

Respuesta a Requerimientos

1	Datos del Solicitante				
Nombre:	CAROLINA MERCEDES DAZA MONTALVO	Dirección Electrónica:	notificaciones@clarkemodet.com.co		
Dirección:	CARRERA 11 NO. 86-53, PISO 6	Domicilio/País de constitución:	COLOMBIA - CUNDINAMARCA - BOGOTA D.C.		
Identificación:					
☒ CEDULA DE CIUDADANIA ☐ CEDULA DE EXTRANJERIA ☐ EMPRESA EXTRANJERA ☐ NIT ☐ PASAPORTE					
Número: 66783790-					
2	Dato de la Creación				
Identificación de la Creación	No. de Certificado	Vigencia	No. de Expediente	Tipo Trámite	
RETICULADORES BORÓNICOS MULTIFUNCIONALES COMO AGENTES DUALES DE REDUCCIÓN DE FRICCIÓN Y VISCOSIFICACIÓN	000000		16058952	PCT- PATENTE DE INVENCION CAPITULOS I Y II	

3	Texto de la Comunicación	Se presenta Memorial de respuesta al Auto de Forma No. 3632 junto con nuevo capítulo reivindicatorio conformado por 20 reivindicaciones. Se adjunta nuevo capítulo descriptivo modificado.
4	Anexos	
☒ Anexos		

P-2016/11361

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
DIRECCIÓN DE NUEVAS CREACIONES

E. S. D.

Re: Expediente No. **16-058.952**

Solicitud de patente de Invención a nombre de **HALLIBURTON ENERGY SERVICES INC.**

Yo, CAROLINA DAZA MONTALVO identificada como aparece al pie de mi firma, domiciliada en la Carrera 11 No. 86-53, piso 6, obrando como apoderada de la sociedad solicitante **HALLIBURTON ENERGY SERVICES INC.**, en respuesta al oficio No. **3632** notificado por fijación en lista el 12 de abril de 2016, relacionado con el resultado de examen de forma, me permito presentar la siguiente información:

1. Descripción

En dicho respecto, se le informa al presente Despacho que se ha realizado la conversión de las unidades objetadas al Sistema Internacional de acuerdo con las sugerencias del señor examinador.

Con el fin de dar claridad a la presente solicitud, se anexa al presente memorial una copia del capítulo descriptivo modificado.

2. En relación con las objeciones a **las reivindicaciones**, me permito informar lo siguiente:

Con fundamento en la facultad que confiere el artículo 34 de la Decisión 486 al solicitante para modificar la solicitud de patente en cualquier momento del trámite, presento junto con este memorial, un nuevo pliego reivindicatorio que comprende 20 reivindicaciones, en donde únicamente se realizaron modificaciones por concepto de claridad, en un esfuerzo por acelerar el trámite.

3. Claridad

El artículo 30 de la Decisión 486 de la Comunidad Andina establece:

***Artículo 30.-** Las reivindicaciones definirán la materia que se desea proteger mediante la patente. Deben ser claras y concisas y estar enteramente sustentadas por la descripción.*

3.1 Se modificó el preámbulo de las antiguas reivindicaciones independientes 1, 8 y 15 (nuevas reivindicaciones 1, 7 y 13) con el fin de dar claridad al objeto reclamado.

3.2 Se modificaron las antiguas reivindicaciones 1 y 8 (nuevas reivindicaciones 1 y 7) en donde se incluyeron características técnicas de las etapas de los métodos reclamados para así dar claridad a la invención y de acuerdo con las sugerencias del señor examinador.

3.3 Se incluyeron las proporciones de las componentes del fluido de tratamiento de la reivindicación 13 de acuerdo con las sugerencias del señor examinador.

3.4 Se definieron los términos generales objetados de acuerdo con lo divulgado en el capítulo descriptivo, con el fin de dar claridad a la invención.

3.5 Se eliminaron los términos de carácter impreciso y/o relativo del capítulo reivindicatorio, de acuerdo con las recomendaciones del señor examinador.

3.6 Se reescribieron las antiguas reivindicaciones 4, 5, 7, 11, 12, 14, 17 y 19 (nuevas reivindicaciones 4, 5, 6, 10, 11, 12, 16 y 18) en donde se incluyeron características que definen la invención, con el fin de eliminar los efectos y características funcionales, y siguiendo las recomendaciones del señor examinador.

3.7 Se incluyeron las nuevas reivindicaciones 14 y 19 con el fin de dar claridad a la presente invención.

3.8 Se eliminaron las reivindicaciones 6 y 13.

Las modificaciones anteriormente mencionadas se encuentran debidamente sustentadas en las Páginas 11, 12, 16, 39, 40, 42, 55, 57 y 60 del capítulo descriptivo.

De esta manera, se considera que se ha respondido a las observaciones hechas por el señor Examinador en este respecto, por tanto, se superan las objeciones planteadas y en consecuencia, el nuevo pliego reivindicatorio de la presente solicitud, cumple a cabalidad con este requisito.

Habiendo atendido cabalmente las objeciones presentadas por ese Despacho en el Oficio No. 3632 solicito atentamente sea tenida en cuenta la información aquí presentada y continuar con el trámite de la presente solicitud.

Señor Director,



CAROLINA DAZA MONTALVO

C.C. 66.783.790 de Palmira Valle

TP-141563 CSJ

notificaciones@clarkemodet.com.co

ANEXO

- Nuevo capítulo reivindicatorio compuesto por 20 reivindicaciones.
- Nuevo capítulo descriptivo modificado.

REIVINDICACIONES

1. Un método para introducir un fluido de tratamiento en una formación subterránea para llevar a cabo una operación subterránea que comprende:

introducir el fluido de tratamiento en la formación subterránea, el fluido de tratamiento que comprende:

un fluido de base acuosa que incluye agua dulce, agua salada, salmuera, agua de mar, salmuera ponderada tal como bromuro de calcio, bromuro de sodio, y similares, y cualquier combinación de estos;

un agente gelificante que incluye biopolímeros, polímeros sintéticos y cualquier combinación de estos presente en una cantidad dentro del intervalo de 0,1% a 10% en peso del fluido de base acuosa en este; y

un reticulador borónico multifuncional presente en una cantidad dentro del intervalo de 0,003% a 1% en peso del fluido de base acuosa en este,

donde el reticulador borónico multifuncional comprende un polímero dendrítico que comprende un monómero soluble en agua y un grupo de ácido borónico,

donde la relación del monómero soluble en agua con respecto al grupo de ácido borónico se encuentra dentro del intervalo de 1:210 a 1:800; y

realizar la operación de formación subterránea tal como una operación de perforación, una operación de pérdida de circulación, una operación de estimulación, una operación de acidificación, una operación de fracturación de ácido, una operación de control de arena, una operación de terminación, una operación de inhibición de incrustaciones, una operación de bloqueo de agua, una operación de estabilización de arcilla, una operación de fracturación, una operación de fracturación y empaque simultáneo, una operación de compactación de grava, una operación de refuerzo de pozos, una operación de control de hundimiento y similares.

2. El método de la reivindicación 1, donde el monómero soluble en agua se selecciona del grupo que consiste en una acrilamida, un ácido 2-acrilamido-2-metilpropanosulfónico, una N,N-dimetilacrilamida, una vinilpirrolidona, un metacrilato de dimetilaminoetilo, un ácido acrílico, una dimetilaminopropilmetacrilamida, una vinilamina, un vinilacetato, un cloruro de metacrilato de trimetilamonio, una metacrilamida, un acrilato de hidroxietilo, un ácido vinilsulfónico, un ácido vinilfosfónico, un ácido vinilbenceno sulfónico, un ácido metacrílico, una caprolactama de vinilo, una N-vinilformamida, dialilamina, una N,N-dialilacetamida, un haluro de dimetildialilamonio, un ácido itacónico, un ácido estirenosulfónico, un haluro de

metacrilamidoetiltrimetilamonio, un derivado de sal cuaternaria de una acrilamida, un derivado de sal cuaternaria de un ácido acrílico, un alquil acrilato, un alquil metacrilato, una alquil acrilamida, una alquil metacrilamida, haluro de metacrilato de alquildimetilamonioetilo, haluro de metacrilamida de alquildimetilamonioetilo, haluro de metacrilamida de alquildimetilamoniopropilo, haluro de metacrilato de alquildimetilamoniopropilo, cualquier derivado de estos y cualquier combinación de estos.

3. El método de la reivindicación 1, donde el reticulador borónico multifuncional comprende entre 2 y 10 generaciones de etapas de reacción.

4. El método de la reivindicación 1, donde los biopolímeros incluyen polisacáridos, y derivados de estos tal como guar, goma guar y derivados de estos.

5. El método de la reivindicación 1, donde los polímeros sintéticos incluyen un poliacrilato, un polimetacrilato, una poliacrilamida, un alcohol polivinílico, una polivinilpirrolidona, cualquier copolímero de estos y cualquier combinación de estos.

6. El método de la reivindicación 1, donde el fluido de tratamiento se introduce en la formación subterránea a una velocidad y presión suficientes para crear o mejorar al menos una fractura en esta usando una bomba de presión alta.

7. Un método para introducir un fluido de tratamiento en una formación subterránea para llevar a cabo una operación subterránea que comprende:

introducir el fluido de tratamiento en la formación subterránea, el fluido de tratamiento que comprende:

un fluido de base acuosa que incluye agua dulce, agua salada, salmuera, agua de mar, salmuera ponderada tal como bromuro de calcio, bromuro de sodio, y similares, y cualquier combinación de estos;

un agente gelificante que incluye biopolímeros, polímeros sintéticos y cualquier combinación de estos presente en una cantidad dentro del intervalo de 0,1% a 10% en peso del fluido de base acuosa en este; y

un reticulador borónico multifuncional presente en una cantidad dentro del intervalo de 0,003% a 1% en peso del fluido de base acuosa en este,

donde el reticulador borónico multifuncional comprende un copolímero de un monómero soluble en agua y un monómero de ácido borónico, y

donde la relación del monómero soluble en agua con respecto al monómero de ácido borónico se encuentra dentro del intervalo de alrededor de 1:210 a alrededor de 1:800; y

realizar la operación de formación subterránea tal como una operación de perforación, una operación de pérdida de circulación, una operación de estimulación, una operación de acidificación, una operación de fracturación de ácido, una operación de control de arena, una operación de terminación, una operación de inhibición de incrustaciones, una operación de bloqueo de agua, una operación de estabilización de arcilla, una operación de fracturación, una operación de fracturación y empaque simultáneo, una operación de compactación de grava, una operación de refuerzo de pozos, una operación de control de hundimiento y similares.

8. El método de la reivindicación 7, donde el monómero de ácido borónico se selecciona del grupo que consiste en un monómero de ácido borónico de alilo, un monómero de ácido borónico de arilo, un monómero de ácido borónico de alquilo, un monómero de ácido borónico de alquenilo, un monómero de ácido borónico de alquinilo, un monómero de ácido borónico de vinilo, y cualquier combinación de estos.

9. El método de la reivindicación 7, donde el monómero soluble en agua se selecciona del grupo que consiste en una acrilamida, un ácido 2-acrilamido-2-metilpropanosulfónico, una N,N-dimetilacrilamida, una vinilpirrolidona, un metacrilato de dimetilaminoetilo, un ácido acrílico, una dimetilaminopropilmetacrilamida, una vinilamina, un vinilacetato, un cloruro de metacrilato de trimetilamonioetilo, una metacrilamida, un acrilato de hidroxietilo, un ácido vinilsulfónico, un ácido vinilfosfónico, un ácido vinilbenceno sulfónico, un ácido metacrílico, una caprolactama de vinilo, una N-vinilformamida, dialilamina, una N,N-dialilacetamida, un haluro de dimetildialilamonio, un ácido itacónico, un ácido estirenosulfónico, un haluro de metacrilamidoetiltrimetilamonio, un derivado de sal cuaternaria de una acrilamida, un derivado de sal cuaternaria de un ácido acrílico, un alquil acrilato, un alquil metacrilato, una alquil acrilamida, una alquil metacrilamida, haluro de metacrilato de alquildimetilamonioetilo, haluro de metacrilamida de alquildimetilamonioetilo, haluro de metacrilato de alquildimetilamonioetilo, haluro de metacrilamida de alquildimetilamonioetilo, haluro de metacrilato de alquildimetilamonioetilo, cualquier derivado de estos y cualquier combinación de estos.

10. El método de la reivindicación 7, donde los biopolímeros incluyen polisacáridos, y derivados de estos tal como guar, goma guar y derivados de estos.

11. El método de la reivindicación 7, donde los polímeros sintéticos incluyen un poliacrilato, un polimetacrilato, una poliacrilamida, un alcohol polivinílico, una polivinilpirrolidona, cualquier copolímero de estos y cualquier combinación de estos.

12. El método de la reivindicación 7, donde el fluido de tratamiento se introduce en la formación subterránea a una velocidad y presión suficientes para crear o mejorar al menos una fractura en esta usando una bomba de presión alta.

13. Un fluido de tratamiento para introducir en una formación subterránea que comprende:

un fluido de base acuosa que incluye agua dulce, agua salada, salmuera, agua de mar, salmuera ponderada tal como bromuro de calcio, bromuro de sodio, y similares, y cualquier combinación de estos;

un agente gelificante que incluye biopolímeros, polímeros sintéticos y cualquier combinación de estos presente en una cantidad dentro del intervalo de 0,1% a 10% en peso del fluido de base acuosa en este; y

un reticulador borónico multifuncional presente en una cantidad dentro del intervalo de 0,003% a 1% en peso del fluido de base acuosa en este,

donde el reticulador borónico multifuncional comprende un polímero dendrítico que comprende un monómero soluble en agua y un grupo de ácido borónico, y la relación del monómero soluble en agua con respecto al grupo de ácido borónico se encuentra en el intervalo de 1:210 a 1:800, o

donde el reticulador borónico multifuncional comprende un copolímero de un monómero soluble en agua y un monómero de ácido borónico, y la relación del monómero soluble en agua con respecto al monómero de ácido borónico se encuentra en el intervalo de alrededor de 1:210 a alrededor de 1:800.

14. El fluido de tratamiento de la reivindicación 13, donde el monómero de ácido borónico se selecciona del grupo que consiste en un monómero de ácido borónico de alilo, un monómero de ácido borónico de arilo, un monómero de ácido borónico de alquilo, un monómero de ácido borónico de alquenilo, un monómero de ácido borónico de alquinilo, un monómero de ácido borónico de vinilo, y cualquier combinación de estos.

15. El fluido de tratamiento de la reivindicación 13, donde el monómero soluble en agua se seleccionan del grupo que consiste en una acrilamida, un ácido 2-acrilamido-2-metilpropanosulfónico, una N,N-dimetilacrilamida, una vinilpirrolidona, un metacrilato de dimetilaminoetilo, un ácido acrílico, una dimetilaminopropilmetacrilamida, una vinilamina, un vinilacetato, un cloruro de metacrilato de trimetilamonioetilo, una metacrilamida, un acrilato de hidroxietilo, un ácido vinilsulfónico, un ácido vinilfosfónico, un ácido vinilbenceno sulfónico, un ácido metacrílico, una caprolactama de vinilo, una N-vinilformamida, dialilamina,

una N,N-dialilacetamida, un haluro de dimetildialilamonio, un ácido itacónico, un ácido estirenosulfónico, un haluro de metacrilamidoetiltrimetilamonio, un derivado de sal cuaternaria de una acrilamida, un derivado de sal cuaternaria de un ácido acrílico, un alquil acrilato, un alquil metacrilato, una alquil acrilamida, una alquil metacrilamida, haluro de metacrilato de alquildimetilamonioetilo, haluro de metacrilamida de alquildimetilamonioetilo, haluro de metacrilamida de alquildimetilamoniopropilo, haluro de metacrilato de alquildimetilamoniopropilo, cualquier derivado de estos y cualquier combinación de estos.

16. El fluido de tratamiento de la reivindicación 13, donde los biopolímeros incluyen polisacáridos, y derivados de estos tal como guar, goma guar y derivados de estos.

17. El fluido de tratamiento de la reivindicación 13, donde los polímeros sintéticos incluyen un poliacrilato, un polimetacrilato, una poliacrilamida, un alcohol polivinílico, una polivinilpirrolidona, cualquier copolímero de estos y cualquier combinación de estos.

18. El fluido de tratamiento de la reivindicación 13, donde el reticulador borónico multifuncional comprende un polímero dendrítico que comprende un monómero soluble en agua y un grupo de ácido borónico, y comprende entre 2 y 10 generaciones de etapas de reacción.

19. El fluido de tratamiento de la reivindicación 13, donde el monómero de ácido borónico incluye monómero de ácido 3-acrilamidofenil borónico, monómero de ácido 2-acrilamidofenil borónico, ácido 4-acrilamidofenil borónico, ácido 2-((2-acrilamidoetilamino)metil)fenil borónico, cualquier derivado de estos y cualquier combinación de estos.

20. El fluido de tratamiento de la reivindicación 13, donde el fluido de tratamiento comprende además uno seleccionado el grupo que consiste en un agente solubilizante, un agente de reticulación, un agente de ruptura, un agente de ajuste del pH, un grupo aceptor de electrones, un amortiguador, un particulado, un agente de control de pérdida de fluido, un tensioactivo, un agente de dispersión, un agente espesante, un inhibidor de incrustaciones, un estabilizador de arcilla, un agente de control de silicato, un agente antiespumante, un agente espumante, un biocida, un agente biostático, un estabilizador de almacenamiento y cualquier combinación de estos.

RETICULADORES BORÓNICOS MULTIFUNCIONALES COMO AGENTES DUALES DE REDUCCIÓN DE FRICCIÓN Y VISCOSIFICACIÓN

5

ANTECEDENTES

En ejemplos de modalidades, los métodos y composiciones de la presente proporcionan reticuladores borónicos multifuncionales con bajo contenido de ácido borónico que
10 pueden actuar como agentes de viscosificación y/o agentes reductores de la fricción en fluidos.

Muchas aplicaciones industriales requieren fluidos viscosificados que no padecen una reducción de fricción
15 sustancial cuando se bombean a través de tubulares, tal como hacia una formación subterránea. Dichas aplicaciones industriales pueden incluir operaciones subterráneas que requieran fluidos de tratamiento con dichas propiedades para su uso en operaciones que incluyen, de modo no taxativo,
20 operaciones de perforación, operaciones de pérdida de circulación, operaciones de estimulación, operaciones de acidificación, operaciones de fracturación de ácido, operaciones de control de arena, operaciones de terminación, operaciones de inhibición de incrustaciones, operaciones de

bloqueo de agua, operaciones de estabilización de arcilla, operaciones de fracturación, operaciones de fracturación y empaque simultáneo, operaciones de compactación de grava, operaciones de refuerzo de pozos, operaciones de control de hundimiento y similares.

Tradicionalmente, los fluidos de tratamiento se viscosifican mediante el uso de un agente gelificante. Los agentes gelificantes comunes incluyen biopolímeros o polímeros sintéticos, tales como gomas de galactomanano, polímeros celulósicos y polisacáridos. Muchos fluidos de tratamiento viscosificados comprenden además un agente de reticulación capaz de aumentar la capacidad del agente gelificante de transmitir viscosidad al fluido. Estos agentes de reticulación típicamente comprenden un ion metálico, metal de transición o metaloide (denominados en la presente "metales", de forma colectiva). Los ejemplos incluyen boro, aluminio, antimonio, circonio, magnesio o titanio. Generalmente, el metal de un agente de reticulación interactúa con al menos dos moléculas de agentes gelificantes para formar una reticulación entre ellos, mediante lo cual se forma un agente gelificante reticulado. Estos agentes de reticulación metálicos se han colocado tradicionalmente en fluidos de tratamiento en concentraciones altas con una concentración

alta de agentes gelificantes para garantizar que se logre la viscosidad deseada del fluido de tratamiento y se mantenga en el tiempo. Dichas concentraciones altas pueden llevar a mayores costos y también pueden hacer que el fluido de
5 tratamiento sea difícil de manejar en determinadas circunstancias (por ejemplo, extracción de una formación subterránea).

Las operaciones subterráneas a menudo requieren que se
10 bombeen al interior del pozo grandes cantidades de fluidos de tratamiento a presiones altas y velocidades altas de fluido en períodos cortos de tiempo, lo que provoca un flujo turbulento de los fluidos de tratamiento, incluso en fluidos de tratamiento viscosos. La turbulencia produce presión de
15 fricción entre el fluido de tratamiento y el equipo de operaciones subterráneas (por ejemplo, tuberías del pozo, tuberías de revestimiento del pozo, etc.), y entre el fluido de tratamiento y la formación subterránea en sí. La presión de fricción aumenta la energía necesaria para bombear el
20 fluido de tratamiento hacia el interior del pozo y puede provocar daños al equipo de operación subterránea y a la formación. Para combatir la presión de fricción, a menudo se agregan reductores de fricción a los fluidos de tratamiento que ya comprenden agentes gelificantes y reticuladores. Los

agentes tradicionales reductores de fricción tienen peso molecular alto, polímeros de cadena larga (por ejemplo, poliacrilamida) que son capaces de cambiar las propiedades reológicas del fluido de tratamiento para superar o minimizar la presión de fricción. Los polímeros de cadena larga de reducción de fricción con peso molecular alto son capaces de convertir flujo turbulento en flujo laminar, mediante lo cual se reduce el arrastre friccional y la pérdida de presión. Los polímeros tradicionales de reducción de fricción tienden a caracterizarse por un radio gran hidrodinámico, de forma que, tras el cizallamiento, los polímeros de reducción de fricción puedan absorber energía de los sitios de nucleación alta al estirarse hacia una forma más relajada y redistribuir la energía a otras zonas.

15

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Las siguientes figuras se incluyen para ilustrar determinados aspectos de las modalidades descritas en la presente y no deben verse como modalidades exclusivas. La materia descrita es susceptible de modificaciones, alteraciones, combinaciones y equivalentes considerables en forma y función, tal como se les ocurrirá a los expertos en la técnica con el beneficio de la presente descripción.

20

La Figura 1A ilustra los resultados experimentales de un análisis de reducción de la fricción de una modalidad de un fluido de tratamiento que comprende un reticulador borónico multifuncional.

La Figura 1B ilustra los resultados experimentales de un análisis de reducción de la fricción de otra modalidad de un fluido de tratamiento que comprende un reticulador borónico multifuncional.

La Figura 1C ilustra los resultados experimentales de un análisis de reducción de la fricción de incluso otra modalidad de un fluido de tratamiento que comprende un reticulador borónico multifuncional.

La Figura 2 representa una modalidad de un sistema configurado para administrar los fluidos de tratamiento que comprenden los reticuladores borónicos multifuncionales de las modalidades descritas en la presente a una ubicación del interior del pozo.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

En ejemplos de modalidades, los métodos y composiciones de la

presente proporcionan reticuladores borónicos multifuncionales con bajo contenido de ácido borónico que pueden actuar como agentes de viscosificación y/o agentes reductores de la fricción en fluidos.

5

Aunque algunas modalidades de la presente se mencionan en el contexto de aplicaciones en operaciones subterráneas, dicha mención pretende ilustrar algunas aplicaciones para el uso de los reticuladores borónicos multifuncionales. Los

10 reticuladores borónicos multifuncionales pueden utilizarse en cualquier operación no subterránea que pueda beneficiarse de sus propiedades de reducción de la fricción y/o viscosificación. Dichas operaciones pueden llevarse a cabo en cualquier industria, inclusive, de modo no taxativo, petróleo

15 y gas, minería, química, de pulpa y papel, de conversión, aeroespacial, médica, automotora y similares.

Se presentan a continuación una o más modalidades ilustrativas. No se describen o muestran todas las

20 características de una implementación real en la presente solicitud con fines de claridad. Se entiende que en el desarrollo de una modalidad real que incorpora las modalidades descritas en la presente, deben tomarse numerosas decisiones específicas de la implementación para lograr los

objetivos del desarrollador, tales como el cumplimiento con limitaciones relacionadas con el sistema, relacionadas con el comercio, relacionadas con el gobierno o de otro tipo, que varían según la implementación y de manera ocasional. Si bien

5 los esfuerzos de un desarrollador pueden ser complejos y requerir tiempo, estos esfuerzos son, no obstante, una tarea habitual para los expertos en la técnica con el beneficio de la presente descripción.

10 Cabe destacar que cuando se proporciona en la presente la expresión "alrededor de" al principio de un listado numérico, la expresión modifica cada número del listado numérico. En algunos listados numéricos de intervalos, algunos límites inferiores listados pueden ser mayores que algunos límites

15 superiores listados. Un experto en la técnica reconocerá que el subconjunto seleccionado requerirá la selección de un límite superior que supere el límite inferior seleccionado. A menos que se especifique lo contrario, todos los números que expresan cantidades de ingredientes, propiedades tales como

20 el peso molecular, condiciones de reacción y demás utilizados en la presente memoria descriptiva y en las reivindicaciones asociadas deben entenderse como modificados en todos los casos por el término "alrededor de". Por consiguiente, a menos que se indique lo contrario, los parámetros numéricos

establecidos en la siguiente especificación y reivindicaciones adjuntas son aproximaciones que pueden variar dependiendo de las propiedades deseadas que se procuran obtener con las modalidades ejemplares descritas en la presente. Como mínimo, y no en un intento de limitar la aplicación de la doctrina de equivalentes al alcance de la reivindicación, cada parámetro numérico debe interpretarse, al menos, a la luz de la cantidad de cifras significativas informadas y mediante la aplicación de las técnicas habituales de redondeo.

Si bien en la presente se describen composiciones y métodos en términos de "que comprende" varios componentes o etapas, las composiciones y métodos también pueden "consistir esencialmente en" o "consistir en" varios componentes y etapas. Cuando se utiliza "que comprende" en una reivindicación, esta es una expresión abierta.

Las modalidades descritas en la presente se refieren a fluidos de tratamiento que comprenden un reticulador borónico multifuncional. Puede haber varias ventajas posibles de los métodos y composiciones de la modalidad descrita en la presente, y pueden mencionarse en la presente solamente algunos. Con respecto al uso del reticulador borónico

multifuncional como un agente de viscosificación, los fluidos de tratamiento que comprenden el reticulador borónico multifuncional pueden presentar características de gelificación mejoradas a pesar de una concentración menor del

5 reticulador borónico multifuncional de la necesaria, en caso de utilizar reticuladores tradicionales. De manera adicional, los fluidos de tratamiento que comprenden el reticulador borónico multifuncional pueden romperse simplemente al disminuir el pH del fluido de tratamiento y luego volverse a

10 viscosificar al aumentar el pH a un nivel de al menos levemente básico (por ejemplo, por encima de alrededor de 7,5). Tal como se utiliza en la presente, el término "roto" y todas sus variantes (por ejemplo, "romper", "ruptura" y similares) se refiere a una reducción de la viscosidad de un

15 fluido. A modo de ejemplo, dependiendo de la cantidad de agente gelificante, la cantidad del reticulador borónico multifuncional y de la presencia de cualquier reticulador adicional, el fluido puede reticularse (es decir, aumentar su viscosidad) a un pH por encima de alrededor de 7,5, o dentro

20 de un intervalo de pH de alrededor de 7,5 a alrededor de 11. En algunos casos específicos, el fluido puede reticularse a un pH de al menos alrededor de 7,5, 8, 8,5, 9, 9,5, 10, 10,5 u 11. Como otra ventaja, el reticulador borónico multifuncional puede utilizarse para viscosificar un fluido

de tratamiento por debajo de la concentración tradicional de superposición de los agentes gelificantes presentes en el fluido de tratamiento. Además, los fluidos de tratamiento que comprenden el reticulador borónico multifuncional pueden
5 presentar un comportamiento viscoelástico.

Así como su uso como agentes viscosificantes, los reticuladores borónicos multifuncionales de las modalidades descritas en la presente pueden funcionar solos o en
10 combinación, como un agente reductor de la fricción. En efecto, los reticuladores borónicos multifuncionales que pueden actuar como un agente reductor de la fricción, mientras que los agentes tradicionales reductores de la fricción (por ejemplo, un agente de poliacrilamida de
15 reducción de la fricción) no son capaces de proporcionar dicho beneficio a fluidos de tratamiento. Incluso a velocidades menores de flujo, los reticuladores borónicos multifuncionales reducen la presión de fricción generada por la resistencia al flujo de fluido de tratamiento. Tal como se
20 utiliza en la presente, la expresión "agente reductor de la fricción" se refiere a un agente que reduce las pérdidas de fricción debido a la fricción entre un fluido y un conducto tubular, equipo de bombeo u otro equipo de operación subterránea y/o la formación en sí (que puede denominarse, de

forma colectiva, "superficies contactadas"). En algunas modalidades, el reticulador borónico multifuncional puede actuar como un agente reductor de la fricción y reducir pérdidas de fricción debido a la fricción entre el fluido de tratamiento y una o más superficies contactadas por el fluido de tratamiento en una cantidad dentro del intervalo de un límite inferior de alrededor de 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 % y 40 % a un límite superior de alrededor de 70 %, 65 %, 60 %, 55 %, 50 %, 45 % y 40 % en comparación con el fluido de tratamiento sin el reticulador borónico multifuncional.

Los reticuladores borónicos multifuncionales pueden ser estables térmicamente a temperaturas por encima de alrededor de 93,3 °C (200 °F) y, en determinadas modalidades, los reticuladores borónicos multifuncionales pueden ser particularmente adecuados a temperaturas dentro del intervalo de alrededor de 23,9 °C (75 °F) a alrededor de 135 °C (275 °F).

En general, los fluidos de tratamiento de las modalidades descritas en la presente comprenden un fluido de base acuosa, un agente gelificante y un reticulador borónico multifuncional. El fluido de base acuosa puede incluir, de modo no taxativo, agua dulce, agua salada (por ejemplo, agua

que contiene una o más sales disueltas en ella), salmuera (por ejemplo, agua salada saturada), agua de mar, salmuera ponderada (por ejemplo, bromuro de calcio, bromuro de sodio y similares) y cualquier combinación de estos. Los fluidos de base acuosa pueden ser de cualquier fuente. En general, el fluido acuoso no debe contener un exceso de compuestos que puedan afectar negativamente las propiedades deseadas del fluido de tratamiento (por ejemplo, reducción de fluidos y/o viscosificación mediante inclusión de los reticuladores borónicos multifuncionales).

En varias modalidades, los fluidos de tratamiento descritos en la presente pueden utilizarse en varias operaciones subterráneas, que se han establecido anteriormente. En algunas modalidades, se pueden introducir los fluidos de tratamiento en al menos una parte de una formación subterránea. En algunas modalidades, los fluidos de tratamiento se pueden introducir en al menos una parte de una formación subterránea y utilizarse para crear o mejorar al menos una fractura en esta.

Los reticuladores borónicos multifuncionales descritos en la presente pueden ser capaces de reticular dos o más moléculas (por ejemplo, dos o más moléculas de agentes gelificantes).

Tal como se utiliza en la presente, los términos "reticular" y todas sus variantes (por ejemplo, "reticulación") se refiere a una unidad de conexión entre cadenas contiguas de átomos en una molécula química compleja (por ejemplo, un polímero o biopolímero). En algunas modalidades, el reticulador borónico multifuncional puede comprender una estructura principal polimérica con al menos un grupo de ácido borónico unido en uno o más puntos a lo largo de la cadena de polímeros. En algunas modalidades, el reticulador borónico multifuncional puede comprender un copolímero que comprende al menos un monómero de ácido borónico y al menos un monómero soluble en agua. En otras modalidades, el reticulador borónico multifuncional puede comprender un copolímero aleatorio de al menos un monómero de ácido borónico y al menos un monómero soluble en agua. En algunas modalidades, el reticulador borónico multifuncional puede comprender un copolímero que es un copolímero gradiente. Cuando el reticulador borónico multifuncional es un copolímero, la presencia de un agente solubilizante durante la polimerización puede permitir que los monómeros de ácido borónico se polimericen más fácilmente, lo que puede proteger al menos una parte de las funcionalidades del ácido borónico. Además, la presencia de un agente solubilizante antes o durante la polimerización (que puede ocurrir dentro del

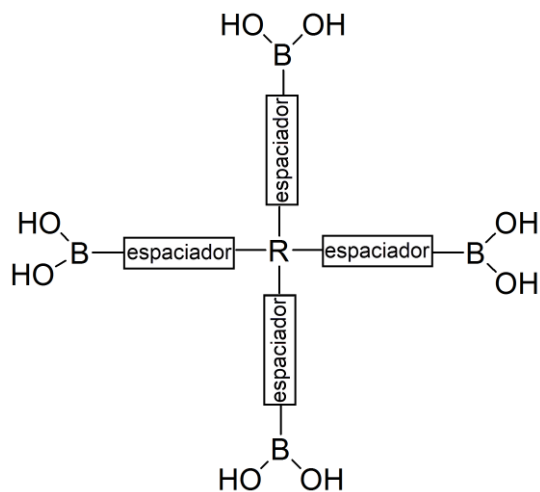
fluido de tratamiento) puede solubilizar el monómero de ácido borónico a valores menores de pH (por ejemplo, pH 9), lo que puede llevar a una polimerización más eficaz.

5 En algunas modalidades, el reticulador borónico multifuncional puede ser de naturaleza bifuncional, trifuncional o multifuncional. A menos que se explicita lo contrario, tal como se utiliza en la presente, el término "multifuncional" comprende dichas moléculas bifuncionales, 10 trifuncionales y multifuncionales. En algunas modalidades, el reticulador borónico multifuncional puede tener forma de estrella o forma dendrítica. El reticulador borónico multifuncional puede también ser de naturaleza polimérica. En algunas modalidades, un reticulador borónico multifuncional 15 polimérico puede ser un copolímero en bloque (por ejemplo, un copolímero de dos bloques, tres bloques o múltiples bloques), o un copolímero de varios monómeros y en forma de un polímero con forma de peine o cepillo. En aun otras modalidades, el reticulador borónico multifuncional puede ser soluble en 20 agua.

En algunas modalidades, el reticulador multifuncional de ácido borónico puede tener forma de estrella o forma dendrítica. Se muestra en la Fórmula I un ejemplo de

estructura de un reticulador borónico multifuncional con forma dendrítica.

5



10

Fórmula I

Tal como se usa en la presente, las expresiones "polímeros
 15 dendríticos" o "dendrimeros" se refieren a polímeros que se
 caracterizan por una estructura ramificada. Los dendrimeros
 (por ejemplo, polímeros en cascada, arboroles, polímeros
 ramificados isotrópicamente, polímeros isoramificados,
 polímeros en forma de estrella y similares) generalmente son
 20 macromoléculas que son uniformes a nivel molecular y tienen
 una estructura altamente simétrica. Los dendrimeros derivan
 estructuralmente de los polímeros en forma de estrella; cada
 una de las cadenas individuales, en cambio, está ramificada
 de una manera tipo estrella. Estos pueden formar moléculas

pequeñas al repetir de forma constante la secuencia de reacción, lo que da como resultante una o más ramas, en cuyos extremos se encuentran, en cada caso, grupos funcionales que a su vez son puntos de inicio para ramificaciones adicionales. Por lo tanto, la cantidad de grupos terminales funcionales se multiplica con cada paso de reacción. Un rasgo característico de los dendrímeros es la cantidad de etapas de reacción (generaciones) llevadas a cabo para su síntesis. Debido a su estructura uniforme, los dendrímeros pueden tener como regla una masa molar definida. En algunas modalidades, los reticuladores borónicos multifuncionales pueden tener forma dendrítica con de alrededor de 2 a alrededor de 10 generaciones. En otra modalidad, los reticuladores borónicos multifuncionales con forma dendrítica pueden tener de alrededor de 2 a alrededor de 5 generaciones. En otras modalidades, los agentes de reticulación multifuncionales de ácido borónico con forma dendrítica pueden tener un peso molecular de entre alrededor de 1000 Dalton y 10.000 Dalton.

Los polímeros en estrella se refieren a polímeros en los que se extienden tres o más cadenas desde un resto central. El resto central puede ser un solo átomo o un grupo de átomos. Los polímero en estrella se puede producir ya sea mediante polimerización a partir de núcleos multifuncionales o

mediante reacciones posteriores a la modificación. La polimerización a partir de núcleos multifuncionales puede ser deseable para polímeros de alto peso molecular. Un experto en la técnica con el beneficio de la presente descripción
5 comprenderá cómo aplicar síntesis de polímeros en estrella para obtener los reticuladores borónicos multifuncionales descritos en la presente.

Los reticuladores borónicos multifuncionales poliméricos en
10 forma de estrella o dendrítica descritos en algunas modalidades de la presente pueden comprender cualquier unidad espaciadora y/o unidad monomérica adecuada (por ejemplo, "R" o "espaciador" en la Fórmula I) que produzca una molécula soluble en agua además de uno o más grupos de ácido borónico.
15 En algunas modalidades, las unidades monoméricas pueden ser monómeros solubles en agua. Por ejemplo, la Fórmula I ilustra un reticulador borónico multifuncional con al menos una generación que puede tener hasta cuatro grupos funcionales de ácido borónico. En algunas modalidades con al menos 2
20 generaciones, los reticuladores borónicos multifuncionales dendríticos pueden tener hasta ocho grupos de ácido borónico en la generación externa. Además del grupo de ácido borónico, las unidades espaciadoras que se muestran en la Fórmula I pueden comprender un polímero u oligómero sintetizado de al

menos un monómero soluble en agua.

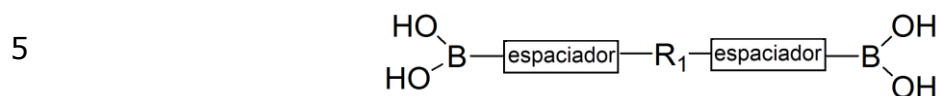
En general, el grupo de ácido borónico comprende la fórmula $R-B-(OH)_2$, y puede derivarse de un éster de boronato, por ejemplo. Los monómeros solubles en agua que pueden ser adecuados en las unidades "R" o "espaciadoras" en los reticuladores borónicos multifuncionales dendríticos pueden incluir, de modo no taxativo, acrilamida, ácido 2-acrilamido-2-metilpropanosulfónico, N,N-dimetilacrilamida, 10 vinilpirrolidona, methacrilato de dimetilaminoetilo, ácido acrílico, dimetilaminopropilmetacrilamida, vinil amina, vinil acetato, cloruro de metacrilato de trimetilamonioetilo, metacrilamida, acrilato de hidroxietilo, ácido vinilsulfónico, ácido vinilfosfónico, ácido 15 vinilbencenosulfónico, ácido metacrílico, caprolactama de vinilo, N-vinilformamida, dialilamina, N,N-dialilacetamida; haluro de dimetildialilamonio, ácido itacónico, ácido estirenosulfónico; haluro de metacrilamidoetiltrimetilamonio, un derivado de sal cuaternaria de una acrilamida, un derivado de sal cuaternaria de un ácido acrílico, un acrilato de 20 alquilo; un metacrilato de alquilo, alquil acrilamida, alquil metacrilamida, haluro de metacrilato de alquildimetilamonioetilo, haluro de metacrilamida de alquildimetilamonioetilo, haluro de metacrilamida de

alquildimetilamonio, haluro de metacrilato de
alquildimetilamonio, cualquier derivado de estos y
cualquier combinación de estos. Las unidades espaciadoras
adecuadas también pueden comprender cualquier resto de unión
5 adecuado, inclusive, de modo no taxativo, una amida, un
éster, un éter, un éster de fosfato, un acetal, un cetal, un
ortoéster, un carbonato, un anhídrido, un éter de sililo, un
óxido de alqueno, una imina, un éster de éter, una amida de
éster, un uretano de éster, un uretano de carbonato, un
10 aminoácido, un alcano, una polietilenamina, un óxido de
polietileno, un poliéster, policarbonato, poliuretano, éster
de polifosfato, una poliamida, un poliacetal, un policetal,
un poliortoéster, un polianhídrido, un éter de polisililo, un
óxido de (poli)alqueno, un poliéter, una poliimina, un éster
15 de (poli)éter, una amida de (poli)éster, un uretano de
(poli)éster, un uretano de (poli)carbonato, un
(poli)aminoácido, (poli)vinil imidazol, cualquier derivado de
estos y cualquier combinación de estos. Tal como se utiliza
en la presente, el término "derivado" se refiere a cualquier
20 compuesto que se elabora a partir de uno de los compuestos
enumerados, por ejemplo, mediante el remplazo de un átomo en
uno de los compuestos enumerados con otro átomo o grupo de
átomos, la ionización de uno de los compuestos enumerados o
la creación de una sal de uno de los compuestos enumerados.

Además de los monómeros solubles en agua descritos anteriormente para su uso en modalidades de la presente, también pueden estar presentes una o más unidades poliméricas o monoméricas hidrofílicas y/o hidrofóbicas que comprenden monómeros hidrofóbicos, siempre y cuando ninguna unidad monomérica hidrofóbica interfiera con la solubilidad en agua de la molécula. En algunas modalidades, los reticuladores borónicos multifuncionales dendríticos o con forma de estrella pueden tener una relación de grupos de ácido borónico con respecto a monómeros dentro del intervalo de un límite inferior de alrededor de 1:210, 1:240, 1:270, 1:300, 1:330, 1:360, 1:390, 1:420, 1:450, 1:480 y 1:510 a un límite superior de alrededor de 1:800, 1:770, 1:740, 1:710, 1:680, 1:650, 1:620, 1:590, 1:560, 1:530 y 1:500. En algunos ejemplos de modalidades, la relación seleccionada puede ser de alrededor de 1:266, 1:356, 1:535, 1:625 o 1:715. Por lo tanto, las modalidades de la presente pueden comprender reticuladores borónicos multifuncionales con un contenido particularmente bajo de ácido borónico, sin comprometer sus cualidades de reducción de la fricción y/o reticulación.

En algunas modalidades, el reticulador borónico multifuncional puede ser una molécula difuncionalizada o

trifuncionalizada. A modo de ejemplo, se muestra en la Fórmula II un ejemplo de estructura de un reticulador borónico difuncionalizado.



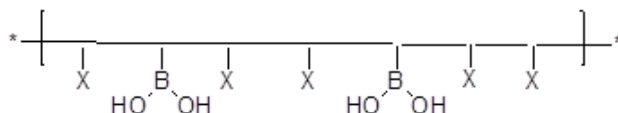
Fórmula II

En la Fórmula II, R_1 y/o las unidades espaciadoras, solos o
 10 en combinación, pueden ser un grupo funcional, un monómero y/o un polímero con un peso molecular promedio dentro el intervalo de alrededor de 200 Dalton a alrededor de 2.000.000 Dalton. Las unidades espaciadoras pueden ser un oligómero pequeño, un grupo funcional o un polímero adecuado para
 15 conectar el monómero o polímero R_1 a al menos un grupo de ácido borónico. Las unidades espaciadoras adecuadas pueden comprender cualquier resto adecuado, inclusive, de modo no taxativo, un grupo amida, un grupo éster, un grupo éter y cualquier combinación de estos. Los polímeros adecuados
 20 útiles como unidades espaciadoras pueden incluir, de modo no taxativo, una polialfaolefina, una poliariletercetona, un polibuteno, una poliimina, un policarbonato, un poliéster, una poliamida aromática, un polímero de etilenvinilacetato, un poliacetal, un polietileno, un óxido de polietileno, un

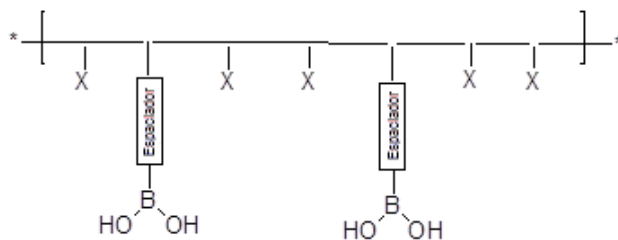
polipropileno, un polimetilpenteno, un óxido de polifenileno, un poliestireno, cualquier derivado de estos y cualquier combinación de estos. En algunas modalidades, los reticuladores borónicos multifuncionales de la estructura general que se muestra en la Fórmula II pueden ser solubles en agua, que comprenden, donde sea adecuado, cualquier de los monómeros solubles en agua descritos anteriormente con referencia a los reticuladores borónicos multifuncionales dendríticos. En algunas modalidades, un reticulador borónico bifuncional o trifuncional descrito en la presente (tal como se mencionó anteriormente, denominado de forma colectiva reticuladores borónicos multifuncionales) puede tener una relación de grupos de ácido borónico con respecto a monómeros dentro del intervalo de un límite inferior de alrededor de 1:210, 1:240, 1:270, 1:300, 1:330, 1:360, 1:390, 1:420, 1:450, 1:480 y 1:510 a un límite superior de alrededor de 1:800, 1:770, 1:740, 1:710, 1:680, 1:650, 1:620, 1:590, 1:560, 1:530 y 1:500. En algunos ejemplos de modalidades, la relación seleccionada puede ser de alrededor de 1:266, 1:356, 1:535, 1:625 o 1:715. Por lo tanto, las modalidades de la presente pueden comprender reticuladores borónicos multifuncionales con un contenido particularmente bajo de ácido borónico, sin comprometer sus cualidades de reducción de la fricción y/o reticulación.

Los reticuladores borónicos multifuncionales pueden también ser un copolímero. Las estructuras de copolímeros adecuadas pueden incluir, de modo no taxativo, la estructura
 5 generalmente representada por la Fórmula III, donde X representa un grupo funcional unido a una unidad monomérica de la estructura principal del polímero. Aunque la Fórmula III, tal como se muestra, indica una separación regular entre monómeros de ácido borónico, debe entenderse que la
 10 separación de los monómeros de ácido borónico puede ser regular en algunas modalidades o aleatoria en otras modalidades.

15



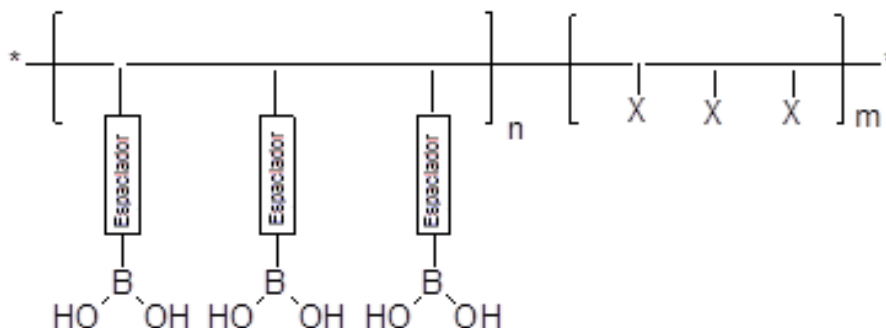
20



Fórmula III

En algunas modalidades, el reticulador borónico multifuncional polimérico pueden ser un copolímero en bloque

que incluye, de modo no taxativo, un copolímero de dos bloques, de tres bloques o múltiples bloques. Un ejemplo de modalidad de una estructura de copolímero de dos bloques adecuada puede incluir, de modo no taxativo, la estructura representada por la fórmula IV.



Fórmula IV

Los copolímeros y copolímeros en bloque de las Fórmulas III a IV pueden tener un peso molecular promedio dentro del intervalo de alrededor de 1000 Dalton a alrededor de 2.000.000 Dalton. Los copolímeros y copolímeros en bloque de las Fórmulas III y IV pueden formarse mediante una reacción de polimerización de un monómero de ácido borónico y un monómero soluble en agua. Las Fórmulas III y IV ilustran que un grupo funcional borónico puede enlazarse directamente a la estructura principal del polímero y/o del grupo funcional borónico puede estar conectado a la estructura principal del polímero con un grupo espaciador intermedio entre el grupo funcional borónico y la estructura principal del polímero.

En general, en algunas modalidades, el monómero de ácido borónico puede comprender un grupo funcional acrílico, vinilo o alilo. En algunas modalidades, el monómero de ácido borónico puede comprender un ácido arilborónico o particularmente un ácido vinilborónico. En otras modalidades, el monómero de ácido borónico puede comprender un ácido borónico de alquilo, alquenilo o alquinilo (es decir, ácidos borónicos alifáticos). Debe entenderse que la clasificación de un ácido borónico como alilo, arilo, alquilo, alquenilo o alquinilo para su uso como el monómero de ácido borónico descrito en la presente se refiere al punto de unión del grupo de ácido borónico. Es decir, por ejemplo, un ácido arilborónico tiene un grupo de ácido borónico o un derivado de éster boronato de este unido a un anillo arilo, y un ácido alquenilborónico tiene un ácido borónico o un derivado de éster boronato de este unido a un anillo alquenilo. Tal como se describe en la presente, los monómeros de ácido borónico y los grupos de ácido borónico pueden tener una funcionalidad adicional en otra parte de la molécula que no esté acoplada a la funcionalidad de ácido borónico. Por ejemplo, un ácido arilborónico puede tener una funcionalidad alquenilo en otro lugar de la molécula que no está unida a la funcionalidad de ácido borónico. Los monómeros de ácido borónico adecuados

pueden ser cualquier monómero de ácido borónico de acrilamida. Los ejemplos específicos de monómeros de ácido borónico adecuados incluyen, de modo no taxativo, monómero de ácido 3-acrilamidofenil borónico, monómero de ácido 2-
 5 acrilamidofenil borónico, ácido 4-acrilamidofenil borónico, ácido 2-((2-acrilamidoetilamino)metil)fenil borónico, cualquier derivado de estos y cualquier combinación de estos.

Los monómeros borónicos solubles en agua para su uso en los
 10 reticuladores borónicos multifuncionales poliméricos descritos en la presente incluyen, de modo no taxativo, monómeros solubles en agua que pueden ser adecuados en las unidades "R" o "espaciadoras" en los reticuladores borónicos multifuncionales dendríticos incluyen, de modo no taxativo,
 15 acrilamida, ácido 2-acrilamido-2-metilpropanosulfónico, N,N-dimetilacrilamida, vinilpirrolidona, methacrilato de dimetilaminoetilo, ácido acrílico, dimetilaminopropilmetacrilamida, vinil amina, vinil acetato, cloruro de metacrilato de trimetilamonioetilo, metacrilamida,
 20 acrilato de hidroxietilo, ácido vinilsulfónico, ácido vinilfosfónico, ácido vinilbencenosulfónico, ácido metacrílico, caprolactama de vinilo, N-vinilformamida, dialilamina, N,N-dialilacetamida, haluro de dimetildialilamonio, ácido itacónico; ácido

estirenosulfónico, haluro de metacrilamidoetiltrimetilamonio, un derivado de sal cuaternaria de una acrilamida, un derivado de sal cuaternaria de un ácido acrílico, un acrilato de alquilo, un metacrilato de alquilo, alquil acrilamida, alquil

5 metacrilamida, haluro de metacrilato de alquildimetilamonioetilo, haluro de metacrilamida de alquildimetilamonioetilo, haluro de metacrilamida de alquildimetilamoniopropilo, haluro de metacrilato de alquildimetilamoniopropilo, cualquier derivado de estos y

10 cualquier combinación de estos. También pueden estar presentes otros grupos funcionales a lo largo de la estructura principal del polímero. En algunas modalidades, el grupo funcional de ácido borónico puede injertarse en una estructura principal de polímero ya formada mediante el uso

15 de técnicas conocidas por el experto en la técnica. En algunas modalidades, tal como se representa generalmente mediante las Fórmulas III y VI, la relación de las unidades monoméricas de ácido borónico con respecto a las otras unidades monoméricas en el polímero puede encontrarse dentro

20 del intervalo de un límite inferior de alrededor de 1:210, 1:240, 1:270, 1:300, 1:330, 1:360, 1:390, 1:420, 1:450, 1:480 y 1:510 a un límite superior de alrededor de 1:800, 1:770, 1:740, 1:710, 1:680, 1:650, 1:620, 1:590, 1:560, 1:530 y 1:500. En algunos ejemplos de modalidades, la relación

seleccionada puede ser de alrededor de 1:266, 1:356, 1:535, 1:625 o 1:715. Por lo tanto, las modalidades de la presente pueden comprender reticuladores borónicos multifuncionales con un contenido particularmente bajo de ácido borónico, sin
5 comprometer sus cualidades de reducción de la fricción y/o reticulación.

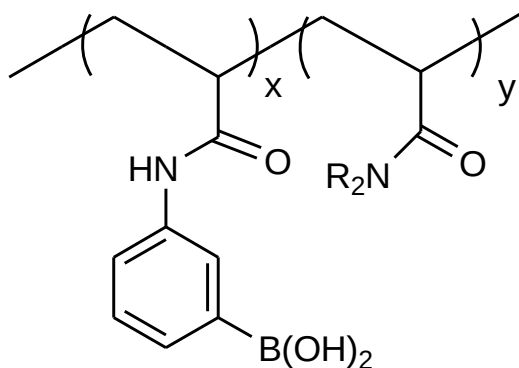
En algunas modalidades, los reticuladores borónicos multifuncionales pueden comprender una especie en equilibrio.
10 Por ejemplo, los reticuladores borónicos multifuncionales pueden volverse protonados o desprotonados dependiendo del pH. Esta característica puede influenciar su solubilidad en un fluido de tratamiento. Asimismo, las interacciones intramoleculares entre átomos en los reticuladores borónicos
15 multifuncionales y la geometría del boro (por ejemplo, tetraédrica o trigonal plana) puede depender del pH y/o solvente (por ejemplo, un solvente a base de alcohol, tal como metanol). Por lo tanto, la geometría y composición química exacta de los reticuladores borónicos
20 multifuncionales puede depender de un equilibrio en particular conocido por un experto en la técnica. La geometría también puede depender de la participación del grupo vecino en el cambio de la estereoquímica. Por ejemplo, un átomo de nitrógeno presente en un grupo vecino puede

compartir su único par de electrones con un boro para producir una geometría tetraédrica, que puede permitir la formación de un enlace a grupos hidroxilo con un pH relativamente neutro.

5

La Fórmula V ilustra un ejemplo de modalidad de los reticuladores borónicos multifuncionales descritos en la presente.

10



15

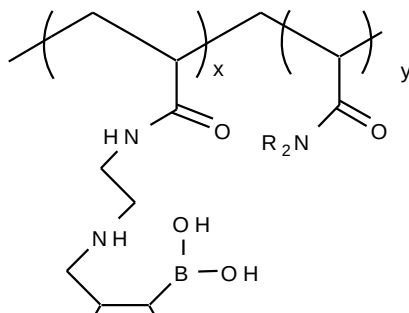
Fórmula V

20

En algunas modalidades, el reticulador borónico multifuncional puede prepararse mediante la incorporación de uno o más de los monómeros solubles en agua enumerados anteriormente en la síntesis polimérica con un monómero de ácido borónico. Por ejemplo, un reticulador borónico multifuncional de acuerdo con la Fórmula V de ejemplo puede prepararse mediante la copolimerización de ácido 2-

acrilamidofenilborónico con N,N-dimetilacrilamida en una relación de alrededor de 1:210 a alrededor de 1:800 (por ejemplo, una relación de x:y dentro del intervalo de un límite inferior de alrededor de 1:210, 1:240, 1:270, 1:300, 1:330, 1:360, 1:390, 1:420, 1:450, 1:480 y 1:510 a un límite superior de alrededor de 1:800, 1:770, 1:740, 1:710, 1:680, 1:650, 1:620, 1:590, 1:560, 1:530 y 1:500 en la Fórmula V de ejemplo) mediante la polimerización de radicales libres para proporcionar el reticulador borónico multifuncional. En algunos ejemplos de modalidades, la relación seleccionada puede ser de alrededor de 1:266, 1:356, 1:535, 1:625 o 1:715. Por lo tanto, las modalidades de la presente pueden comprender reticuladores borónicos multifuncionales con un contenido particularmente bajo de ácido borónico, sin comprometer sus cualidades de reducción de la fricción y/o reticulación. El grupo de ácido borónico también puede acoplarse a un polímero soluble en agua preexistente mediante química conocida.

En otro ejemplo de modalidad, el reticulador borónico multifuncional puede comprender un compuesto representado por la Fórmula VI.



5

Fórmula VI de ejemplo

En esta modalidad, R puede ser hidrógeno o un grupo metilo, y puede variar de alrededor de 210 a alrededor de 800, y x

10 puede variar, de forma que la relación de x:y se encuentre en un intervalo de un límite inferior de alrededor de 1:210, 1:240, 1:270, 1:300, 1:330, 1:360, 1:390, 1:420, 1:450, 1:480 y 1:510 a un límite superior de alrededor de 1:800, 1:770, 1:740, 1:710, 1:680, 1:650, 1:620, 1:590, 1:560, 1:530 y

15 1:500. En un ejemplo de modalidad, un reticulador borónico multifuncional de acuerdo con la Fórmula VI puede prepararse mediante copolimerización de ácido 2-((2-acrilamidoetilamino)metil)fenilborónico con N,N-dimetilacrilamida en una relación de alrededor de 1:210 a

20 alrededor de 1:800 mediante polimerización de radicales libres para proporcionar el reticulador borónico multifuncional. En otro ejemplo de modalidad, un reticulador borónico multifuncional de acuerdo con la Fórmula VI puede prepararse mediante copolimerización de ácido 2-((2-

acrilamidoetilamino)metil)fenilborónico con una acrilamida en una relación de alrededor de 1:210 a alrededor de 1:800 mediante polimerización de radicales libres para proporcionar el reticulador borónico multifuncional. En algunos ejemplos

5 de modalidades, la relación seleccionada puede ser de alrededor de 1:266, 1:356, 1:535, 1:625 o 1:715. Por lo tanto, las modalidades de la presente pueden comprender reticuladores borónicos multifuncionales con un contenido particularmente bajo de ácido borónico, sin comprometer sus

10 cualidades de reducción de la fricción y/o reticulación.

En aun otra modalidad ilustrativa, el reticulador de ácido borónico multifuncional puede ser un agente reticulador borónico bifuncional con la Fórmula XI, donde u es un entero

15 y R comprende un átomo de carbono, nitrógeno, oxígeno o azufre. En algunas modalidades, el reticulador de ácido borónico bifuncional de la Fórmula VII puede prepararse mediante reacción de un equivalente de un mol de aldehído o-

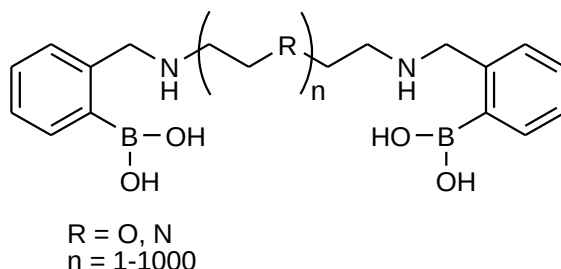
borónico con un equivalente de un mol de etilenóxido diamina

20 oligomérica o etilendiamina oligomérica, seguida por reducción. En otra modalidad, R puede ser un O o NH, y el reticulador de ácido borónico bifuncional de la Fórmula XI puede prepararse mediante reacción de dos equivalentes ácido

2-formilfenilborónico con un equivalente de etilenóxido

oligomérico o etilendiamina oligomérica, seguida por reducción de la imina intermedia.

5



Fórmula VII de ejemplo

10

Un experto en la técnica con el beneficio de la presente descripción puede sintetizar los reticuladores borónicos multifuncionales descritos en la presente mediante el uso de materiales conocidos y métodos pertinentes de química orgánica preparativa.

15

20

Los reticuladores borónicos multifuncionales descritos en las modalidades de la presente pueden proporcionarse o utilizarse de cualquier forma adecuada. Por ejemplo, los reticuladores borónicos multifuncionales pueden ser un líquido, un gel, una emulsión o un sólido. La forma de los reticuladores borónicos multifuncionales puede depender de la elección específica de los reticuladores borónicos multifuncionales. Por ejemplo, en determinadas modalidades, los reticuladores borónicos

multifuncionales pueden agregarse en una cantidad más allá del límite de solubilidad en un fluido acuoso y, por lo tanto, no encontrarse en forma acuosa. En otras modalidades, los reticuladores borónicos multifuncionales pueden
5 disolverse, suspenderse o emulsionarse en un líquido.

En otras modalidades, los reticuladores borónicos multifuncionales pueden utilizarse de una forma que permita una liberación retardada del reticulador borónico
10 multifuncional, particularmente dentro de una operación subterránea. Puede ser deseable una liberación retardada cuando una operación subterránea implica condiciones de alta temperatura, y puede ser deseada la liberación del reticulador borónico multifuncional después de que se
15 produzcan estas condiciones de alta temperatura. Por ejemplo, en una modalidad no taxativa, en pozos con temperaturas que requieran que esté presente un segundo agente de reticulación, los reticuladores borónicos multifuncionales pueden diseñarse para estar disponibles para la reticulación
20 cuando falle un primer agente de reticulación (por ejemplo, a temperaturas en las cuales falla un reticulador metálico convencional). También puede ser deseable una liberación retardada en un pozo profundo o en un pozo que requiere un tiempo de bombeo largo. En este sentido, pueden ser

favorables los reticuladores borónicos multifuncionales que contienen al menos algunos derivados de éster de boronato, dado que los grupos de ácido borónico no se vuelven disponibles para reticulación hasta que ocurra la hidrólisis

5 de los derivados de éster de boronato. En determinadas modalidades, los reticuladores borónicos multifuncionales pueden encapsularse o recubrirse dentro de un recubrimiento exterior que es capaz de degradarse en un momento deseado o permitir la difusión lenta de los reticuladores borónicos

10 multifuncionales. En algunas modalidades, la reticulación de un fluido también se puede retardar mediante la preparación del fluido a un pH bajo y la adición de un agente de ajuste del pH encapsulado que puede elevar el pH del fluido de tratamiento para la reticulación. Un entendido en la técnica

15 con el beneficio de la presente descripción reconocerá la técnica de liberación retardada adecuada (por ejemplo, encapsulación), de existir, para utilizar con los reticuladores borónicos multifuncionales descritos en la presente.

20

En determinadas modalidades en las cuales se encapsulan los reticuladores borónicos multifuncionales, estos pueden comprender un recubrimiento o medios similares de contención (por ejemplo, para retrasar la liberación del reticulador

borónico multifuncional). En general, un recubrimiento o materiales de contención adecuados pueden ser materiales degradables en los cuales los productos de la degradación no afecten de forma adversa los reticuladores borónicos multifuncionales. Tal como se utiliza en la presente, el término "degradable" y todas sus variantes (por ejemplo, "degradación") se refieren tanto a los dos casos relativamente extremos de degradación hidrolítica que el material degradable puede experimentar, es decir, una etapa heterogénea (o erosión aparente) y una etapa homogénea (o erosión superficial), como a cualquier etapa de degradación entre estas dos. Algunos ejemplos de materiales degradables que pueden utilizarse como un recubrimiento o contención junto con los reticuladores borónicos multifuncionales incluyen, de modo no taxativo, polisacáridos (por ejemplo dextrano o celulosa), quitinas, quitosanos, proteínas, poliésteres alifáticos, poli(lactidas), poli(glicólidos), poli(ϵ -caprolactonas), poli(hidroxibutiratos), poli(anhídridos), policarbonatos alifáticos, ortoésteres, poli(ortoésteres), poli(aminoácidos), poli(etilenóxidos), poli(fosfacenos), cualquier derivado de estos y cualquier combinación de estos. Otros polímeros degradables adecuados incluyen, por ejemplo, materiales termosellables, otros materiales termoplásticos, o materiales que se pueden

disolver con un disolvente adecuado (por ejemplo, hidroxipropilmetilcelulosa, pectina, polietilénóxico, polivinilalcohol, alginata, policaprolactona, materiales basados en almidón gelatinizado y similares). En determinados
5 ejemplos de modalidades, pueden utilizarse mezclas de estos materiales.

Los reticuladores borónicos multifuncionales descritos en algunas modalidades de la presente pueden utilizarse para
10 formar un agente gelificante reticulado (por ejemplo, en un fluido de tratamiento). En condiciones adecuadas (por ejemplo, pH y temperatura), los reticuladores borónicos multifuncionales pueden permitir que se formen una o más reticulaciones entre al menos dos moléculas de agente
15 gelificante. Además, en algunas modalidades, los fluidos de tratamiento que comprenden un reticulador borónico multifuncional pueden presentar un comportamiento viscoelástico y se pueden romper mediante un cambio del pH a un entorno menos básico y formado de forma reversible
20 mediante el cambio del pH nuevamente a un entorno más básico.

El reticulador borónico multifuncional de algunas modalidades de la presente puede utilizarse para reticular moléculas del agente gelificante para formar un fluido de tratamiento

viscosificado y, al mismo tiempo, proporcionar propiedades de reducción de la fricción. El reticulador borónico multifuncional generalmente puede estar presente en una cantidad suficiente para proporcionar en el fluido de tratamiento las propiedades de reducción de la fricción y viscosidad deseadas. En algunas modalidades, el reticulador borónico multifuncional aumenta la viscosidad del fluido de tratamiento en un factor de al menos alrededor de 10 en comparación con el fluido de tratamiento sin el reticulador borónico multifuncional. En otras modalidades, el fluido de tratamiento puede tener una viscosidad final, luego de la inclusión del reticulador borónico multifuncional dentro del intervalo de alrededor de 200 cP a alrededor de 5000 cP. En determinadas modalidades, el reticulador borónico multifuncional puede estar presente en el fluido de tratamiento en una cantidad dentro del intervalo de alrededor de 0,003 % a alrededor de 1 % en peso del fluido de base acuosa en este. En algunas modalidades, el reticulador borónico multifuncional puede agregarse a un fluido de tratamiento en una cantidad dentro del intervalo de alrededor de 0,05 libras por 1000 galones de fluido de tratamiento ("0,05 lb/Mgal") a alrededor de 85 lb/Mgal. En otra modalidad, el reticulador borónico multifuncional puede agregarse a un fluido de tratamiento en una cantidad dentro

del intervalo de alrededor de 1 lb/Mgal a alrededor de 50 lb/Mgal. La cantidad de reticulador borónico multifuncional agregado al fluido de tratamiento puede depender de los agentes gelificantes utilizados, la

5 estructura del reticulador borónico multifuncional, el peso molecular promedio del reticulador borónico multifuncional, la cantidad de grupos funcionales de ácido borónico dentro de este, la cantidad de reducción de fricción necesaria para una operación subterránea en particular, y similares.

10

Puede utilizarse una variedad de agentes gelificantes en los fluidos de tratamiento descritos en la presente. Los agentes gelificantes adecuados típicamente pueden comprender biopolímeros, polímeros sintéticos y cualquier combinación de

15 estos. Sin desear limitarse por ninguna teoría en particular, se considera que, en determinadas modalidades, un grupo de ácido borónico en un reticulador borónico multifuncional puede formar una reticulación con grupos hidroxilo orientados adecuadamente en una molécula de agente gelificante. Sin

20 limitarse aún por la teoría o mecanismo, se considera que los grupos hidroxilo orientados en una disposición 1,2 en el agente gelificante pueden estar particularmente bien orientados para reaccionar con el reticulador borónico multifuncional. Por ejemplo, en algunas modalidades, se

considera que puede formarse un enlace de éster boronato entre el agente gelificante y el reticulador borónico multifuncional. En algunas modalidades, un reticulador borónico multifuncional que contiene al menos algunos ésteres de boronato puede reaccionar con un agente gelificante mediante reacciones de intercambio de éster para formar reticulaciones. Es decir, puede no ser necesario que un reticulador borónico multifuncional que contiene ésteres de boronato se hidrolice primero a un ácido borónico libre.

10

En algunas modalidades, los agentes gelificantes adecuados pueden ser biopolímeros que comprenden polisacáridos, y derivados de estos, inclusive aquellos que tienen una o más de las siguientes unidades de monosacáridos: galactosa, manosa, glucósido, glucosa, xilosa, arabinosa, fructosa, ácido glucurónico o sulfato de piranosilo. Los ejemplos de biopolímeros adecuados pueden incluir, de modo no taxativo, guar, goma guar y derivados de estos (por ejemplo, guar de hidroxipropilo y guar de carboximetilhidroxipropilo), celulosa y derivados de celulosa (por ejemplo, carboximetilcelulosa e hidroxietilcelulosa) y xantana, y derivados de estos. En algunas modalidades, el agente gelificante particularmente un biopolímero, puede despolimerizarse al menos parcialmente. El término

15
20

“despolimerizado”, tal como se usa en la presente, en general se refiere a una disminución en el peso molecular de la molécula de agente gelificante mediante la extracción de al menos algunas de sus unidades monoméricas.

5

En algunas modalidades, el agente gelificante puede comprender un polímero sintético soluble en agua. En algunas modalidades, el agente gelificante puede ser un polímero sintético que contiene grupos hidroxilo, tales como, por ejemplo, alcohol polivinílico. Los polímeros sintéticos se pueden preparar mediante cualquier monómero adecuado conocido en la técnica, incluso los útiles para formar los reticuladores borónicos multifuncionales. En algunas modalidades, los monómeros adecuados útiles en la formación de un polímero sintético útil como un agente gelificante pueden incluir, de modo no taxativo, acrilamida, ácido 2-acrilamido-2-metilpropanosulfónico, N,N-dimetilacrilamida, vinilpirrolidona, methacrilato de dimetilaminoetilo, ácido acrílico, dimetilaminopropilmetacrilamida, vinil amina, vinil acetato, cloruro de metacrilato de trimetilamonioetilo, metacrilamida, acrilato de hidroxietilo, ácido sulfónico, ácido vinilfosfónico, ácido vinilbencenosulfónico, ácido metacrílico, caprolactama de vinilo, N-vinilformamida, dialilamina, N,N-dialilacetamida, haluro de

10
15
20

dimetildialilamonio, ácido itacónico, ácido
 estirenosulfónico, haluro de metacrilamidoetiltrimetilamonio,
 un derivado de sal cuaternaria de una acrilamida, un derivado
 de sal cuaternaria de un ácido acrílico, un acrilato de
 5 alquilo, un metacrilato de alquilo, alquil acrilamida, alquil
 metacrilamida, haluro de metacrilato de
 alquildimetilamonioetilo, haluro de metacrilamida de
 alquildimetilamonioetilo, haluro de metacrilamida de
 alquildimetilamoniopropilo, haluro de metacrilato de
 10 alquildimetilamoniopropilo, cualquier derivado de estos y
 cualquier combinación de estos. En algunas modalidades, estos
 monómeros y otros pueden copolimerizarse con monómeros que
 contienen grupos hidroxilo adecuados para reticularse con un
 reticulador borónico multifuncional. Los polímeros sintéticos
 15 ilustrativos que pueden incluir los monómeros solubles en
 agua antemencionados incluyen, de modo no taxativo,
 poliacrilatos, polimetacrilatos, poliacrilamidas, alcohol
 polivinílico, polivinilpirrolidona, cualquier copolímero de
 estos y cualquier combinación de estos.

20

En determinadas modalidades, el agente gelificante puede
 estar presente en un fluido de tratamiento en una cantidad
 dentro del intervalo de alrededor de 0,1 % a alrededor de 10
 % en peso del fluido de base acuosa en este. En determinadas

modalidades, el agente gelificante puede estar presente en el fluido de tratamiento en una cantidad dentro del intervalo de alrededor de 0,2 % a alrededor de 4 % en peso del fluido de base acuosa en este.

5

En algunas modalidades, los fluidos de tratamiento de algunas modalidades descritas en la presente pueden comprender además un agente de solubilización que comprende al menos dos grupos hidroxilo. En algunas modalidades, al menos una parte del

10 monómero de ácido borónico en un reticulador borónico multifuncional puede funcionalizarse con el agente de solubilización para formar un éster de boronato. Sin limitarse por una teoría o mecanismo, se considera que puede ser particularmente eficaz un agente de solubilización con al

15 menos dos grupos hidroxilo dispuestos de forma tal que puedan formar un anillo de éster de boronato de 5 o 6 miembros con un monómero de ácido borónico. Aunque puede utilizarse cualquier compuesto que pueda formar un anillo de éster de boronato de 5 o 6 miembros, generalmente se prefiere que el

20 compuesto contenga funcionalidad que facilite además la solubilidad en agua del reticulador borónico multifuncional. Generalmente, las funcionalidades que pueden facilitar la solubilidad en agua pueden incluir, de modo no taxativo, grupos hidroxilo, aminas, grupos de ácido carboxílico y

cualquier combinación de estos. Otros agentes solubilizantes adecuados pueden incluir, de modo no taxativo, un poliol de cadena corta (por ejemplo, glicerol, eritritol, pentaeritritol y similares), un polisacárido (por ejemplo, 5 sacarosa, glucosa, fructosa, sorbitol y similares), un amino azúcar, un azúcar alcohólico, un azúcar ácido, un alcohol polivinílico, un ácido tartárico, un catecol, un glicol (por ejemplo, etilenglicol, propilenglicol y similares), cualquier derivado de estos y cualquier combinación de estos. Además de 10 la posible formación de un éster de boronato, el agente solubilizante puede también promover la solubilidad al funcionar como un cosolvente y/o disminuir la tensión superficial entre el agua y los monómeros de ácido borónico. Es decir, en algunas modalidades, puede utilizarse más que 15 una cantidad estequiométrica de agente solubilizante con relación a los monómeros de ácido borónico. En algunas modalidades, el agente solubilizante puede estar presente dentro del intervalo de alrededor de 0,1 % molar a alrededor de 10 % molar con respecto a la molaridad del monómero de 20 ácido borónico.

En algunas modalidades, los fluidos de tratamiento descritos en la presente que comprenden los reticuladores borónicos multifuncionales pueden comprender además agentes de

reticulación adicionales. Tal como se utiliza en la presente, la expresión "agente de reticulación" excluye los reticuladores borónicos multifuncionales descritos en las modalidades de la presente y se refiere a agentes de

5 reticulación metálicos tradicionales, inclusive los que comprenden boro. Dichos agentes de reticulación pueden también servir para reticular una o más moléculas de agentes gelificantes y pueden funcionar de forma sinérgica con el reticulador borónico multifuncional, tal como mediante el

10 mecanismo de liberación mencionado anteriormente. Los ejemplos de agentes de reticulación adecuados incluyen, de modo no taxativo, iones de borato, iones de magnesio, iones de circonio IV, iones de titanio IV, iones de aluminio, iones de antimonio, iones de cromo, iones de hierro, iones de

15 cobre, iones de magnesio, iones de cinc y cualquier combinación de estos. Estos iones se pueden proporcionar al proporcionar cualquier compuesto que sea capaz de producir uno o más de estos iones. Los ejemplos de dichos compuestos incluyen, de modo no taxativo, cloruro férrico, ácido bórico,

20 tetrahidrato octaborato disódico, diborato de sodio, pentaboratos, ulexita, colemanita, óxido de magnesio, lactato de circonio, trietanolamina de circonio, lactato trietanolamina de circonio, carbonato de circonio, acetilacetionato de circonio, malato de circonio, citrato de

circonio, diisopropilamina lactato de circonio, glicolato de circonio, trietanolamina glicolato de circonio, lactato glicolato de circonio, lactato de titanio, malato de titanio, citrato de titanio, amonio lactato de titanio, trietanolamina
5 de titanio, acetilacetato de titanio, lactato de aluminio, citrato de aluminio, compuestos de antimonio, compuestos de cromo, compuestos de hierro, compuestos de cobre, compuestos de cinc y cualquier combinación de estos. En algunas modalidades, estos agentes de reticulación son óptimos a
10 determinados valores de pH, por ejemplo, pH 8. Un experto en la técnica reconocerá cuándo son necesarios estos ajustes de pH.

Los agentes de reticulación adecuados, cuando se incluyen,
15 pueden estar presentes en los fluidos de tratamiento en una cantidad suficiente para proporcionar el grado deseado de reticulación entre moléculas del agente de gelación junto con la reticulación proporcionada por el reticulador borónico multifuncional. En determinadas modalidades, el agente de
20 reticulación puede estar presente en los fluidos de tratamiento en una cantidad dentro del intervalo de alrededor de 0,005 % a alrededor de 1 % en peso del fluido de base acuosa. En determinadas modalidades, el agente de reticulación puede estar presente en los fluidos de

tratamiento en una cantidad dentro del intervalo de alrededor de 0,05 % a alrededor de 1 % en peso del fluido de base acuosa.

- 5 En algunas aplicaciones, de forma deseable, puede reducirse (es decir, dilución del fluido de tratamiento) la viscosificación de los fluidos de tratamiento descritos en la presente que se viscosificaron mediante la inclusión de un reticulador borónico multifuncional luego de haberse
- 10 utilizado para su fin previsto, tal como para quitar más fácilmente los fluidos de tratamiento de una formación subterránea. La reducción de la viscosidad de un fluido de tratamiento que comprende el ácido borónico multifuncional puede lograrse mediante el ajuste del pH del fluido de
- 15 tratamiento de forma que las reticulaciones entre las moléculas del agente gelificante se vuelvan inestables o se "desvinculen". Los términos "desvincular" o "desvinculación" se refieren a la eliminación reversible de las reticulaciones entre al menos dos moléculas que se encuentran reticuladas
- 20 (por ejemplo, moléculas de agentes gelificantes reticulados).

Aunque pueden desvincularse las reticulaciones entre moléculas de agentes gelificantes y los reticuladores borónicos multifuncionales al cambiar el pH, puede utilizarse

cualquier agente de ruptura con los fluidos de tratamiento de las modalidades descritas en la presente. La expresión "agente de ruptura" se refiere a un agente que puede reducir la viscosidad de un fluido de tratamiento. Por ejemplo,

5 cualquier agente de ruptura que sea un ácido, oxidante o enzima conocido en la técnica se puede utilizar con los fluidos de tratamiento descritos en la presente. Los agentes de ruptura de ácidos adecuados pueden incluir ácidos minerales tales como, por ejemplo, ácido clorhídrico, ácido

10 sulfúrico o ácido nítrico. Los oxidantes adecuados pueden incluir, por ejemplo, persulfatos, peróxidos e hipocloritos. En algunas modalidades, el agente de ruptura puede ser un agente de ruptura retrasada tal como un ácido de liberación retrasada capaz de disminuir el pH del fluido de tratamiento.

15 Algunos ejemplos de agentes de ruptura retrasados que se pueden utilizar incluyen, entre otros, diversas lactonas, ésteres, ácidos encapsulados y compuestos que generan ácido lentamente soluble, oxidantes que producen ácidos tras la reacción con agua, metales reactivos en agua tales como

20 aluminio, litio y magnesio y similares. El agente de ruptura puede incluirse en el fluido de tratamiento en una cantidad dentro del intervalo de alrededor de 0 %, 0,1 %, 0,2 %, 0,3 %, 0,4 % y 0,5 % a alrededor de 1 %, 0,9 %, 0,8 %, 0,7 %, 0,6 % y 0,5 % en peso del fluido de base acuosa en este. También

se pueden emplear agentes de ruptura de enzimas capaces de generar ácidos, inclusive, por ejemplo, alfa y beta amilasas, amiloglucosidasa, invertasa, maltasa, celulosa y hemicelulosa. El agente de ruptura retrasado específico
5 utilizado, ya sea encapsulado o no encapsulado, así como la cantidad de este empleada puede depender del tiempo de ruptura deseado, la naturaleza del agente gelificante y el reticulador borónico multifuncional, condiciones y características de la formación subterránea, y similares.

10

Los fluidos de tratamiento descritos en la presente también pueden comprender agentes de ajuste del pH. Los agentes de ajuste del pH pueden incluirse en los fluidos de tratamiento para ajustar el pH de los fluidos de tratamiento, entre
15 otros, para facilitar la formación o desvinculación de reticulaciones entre las moléculas de agentes gelificantes. En algunas modalidades, los reticuladores borónicos multifuncionales pueden no ser capaces de formar reticulaciones entre moléculas de agentes gelificantes en
20 ambientes ácidos (por ejemplo, a un pH dentro del intervalo de alrededor de 6,0 a 7,0, o por debajo de este). Por lo tanto, la reticulación o desvinculación se puede producir mediante el ajuste del pH del fluido de tratamiento una vez que se encuentra en una ubicación deseada (por ejemplo, en un

pozo que penetra una formación subterránea). En determinadas modalidades en las cuales el pH debe aumentarse (por ejemplo, para facilitar la reticulación), los agentes de ajuste de pH adecuados pueden comprender una base. Los ejemplos de bases
5 adecuadas pueden incluir, entre otros, hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, hidróxido de litio, carbonato de sodio, carbonato de potasio, hidróxido de amonio y cualquier una combinación de estos. En otras modalidades en las cuales el pH debe disminuirse (por ejemplo, para facilitar la
10 desvinculación), los agentes adecuados de ajuste del pH pueden incluir, de modo no taxativo, ácido fumárico, ácido fórmico, ácido acético, anhídrido acético, ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, ácido fluorhídrico, ácido hidroxifluorobórico, ácido poliaspártico, polisuccinimida y
15 cualquier combinación de estos. La identidad y cantidad del agente de ajuste del pH puede depender, por ejemplo, de las condiciones y características de la formación subterránea, el tiempo de ruptura o reticulación deseado y la naturaleza del reticulador borónico multifuncional, y similares.

20

En algunas modalidades, los reticuladores borónicos multifuncionales pueden reticularse a un pH menor mediante la inserción de un grupo aceptor de electrones en el reticulador borónico multifuncional, de forma que pueda disminuirse la

pKa del grupo de ácido borónico. Sin limitarse a ninguna teoría o mecanismo, se considera que un grupo aceptor de electrones (por ejemplo, un grupo nitro o un halógeno) puede quitar la densidad de electrones del grupo de ácido borónico, mediante lo cual se haría más ácido. En algunas modalidades, el reticulador borónico multifuncional puede comprender un monómero o grupo funcional capaz de cambiar la geometría del grupo de ácido borónico de una configuración plana a una configuración tetraédrica. Por ejemplo, un átomo de nitrógeno ubicado de forma adecuada puede donar su único par de electrones al orbital p abierto del boro, mediante lo cual se forma un complejo tetraédrico. La formación del complejo puede permitir que el reticulador borónico multifuncional se reticule en un fluido de tratamiento a un pH inferior. En algunas modalidades, un fluido de tratamiento con un complejo tetraédrico de ácido borónico puede reticularse a un pH dentro del intervalo de alrededor de 5 a alrededor de 8.

Además, los fluidos de tratamiento de algunas modalidades descritas en la presente pueden comprender además un amortiguador. Los amortiguadores se pueden utilizar para mantener el pH de un fluido de tratamiento en un intervalo limitado. Algunos ejemplos de amortiguadores adecuados pueden incluir, entre otros, carbonato de sodio, carbonato de

potasio, bicarbonato de sodio, bicarbonato de potasio, diacetato de sodio o potasio, fosfato de sodio o potasio, fosfato de hidrógeno de sodio o potasio, fosfato de dihidrógeno de sodio o potasio y similares. Cuando se
5 utiliza, el amortiguador se puede incluir en una cantidad suficiente para mantener el pH de los fluidos de tratamiento a un nivel deseado. En algunas modalidades, el amortiguador puede incluirse en una cantidad dentro del intervalo de alrededor de 0,5 % a alrededor de 10 % en peso del fluido de
10 base acuosa de este. Un experto en la técnica con el beneficio de la presente descripción reconocerá el amortiguador adecuado y la cantidad adecuada para utilizarse en una aplicación elegida.

15 Los fluidos de tratamiento descritos en la presente pueden comprender opcionalmente particulados (por ejemplo, particulados de apuntalante o particulados de grava). En algunas modalidades, los particulados (por ejemplo, particulados de apuntalante) pueden incluirse en los fluidos
20 de tratamiento, los cuales pueden introducirse en una formación subterránea a una velocidad y presión suficiente para crear o potenciar al menos una fractura en esta, de forma que los particulados se coloquen dentro de la fractura para formar un empaque de apuntalante en esta a través de la

cual pueden fluir los fluidos producidos. Los particulados adecuados para su uso en las modalidades descritas en la presente pueden comprender cualquier material adecuado para su uso en operaciones subterráneas. Los materiales adecuados para estos particulados pueden incluir, de modo no taxativo, arena, bauxita, materiales cerámicos, materiales vítreos, materiales poliméricos, materiales de politetrafluoroetileno, partes de cáscara de nuez, particulados resinosos curados que comprenden partes de cáscara de nuez, partes de cáscara de semilla, particulados resinosos curados que comprenden partes de cáscara de semilla, partes de carozos de fruta, particulados resinosos curados que comprenden partes de carozos de fruta, madera, particulados compuestos y cualquier combinación de estos. Los particulados compuestos adecuados pueden comprender un agente de unión y un material de relleno donde los materiales de relleno adecuados pueden incluir, de modo no taxativo, sílice, alúmina, carbono en películas, negro de carbón, grafito, mica, dióxido de titanio, metasilicato, silicato de calcio, caolín, talco, circonia, boro, ceniza volante, microesferas de vidrio huecas, vidrio sólido y cualquier combinación de estos. El tamaño del particulado puede encontrarse generalmente en el intervalo de alrededor de 2 mesh a alrededor de 400 mesh en la serie americana de tamices; no obstante, en determinadas

circunstancias, pueden ser deseables otros tamaños o mezclas de tamaños y serán completamente adecuados para la puesta en práctica de las modalidades descritas en la presente. En algunas modalidades, los intervalos de distribución de tamaño

5 de particulados pueden ser uno o más de 6/12, 8/16, 12/20, 16/30, 20/40, 30/50, 40/60, 40/70 o 50/70 mesh. Se entenderá que el término "particulado", tal como se utiliza en la presente descripción, incluye todas las formas conocidas de materiales, inclusive materiales sustancialmente esféricos,

10 materiales fibrosos, materiales poligonales (tales como materiales cúbicos) y mezclas de estos. Además, se pueden incluir en determinadas modalidades materiales fibrosos, que pueden utilizarse o no para soportar la presión de una fractura cerrada. En determinadas modalidades, los

15 particulados incluidos en los fluidos de tratamiento se pueden recubrir con cualquier resina adecuada o agente adherente conocido por el experto en la técnica. En determinadas modalidades, los particulados pueden estar presentes en un fluido de tratamiento en una cantidad dentro

20 el intervalo de alrededor de 0,5 libras por galón ("ppg") a alrededor de 30 ppg en volumen del fluido de base acuosa.

Pueden incluirse aditivos adicionales en los fluidos de tratamiento de las modalidades descritas en la presente según

lo considere apropiado un experto en la técnica con el beneficio de la presente descripción. Algunos ejemplos de dichos aditivos pueden incluir, de modo no taxativo, agentes de control de pérdida de fluido, tensioactivos, agentes dispersantes, agentes densificantes, inhibidores de incrustaciones, estabilizadores de arcilla, agentes de control de silicato, agentes antiespumantes, agentes espumantes, biocidas, agentes bioestáticos, estabilizantes de almacenamiento y cualquier combinación de estos.

10

Los fluidos de tratamiento de las modalidades descritas en la presente pueden utilizarse en diversas operaciones subterráneas, según se describe en mayor detalle más adelante. En algunas modalidades, se proporciona un método que comprende introducir un fluido de tratamiento en una formación subterránea que comprende un fluido de base acuosa, un agente gelificante y un reticulador borónico multifuncional. El reticulador borónico multifuncional comprende un polímero dendrítico que comprende un monómero soluble en agua y un grupo de ácido borónico, donde la relación del monómero soluble en agua con respecto al grupo de ácido borónico se encuentra en el intervalo de un límite inferior de alrededor de 1:210, 1:240, 1:270, 1:300, 1:330, 1:360, 1:390, 1:420, 1:450, 1:480 y 1:510 a un límite

20

superior de alrededor de 1:800, 1:770, 1:740, 1:710, 1:680, 1:650, 1:620, 1:590, 1:560, 1:530 y 1:500. En algunas modalidades, el reticulador borónico multifuncional comprende un copolímero de un monómero soluble en agua y un monómero de

5 ácido borónico, donde la relación del monómero soluble en agua con respecto al monómero de ácido borónico se encuentra en el intervalo de un límite inferior de alrededor de 1:210, 1:240, 1:270, 1:300, 1:330, 1:360, 1:390, 1:420, 1:450, 1:480 y 1:510 a un límite superior de alrededor de 1:800, 1:770,

10 1:740, 1:710, 1:680, 1:650, 1:620, 1:590, 1:560, 1:530 y 1:500. En algunas modalidades, se describe el fluido de tratamiento que comprende el fluido de base acuosa, el agente gelificante y el reticulador borónico multifuncional que comprende un polímero dendrítico que comprende un monómero

15 soluble en agua y un grupo de ácido borónico, donde la relación del monómero soluble en agua con respecto al grupo de ácido borónico se encuentra en el intervalo de un límite inferior de alrededor de 1:210, 1:240, 1:270, 1:300, 1:330, 1:360, 1:390, 1:420, 1:450, 1:480 y 1:510 a un límite

20 superior de alrededor de 1:800, 1:770, 1:740, 1:710, 1:680, 1:650, 1:620, 1:590, 1:560, 1:530 y 1:500. En otras modalidades, se describe el fluido de tratamiento que comprende el fluido de base acuosa, el agente gelificante y el reticulador borónico multifuncional que comprende un

copolímero de un monómero soluble en agua y un monómero de ácido borónico, donde la relación del monómero soluble en agua con respecto al monómero de ácido borónico se encuentra en el intervalo de un límite inferior de alrededor de 1:210, 1:240, 1:270, 1:300, 1:330, 1:360, 1:390, 1:420, 1:450, 1:480 y 1:510 a un límite superior de alrededor de 1:800, 1:770, 1:740, 1:710, 1:680, 1:650, 1:620, 1:590, 1:560, 1:530 y 1:500. En algunas modalidades, el agente de reticulación multifuncional de ácido borónico puede no comprender un copolímero gradiente.

En algunas modalidades, los fluidos de tratamiento de las modalidades descritas en la presente pueden utilizarse para llevar a cabo una variedad de operaciones subterráneas, tales como, por ejemplo, operaciones de perforación, operaciones de pérdida de circulación, operaciones de estimulación, operaciones de acidificación, operaciones de fracturación de ácido, operaciones de control de arena, operaciones de terminación, operaciones de inhibición de incrustaciones, operaciones de bloqueo de agua, operaciones de estabilización de arcilla, operaciones de fracturación, operaciones de fracturación y empaque simultáneo, operaciones de compactación de grava, operaciones de refuerzo de pozos, operaciones de control de hundimiento y similares. Al

utilizarse junto con operaciones de fractura, pueden introducirse en una formación subterránea los fluidos de fractura (es decir, el fluido de tratamiento) que comprenden un fluido de base acuosa, un agente gelificante y un

5 reticulador borónico multifuncional a una velocidad y presión suficientes para crear o potenciar al menos una fractura en esta. Los particulados (es decir, particulados de apuntalante) pueden incluirse también en el fluido de tratamiento, de forma que se coloquen dentro de una fractura

10 existente o recientemente formada y formen un empaque de apuntalante. Al utilizarse junto con una operación de compactación de grava, los fluidos de compactación de grava (es decir, el fluido de tratamiento) que comprenden un fluido de base acuosa, grava, un agente gelificante y un reticulador

15 multifuncional de ácido borónico pueden colocarse en una parte de una formación subterránea o cerca de esta, para crear un empaque de grava. Luego de que el empaque de grava esté sustancialmente en su lugar, la viscosidad del fluido de compactación de grava puede reducirse a un grado deseado y

20 recuperarse.

La descripción también proporciona métodos para reutilizar los fluidos de tratamiento o cualquier componente o combinación de componentes en estos. En general, los fluidos

de tratamiento de las modalidades de la presente pueden reutilizarse puesto que los agentes gelificantes reticulados mediante el uso de los reticuladores multifuncionales de ácido borónico pueden desvincularse, tal como se mencionó

5 anteriormente. En determinadas modalidades, la reutilización de los fluidos de tratamiento de las modalidades de la presente pueden implicar desvincular los agentes gelificantes en un grado suficiente para quitar las reticulaciones a al menos una molécula de agente gelificante, mediante lo cual se

10 forma un "agente gelificante desvinculado". Estos agentes gelificantes desvinculados luego pueden volver a reticularse en otra operación (por ejemplo, para aumentar la viscosidad del mismo fluido de tratamiento o un fluido de tratamiento diferente). En determinadas modalidades, se pueden reutilizar

15 uno o más componentes de un fluido de tratamiento que comprende agentes gelificantes desvinculados. Por ejemplo, puede reutilizarse el agente gelificante o el fluido de base acuosa de los fluidos de tratamiento. Cuando se incluyen aditivos en los fluidos de tratamiento de las modalidades

20 descritas en la presente, también estos pueden reutilizarse, siempre que puedan recuperarse del fluido de tratamiento a través de medios convencionales.

En diversas modalidades, se describen sistemas configurados

para suministrar los fluidos de tratamiento descritos en la presente en una ubicación en el interior del pozo. En diversas modalidades, los sistemas pueden comprender una bomba acoplada de manera fluida a una estructura tubular, 5 donde la estructura tubular contiene un fluido de tratamiento que comprende los reticuladores borónicos multifuncionales.

En algunas modalidades, la bomba puede ser una bomba de presión alta. Tal como se utiliza en la presente, la 10 expresión "bomba de alta presión" se refiere a una bomba que es capaz de administrar un fluido en el interior del pozo a una presión de alrededor de 1000 psi o mayor. Se puede utilizar una bomba de alta presión cuando se desea introducir el fluido de tratamiento en una formación subterránea en un 15 gradiente de fractura de la formación subterránea o por encima de este, pero también puede utilizarse en casos donde no se desea la fracturación. En algunas modalidades, la bomba de alta presión puede ser capaz de transportar materia particulada de manera fluida, tal como particulados de 20 apuntalante, hacia el interior de la formación subterránea. Las bombas de alta presión adecuadas serán conocidas para los expertos en la técnica y pueden incluir, de modo no taxativo, bombas de pistón flotantes y bombas de desplazamiento positivo.

En otras modalidades, la bomba puede ser una bomba de baja presión. Tal como se utiliza en la presente, la expresión "bomba de baja presión" se referirá a una bomba que funciona

5 a una presión de alrededor de 1000 psi o menos. En algunas modalidades, una bomba de baja presión puede acoplarse de forma fluida a una bomba de alta presión que se acopla de forma fluida al tubular. Es decir, en dichas modalidades, la bomba de baja presión se puede configurar para transportar el

10 fluido de tratamiento a la bomba de alta presión. En dichas modalidades, la bomba de baja presión puede "aumentar" la presión del fluido de tratamiento antes de que alcance la bomba de alta presión.

15 En algunas modalidades, los sistemas descritos en la presente pueden comprender además un tanque de mezcla que se encuentra en una posición anterior a la bomba y en el cual se formula el fluido de tratamiento. En varias modalidades, la bomba (por ejemplo, una bomba de baja presión, una bomba de alta

20 presión o una combinación de estas) puede transportar el fluido de tratamiento desde el tanque de mezcla u otra fuente del fluido de tratamiento hacia el tubular. En otras modalidades, sin embargo, el fluido de tratamiento puede formularse fuera del sitio y transportarse hacia un sitio de

trabajo, en cuyo caso, el fluido de tratamiento puede introducirse en el tubular mediante la bomba directamente desde su recipiente de transporte (por ejemplo, un camión, un automotor, una barcaza o similares) o desde una tubería de transporte. En cualquier caso, el fluido de tratamiento puede atraerse hacia la bomba, elevarse a una presión adecuada e introducirse luego en el tubular para su transporte hacia el interior del pozo.

La Figura 2 muestra un esquema ilustrativo de un sistema que puede suministrar fluidos de tratamiento de las modalidades de la presente hacia una ubicación en el interior del pozo, de acuerdo con una o más modalidades. Cabe mencionar que, mientras que la Figura 2 generalmente representa un sistema de base terrestre, se debe reconocer que también se pueden operar sistemas similares en ubicaciones submarinas. Tal como se representa en la Figura 2, el sistema **1** puede incluir un tanque de mezcla **10**, en el cual se puede formular el fluido de tratamiento de las modalidades en la presente. El fluido de tratamiento se puede transportar mediante la línea **12** hacia el cabezal del pozo **14**, donde el fluido de tratamiento ingresa al tubular **16**, el tubular **16** se extiende desde el cabezal del pozo **14** hacia el interior de la formación subterránea **18**. Después de su extracción del tubular **16**, el

fluido de tratamiento puede penetrar posteriormente la formación subterránea **18**. La bomba **20** puede configurarse para aumentar la presión del fluido de tratamiento a un grado deseado antes de introducirse en el tubular **16**. Cabe destacar

5 que el sistema **1** es de naturaleza meramente ilustrativa y que pueden estar presentes varios componentes adicionales que no están representados necesariamente en la Figura 2 con fines de claridad. Los componentes adicionales no exhaustivos que pueden estar presentes incluyen, de modo no taxativo, tolvas

10 de alimentación, válvulas, condensadores, adaptadores, juntas, calibradores, sensores, compresores, controladores de presión, sensores de presión, controladores de velocidad de flujo, sensores de velocidad de flujo, sensores de temperatura y similares.

15

Si bien no se muestra en la Figura 2, el fluido de tratamiento, en algunas modalidades, puede fluir nuevamente hacia el cabezal del pozo **14** y salir de la formación subterránea **18**. En algunas modalidades, el fluido de

20 tratamiento que fluyó nuevamente hacia el cabezal del pozo **14** se puede recuperar posteriormente y se puede volver a poner en circulación en la formación subterránea **18**.

También se debe reconocer que los fluidos de tratamiento

descritos también pueden afectar, de manera directa o indirecta, los diversos equipos y herramientas de fondo de pozo que puedan entrar en contacto con los fluidos de tratamiento durante la operación. Dichos equipos y

5 herramientas pueden incluir, de modo no taxativo, tuberías de revestimientos, revestimientos de pozos, sartas de terminación, sartas de penetración, sartas de perforación, tubos metálicos continuos, cables de recuperación, cables de perforación, tuberías de perforación, portamechas, motores de

10 lodo, bombas y/o motores del interior del pozo, bombas y/o motores montados en superficie, centralizadores, turbolizadores, rascadores, flotadores (por ejemplo, zapatas, collares, válvulas, etc.), herramientas de adquisición de registros y equipos de telemetría relacionados, accionadores

15 (por ejemplo, dispositivos electromecánicos, dispositivos hidromecánicos, etc.), manguitos deslizantes, manguitos de producción, tapones, tamices, filtros, dispositivos de control de flujo (por ejemplo, dispositivos de control de entrada, dispositivos autónomos de control de flujo de

20 entrada, dispositivos de control de flujo de salida, etc.), acoplamientos (por ejemplo, conexiones electrohídricas húmedas o secas, acopladores de inducción, etc.), líneas de control (por ejemplo, eléctricas, fibras ópticas, hidráulicas, etc.), líneas de vigilancia, barrenas de

perforación, escariadores, sensores o sensores distribuidos, intercambiadores de calor de fondo de pozo, válvulas y dispositivos de accionamiento correspondientes, juntas de herramientas, obturadores, tapones de cemento, tapones puente
5 y otros dispositivos o componentes de aislamiento de pozos y similares. Puede incluirse cualquiera de estos componentes en los sistemas que se describen y representan anteriormente de forma general en la Figura 2.

10 Las modalidades descritas en la presente incluyen:

A. Un método que comprende: proporcionar un fluido de tratamiento que comprende un fluido de base acuosa, un agente gelificante y un reticulador borónico multifuncional, donde
15 el reticulador borónico multifuncional comprende un polímero dendrítico que comprende un monómero soluble en agua y un grupo de ácido borónico, donde la relación del monómero soluble en agua con relación al grupo de ácido borónico se encuentra en el intervalo de alrededor de 1:210 a alrededor
20 de 1:800; e introducir el fluido de tratamiento en una formación subterránea.

B. Un método que comprende: proporcionar un fluido de tratamiento que comprende un fluido de base acuosa, un agente

- gelificante y un reticulador borónico multifuncional, donde el reticulador borónico multifuncional comprende un copolímero de un monómero soluble en agua y un monómero de ácido borónico, y donde la relación del monómero soluble en agua con relación al monómero de ácido borónico se encuentra en el intervalo de alrededor de 1:210 a alrededor de 1:800; e introducir el fluido de tratamiento en una formación subterránea.
- 5
- 10 C. Un fluido de tratamiento que comprende: un fluido de base acuosa, un agente gelificante y un copolímero reticulador borónico multifuncional, donde el reticulador borónico multifuncional comprende un polímero dendrítico que comprende un monómero soluble en agua y un grupo de ácido borónico, y
- 15 la relación del monómero soluble en agua con respecto al grupo de ácido borónico se encuentra en el intervalo de alrededor de 1:210 a alrededor de 1:800, o donde el reticulador borónico multifuncional comprende un copolímero de un monómero soluble en agua y un monómero de ácido
- 20 borónico, y la relación del monómero soluble en agua con respecto al monómero de ácido borónico se encuentra en el intervalo de alrededor de 1:210 a alrededor de 1:800.

Cada una de las modalidades A, B y C puede tener uno o más de

los siguientes elementos adicionales en cualquier combinación:

Elemento 1: Donde el monómero soluble en agua se selecciona del grupo que consiste en una acrilamida, un ácido 2-acrilamido-2-metilpropanosulfónico, una N,N-dimetilacrilamida, una vinilpirrolidona, un metacrilato de dimetilaminoetilo, un ácido acrílico, una dimetilaminopropilmetacrilamida, una vinylamina, un vinilacetato, un cloruro de metacrilato de trimetilamonioetilo, una metacrilamida, un acrilato de hidroxietilo, un ácido vinitilsulfónico, un ácido vinitlfosfónico, un ácido vinitlbenceno sulfónico, un ácido metacrílico, una caprolactama de vinilo, una N-vinilformamida, dialilamina, una N,N-dialilacetamida, un haluro de dimetildialilamonio, un ácido itacónico, un ácido estirenosulfónico, un haluro de metacrilamidoetiltrimetilamonio, un derivado de sal cuaternaria de una acrilamida, un derivado de sal cuaternaria de un ácido acrílico, un alquil acrilato, un alquil metacrilato, una alquil acrilamida, una alquil metacrilamida, haluro de metacrilato de alquildimetilamonioetilo, haluro de metacrilamida de alquildimetilamonioetilo, haluro de metacrilamida de alquildimetilamoniopropilo, haluro de

metacrilato de alquildimetilamoniopropilo, cualquier derivado de estos y cualquier combinación de estos.

5 Elemento 2: Donde el reticulador borónico multifuncional comprende entre alrededor de 2 y alrededor de 10 generaciones.

10 Elemento 3: Donde el reticulador borónico multifuncional aumenta la viscosidad del fluido de tratamiento en un factor de al menos alrededor de 10 en comparación con el fluido de tratamiento sin el reticulador borónico multifuncional.

15 Elemento 4: Donde el reticulador borónico multifuncional actúa como un agente reductor de la fricción.

20 Elemento 5: Donde el reticulador borónico multifuncional reduce las pérdidas de fricción debido a la fricción entre el fluido de tratamiento y una o más superficies contactadas por el fluido de tratamiento en una cantidad dentro del intervalo de alrededor de 10 % a alrededor de 70 % en comparación con el fluido de tratamiento sin el reticulador borónico multifuncional.

Elemento 6: Donde el fluido de tratamiento se introduce en la

formación subterránea a una velocidad y presión suficientes para crear o mejorar al menos una fractura en esta.

Elemento 7: Donde el monómero de ácido borónico se selecciona
5 del grupo que consiste en un monómero de ácido borónico de alilo, un monómero de ácido borónico de arilo, un monómero de ácido borónico de alquilo, un monómero de ácido borónico de alqueno, un monómero de ácido borónico de alquino, un monómero de ácido borónico de vinilo y cualquier combinación
10 de estos.

Elemento 8: Donde el fluido de tratamiento comprende además uno seleccionado el grupo que consiste en un agente solubilizante, un agente de reticulación, un agente de
15 ruptura, un agente de ajuste del pH, un grupo aceptor de electrones, un amortiguador, un particulado, un agente de control de pérdida de fluidos, un tensioactivo, un agente de dispersión, un agente espesante, un inhibidor de incrustaciones, un estabilizador de arcilla, un agente de
20 control de silicato, un agente antiespumante, un agente espumante, un biocida, un agente biostático, un estabilizador de almacenamiento y cualquier combinación de estos.

A modo de ejemplo no taxativo, los ejemplos de combinaciones

aplicables a A, B, C incluyen: A con 2, 3, 6 y 8; B con 1, 2, 4 y 7; y C con 5, 6 y 8.

5 Para facilitar una mejor comprensión de las modalidades de la presente, se proporcionan los siguientes ejemplos de determinados aspectos de algunas modalidades. De ninguna manera debería interpretarse que los siguientes ejemplos limitan o definen el alcance de las modalidades de la presente.

10

EJEMPLOS

En este ejemplo, se evaluaron las propiedades de reducción de la fricción de los reticuladores borónicos multifuncionales
15 preparados de acuerdo con una modalidad descrita en la presente. Se preparó un copolímero de los reticuladores borónicos multifuncionales mediante el uso de acrilamida de monómero soluble en agua y monómero de ácido borónico, ácido
20 3-acrilamido fenilborónico en una relación de monómero de ácido borónico con respecto a monómero soluble en agua de 1:266. Se preparó un fluido de tratamiento (TF1) que comprende 3,78 L/3785 L (1 gal/1000 gal) del reticulador borónico multifuncional en agua dulce y se evaluó para detectar el % de reducción de fricción a una velocidad de

flujo de 1,8 L/s (28 gal/min). Se preparó un fluido de tratamiento de control (fluido de control) que comprende 3,78 L/3785 L (1 gal/1000 gal) de poliacrilamida, un agente reductor de la fricción utilizado en todo el sector, en agua dulce, y también se evaluó para detectar el % de reducción de fricción a una velocidad de flujo de 1,8 L/s (28 gal/min). Tal como se muestra en la Figura 1, TF1 presentó un % de reducción de fricción ampliamente superior que el fluido de control.

10

Para una comparación adicional, se preparó un segundo fluido de tratamiento (TF2) que comprende 3,78 L/3785 L (1 gal/1000 gal) del reticulador borónico multifuncional en agua dulce y se evaluó para detectar el % de reducción de la fricción a una velocidad de flujo de 1 L/s (16 gal/min), y se preparó un tercer fluido de tratamiento (TF3) que comprende 3,78 L/3785 L (1 gal/1000 gal) del reticulador borónico multifuncional en agua dulce y se evaluó para detectar el % de reducción de la fricción a una velocidad de flujo de 0,6 L/s (10 gal/min).

15

20

Tanto TF2 como TF3 presentaron un % de reducción de la fricción superior en comparación con el fluido de control. Los resultados de TF1 se muestran en la Figura 1A, los resultados de TF2 se muestran en la Figura 1B y resultados de TF3 se muestran en la Figura 1C.

Por lo tanto, las modalidades de la presente están adaptadas para lograr los fines y las ventajas que se mencionaron así como también aquellos que son inherentes a estos. Las

5 modalidades particulares descritas anteriormente son únicamente ilustrativas y se pueden modificar y llevar a la práctica de maneras diferentes pero equivalentes evidentes para los expertos en la técnica con el beneficio de las indicaciones de la presente. Asimismo, no se pretende limitar

10 los detalles de construcción o diseño que se ilustran en la presente, salvo por lo descrito en las reivindicaciones que figuran a continuación. Por lo tanto, es evidente que las modalidades ilustrativas particulares descritas anteriormente se pueden alterar, combinar o modificar y todas dichas

15 variaciones se consideran dentro del alcance y espíritu de las modalidades de la presente. Las modalidades descritas de manera ilustrativa en la presente se pueden poner en práctica adecuadamente en ausencia de cualquier elemento que no esté descrito específicamente en la presente y/o cualquier

20 elemento opcional descrito en la presente. Si bien se describen las composiciones y los métodos con expresiones como "que comprende", "que contiene", o "que incluye" varios componentes o etapas, las composiciones y métodos también pueden "consistir esencialmente en" o "consistir en" varios

componentes y etapas. Todos los números e intervalos descritos anteriormente pueden variar en alguna cantidad. Siempre que se describe un intervalo numérico con un límite inferior y un límite superior, se describe específicamente

5 todo número y todo intervalo incluido comprendido por el intervalo. En particular, debe entenderse que todo intervalo de valores (del tipo "de alrededor de a a alrededor de b" o, de modo equivalente, "de aproximadamente a a b" o, de modo equivalente, "de aproximadamente a-b") descrito en la

10 presente indica cada número e intervalo comprendido dentro del intervalo de valores más amplio. Además, los términos en las reivindicaciones tienen su significado simple y común, a menos que el titular de la patente defina exprese y defina claramente lo contrario. Adicionalmente, los artículos

15 indefinidos "un" o "uno", tal como se utilizan en las reivindicaciones, se definen en la presente como uno o más de uno de los elementos que esta introduce. En caso de existir algún conflicto en los usos de una palabra o expresión en la presente memoria descriptiva y en una o más patentes u otros

20 documentos que puedan incorporarse en la presente mediante referencia, se deben adoptar las definiciones que resulten coherentes con la presente memoria descriptiva.

REIVINDICACIONES

La invención reivindicada es:

1. Un método para introducir un fluido de tratamiento en una formación subterránea para llevar a cabo una operación subterránea que comprende:

introducir el fluido de tratamiento en la formación subterránea, el fluido de tratamiento que comprende:

un fluido de base acuosa que incluye agua dulce, agua salada, salmuera, agua de mar, salmuera ponderada tal como bromuro de calcio, bromuro de sodio, y similares, y cualquier combinación de estos;

un agente gelificante que incluye biopolímeros, polímeros sintéticos y cualquier combinación de estos presente en una cantidad dentro del intervalo de 0,1% a 10% en peso del fluido de base acuosa en este; y

un reticulador borónico multifuncional presente en una cantidad dentro del intervalo de 0,003% a 1% en peso del fluido de base acuosa en este, donde el reticulador borónico multifuncional comprende un polímero dendrítico que comprende un monómero soluble en agua y un grupo de ácido borónico,

donde la relación del monómero soluble en agua con respecto al grupo de ácido borónico se encuentra dentro del intervalo de 1:210 a 1:800; y

realizar la operación de formación subterránea tal como una operación de perforación, una operación de pérdida de circulación, una operación de estimulación, una operación de acidificación, una operación de fracturación de ácido, una operación de control de arena, una operación de terminación, una operación de inhibición de incrustaciones, una operación de bloqueo de agua, una operación de estabilización de arcilla, una operación de fracturación, una operación de fracturación y empaque simultáneo, una operación de compactación de grava, una operación de refuerzo de pozos, una operación de control de hundimiento y similares.

2. El método de la reivindicación 1, donde el monómero soluble en agua se selecciona del grupo que consiste en una acrilamida, un ácido 2-acrilamido-2-metilpropanosulfónico, una N,N-dimetilacrilamida, una vinilpirrolidona, un metacrilato de dimetilaminoetilo, un ácido acrílico, una dimetilaminopropilmetacrilamida, una vinilamina, un vinilacetato, un cloruro de metacrilato de trimetilamonioetilo, una metacrilamida, un acrilato de hidroxietilo, un ácido vinilsulfónico, un ácido

vinilfosfónico, un ácido vinilbenceno sulfónico, un ácido metacrílico, una caprolactama de vinilo, una N-vinilformamida, dialilamina, una N,N-dialilacetamida, un haluro de dimetildialilamonio, un ácido itacónico, un ácido estirenosulfónico, un haluro de metacrilamidoetiltrimetilamonio, un derivado de sal cuaternaria de una acrilamida, un derivado de sal cuaternaria de un ácido acrílico, un alquil acrilato, un alquil metacrilato, una alquil acrilamida, una alquil metacrilamida, haluro de metacrilato de alquildimetilamonioetilo, haluro de metacrilamida de alquildimetilamonioetilo, haluro de metacrilamida de alquildimetilamoniopropilo, haluro de metacrilato de alquildimetilamoniopropilo, cualquier derivado de estos y cualquier combinación de estos.

3. El método de la reivindicación 1, donde el reticulador borónico multifuncional comprende entre 2 y 10 generaciones de etapas de reacción.

4. El método de la reivindicación 1, donde los biopolímeros incluyen polisacáridos, y derivados de estos tal como guar, goma guar y derivados de estos.

5. El método de la reivindicación 1, donde los polímeros sintéticos incluyen un poliacrilato, un polimetacrilato, una poliacrilamida, un alcohol polivinílico, una polivinilpirrolidona, cualquier copolímero de estos y cualquier combinación de estos.

6. El método de la reivindicación 1, donde el fluido de tratamiento se introduce en la formación subterránea a una velocidad y presión suficientes para crear o mejorar al menos una fractura en esta usando una bomba de presión alta.

7. Un método para introducir un fluido de tratamiento en una formación subterránea para llevar a cabo una operación subterránea que comprende:

introducir el fluido de tratamiento en la formación subterránea, el fluido de tratamiento que comprende:

un fluido de base acuosa que incluye agua dulce, agua salada, salmuera, agua de mar, salmuera ponderada tal como bromuro de calcio, bromuro de sodio, y similares, y cualquier combinación de estos;

un agente gelificante que incluye biopolímeros, polímeros sintéticos y cualquier combinación de estos presente en una cantidad dentro del intervalo de 0,1% a 10% en peso del fluido de base acuosa en este; y

un reticulador borónico multifuncional presente en una cantidad dentro del intervalo de 0,003% a 1% en peso del fluido de base acuosa en este,

donde el reticulador borónico multifuncional comprende un copolímero de un monómero soluble en agua y un monómero de ácido borónico, y

donde la relación del monómero soluble en agua con respecto al monómero de ácido borónico se encuentra dentro del intervalo de alrededor de 1:210 a alrededor de 1:800; y

realizar la operación de formación subterránea tal como una operación de perforación, una operación de pérdida de circulación, una operación de estimulación, una operación de acidificación, una operación de fracturación de ácido, una operación de control de arena, una operación de terminación, una operación de inhibición de incrustaciones, una operación de bloqueo de agua, una operación de estabilización de arcilla, una operación de fracturación, una operación de fracturación y empaque simultáneo, una operación de compactación de grava, una operación de refuerzo de pozos, una operación de control de hundimiento y similares.

8. El método de la reivindicación 7, donde el monómero de ácido borónico se selecciona del grupo que consiste en un monómero de ácido borónico de alilo, un monómero de ácido

borónico de arilo, un monómero de ácido borónico de alquilo, un monómero de ácido borónico de alquenilo, un monómero de ácido borónico de alquinilo, un monómero de ácido borónico de vinilo, y cualquier combinación de estos.

9. El método de la reivindicación 7, donde el monómero soluble en agua se selecciona del grupo que consiste en una acrilamida, un ácido 2-acrilamido-2-metilpropanosulfónico, una N,N-dimetilacrilamida, una vinilpirrolidona, un metacrilato de dimetilaminoetilo, un ácido acrílico, una dimetilaminopropilmetacrilamida, una vinilamina, un vinilacetato, un cloruro de metacrilato de trimetilamonioetilo, una metacrilamida, un acrilato de hidroxietilo, un ácido vinilsulfónico, un ácido vinilfosfónico, un ácido vinilbenceno sulfónico, un ácido metacrílico, una caprolactama de vinilo, una N-vinilformamida, dialilamina, una N,N-dialilacetamida, un haluro de dimetildialilamonio, un ácido itacónico, un ácido estirenosulfónico, un haluro de metacrilamidoetiltrimetilamonio, un derivado de sal cuaternaria de una acrilamida, un derivado de sal cuaternaria de un ácido acrílico, un alquil acrilato, un alquil metacrilato, una alquil acrilamida, una alquil metacrilamida, haluro de metacrilato de alquildimetilamonioetilo, haluro de

metacrilamida de alquildimetilamonioetilo, haluro de metacrilamida de alquildimetilamoniopropilo, haluro de metacrilato de alquildimetilamoniopropilo, cualquier derivado de estos y cualquier combinación de estos.

10. El método de la reivindicación 7, donde los biopolímeros incluyen polisacáridos, y derivados de estos tal como guar, goma guar y derivados de estos.

11. El método de la reivindicación 7, donde los polímeros sintéticos incluyen un poliacrilato, un polimetacrilato, una poliacrilamida, un alcohol polivinílico, una polivinilpirrolidona, cualquier copolímero de estos y cualquier combinación de estos.

12. El método de la reivindicación 7, donde el fluido de tratamiento se introduce en la formación subterránea a una velocidad y presión suficientes para crear o mejorar al menos una fractura en esta usando una bomba de presión alta.

13. Un fluido de tratamiento para introducir en una formación subterránea que comprende:

un fluido de base acuosa que incluye agua dulce, agua salada, salmuera, agua de mar, salmuera ponderada tal como

bromuro de calcio, bromuro de sodio, y similares, y cualquier combinación de estos;

un agente gelificante que incluye biopolímeros, polímeros sintéticos y cualquier combinación de estos presente en una cantidad dentro del intervalo de 0,1% a 10% en peso del fluido de base acuosa en este; y

un reticulador borónico multifuncional presente en una cantidad dentro del intervalo de 0,003% a 1% en peso del fluido de base acuosa en este,

donde el reticulador borónico multifuncional comprende un polímero dendrítico que comprende un monómero soluble en agua y un grupo de ácido borónico, y la relación del monómero soluble en agua con respecto al grupo de ácido borónico se encuentra en el intervalo de 1:210 a 1:800, o

donde el reticulador borónico multifuncional comprende un copolímero de un monómero soluble en agua y un monómero de ácido borónico, y la relación del monómero soluble en agua con respecto al monómero de ácido borónico se encuentra en el intervalo de alrededor de 1:210 a alrededor de 1:800.

14. El fluido de tratamiento de la reivindicación 13, donde el monómero de ácido borónico se selecciona del grupo que consiste en un monómero de ácido borónico de alilo, un monómero de ácido borónico de arilo, un monómero de ácido

borónico de alquilo, un monómero de ácido borónico de alquenoilo, un monómero de ácido borónico de alquinoilo, un monómero de ácido borónico de vinilo, y cualquier combinación de estos.

15. El fluido de tratamiento de la reivindicación 13, donde el monómero soluble en agua se seleccionan del grupo que consiste en una acrilamida, un ácido 2-acrilamido-2-metilpropanosulfónico, una N,N-dimetilacrilamida, una vinilpirrolidona, un metacrilato de dimetilaminoetilo, un ácido acrílico, una dimetilaminopropilmetacrilamida, una vinilamina, un vinilacetato, un cloruro de metacrilato de trimetilamonioetilo, una metacrilamida, un acrilato de hidroxietilo, un ácido vinilsulfónico, un ácido vinilfosfónico, un ácido vinilbenceno sulfónico, un ácido metacrílico, una caprolactama de vinilo, una N-vinilformamida, dialilamina, una N,N-dialilacetamida, un haluro de dimetildialilamonio, un ácido itacónico, un ácido estirenosulfónico, un haluro de metacrilamidoetiltrimetilamonio, un derivado de sal cuaternaria de una acrilamida, un derivado de sal cuaternaria de un ácido acrílico, un alquil acrilato, un alquil metacrilato, una alquil acrilamida, una alquil metacrilamida, haluro de metacrilato de alquildimetilamonioetilo, haluro de

metacrilamida de alquildimetilamonioetilo, haluro de metacrilamida de alquildimetilamoniopropilo, haluro de metacrilato de alquildimetilamoniopropilo, cualquier derivado de estos y cualquier combinación de estos.

16. El fluido de tratamiento de la reivindicación 13, donde los biopolímeros incluyen polisacáridos, y derivados de estos tal como guar, goma guar y derivados de estos.

17. El fluido de tratamiento de la reivindicación 13, donde los polímeros sintéticos incluyen un poliacrilato, un polimetacrilato, una poliacrilamida, un alcohol polivinílico, una polivinilpirrolidona, cualquier copolímero de estos y cualquier combinación de estos.

18. El fluido de tratamiento de la reivindicación 13, donde el reticulador borónico multifuncional comprende un polímero dendrítico que comprende un monómero soluble en agua y un grupo de ácido borónico, y comprende entre 2 y 10 generaciones de etapas de reacción.

19. El fluido de tratamiento de la reivindicación 13, donde el monómero de ácido borónico incluye monómero de ácido 3-acrilamidofenil borónico, monómero de ácido 2-acrilamidofenil

borónico, ácido 4-acrilamidofenil borónico, ácido 2-((2-acrilamidoetilamino)metil)fenil borónico, cualquier derivado de estos y cualquier combinación de estos.

20. El fluido de tratamiento de la reivindicación 13, donde el fluido de tratamiento comprende además uno seleccionado el grupo que consiste en un agente solubilizante, un agente de reticulación, un agente de ruptura, un agente de ajuste del pH, un grupo aceptor de electrones, un amortiguador, un particulado, un agente de control de pérdida de fluido, un tensioactivo, un agente de dispersión, un agente espesante, un inhibidor de incrustaciones, un estabilizador de arcilla, un agente de control de silicato, un agente antiespumante, un agente espumante, un biocida, un agente biostático, un estabilizador de almacenamiento y cualquier combinación de estos.

RESUMEN

Las modalidades descritas en la presente incluyen un método que comprende proporcionar un fluido de tratamiento que comprende un fluido de base acuosa, un agente gelificante y un reticulador borónico multifuncional, donde el reticulador borónico multifuncional comprende un polímero dendrítico que comprende un monómero soluble en agua y un grupo de ácido borónico, donde la relación del monómero soluble en agua con relación al grupo de ácido borónico se encuentra en el intervalo de alrededor de 1:210 a alrededor de 1:800; e introducir el fluido de tratamiento en una formación subterránea.