLA V

Sumario de ruptura de fluido a 100 °C en PVS de Brookfield

	Agente de ruptura	TT (°C)	Retardo del tiempo para mantener la viscosidad >200 cP (min)	Viscosidad (cP) después de 3 horas	Comentario
K940-2 3 horas	-	100	-	240	-
	0,75 % de B8	100	32	132 min rota <10 cP	ROTA
	1,0 % de B8	100	27	81 min rota <10 cP	ROTA
	1,5 % de B8	100	30	98 min rota <10 cP	ROTA
	2,0 % de B8	100	31	88 min rota <10 cP	ROTA

TABLA VI

5

Sumario de ruptura de fluido a 120 °C en PVS de Brookfield

	Agente de ruptura	TT (°C)	Retardo del tiempo para mantener la viscosidad >200 cP (min)	Viscosidad (cP) después de 3 horas	Comentario
K940-2 3 horas	-	120	-	233	-
	0,5 % de B8	120	14	~130 min rota <10 cP	ROTA
	1,0 % de B6	120	10	~115 min rota <10 cP	ROTA
	0,5 % de B5	120	21	134	No rota
	1,0 % de B5	120	39	82	No rota
	1,5 % de B5	120	19	62	No rota
	2,5 % de B5	120	39	24	No rota

TABLA VII

Sumario de ruptura de fluido a 149 °C en PVS de Brookfield

	Agente de ruptura	TT (°C)	Retardo del tiempo para mantener la viscosidad >200 cP (min)	Viscosidad (cP) después de 2 horas	Comentario
K940-2	-	149	-	210	-
	2,0 % de B3	149	5	12 min rota < 10 cP	ROTA
	2,0 % de B8	149	8	18 min rota < 10 cP	ROTA
	2,0 % de B6	149	7	~2 hrs rota < 10 cP	ROTA
	1,0 % de B8	149	7	40 min rota < 10 cP	ROTA
	1,5 % de B8	149	8	17 min rota < 10 cP	ROTA
	2,0 % de B8	149	8	18 min rota < 10 cP	ROTA

COMPATIBILIDAD DE ADITIVOS

- 5 Antes de aplicar este sistema de gel de polímero sintético a la operación en campo, aditivos de fracturación comúnmente usados se verificaron para ver si eran compatibles con los fluidos. Los aditivos de fracturación comúnmente usados son ácidos, biocida, agente de ruptura, estabilizador de arcillas, reticulante, control de pérdida de fluido, espumante, control de hierro, ajustador
- 10 del pH, no emulsionante, agentes de sustentación, disolvente, etc. Las excepciones son ácidos minerales fuertes y ácidos orgánicos tales como ácido acético, ácido fórmico y ácido clorhídrico.

- 15 Los aditivos que los presentes inventores han probado en este polímero sintético incluyen WNE-363, BioClear 2000, WGS-160L y WCS-631LC. La formulación de fluido contiene 1,2 % en peso de **P2** con 0,65 % en vol. de NaOH al 50 % en 2 % de salmuera de KCl. El fluido se probó individualmente con aditivo a 100 °C para demostrar la estabilidad del fluido. La **Tabla VIII** muestra aditivos y sus concentraciones a probar.

TABLA VIII

Aditivos y sus concentraciones para realizar la prueba de compatibilidad

ADITIVOS	FUNCIÓN	CONCENTRACIÓN (gpt)
WNE-363	Tensioactivo	2
BioClear 2000	Biocida	0,05
WGS-160L	Estabilizador del gel	3
WCS-631LC	Aditivo de control de arcillas	2

Con 2 gpt de WNE-363, el fluido **P2** permaneció estable en la viscosidad durante 2 horas, disminución de la viscosidad menor del 3,2 % como se muestra en la **Figura 31**. Obsérvese que el cambio de la viscosidad se calculó como la diferencia de viscosidades entre la inicial y final después de que el fluido alcanzara 100 °C.

Con 0,05 gpt de BioClear 2000, el fluido **P2** mostró una disminución de la viscosidad menor del 7,2 % durante 2 horas a 100 °C como se muestra en la **Figura 32**.

Con 3 gpt de WGS-160L, el fluido **P2** permaneció estable en la viscosidad durante 2 horas, se observó una disminución de la viscosidad menor del 4,6 % como se muestra en la **Figura 33**.

Con 2 gpt de WCS-631LC, el fluido **P2** permaneció estable en la viscosidad durante 2 horas, se observó una disminución de la viscosidad menor del 5,7 % como se muestra en la **Figura 34**.

Con una combinación de 2 gpt de WNE-363, 0,05 gpt de BioClear 2000, 3 gpt de WGS-160L y 2 gpt de WCS-631LC a 100 °C, el fluido **P2** permaneció estable en la viscosidad durante 2 horas, se observó una disminución de la viscosidad menor del 5,9 % como se muestra en la **Figura 35**. Por tanto, los resultados mostraron que con estos aditivos de fracturación comúnmente usados a sus concentraciones típicas, la viscosidad de los fluidos permanece estable al menos durante 2 horas.

COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LLEVAR UN AGENTE DE SUSTENTACIÓN

Con el fin de evaluar las capacidades de llevar arena, los presentes inventores cargaron geles sintéticos de diferente viscosidad y los compararon con un sistema de borato reticulado convencional que se usa comúnmente. Los

sistemas se dispusieron en un baño de agua a 80 °C y se sacaron después de 30 minutos y 2 horas para evaluar cuánta arena había sedimentado.

Guar (0,625 %) con KCl (2 %), WPB-584L (0,05 %) y BXL-10 (0,075 %): La viscosidad de Brookfield es 400 cP a 100/s a 80 °C. La arena sedimentó en el fondo del frasco en el plazo de 30 minutos en el baño de agua a 80 °C.

P1 (0,30 %) con CC120 (0,60 %) y HMI (0,30 %): La viscosidad de Ofite 900 es 134 cP a 100/s a temperatura ambiente. La arena para juegos sedimentó ligeramente en la parte inferior del frasco en 2 horas en el baño de agua a 80 °C.

P1 (0,30 %) con CC120 (0,60 %) y HMI (0,35 %): La viscosidad de Ofite 900 es 209 cP a 100/s a temperatura ambiente. La arena para juegos no sedimentó en el frasco en el plazo de 2 horas en el baño de agua a 80 °C.

P1 (0,30 %) con CC120 (0,60 %) y HMI (0,40 %): La viscosidad de Ofite 900 es 252 cP a 100/s a temperatura ambiente. La arena para juegos no sedimentó en el frasco en el plazo de 2 horas en el baño de agua a 80 °C.

P1 (0,30 %) con CC120 (0,60 %) y HMI (0,45 %): La viscosidad de Ofite 900 es 325 cP a 100/s a temperatura ambiente. La arena para juegos no sedimentó en el frasco en el plazo de 2 horas en el baño de agua a 80 °C.

Los resultados muestran claramente las superiores capacidades de suspensión del sistema de polímero sintético incluso cuando se usa una viscosidad más baja durante el sistema Dynafrac convencional. El uso de fluidos de viscosidad más baja podría permitir presiones de bombeo más bajas debido a la reducción en la presión de fricción a medida que el fluido es bombeado en el fondo del pozo.

También se usó otro polímero sintético **P2** para formular el fluido en el sistema de 2 % de KCl. Se comparó la capacidad de suspensión del agente de sustentación de su fluido con el Dynafrac convencional de los presentes inventores y sistemas de goma xantana. Se usó CARBO Ceramics's CARBO-HSP 20/40 con una gravedad específica de 3,56 para esta prueba de suspensión para la comparación.

Los resultados son los que se muestran más adelante en las Figuras **36 y 37** a temperatura ambiente y 80 °C, respectivamente.

A temperatura ambiente, 20 °C – 25 °C, tanto **P2** como polímeros naturales Dynafrac convencionales pudieron suspender agentes de sustentación durante 22 horas. Mientras que con xantana disminuye la mitad

de su viscosidad en suspensión en 5 horas.

Con la misma formulación, aunque la temperatura ascendió a 80 °C, el gel Dynafac convencional empezó a disminuir la mitad de su viscosidad en suspensión en 4 horas; y el fluido con xantana disminuye la mitad de su viscosidad en suspensión en 30 minutos a 80 °C. Por otra parte, el fluido con viscosidad en suspensión del polímero sintético **P2** permanece durante 22 horas a 80 °C.

Se probaron las capacidades de suspensión del agente de sustentación para fluidos que incluyen 1 % en peso de **P2** y 0,65 % en vol. de NaOH al 50 % que tienen diferentes viscosidades a 100/s en OFITE 900 a temperatura ambiente y 80 °C, respectivamente. Las viscosidades probadas de los fluidos fueron: 51,7 cP, 121,4 cP, 205 cP y 262 cP. La mayoría de los agentes de sustentación cayeron al fondo a 51,7 cP en el plazo de 10 minutos a 80 °C. La mayoría de los agentes de sustentación cayeron al fondo a 121,4 cP en menos de 3 horas a 80 °C. Pareció que los agentes de sustentación se pegaban a la pared de vidrio mientras que muchos de ellos habían caído al fondo. Los agentes de sustentación se suspendieron al principio y solo mostró una caída menor de los agentes de sustentación desde la parte superior a 205 cP después de 24 horas a 80 °C. La suspensión de los agentes de sustentación de 262 cP, fluidos a 80 °C al principio y después de 24 horas, respectivamente, no mostró caída del agente de sustentación.

CONCLUSIONES

Se probaron diversas formulaciones de los polímeros sintéticos en tres sistemas diferentes: 0,2 % - 0,6 % de CC120, 2 % de KCl y agua de mar. Se usó un mínimo de 0,25 % en peso de **P1**, con CC120 y HMI, para lograr un fluido de pH neutro con la mayor viscosidad, es decir, 380 cP a temperatura ambiente de OFITE Modelo 900. Se usó un mínimo de 1,2 % en peso de **P2**, con 2 % de KCl y NaOH al 50 %, para lograr un fluido de pH neutro con la mayor viscosidad, es decir, 380 cP a temperatura ambiente de OFITE Modelo 900. Se usó un mínimo de 2,5 % en peso de **P2**, con agua de mar e hidróxido sódico al 50 %, para lograr un fluido de pH neutro con la mayor viscosidad, es decir, 630 cP a temperatura ambiente de OFITE Modelo 900. El tiempo de hidratación mínimo recomendado es 3 minutos para que el polímero seco alcance el 90 % de la mayor viscosidad para los sistemas de CC120 y de 2 % de KCl a temperatura ambiente; y 5 minutos para el sistema de agua de mar. El

sistema es extremadamente sensible a las sales inorgánicas y se requiere trabajo adicional para ver si hay alguna forma de mejorar esto o buscar otros polímeros de esta familia. Los sistemas mostraron excelente estabilidad del fluido durante un amplio intervalo de temperatura.

- 5 Se han encontrado aditivos para agentes de ruptura, pero se requiere trabajo adicional para buscar diferentes aditivos de encapsulación con menores dosificaciones durante un amplio intervalo de temperatura.

- 10 El sistema mostró excelente compatibilidad con aditivos de fracturación comúnmente usados. Los sistemas mostraron capacidades de suspensión superiores con respecto a un sistema de borato estándar con menores concentraciones de polímero y viscosidad.

- 15 Todas las referencias citadas en el presente documento se incorporan por referencia. Aunque la invención se ha desvelado con referencia a sus realizaciones preferidas, de la lectura de esta descripción aquellos expertos en la materia pueden apreciar cambios y modificación que pueden hacerse que no se apartan del alcance y espíritu de la invención como se ha descrito anteriormente y se reivindica a continuación.