

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 708 674**

51 Int. Cl.:

<b>C09K 8/42</b>	(2006.01)
<b>C09K 8/504</b>	(2006.01)
<b>C04B 12/04</b>	(2006.01)
<b>C04B 28/26</b>	(2006.01)
<b>C09K 8/487</b>	(2006.01)
<b>C09K 8/508</b>	(2006.01)
<b>C04B 24/42</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.11.2010 PCT/US2010/057278**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **26.05.2011 WO11063148**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.11.2010 E 10781574 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.12.2018 EP 2501774**

54 Título: **Compuestos aditivos de control de agua y métodos para fabricar y usar los mismos**

30 Prioridad:

**19.11.2009 US 621665**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**10.04.2019**

73 Titular/es:

**BAKER HUGHES, A GE COMPANY, LLC (100.0%)  
2929 Allen Parkway, Suite 2100  
Houston, TX 77019, US**

72 Inventor/es:

**WANG, XIAOLAN;  
KALFAYAN, LEONARD y  
CUTLER, JENNIFER**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

ES 2 708 674 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Compuestos aditivos de control de agua y métodos para fabricar y usar los mismos

**5 ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN****Campo de la invención**

La invención se refiere ampliamente a métodos para controlar el flujo de agua en una formación subterránea. La invención se refiere más específicamente al uso de un revestimiento de polisiloxano de unión en un método para controlar el flujo de agua en una formación subterránea.

**Descripción de la técnica relacionada**

15 La mayoría de las formaciones subterráneas productoras de hidrocarburos contienen agua, así como hidrocarburos. Esta agua se convierte en un problema cuando es móvil. La producción de agua no deseada es un problema continuo para la industria del petróleo y el gas, ya que la presencia de agua móvil en las formaciones subterráneas desafortunadamente conduce a la recuperación de bastante cantidad de agua junto con los hidrocarburos deseados. Cuando el agua se recupera junto con los hidrocarburos, ambos deben ser bombeados desde la formación a la superficie, donde el agua debe separarse de los hidrocarburos y desecharse de manera apropiada. Si los volúmenes de agua son demasiado altos, el coste de capturar y desechar el agua puede hacer que la continuación de los costes de recuperación de hidrocarburos sea prohibitiva, lo que probablemente dé como resultado la terminación de la producción.

20  
25 La afluencia de agua en la formación productora de hidrocarburos puede ser, pero sin limitación, agua que fluye a través de fracturas, zonas de pérdidas y estrías de alta permeabilidad o conificación del agua. Un método relativamente eficaz para reducir el flujo de agua no deseada es mediante el mecanismo de gelificación y/o polimerización de un silicato soluble, tal como silicato de sodio. Este tipo de proceso se conoce como inyección química, que generalmente es un proceso de inyección de una solución químicamente reactiva que se comporta como un líquido, pero reacciona dentro de un marco de tiempo predeterminado para formar un sólido o gel en la formación subterránea.

30 El silicato soluble ha encontrado amplias aplicaciones en el control de agua. Es un producto permanente no selectivo para sellar la porosidad del yacimiento y modificar la permeabilidad. Funciona mediante la precipitación de silicato de sodio para crear un gel vibrante amorfo, no cristalino. El silicato de sodio líquido se puede fabricar para que se gelifique y establezca en el marco de tiempo deseado (minutos a horas) controlando el tipo y la concentración de agente o agentes de ajuste o el activador o activadores. Los activadores más comunes son ácido, sales alcalinotérricas, glioxal y formamida. El silicato soluble es más eficaz cuando se comprime en perforaciones, mientras que si se deja en el pozo, el tapón de gel resultante es temporal y se puede romper al pasar el tubo por él. La experiencia muestra que una presión de rotura muy baja puede romper el gel rígido en un tapón central, lo que indica un mecanismo de bloqueo suelto de los silicatos. En general, el gel rígido formado por el silicato de sodio es algo propenso a agrietarse y resquebrajarse cuando se aplica presión a través de una gran área de sección transversal.

45 Si bien el uso de silicato de sodio en el control de agua es algo eficaz, existe la necesidad de mejorar adicionalmente la química de la gelificación del silicato de sodio para hacer que el silicato soluble sea un sistema de control de agua más eficaz. Sería ventajoso si el silicato de sodio pudiera soportar presiones más altas de las que actualmente puede, pero aún así continúe reduciendo la permeabilidad.

50 El documento WO02/094903 describe sistemas organominerales obtenidos por reacción de poliisocianatos con vidrio acuoso en presencia de aminosilanos.

El documento WO95/08515 describe un aglutinante de polisiloxano/polisilicato a base de agua.

55 El documento GB 1598140 describe la formación y utilización de materiales poliméricos inorgánicos modificados con silano que imparten propiedades pseudoplásticas no newtonianas a sistemas acuosos.

El documento US 4.004.639 describe un método para formar un tapón que cubre una extensión de área sustancial de los estratos más permeables.

60

El documento GB2399364 describe composiciones que contienen organosilicio para controlar la producción de agua.

## RESUMEN DE LA INVENCION

5 En vista de lo anterior, se proporcionan métodos útiles para el control del agua como realizaciones de la presente invención. Más específicamente, se proporciona un método para tratar una formación subterránea mediante la reducción de un flujo de líquidos acuosos a través de la misma como una realización de la presente invención. La composición de agente de control de agua utilizada en la presente invención funciona como una lechada química de control de agua para evitar que el agua fluya a través de la formación subterránea. La composición de agente de control de agua se inyecta en la formación subterránea a través de un pozo. La composición de agente de control de agua incluye un silicato de sodio soluble con activadores y un compuesto de organosilano hidrolizable. En un aspecto, la composición de agente de control de agua también puede incluir una composición de reticulación.

15 El compuesto de organosilano hidrolizable se hidroliza para formar silanol, que es un intermedio reactivo. Mientras que los silanoles se condensan entre sí para formar polisiloxano, los silanoles pueden reaccionar con los granos silíceos de la formación para unir covalentemente el polímero a las superficies de los granos. Los silanoles también pueden reaccionar con los sitios de silanol de las partículas silíceas sueltas generadas por el fraguado de silicato de sodio soluble para recubrirlas y unir las entre sí y con los granos de la formación subterránea. Por lo tanto, el polisiloxano actúa como un pegamento para unir covalentemente los silicatos sueltos del fraguado de silicato de sodio soluble a la formación y para unir covalentemente las mismas partículas de silicato sueltas entre sí.

25 En un aspecto, la composición de reticulación opcional puede incluir uno o más agentes de reticulación. El agente o agentes de reticulación pueden reticular los silanoles para formar geles de silicio tridimensionales para mejorar adicionalmente la resistencia del sistema de control de agua. Aunque se puede utilizar una diversidad de agentes de reticulación para reticular los silanoles, los reticuladores de boro son particularmente eficaces. Los ejemplos de agentes de reticulación adecuados pueden incluir compuestos liberadores de iones borato, tales como ácido bórico, óxido bórico, ácido pirobórico, ácido metabórico, bórax, tetraborato de sodio, pentaborato, etc. y combinaciones de los mismos. Otros compuestos adecuados que pueden usarse como agentes de reticulación en realizaciones de la presente invención serán evidentes para los expertos en la técnica y se considerarán dentro del alcance de la presente invención.

35 Con esta composición, el tapón de gel que se forma a partir del fraguado de silicato de sodio soluble provoca una reducción en la permeabilidad de la formación subterránea, que detiene o reduce el flujo de líquidos acuosos a través de la formación subterránea. Además, la resistencia del tapón de gel también se mejora a través de la unión a polisiloxano de las partículas silíceas sueltas del fraguado de silicato de sodio soluble entre sí y a la formación.

## BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

40 La Figura 1 es un gráfico que ilustra la permeabilidad específica al agua (md) frente al rendimiento del agua de volumen de poro después del tratamiento con un aditivo de control de agua fabricado de acuerdo con las realizaciones de la técnica anterior; y

la Figura 2 es un gráfico que ilustra la permeabilidad específica al agua (md) frente al rendimiento del agua de volumen de poro después del tratamiento con un aditivo de control de agua fabricado de acuerdo con las realizaciones de la presente invención.

45

## DESCRIPCION DE REALIZACIONES ILUSTRATIVAS

50 A continuación se describen realizaciones ilustrativas de la invención, ya que podrían emplearse en la operación y en el tratamiento de aplicaciones en campos petroleros. En aras de la claridad, no todas las características de una implementación real se describen en esta memoria descriptiva. Por supuesto, se apreciará que en el desarrollo de cualquier realización real de este tipo, se deben tomar numerosas decisiones específicas de implementación para lograr los objetivos específicos de los desarrolladores, que variarán de una implementación a otra. Además, se apreciará que tal esfuerzo de desarrollo podría ser complejo y requerir mucho tiempo, pero, no obstante, sería una tarea rutinaria para los expertos en la técnica que tienen la prioridad de esta descripción. Otros aspectos y ventajas de las diversas realizaciones de la invención se harán evidentes a partir de la consideración de la siguiente descripción.

60 Se proporcionan métodos útiles para el control del agua como realizaciones de la presente invención. Más específicamente, se proporciona un método para tratar una formación subterránea para reducir un flujo de líquidos acuosos a través de la formación como una realización de la presente invención. En esta realización, una

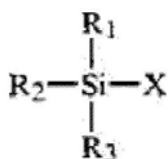
composición de agente de control de agua se inyecta en la formación subterránea a través de un pozo. La composición de agente de control de agua para su uso en la presente invención funciona como una lechada química de control de agua para evitar que el agua fluya a través de la formación subterránea. La composición de agente de control de agua incluye un silicato de sodio soluble con un activador y un compuesto de organosilano hidrolizable.

5 En un aspecto, la composición de agente de control de agua también puede incluir una composición de reticulación.

Los grupos alcoxi en el compuesto de organosilano hidrolizable se hidrolizan para producir silanol, que es un intermedio reactivo. Mientras que los silanoles se condensan entre sí para formar polisiloxano, los silanoles reaccionan con las superficies silíceas de la roca para unir covalentemente el polímero a las superficies granulares de la formación. Los silanoles también pueden reaccionar con los sitios de silanol de las partículas silíceas sueltas generadas por el fraguado del silicato de sodio soluble para recubrir las y unir las entre sí y con las superficies granulares de la formación subterránea. El polisiloxano actúa como un pegamento para unir covalentemente los silicatos sueltos del fraguado de silicato de sodio soluble a la formación y para unir covalentemente las mismas partículas de silicato sueltas entre sí. Con la composición de la presente invención, el tapón de gel que se forma a partir del fraguado de silicato de sodio soluble provoca una reducción en la permeabilidad de la formación subterránea, que detiene o reduce el flujo de líquidos acuosos a través de la formación subterránea. Además, la resistencia del tapón de gel también se mejora a través de la unión a polisiloxano de las partículas silíceas sueltas del fraguado de silicato de sodio soluble entre sí y a la formación.

20 Los organosilanos se usan a menudo como agentes de acoplamiento o promotores de adhesión. Se han utilizado trialcoxycorganosilanos para mejorar la adhesión de polímeros orgánicos a sustratos inorgánicos, así como para tratar las superficies de aditivos inorgánicos, tal como alúmina y sílice, para su uso en sistemas de polímeros reforzados. En la presente invención, en un aspecto, los organosilanos son un componente de una composición aditiva de control de agua que se usa para mejorar el proceso de inyección química de silicato soluble para aplicaciones de control de agua.

Entre los organosilanos adecuados para su uso en esta invención están los que tienen la fórmula:

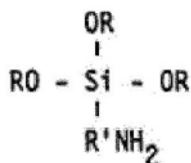


30 donde X es un halógeno, R<sub>1</sub> es un grupo orgánico que tiene de 1 a 50 átomos de carbono, y R<sub>2</sub> y R<sub>3</sub> son halógenos iguales o diferentes o grupos orgánicos que tienen de 1 a 50 átomos de carbono. En un aspecto, X es un halógeno seleccionado del grupo que consiste en cloro, bromo y yodo, siendo preferido el cloro, R<sub>1</sub> es un grupo alquilo, alquenoilo o arilo que tiene de 1 a 18 átomos de carbono y R<sub>2</sub> y R<sub>3</sub> son iguales o diferentes halógenos, o un grupo alquilo, alquenoilo o arilo que tiene de 1 a 18 átomos de carbono.

En un aspecto, el compuesto de organosilano hidrolizable se puede seleccionar del grupo que consiste en compuestos de organosilano solubles en agua y compuestos de organosilano que se hidrolizan en medios acuosos para formar silanoles solubles en agua.

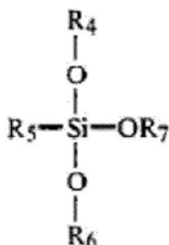
40 Los organosilanos específicos adecuados incluyen metildietilclorosilano, dimetildiclorosilano, metiltriclorosilano, dimetildibromosilano, dietildiiodosilano, dipropildiclorosilano, dipropildibromosilano, butiltriclorosilano, feniltribromosilano, difenildiclorosilano, toiltribromosilano, metilfenildiclorosilano, y similares.

45 En otro aspecto, el compuesto de organosilano hidrolizable útil en realizaciones de la presente invención tiene una estructura general que comprende:



donde R y R' son independientemente grupos alquilo, alqueno o arilo que tienen de 1 a 50 átomos de carbono.

En otro aspecto, algunos organosilanos adecuados para su uso en esta invención son aquellos que tienen la fórmula:



donde R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub> y R<sub>6</sub> se seleccionan independientemente de hidrógeno y grupos orgánicos que tienen de 1 a 50 átomos de carbono, siempre que no todos de R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub> y R<sub>6</sub> sean hidrógeno, y R<sub>7</sub> es un grupo orgánico que tiene de 1 a 50 átomos de carbono. En un aspecto, R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub> y R<sub>6</sub> se seleccionan independientemente de hidrógeno, amina, grupos alquilo, alqueno, arilo y carbohidroxilo que tienen de 1 a 18 átomos de carbono, si ser al menos uno de los grupos R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub> y R<sub>6</sub> hidrógeno, y R<sub>7</sub> se selecciona de amina, grupos alquilo, alqueno y arilo que tienen de 1 a 18 átomos de carbono. Cuando R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub> y R<sub>6</sub> son grupos carbohidroxilo, se pueden usar grupos alcoxi.

En otro aspecto, el compuesto de organosilano hidrolizable puede incluir un trialcoxiorganosilano. Los compuestos de organosilano hidrolizable adecuados que pueden usarse en la presente invención pueden incluir monómeros, monómeros hidrolizados, dímeros hidrolizados, y oligómeros hidrolizados de un aminopropiltrialcoxisilano, un aminoetilaminopropiltrialcoxisilano, un alquiltrialcoxisilano, un viniltrialcoxisilano, un feniltrialcoxisilano, un mercaptotrialcoxisilano, un estirilaminotrialcoxisilano, un metacriloxipropiltrialcoxisilano, un glicidoxipropiltrialcoxisilano, un perfluorotrialcoxisilano, un trialcoxisilano funcionalizado con perfluoroéter, un trialcoxisilano funcionalizado con azol, un tetraalcoxisilano, metildietilclorosilano, dimetildiclorosilano, metiltriclorosilano, dimetil-dibromosilano, dietildiodosilano, dipropildiclorosilano, dipropildibromosilano, butiltriclorosilano, feniltribromosilano, difenildiclorosilano, toiltribromosilano, metilfenildiclorosilano, o combinaciones de los mismos. En un aspecto, el compuesto de organosilano hidrolizable puede incluir un aminoalquil siloxano que tiene una estructura como la siguiente: (H<sub>2</sub>NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>SiO<sub>1.2</sub>)<sub>n</sub>. Un aminoalquil siloxano adecuado que se puede usar en la presente invención es Silquest® A-1106, que está disponible comercialmente en Momentive Performance Materials. Otros compuestos adecuados que pueden usarse como el compuesto de organosilano hidrolizable en realizaciones de la presente invención serán evidentes para los expertos en la técnica y se considerarán dentro del alcance de la presente invención.

En un aspecto, la composición de reticulación opcional puede incluir uno o más agentes de reticulación. El agente o agentes de reticulación pueden reticular los silanoles para formar geles de silicio tridimensionales para mejorar adicionalmente la resistencia del sistema de control de agua. Aunque se puede utilizar una diversidad de agentes de reticulación para reticular los silanoles, los reticuladores de boro son particularmente eficaces. Los ejemplos de agentes de reticulación adecuados pueden incluir compuestos liberadores de iones borato, tales como ácido bórico, óxido bórico, ácido pirobórico, ácido metabórico, bórax, tetraborato de sodio, pentaborato, etc. y combinaciones de los mismos. Otros compuestos adecuados que pueden usarse como agentes de reticulación en realizaciones de la presente invención serán evidentes para los expertos en la técnica y se considerarán dentro del alcance de la presente invención.

Las composiciones de agente de control de agua usadas en la presente invención también pueden funcionar como una lechada química de control de agua para inhibir el flujo de agua a través de la formación subterránea. La composición de agente de control de agua puede bombearse a una permeabilidad normalmente alta o fracturas naturales. Como se indicó anteriormente, la composición de agente de control de agua forma un polisiloxano de unión que une las partículas de silicato formadas en la composición a las superficies granulares de la formación subterránea y entre sí, lo que permite que el gel amorfo de las partículas de silicato formado selle las fracturas naturales, o espacios de poro, y sustancialmente limiten o detengan el flujo de agua. Al unir las partículas de silicato entre sí y a las superficies granulares de la formación subterránea, la durabilidad y la resistencia del gel mejoran considerablemente.

El activador o el agente de fraguado usado en las realizaciones de la presente invención endurece o permite que se fije el silicato de sodio soluble, lo que promueve la adhesión de las partículas de silicato a las superficies granulares de las formaciones subterráneas. Sin embargo, las partículas de silicato solas no pueden soportar altas presiones operativas. Con la adición del compuesto de organosilano hidrolizable, las partículas de silicato se pueden usar en sistemas con presiones operativas mucho más altas. Se pueden usar diversos tipos de activadores en realizaciones de la presente invención. Un activador adecuado puede incluir ácido, sales alcalinotérreas, sales de aluminio y compuestos orgánicos tales como glioxal, éster acético, urea, carbonato de etileno, formamida, etc. o combinaciones de los mismos. Otros tipos adecuados de activadores serán evidentes para los expertos en la técnica y se considerarán dentro del alcance de la presente invención.

10

En las composiciones de aditivos de control de agua descritas en el presente documento, se pueden usar aditivos adicionales en diversas realizaciones. Por ejemplo, en un aspecto, la composición de aditivo de control de agua puede incluir además un acelerador de reacción, un endurecedor, un disolvente o combinaciones de los mismos. El aldehído es un ejemplo de un acelerador de reacción adecuado que también funciona como un endurecedor. Un disolvente adecuado es etanol. Además de los tipos de aditivos, las cantidades de estos aditivos también pueden variarse en realizaciones en la presente invención. Otros aditivos adecuados que pueden usarse en realizaciones de la presente invención y cantidades eficaces de dichos aditivos serán evidentes para los expertos en la técnica y se considerarán dentro del alcance de la presente invención.

15

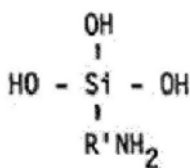
20 La cantidad de compuesto de organosilano hidrolizable se puede variar en realizaciones de la presente invención. Por ejemplo, en un aspecto, el compuesto de organosilano hidrolizable puede estar presente en un intervalo de aproximadamente 0,5 gpt (1,89 l) (galones por 1000 galones de fluido (litros por 3875,40 l de fluido)) (0,05 % en vol.) a aproximadamente 50 gpt (189,27 l) (5 % en vol.) de la composición de aditivo de control de agua; como alternativa, en un intervalo de aproximadamente 1 gpt (3,79 l) (0,1 % en vol.) a aproximadamente 20 gpt (75,71 l) (2 % en vol.);

25 o como alternativa, en un intervalo de aproximadamente 2 gpt (7,57 l) (0,2 % en vol.) a aproximadamente 5 gpt (18,93 l) (0,5 % en vol.). Se pueden usar otras cantidades adecuadas de compuesto de organosilano hidrolizable, como será evidente para los expertos en la técnica y deben considerarse dentro del alcance de la presente invención.

30 Los métodos descritos en el presente documento se pueden usar en diversos tipos de formaciones. Como ejemplo, la formación subterránea puede incluir una formación de arenisca. Se pueden tratar otros tipos de formaciones, pero se cree que el mayor beneficio se logrará en una formación de arenisca. Otros tipos adecuados de formaciones en las que se pueden usar los métodos y composiciones que se describen en el presente documento serán evidentes para los expertos en la técnica y se considerarán dentro del alcance de la presente invención.

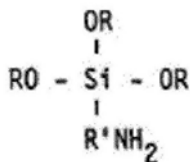
35

Cuando se añade el organosilano hidrolizable al silicato de sodio soluble, la hidrólisis de los grupos alcoxi en el organosilano forma silanol (Si-OH), que es un intermedio reactivo que puede tener la fórmula general:



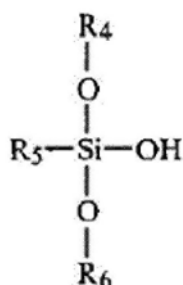
40

donde R' es independientemente un grupo alquilo, alquenilo o arilo que tiene de 1 a 50 átomos de carbono cuando el compuesto de organosilano hidrolizable tiene una estructura general que comprende:

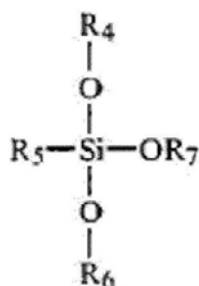


45

En un aspecto, cuando se añade el organosilano hidrolizable al silicato de sodio soluble, la hidrólisis de los grupos alcoxi en el organosilano forma silanol (Si-OH), que es un intermedio reactivo que puede tener la fórmula general:



donde  $R_4$ ,  $R_5$  y  $R_6$  se seleccionan independientemente de hidrógeno y grupos orgánicos que tienen de 1 a 50 átomos de carbono, siempre que no todos de  $R_4$ ,  $R_5$  y  $R_6$  sean hidrógeno, cuando el compuesto de organosilano hidrolizable tiene una estructura general que comprende:



10 donde  $R_4$ ,  $R_5$  y  $R_6$  se seleccionan independientemente de hidrógeno y grupos orgánicos que tienen de 1 a 50 átomos de carbono, siempre que no todos de  $R_4$ ,  $R_5$  y  $R_6$  sean hidrógeno, y  $R_7$  es un grupo orgánico que tiene de 1 a 50 átomos de carbono.

Mientras que los intermedios reactivos de silanol se condensan directamente entre sí para producir polisiloxano, los silanoles también pueden reaccionar con los granos silíceos de la formación subterránea para unir covalentemente el polímero a las superficies granulares. Este polisiloxano une las partículas sueltas de silicato generadas a partir del fraguado de silicato soluble entre sí y a la formación. El tapón de gel que se forma por la unión de las partículas de silicato a la formación reduce el flujo de líquido acuoso a través de la formación subterránea, es decir, la permeabilidad de la formación disminuye. Los enlaces entre las partículas de silicato y la superficie de la formación subterránea también permiten que la formación se someta a presiones mucho más altas mientras se mantiene la menor permeabilidad.

Como una ventaja de la presente invención, cuando los métodos de la presente invención se usan en formaciones subterráneas tales como formaciones de arenisca, se reduce la permeabilidad de la formación subterránea. La permeabilidad reducida de la formación subterránea evita que el agua fluya a través de la formación subterránea. Los métodos de la presente invención también permiten que las formaciones subterráneas soporten presiones mayores que sin el uso del aditivo de control de agua de la presente invención. La adición del compuesto de organosilano hidrolizable al silicato de sodio soluble para el control del agua ayuda a resolver problemas, tales como el agrietamiento y el resquebrajamiento asociados con el fraguado del silicato soluble solo y también aumenta significativamente la presión de rotura del sistema.

#### EJEMPLO

El siguiente ejemplo se incluye para demostrar el uso de composiciones de acuerdo con realizaciones de la presente invención. Los expertos en la técnica deberían apreciar que las técnicas descritas en el siguiente ejemplo representan técnicas descubiertas por los inventores para funcionar bien en la práctica de la invención. Sin embargo, los aspectos en la técnica, a la luz de la presente descripción, deberían apreciar que se pueden hacer muchos cambios en las realizaciones específicas que se divulgan y aún así obtener un resultado similar o parecido sin

apartarse del alcance de la invención.

En este ejemplo, se preparó una composición de aditivo de control de agua con agentes de fraguado (SilJel-HTTM que está disponible comercialmente en BJ Services Company) como silicato de sodio soluble. Un compuesto orgánico a base de organosilano (FSA-1 que está disponible comercialmente en BJ Services Company) se usó como el compuesto de organosilano hidrolizable.

La prueba de muestras de arenisca para determinar el efecto de SilJel-HTTM con y sin un aditivo estabilizador de finos (FSA-1) se realizó a 230 °F (110 °C). Las muestras de arenisca estaban compuestas principalmente por cuarzo de grano medio a fino, con una permeabilidad al aire de 250 md.

Cada muestra se evacuó y se saturó en salmuera de cloruro de amonio al 2 %. Cada muestra se cargó en un portanúcleos hidrostático a una tensión de confinamiento neta de 1000 psi (6,9 MPa). La salmuera de NH<sub>4</sub>Cl al 2% se inyectó en una dirección de producción arbitraria contra la contrapresión de 200 psi (1,4 MPa) a medida que la temperatura del sistema se elevaba a 200 °F (93 °C). La presión diferencial y el caudal se controlaron y se calculó una permeabilidad específica a la salmuera.

Se inyectaron aproximadamente 5 volúmenes de poro del tratamiento con SilJel-HTTM en la dirección del tratamiento contra la contrapresión de 200 psi (1,4 MPa). La temperatura del sistema se elevó a 230 °F (110 °C) mientras se mantenía el esfuerzo de confinamiento neto de 1000 psi (6,9 MPa). El tratamiento se dejó reposar en el espacio poroso durante una noche (15 horas).

El flujo se devolvió en la dirección de producción. La presión diferencial y el caudal se controlaron y se calculó una permeabilidad específica a la salmuera. Además, la salmuera se inyectó a presiones cada vez mayores para determinar la presión de rotura, o umbral, del tratamiento con SilJel-HTTM.

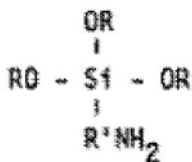
Como se muestra en la Figura 1, la permeabilidad específica con respecto a la salmuera fue de 104 md. Se inyectaron aproximadamente 5 volúmenes de poro de SilJel-HTTM a través de la muestra. Después de que la temperatura aumentara a 230 °F (110 °C) y se cerrara durante una noche, la permeabilidad de la salmuera de retorno fue de 16,3 md. El porcentaje de recuperación es del 15,7%. La prueba de presión de umbral indicó que SilJel-HTTM solo no mantuvo la reducción de la permeabilidad a una presión de inyección de 200 psi (1,4 MPa).

Como se muestra en la Figura 2, la permeabilidad específica con respecto a la salmuera fue de 95 md. Se inyectaron aproximadamente 5 volúmenes de poro de SilJel-HTTM + 5 gpt (0,5 % en vol.) de FSA-1a través de la muestra. Después de que la temperatura aumentara a 230 °F (110 °C) y se cerrara durante una noche, la permeabilidad de la salmuera de retorno fue de 0,396 md. El porcentaje de recuperación es del 0,42 %. La prueba de presión de umbral indicó que SilJel-HTTM + 5 gpt de FSA-1 mantuvo la reducción de la permeabilidad a una presión de inyección de al menos 1800 psi (12,4 MPa).

Como se puede ver en este Ejemplo, la adición del compuesto de organosilano mejoró sustancialmente el rendimiento del sistema cuando se comparó con solo el uso de silicato de sodio soluble. Sin el compuesto de organosilano, el sistema falló a una presión de inyección de salmuera de 200 psi (1,4 MPa). Con el compuesto de organosilano, el sistema aún se mantiene a una presión de inyección de salmuera de 1800 psi (12,4 MPa). El uso de la composición de aditivo de control de agua de acuerdo con las realizaciones de la presente invención proporcionó una restricción más eficaz del espacio de poro de la formación subterránea, lo que dio como resultado una barrera más fuerte contra el flujo de agua.

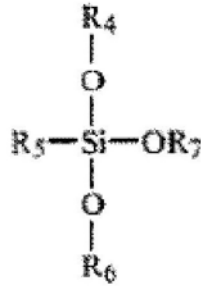
**REIVINDICACIONES**

1. Un método para tratar una formación subterránea para reducir el flujo de líquidos acuosos a través de la formación subterránea que comprende las etapas de:
- 5 a. inyectar una composición de agente de control de agua en la formación subterránea a través de un pozo, comprendiendo la composición de agente de control de agua un silicato de sodio soluble, un activador y un compuesto de organosilano hidrolizable que se hidroliza para producir un intermedio reactivo de silanol;
- b. permitir que el silicato de sodio soluble y el activador fragüen y formen una pluralidad de partículas de silicato para sellar la formación subterránea para evitar la producción de agua; y
- 10 c. permitir que el intermedio reactivo de silanol forme un polisiloxano para unir covalentemente la formación subterránea a las partículas de silicato y para unir las partículas de silicato del fraguado del silicato de sodio soluble entre sí.
- 15 2. El método de la reivindicación 1, en el que el compuesto de organosilano hidrolizable se selecciona del grupo que consiste en compuestos de organosilano solubles en agua y compuestos de organosilano que se hidrolizan en medios acuosos para formar silanoles solubles en agua.
3. El método de la reivindicación 1, en el que el compuesto de organosilano hidrolizable se selecciona del grupo que consiste en amino silanos y compuestos de vinil silano.
- 20 4. El método de la reivindicación 1, en el que la composición comprende además un aldehído, etanol o combinaciones de los mismos.
- 25 5. El método de la reivindicación 1, en el que el activador comprende ácido, sales de aluminio, compuestos orgánicos seleccionados de glioxal, éster acético, urea, formamida de carbonato de etileno, o combinaciones de los mismos.
6. El método de la reivindicación 1, en el que el compuesto de organosilano hidrolizable comprende un trialcoxiorganosilano.
- 30 7. El método de la reivindicación 1, en el que el compuesto de organosilano hidrolizable está presente en un intervalo de 0,5 gpt a 50 gpt (0,05 al 5 % en volumen) de la composición.
- 35 8. El método de la reivindicación 1, en el que la formación subterránea comprende una formación de arenisca.
9. El método de la reivindicación 1, en el que la composición de agente de control de agua comprende además una composición de reticulación; en el que la composición de reticulación comprende un agente de reticulación que puede reticular silanoles para formar geles de silicio tridimensionales para mejorar adicionalmente la resistencia del sistema de control de agua.
- 40 10. El método de la reivindicación 1, en el que el compuesto de organosilano hidrolizable tiene una estructura que comprende:
- 45



donde R y R' son independientemente un grupo alquilo, alquenilo o arilo que tiene de 1 a 50 átomos de carbono.

- 50 11. El método de la reivindicación 1, en el que el compuesto de organosilano hidrolizable tiene una estructura que comprende:



donde R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub> y R<sub>6</sub> se seleccionan independientemente de hidrógeno y grupos orgánicos que tienen de 1 a 50 átomos de carbono, siempre que no todos de R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub> y R<sub>6</sub> sean hidrógeno, y R<sub>7</sub> es un grupo orgánico que tiene de 1 a 50 átomos de carbono.

12. El método de la reivindicación 1, en el que la composición de agente de control de agua comprende además un aldehído, un disolvente, una composición de reticulación, o combinaciones de los mismos; en el que la composición de reticulación comprende un agente de reticulación que puede reticular silanoles para formar geles de silicio tridimensionales para mejorar adicionalmente la resistencia del sistema de control de agua.

13. El método de la reivindicación 5, en el que la composición de agente de control de agua comprende además un aldehído, etanol o combinaciones de los mismos.

15 14. El método de las reivindicaciones 9 o 12, en el que el agente de reticulación se selecciona entre ácido bórico, óxido bórico, ácido pirobórico, ácido metabórico, bórax, tetraborato de sodio, pentaborato y combinaciones de los mismos.

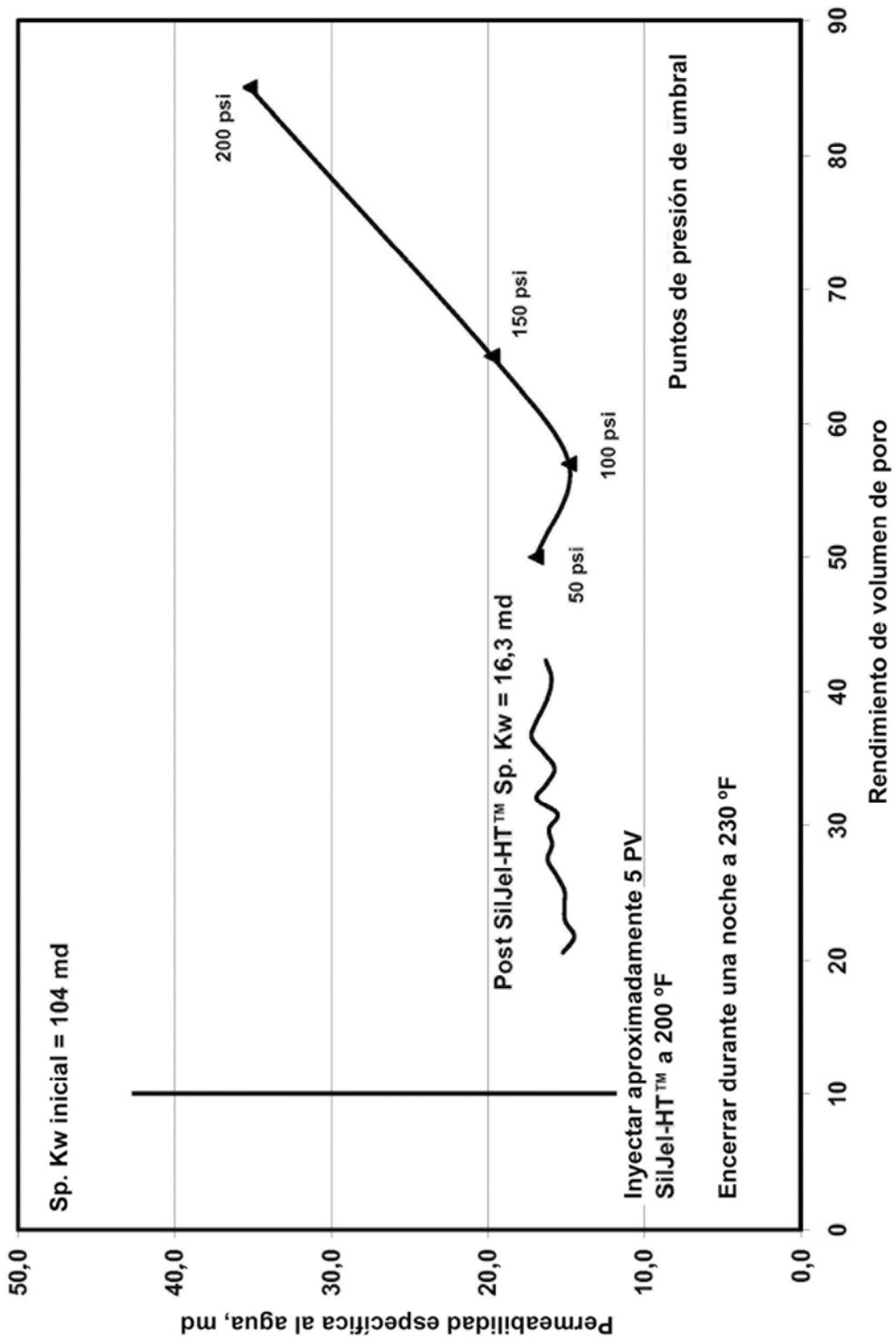


FIG. 1

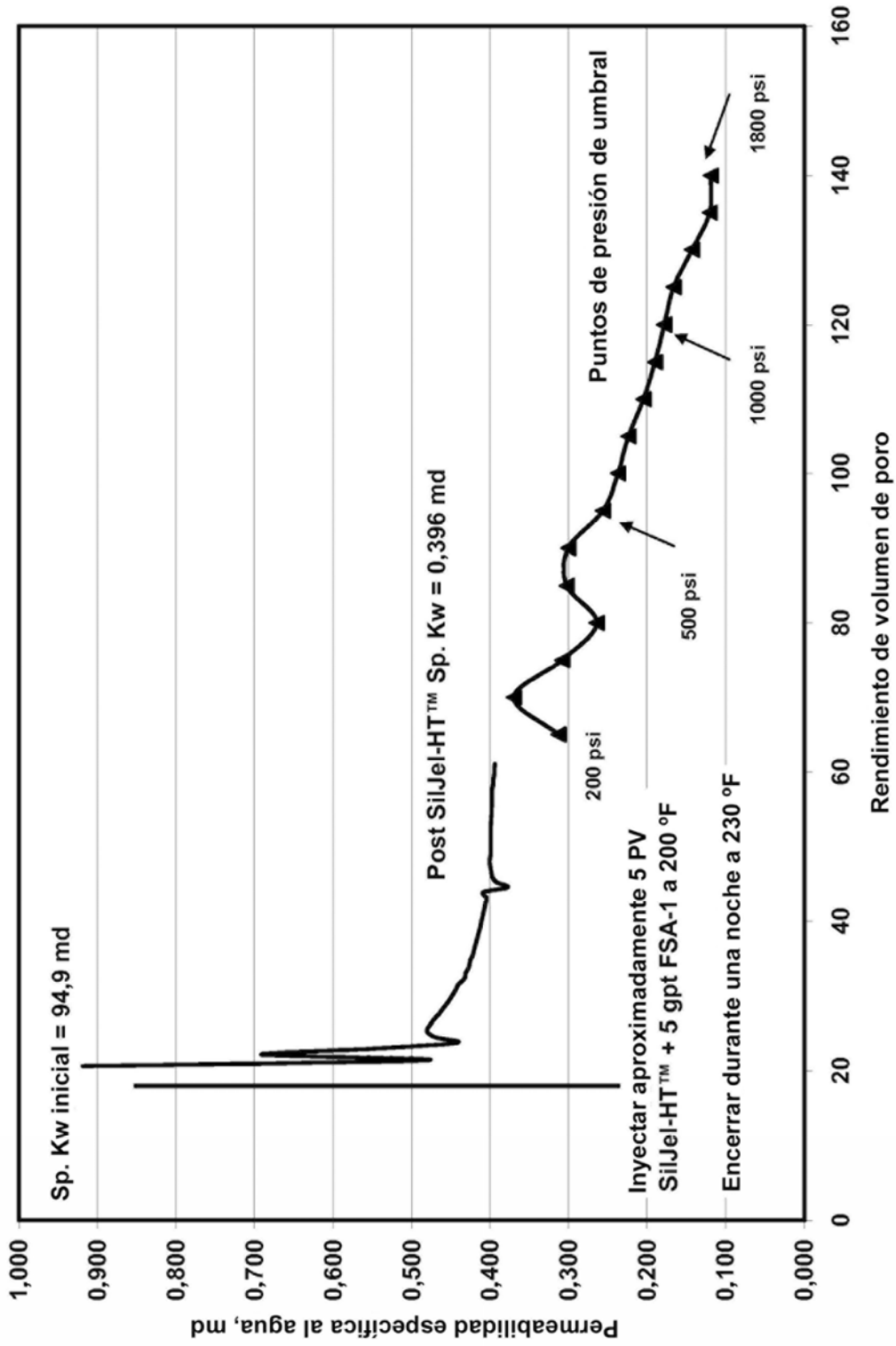


FIG. 2