

MÉTODOS Y COMPOSICIONES DE RECUPERACIÓN MEJORADA DE PETRÓLEO

Campo de la descripción

Las modalidades de la presente descripción están dirigidas a la recuperación mejorada de petróleo, más específicamente, las modalidades están dirigidas a métodos y composiciones de recuperación mejorada de petróleo que incluyen una composición de sulfonato, vapor y una formulación de espuma, un compuesto de glicol y agua.

Antecedentes

Se puede considerar que la producción de petróleo de los yacimientos de petróleo tiene una serie de fases, por ejemplo, una fase primaria, una fase secundaria y una fase terciaria a las que se puede hacer referencia como Recuperación mejorada de petróleo (EOR). La fase primaria puede utilizar la presión natural del yacimiento de petróleo y/o la gravedad para llevar el petróleo a un pozo de producción donde se puede utilizar una técnica de levantamiento, como el bombeo, para llevar el petróleo a la superficie. La fase secundaria puede utilizar inyección de agua y/o gas para desplazar el petróleo y llevarlo a un pozo de producción. La fase terciaria puede utilizar uno o más métodos, como la introducción de calor en el yacimiento de petróleo, inyección de gas para empujar petróleo adicional al pozo de producción y/o disolución en el petróleo para reducir su viscosidad, inyección de productos químicos para ayudar a reducir la tensión superficial del petróleo. Cualquiera de estas fases puede iniciarse en cualquier momento durante la vida productiva de un yacimiento de petróleo. Existe un continuo foco en la industria en el desarrollo de materiales y/o métodos nuevos y mejorados que se pueden utilizar para la producción de petróleo.

Compendio

La presente descripción proporciona métodos de recuperación mejorada de petróleo de un yacimiento subterráneo, el método incluye la inyección conjunta de un gas y una formulación de espuma en el yacimiento subterráneo, en donde el gas comprende vapor y la formulación de espuma comprende una composición de sulfonato, un compuesto de glicol y agua.

La presente descripción proporciona una composición de recuperación mejorada de petróleo que incluye vapor y una formulación de espuma que incluso una composición de sulfonato, un compuesto de glicol y agua.

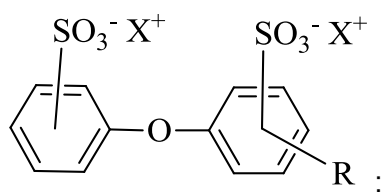
El compendio anterior de la presente descripción no pretende describir cada modalidad incluida o cada implementación de la presente descripción. La descripción que sigue ejemplifica más particularmente modalidades ilustrativas. En varios lugares a lo largo de la solicitud, se proporciona orientación a través de listas de ejemplos, y dichos ejemplos se pueden usar en diversas combinaciones. En cada caso, la lista citada sirve solo como un grupo representativo y no debe interpretarse como una lista exclusiva.

Descripción detallada

En la presente, se describen composiciones y métodos de recuperación mejorada de petróleo. Las composiciones de recuperación mejorada de petróleo incluyen una formulación de espuma y vapor. Sorprendentemente, las composiciones de sulfonato y los compuestos de glicol, que se incluyen en las formulaciones de espuma descritas en la presente, muestran una sinergia inesperada para las propiedades de las espumas que se hacen a partir de las formulaciones de espuma. Por ejemplo, las formulaciones de espuma que incluyen la composición de sulfonato y el compuesto de glicol pueden proporcionar ventajosamente alturas de espuma mejoradas, es decir, mayores, en comparación con otras formulaciones de espuma que no incluyen tanto la composición de sulfonato como el compuesto de glicol. Adicionalmente, las formulaciones de espuma que incluyen la composición de sulfonato y el compuesto de glicol pueden proporcionar ventajosamente tasas mejoradas, es decir, menores, de reducción de la altura de la espuma en comparación con otras formulaciones de espuma que no incluyen tanto la composición de sulfonato y el compuesto de glicol. Las composiciones y métodos de recuperación mejorada de petróleo descritas en la presente pueden proporcionar beneficios tales como, una formulación de espuma inyectada puede formar espuma durante un período de tiempo más largo y bloquear las zonas de alta permeabilidad en el yacimiento, en comparación con otras composiciones y métodos. Esta espuma puede ayudar a redirigir el vapor a zonas de yacimiento ricas en petróleo, aumentar la viscosidad aparente y/o reducir la canalización del vapor; todo lo cual puede proporcionar una recuperación mejorada de petróleo, por ejemplo.

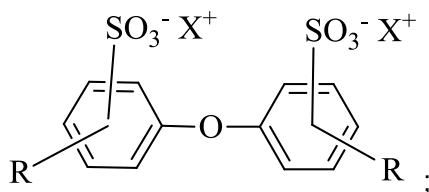
Las formulaciones de espuma descritas en la presente pueden formar espumas estables a temperaturas elevadas, por ejemplo, temperaturas superiores a 150 °C. La formación de espumas estables a temperaturas elevadas es ventajosa para una serie de aplicaciones mejoradas de recuperación de petróleo, por ejemplo, inyección de vapor.

Las formulaciones de espuma descritas en la presente incluyen una composición de sulfonato. La composición de sulfonato incluye un primer sulfonato de la siguiente Fórmula I:

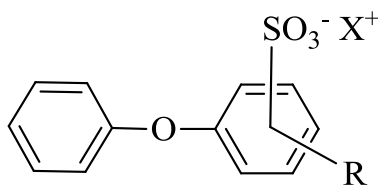


y uno o más de:

un segundo sulfonato de la siguiente Fórmula II:

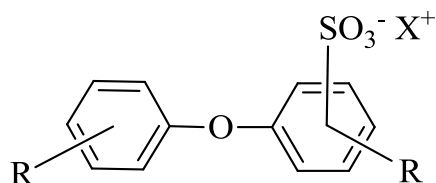


un tercer sulfonato de la siguiente Fórmula III:



, y

un cuarto sulfonato de la siguiente Fórmula IV:



en donde cada R es un grupo alquilo C₃ a C₂₄ y cada X es H, un metal alcalino, un metal alcalinotérreo, un metal divalente o amonio. Una o más modalidades prevén que cada R sea un grupo alquilo C₆ a C₁₆. Una o más modalidades prevén que cada R sea un grupo alquilo C₁₂ a C₁₈. Una o más

modalidades prevén que cada R sea un grupo alquilo C₁₆. Una o más modalidades prevén que cada X sea un catión monovalente o divalente, como calcio o magnesio, entre otros. Una o más modalidades prevén que cada X sea un ión de sodio, un ión de potasio, un ión de litio o un ión de amonio. Los ejemplos de iones de amonio incluyen, de modo no taxativo, amonio, metilamonio, etilamonio, dimetilamonio, metiletilamonio, trimetilamonio, dimetilbutilamonio, hidroxietilamonio y metilhidroxietilamonio.

El primer sulfonato, el segundo sulfonato, el tercer sulfonato y el cuarto sulfonato son compuestos aniónicos. Como tal, la composición de sulfonato puede denominarse como una composición aniónica. Los compuestos aniónicos y/o composiciones aniónicas son deseables para una serie de aplicaciones de recuperación mejorada de petróleo.

La composición de sulfonato se puede elaborar mediante un proceso conocido, por ejemplo, usando componentes conocidos, equipos conocidos y condiciones de reacción conocidas. La composición de sulfonato se puede obtener comercialmente.

El primer sulfonato es de 50 por ciento en peso a 99 por ciento en peso de la composición de sulfonato basado en el peso total del primer sulfonato, el segundo sulfonato, el tercer sulfonato y el cuarto sulfonato. Se incluyen todos los valores individuales y subrangos de 50 por ciento en peso a 99 por ciento en peso; por ejemplo, el primer sulfonato puede ser de un límite inferior de 50, 65 o 70 por ciento en peso a un límite superior de 99, 85 o 80 por ciento en peso basado en el peso total del primer sulfonato, el segundo sulfonato, el tercer sulfonato, y el cuarto sulfonato. Una o más modalidades prevén que el primer sulfonato sea de 74 por ciento en peso a 84 por ciento en peso de la composición de sulfonato basado en el peso total del primer sulfonato, el segundo sulfonato, el tercer sulfonato y el cuarto sulfonato, o de 76 por ciento en peso a 82 por ciento en peso de la composición de sulfonato basado en el peso total del primer sulfonato, el segundo sulfonato, el tercer sulfonato y el cuarto sulfonato.

El segundo sulfonato puede ser de 0 por ciento en peso a 50 por ciento en peso de la composición de sulfonato basado en el peso total del primer sulfonato, el segundo sulfonato, el tercer sulfonato y el cuarto sulfonato. Se incluyen todos los valores individuales y subrangos de 0 por ciento en peso a 50 por ciento en peso; por ejemplo, el segundo sulfonato puede ser de un límite inferior de 0, 5 o 10 por ciento en peso a un límite superior de 50, 35, 25 o 15 por ciento en peso basado

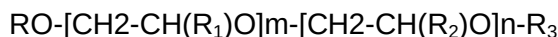
en el peso total del primer sulfonato, el segundo sulfonato, el tercer sulfonato, y el cuarto sulfonato. Una o más modalidades prevén que el segundo sulfonato sea de 8 por ciento en peso a 16 por ciento en peso de la composición de sulfonato basado en el peso total del primer sulfonato, el segundo sulfonato, el tercer sulfonato y el cuarto sulfonato, o de 10 por ciento en peso a 14 por ciento en peso de la composición de sulfonato basado en el peso total del primer sulfonato, el segundo sulfonato, el tercer sulfonato y el cuarto sulfonato.

El tercer sulfonato puede ser de 0 por ciento en peso a 50 por ciento en peso de la composición de sulfonato basado en el peso total del primer sulfonato, el segundo sulfonato, el tercer sulfonato y el cuarto sulfonato. Se incluyen todos los valores individuales y subrangos de 0 por ciento en peso a 50 por ciento en peso; por ejemplo, el tercer sulfonato puede ser de un límite inferior de 0, 3 o 5 por ciento en peso a un límite superior de 50, 35, 25 o 10 por ciento en peso basado en el peso total del primer sulfonato, el segundo sulfonato, el tercer sulfonato, y el cuarto sulfonato. Una o más modalidades prevén que el tercer sulfonato sea de 3 por ciento en peso a 11 por ciento en peso de la composición de sulfonato basado en el peso total del primer sulfonato, el segundo sulfonato, el tercer sulfonato y el cuarto sulfonato, o de 5 por ciento en peso a 9 por ciento en peso de la composición de sulfonato basado en el peso total del primer sulfonato, el segundo sulfonato, el tercer sulfonato y el cuarto sulfonato.

El cuarto sulfonato puede ser de 0 por ciento en peso a 50 por ciento en peso de la composición de sulfonato basado en el peso total del primer sulfonato, el segundo sulfonato, el tercer sulfonato y el cuarto sulfonato. Se incluyen todos los valores individuales y subrangos de 0 por ciento en peso a 50 por ciento en peso; por ejemplo, el cuarto sulfonato puede ser de un límite inferior de 0, 1 o 2 por ciento en peso a un límite superior de 50, 35, 25, 15, o 5 por ciento en peso basado en el peso total del primer sulfonato, el segundo sulfonato, el tercer sulfonato, y el cuarto sulfonato. Una o más modalidades prevén que el cuarto sulfonato sea de 0,5 por ciento en peso a 6 por ciento en peso de la composición de sulfonato basado en el peso total del primer sulfonato, el segundo sulfonato, el tercer sulfonato y el cuarto sulfonato, o de 1 por ciento en peso a 4 por ciento en peso de la composición de sulfonato basado en el peso total del primer sulfonato, el segundo sulfonato, el tercer sulfonato y el cuarto sulfonato.

Las formulaciones de espuma descritas en la presente incluyen un compuesto de glicol. Como se usa en la presente, un "compuesto de glicol" se

refiere a glicoles y derivados de estos. El compuesto de glicol se puede representar por la siguiente fórmula:



donde cada uno de R, R₁, R₂ y R₃ es independientemente H, un grupo alquilo, un grupo fenilo o un grupo alquilfenilo; m es un número entero de 0 a 3; y n es un número entero de 1 a 3.

R, R₁, R₂ y R₃ pueden incluir cada uno independientemente de 4 a 12 carbonos. Como se mencionó, R, R₁, R₂ y R₃ pueden ser cada uno independientemente un grupo alquilo. R, R₁, R₂ y R₃ pueden ser el mismo grupo alquilo o diferentes grupos alquilo. El grupo alquilo puede ser lineal, ramificado o cíclico. Una o más modalidades prevén que n sea 1 y R, R₁, R₂ y R₃ se seleccionan cada uno independientemente de H, metilo, butilo, hexilo o 2-etilhexilo.

El compuesto de glicol se puede elaborar mediante un proceso conocido, por ejemplo, usando componentes conocidos, equipos conocidos y condiciones de reacción conocidas. El compuesto de glicol se puede obtener comercialmente. Los ejemplos del compuesto de glicol incluyen, de modo no taxativo, etilenglicol, dietilenglicol, trietilenglicol, éter etílico de dietilenglicol, éter monobutílico de etilenglicol, éter monobutílico de dietilenglicol, éter metílico de dietilenglicol y combinaciones de estos, entre otros.

Las formulaciones de espuma descritas en la presente incluyen agua. Como se usa en la presente, el término "agua" puede incluir, por ejemplo, salmuera, agua connata, agua superficial, agua destilada, agua carbonatada, agua de mar y combinaciones de estas.

Las modalidades de la presente descripción prevén que la composición de sulfonato sea de 0,01 por ciento en peso a 35 por ciento en peso de la formulación de espuma basado en un peso total de la composición de sulfonato, el compuesto de glicol y el agua. Todos los valores individuales y subrangos de 0,01 por ciento en peso a 35 por ciento en peso están incluidos; por ejemplo, la composición de sulfonato puede ser de un límite inferior de 0,01, 0,1 o 0,3 por ciento en peso a un límite superior de 35, 25, 15, 5 o 2 por ciento en peso basado en el peso total de la composición de sulfonato, el compuesto de glicol y el agua.

Las modalidades de la presente descripción prevén que el compuesto de glicol sea de 0,01 por ciento en peso a 35 por ciento en peso de la formulación de espuma basado en un peso total de la composición de sulfonato, el compuesto de glicol y el agua. Todos los valores individuales y subrangos de 0,01 por ciento en

peso a 35 por ciento en peso están incluidos; por ejemplo, el compuesto de glicol puede ser de un límite inferior de 0,01, 0,1 o 0,5 por ciento en peso a un límite superior de 35, 25, 15, 5 o 2 por ciento en peso basado en el peso total de la composición de sulfonato, el compuesto de glicol y el agua.

Las modalidades de la presente descripción prevén que el agua sea de 30 por ciento en peso a 99,98 por ciento en peso de la formulación de espuma basado en un peso total de la composición de sulfonato, el compuesto de glicol y el agua. Se incluyen todos los valores individuales y subrangos de 85 por ciento en peso a 99,8 por ciento en peso; por ejemplo, el agua puede ser de un límite inferior de 30, 60, 90 o 95 por ciento en peso a un límite superior de 99,98, 99,90, 98,95 o 98,75 por ciento en peso basado en el peso total de la composición de sulfonato, el glicol compuesto y el agua.

Las formulaciones de espuma descritas en la presente se pueden hacer mediante un proceso conocido, por ejemplo, usando equipo conocido y condiciones conocidas. Por ejemplo, la composición de sulfonato, el compuesto de glicol y el agua se pueden combinar, por ejemplo, mezclar, para hacer la formulación de espuma. La composición de sulfonato, el compuesto de glicol y el agua se pueden combinar en cualquier orden.

Las formulaciones de espuma descritas en la presente se pueden usar con un gas no condensable. El gas no condensable puede ayudar en la generación de espuma. El gas no condensable se puede inyectar en el yacimiento subterráneo simultáneamente y/o secuencialmente con la formulación de espuma. Los ejemplos del gas no condensable incluyen, de modo no taxativo, aire, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno, helio, metano, dióxido de carbono, monóxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, propano, butano, gas natural, gas de combustión y combinaciones de estos, entre otros. Los gases pueden estar en forma de una mezcla de gas/líquido; lo que incluye líquidos de gas natural que contienen propano, butano, pentano y hexano. Una o más modalidades de la presente descripción prevén que el gas no condensable sea nitrógeno. Se pueden usar cantidades diversas del gas no condensable para diferentes aplicaciones.

Las formulaciones de espuma descritas en la presente se pueden utilizar con un aditivo. Los ejemplos de aditivos incluyen, de modo no taxativo, tensioactivos no iónicos, tensioactivos iónicos, tensioactivos aniónicos, tensioactivos catiónicos, inhibidores de corrosión, inhibidores de incrustaciones, antioxidantes, alcoholes, agentes espumantes y combinaciones de estos. Pueden utilizarse diversas

cantidades de aditivo para diversas aplicaciones. Por ejemplo, una o más modalidades prevén que el aditivo sea 5 por ciento en peso o menos basado en el peso total del aditivo, la composición de sulfonato, el compuesto de glicol y el agua.

En la presente se describen composiciones de recuperación mejorada de petróleo que incluyen las formulaciones de espuma y el vapor. El vapor, cuando se inyecta en un yacimiento subterráneo, puede formar un dedo o canal de manera que el vapor desvíe indeseablemente partes del yacimiento subterráneo. Sin embargo, las composiciones de recuperación mejorada de petróleo se pueden utilizar para formar espumas que pueden reducir ventajosamente el vapor de las partes de desvío del yacimiento subterráneo. Se pueden utilizar varias cantidades de vapor para diferentes aplicaciones, por ejemplo, diferentes yacimientos subterráneos.

Las modalidades de la presente descripción proporcionan métodos de recuperación mejorada de petróleo de un yacimiento subterráneo. Los métodos de recuperación mejorada de petróleo incluyen la inyección de un gas y una formulación de espuma en el yacimiento subterráneo, en donde el gas comprende vapor. Inyectar el gas, es decir, vapor, en el yacimiento subterráneo puede denominarse inyección de vapor. El vapor se puede inyectar en el yacimiento subterráneo simultáneamente y/o secuencialmente con la formulación de espuma. Se pueden utilizar varias cantidades de vapor para diferentes aplicaciones, por ejemplo, diferentes yacimientos subterráneos.

Una o más modalidades de la presente descripción prevén que inyectar el gas, es decir, el vapor, y la formulación de espuma se produce a una temperatura igual o superior a 150 °C. Por ejemplo, inyectar el gas y la formulación de espuma puede ocurrir en un rango de temperatura de 150 °C a 300 °C, 175 °C a 275 °C o 185 °C a 250 °C. Esta temperatura puede ser in situ y/o ex situ. Por ejemplo, el gas y la formulación de espuma puede calentarse a una temperatura igual o superior a 150 °C antes de ser inyectada en el yacimiento subterráneo; la gasolina y la formulación de espuma pueden calentarse a una temperatura igual o superior a 150 °C mientras se inyecta en el yacimiento subterráneo; y/o la gasolina y la formulación de espuma pueden calentarse a una temperatura igual o superior a 150 °C dentro del yacimiento subterráneo. Como se mencionó, las formulaciones de espuma descritas en la presente pueden formar espumas estables a temperaturas elevadas, por ejemplo, temperaturas iguales o superiores a 150 °C.

La formación de espumas estables a temperaturas elevadas es ventajosa para una serie de aplicaciones mejoradas de recuperación de petróleo, por ejemplo, inyección de vapor.

Una o más modalidades de la presente descripción prevén que se pueden utilizar uno o más componentes adicionales con los métodos y/o composiciones descritas en la presente. Se conocen componentes adicionales en el campo de la recuperación mejorada de petróleo. Se pueden utilizar diversas cantidades de componentes adicionales para diversas aplicaciones.

EJEMPLOS

En los Ejemplos, se usan diversos términos y designaciones para los materiales, que incluyen, por ejemplo, los siguientes:

Etilenglicol (compuesto de glicol; obtenido de Fisher Scientific);

Éter monobutílico de dietilenglicol (compuesto de glicol; obtenido de The Dow Chemical Company);

La composición de sulfonato 1 se preparó mediante la alquilación de óxido de difenilo (DPO) para proporcionar un producto alquilado, seguida de sulfonación del producto alquilado y luego neutralización utilizando una solución cáustica. La alquilación de DPO con una longitud de olefina especificada se llevó a cabo en presencia de catalizador de cloruro de aluminio entre 50 °C y 100 °C. La reacción de alquilación de Friedel-Crafts se llevó a cabo en presencia de un exceso de DPO para controlar las cantidades relativas de mono-, di - y polialquilatos superiores de reacciones competitivas de olefinas alrededor de los anillos aromáticos. El catalizador de cloruro de aluminio se neutralizó mediante la adición de solución de hidróxido de sodio y el producto alquilado se aisló por destilación. Luego se añadió trióxido de azufre al producto alquilado destilado para generar los productos sulfonados. La reacción de sulfonación exotérmica se mantuvo en condiciones isotérmicas a o por debajo de la temperatura ambiente. Después de la sulfonación, se eliminó el SO₃ sin reaccionar mediante la adición de agua. Luego se agregó soda cáustica para neutralizar la solución ácida acuosa para generar la composición de sulfonato 1 que tiene un pH igual o superior a 7.

La composición de sulfonato 1 era una composición de sulfonato que comprende: un sulfonato de Fórmula I (79 por ciento en peso), un sulfonato de Fórmula II (12 por ciento en peso), un sulfonato de Fórmula III (7 por ciento en

peso) y un sulfonato de Fórmula IV (2 porcentaje en peso), donde R es un grupo alquilo C₁₆ y X es sodio);

La composición de sulfonato 2 se preparó de manera similar a la composición de sulfonato 1. La composición de sulfonato 2 era una composición de sulfonato que comprende: un sulfonato de Fórmula I (79 por ciento en peso), un sulfonato de Fórmula II (12 por ciento en peso), un sulfonato de Fórmula III (7 por ciento en peso) y un sulfonato de Fórmula IV (2 por ciento en peso), donde R es un grupo alquilo C₁₂ y X es sodio);

Ejemplo 1, una formulación de espuma, se preparó de la siguiente manera. La composición de sulfonato 1, el etilenglicol y el agua se combinaron mediante mezcla. Las cantidades utilizadas para el Ejemplo 1 se muestran en la Tabla 1.

Ejemplos 2-4, las formulaciones de espuma, se prepararon como en el Ejemplo 1 con los componentes y las cantidades mostradas en la Tabla 1.

Tabla 1

	Ejemplo 1	Ejemplo 2	Ejemplo 3	Ejemplo 4
Composición de sulfonato 1 (por ciento en peso)	0,50	0,50	0,50	0,50
Etilenglicol (por ciento en peso)	0,95	0,95	0,95	-
Butilo Carbitol (por ciento en peso)	-	-	-	0,95
Agua (por ciento en peso)	98,55	98,55	98,55	98,55

El Ejemplo 1 se utilizó para hacer una espuma de la siguiente forma. Se modificó un indicador de nivel JERGUNSON (serie 19-T-32) con un rociador (Mott - 1/4"X1" con grado de medios #10) y un tubo de vidrio de borosilicato (14 mm de DE, 1 mm de espesor de pared, 305 mm de largo). Luego, el indicador de nivel se

presurizó a 950 psig con aire, se calentó a 150 °C y se equilibró durante 3 horas. A continuación, se bombeó el Ejemplo 1 al indicador de nivel a una velocidad de 10 ml/minuto hasta una altura de 10 cm y luego se calentó a 150 °C durante 1 hora. Luego, se bombeó nitrógeno (180 centímetros cúbicos estándar por minuto) al indicador de nivel para hacer la espuma; el flujo de nitrógeno continuó hasta que la espuma alcanzó una altura de estado estable o alcanzó la altura máxima del indicador de nivel, lo que sucediera primero. El exceso de presión de nitrógeno se eliminó continuamente a través de un regulador de contrapresión y se bombeó agua desionizada al indicador de nivel a una velocidad de 0,2 ml/min para compensar las pérdidas durante el flujo de nitrógeno. Después de que la espuma alcanzó la altura de estado estacionario o el indicador de nivel máximo, se detuvieron los flujos de nitrógeno y de agua desionizada y se dejó colapsar la espuma. La altura de la espuma se registró en función del tiempo. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Se utilizaron los Ejemplos 2-4 para hacer una espuma como el Ejemplo 1, con el cambio de que se utilizaron respectivamente los Ejemplos 2-4 en lugar del Ejemplo 1. Las alturas de la espuma se registraron en función del tiempo. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Los Ejemplos comparativos A-C se realizaron como el Ejemplo 1, con las cantidades respectivamente utilizadas para Ejemplos comparativos A-C mostradas en la Tabla 2. Las alturas de la espuma se registraron en función del tiempo. Los resultados se muestran en la Tabla 3.

Tabla 2

	Ejemplo comparativo A	Ejemplo comparativo B	Ejemplo comparativo C
Composición de sulfonato 1 (por ciento en peso)	0,50	-	-
Composición de sulfonato 2 (por ciento en peso)	-	0,50	-
Etilenglicol (por ciento en peso)	-	-	0,95
Butilo Carbitol (por ciento en peso)	-	-	-
Agua (por ciento en peso)	99,50	99,50	99,05

Tabla 3

	Peso de la espuma a los 100 minutos	Peso de la espuma a los 200 minutos	Peso de la espuma a los 300 minutos	Peso de la espuma a los 400 minutos
Ejemplo 1	21,0 cm	15,0 cm	15,0 cm	15,0 cm
Ejemplo 2	20,0 cm	15,0 cm	14,0 cm	No medido
Ejemplo 3	20,0 cm	14,0 cm	14,0 cm	6,0 cm
Ejemplo 4	16,5 cm	15,0 cm	7,0 cm	7,0 cm
Ejemplo comparativo A	11,0 cm	5,7 cm	No medido	No medido
Ejemplo comparativo B	4,0 cm	2,5 cm	1,3 cm	0,5 cm
Ejemplo comparativo C	3,0 cm	No medido	No medido	No medido

Los datos de la Tabla 3 ilustran que cada uno de los Ejemplos 1-4 tenía una altura de espuma mejorada, es decir mayor, para los valores medidos a los 100 minutos, 200 minutos, 300 minutos y 400 minutos en comparación con cada uno de los Ejemplos comparativos A-C.

La tasa de reducción de la altura de la espuma, es decir, la tasa de colapso de la espuma, para los Ejemplos 1-4 y los Ejemplos comparativos A-B se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4

	Tasa de reducción de la altura de la espuma determinada a los 100 minutos	Tasa de reducción de la altura de la espuma determinada a los 200 minutos	Tasa de reducción de la altura de la espuma determinada a los 300 minutos	Tasa de reducción de la altura de la espuma determinada a los 400 minutos
Ejemplo 1	0 cm/min	0,030 cm/min	0,020 cm/min	0,015 cm/min
Ejemplo 2	0 cm/min	0,025 cm/min	0,020 cm/min	No medido
Ejemplo 3	0 cm/min	0,030 cm/min	0,020 cm/min	0,035 cm/min
Ejemplo 4	0,035 cm/min	0,025 cm/min	0,043 cm/min	0,032 cm/min
Ejemplo comparativo A	0,089 cm/min	0,071 cm/min	No medido	No medido
Ejemplo comparativo B	0,160 cm/min	0,087 cm/min	0,062 cm/min	0,049 cm/min
Ejemplo comparativo C	0,169 cm/min	No medido	No medido	No medido

Los datos de la Tabla 4 ilustran que cada uno de los Ejemplos 1-4 tenía una tasa mejorada, es decir, menor, de reducción de la altura de la espuma para los valores medidos determinados a los 100 minutos, 200 minutos, 300 minutos y 400 minutos en comparación con cada uno de los Ejemplos comparativos A-C donde había espumas.