

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 860 752**

51 Int. Cl.:

C02F 1/28 (2006.01)
B01D 17/04 (2006.01)
B01D 17/00 (2006.01)
C02F 1/00 (2006.01)
C02F 1/24 (2006.01)
C02F 1/38 (2006.01)
C02F 1/40 (2006.01)
C02F 101/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.06.2015** **PCT/US2015/035769**
87 Fecha y número de publicación internacional: **23.12.2015** **WO15195524**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.06.2015** **E 15731222 (4)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.01.2021** **EP 3154910**

54 Título: **Procedimiento de tratamiento de agua usando un medio compuesto**

30 Prioridad:

16.06.2014 US 201414305724

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.10.2021

73 Titular/es:

SIEMENS ENERGY, INC. (100.0%)
4400 Alafaya Trail
Orlando, FL 32826-2399, US

72 Inventor/es:

FELCH, CHAD L.;
WIERCINSKI, SHANE P.;
PATTERSON, MATTHEW R. y
LORGE, ERIC A.

74 Agente/Representante:

LOZANO GANDIA, José

ES 2 860 752 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

Procedimiento de tratamiento de agua usando un medio compuesto

5 CAMPO DE LA TECNOLOGÍA

Los aspectos se refieren en general al tratamiento de líquidos y, más particularmente, a procedimientos para coalescer hidrocarburos y separar hidrocarburos de líquidos de base acuosa.

10 ANTECEDENTES

El documento WO2012/119033 A1 se refiere a sistemas y procedimientos para tratar una corriente que comprende un líquido hidrocarbonado y un líquido de base acuosa. El documento US2014/066300 A1 se refiere a un material absorbente de aceite que incluye partículas absorbentes que tienen una relación de aspecto promedio de aproximadamente 5 a aproximadamente 500 y un diámetro medio de partícula promedio de aproximadamente 10 μm a aproximadamente 1 milímetro y que comprende polipropileno, polietileno, partículas de relleno inorgánico y material de núcleo absorbente.

SUMARIO

20 La invención se refiere a un procedimiento para tratar una corriente de alimentación acuosa (100, 200) que comprende hidrocarburos, comprendiendo el procedimiento: a) pretratar una pluralidad de partículas de compuesto de medios (136) con agua no aceitosa (134) hasta que las partículas tengan un peso específico mayor que el agua, produciendo así una pluralidad de partículas de compuesto de medios pretratadas (138), comprendiendo cada
25 partícula de compuesto de medios pretratada (138) comprende una mezcla de un material de base celulósica y un polímero, comprendiendo cada partícula de compuesto de medios pretratada una concentración de material de base celulósica de 55 % en peso y una concentración de polímero de 45 % en peso, y comprendiendo las partículas de compuesto de medios pretratadas una forma que proporciona espacios en el área intersticial entre las partículas; b) introducir la corriente de alimentación (100, 200) que comprende hidrocarburos en una entrada de un recipiente
30 (202, 204) que contiene la pluralidad de partículas de compuesto de medios pretratadas (138); y c) poner en contacto la corriente de alimentación (100, 200) con la pluralidad de partículas de compuesto de medios pretratadas (138) a una tasa de flujo de 24,44 $\text{m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ (10 gpm/ft^2) o menos, adsorbiendo las partículas de compuesto de medios pretratadas (138) los hidrocarburos de la corriente de alimentación (100, 200) para producir una corriente tratada (108), teniendo la corriente tratada (108) una concentración diana de hidrocarburos menor que la
35 concentración de hidrocarburos en la corriente de alimentación (100, 200), en el que el material de base celulósica comprende madera de arce y el polímero comprende polietileno de alta densidad (HDPE).

El procedimiento puede comprender además medir al menos uno de la concentración de hidrocarburos en la corriente tratada (108) y el caudal de la corriente tratada (108); lavar a contracorriente la pluralidad de partículas
40 de compuesto de medios pretratadas (138) basándose en al menos una de la concentración medida de hidrocarburos en la corriente tratada (108) y el caudal medido de la corriente tratada (108) para producir un efluente líquido de hidrocarburo (110, 112); y reciclar el efluente líquido de hidrocarburo a la corriente de alimentación (100, 200).

45 Se describe un procedimiento para tratar una corriente de alimentación acuosa (100, 200) que comprende hidrocarburos, comprendiendo el procedimiento: pretratar una pluralidad de partículas de compuesto de medios (136) con agua no aceitosa (134) hasta que las partículas tengan un peso específico mayor que el agua, produciendo así una pluralidad de partículas de compuesto de medios pretratadas (138), comprendiendo cada
50 partícula de compuesto de medios pretratada (138) una mezcla de un material de base celulósica y un polímero, comprendiendo cada partícula de compuesto de medios pretratada una concentración de material de base celulósica de al menos 45 % en peso, y comprendiendo las partículas de compuesto de medios pretratadas una forma que proporciona espacios en el área intersticial entre las partículas; pasar la corriente de alimentación (100, 200) a una primera tasa de flujo a través de un coalescedor (102) que contiene una pluralidad de partículas de
55 compuesto de medios pretratadas (138) para coalescer los hidrocarburos emulsionados en la corriente de alimentación (100, 200) en el mismo y producir una corriente coalescida (106) que comprende hidrocarburos coalescidos; y pasar la corriente coalescida (106) a una segunda tasa de flujo a través de un dispositivo de filtro (104) en comunicación con el coalescedor (102) para retirar al menos una parte de los hidrocarburos coalescidos de la corriente coalescida (106) y producir una corriente efluente (108), conteniendo el dispositivo de filtro (104) contiene una pluralidad de partículas de compuesto de medios pretratadas (138), en el que la primera tasa de flujo
60 es mayor de 244 $\text{m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ y la segunda tasa de flujo es menor de 65,99 $\text{m}^3/(\text{m}^2\text{h})$, en el que el material de base celulósica comprende al menos un material de madera. La primera tasa de flujo puede estar en un intervalo de 244,4 a 488,8 $\text{m}^3/(\text{m}^2\text{h})$, y la segunda tasa de flujo es menor de 36,66 $\text{m}^3/(\text{m}^2\text{h})$. El procedimiento puede comprender además lavar a contracorriente al menos uno del coalescedor (102) y el dispositivo de filtro (104).

65 El procedimiento puede comprender además medir un caudal de la corriente coalescida (106) y lavar a contracorriente el coalescedor (102) basándose en el caudal medido de la corriente coalescida (106) para producir

un efluente líquido de hidrocarburo (110).

El procedimiento puede comprender además medir al menos uno de un caudal de la corriente efluente (108) y una concentración de hidrocarburos en la corriente efluente (108) y lavar a contracorriente el dispositivo de filtro (104) basándose en al menos uno del caudal medido de la corriente de efluente (108) y la concentración medida de hidrocarburos en la corriente de efluente (108) para producir un efluente líquido de hidrocarburo (112).

Se describe un procedimiento para tratar una corriente de alimentación que comprende un líquido hidrocarbonado y un líquido de base acuosa que comprende pasar la corriente de alimentación a través de un coalescedor que contiene un compuesto de medios que comprende una mezcla de un material de base celulósica y un polímero para producir una corriente coalescida, comprendiendo la corriente coalescida una concentración reducida de un líquido hidrocarbonado emulsionado con respecto a la corriente de alimentación, y separar la corriente coalescida pasando la corriente coalescida a través de un dispositivo separador para proporcionar al menos una de una corriente líquida hidrocarbonada y una corriente acuosa. En un aspecto, la corriente coalescida comprende gotas de líquido hidrocarbonado de al menos aproximadamente 20 micrómetros de diámetro. En otro aspecto, el dispositivo separador comprende al menos uno de un hidrociclón, un dispositivo de sedimentación por gravedad, un dispositivo de filtro y un dispositivo de flotación.

En ciertos aspectos, el procedimiento comprende además medir al menos una propiedad de la corriente coalescida. En al menos un aspecto, el procedimiento comprende además lavar a contracorriente el coalescedor basándose en la al menos una propiedad medida de la corriente coalescida para producir un efluente líquido hidrocarbonado. La al menos una propiedad medida puede ser el caudal de la corriente coalescida.

Se describe un sistema para tratar una corriente de alimentación que comprende un líquido hidrocarbonado y un líquido de base acuosa que comprende al menos un coalescedor en comunicación con la corriente de alimentación y que contiene un compuesto de medios que comprende una mezcla de un material de base celulósica y un polímero, y al menos un dispositivo separador en comunicación con el coalescedor. El dispositivo separador puede ser al menos uno de un dispositivo de filtro, un dispositivo de sedimentación por gravedad, un hidrociclón y un dispositivo de flotación. En ciertas realizaciones, el dispositivo separador es un dispositivo de filtro que contiene el compuesto de medios. En una o más realizaciones, el compuesto de medios comprende una concentración del material de base celulósica de al menos aproximadamente 50 % en peso. El material de base celulósica puede comprender madera de arce. En ciertos aspectos, el polímero comprende polietileno de alta densidad. En otros aspectos, el compuesto de medios comprende una pluralidad de partículas de forma uniforme.

Se describe un procedimiento para facilitar un sistema de tratamiento para separar un líquido hidrocarbonado y un líquido de base acuosa de una corriente de alimentación, comprendiendo el sistema de tratamiento al menos un recipiente en comunicación con la corriente de alimentación, comprendiendo el procedimiento proporcionar un compuesto de medios que comprende una mezcla de un material de base celulósica y un polímero, y colocado en el recipiente para ponerse en contacto con la corriente de alimentación.

Se describe un procedimiento para tratar una corriente de alimentación que comprende hidrocarburos y un líquido de base acuosa que comprende pretratar una pluralidad de gránulos de compuesto de medios con un líquido acuoso para producir una pluralidad de gránulos de compuesto de medios pretratados, donde cada gránulo de compuesto de medios comprende una mezcla de un material de base celulósica y un polímero, introducir la corriente de alimentación en una entrada de un recipiente que contiene la pluralidad de gránulos de compuesto de medios pretratados, y poner en contacto la corriente de alimentación con la pluralidad de gránulos de compuesto de medios pretratados para producir una corriente tratada, teniendo la corriente tratada una concentración diana predeterminada de los hidrocarburos que es menor que la concentración de hidrocarburos en la corriente de alimentación.

La concentración diana predeterminada de hidrocarburos en la corriente tratada puede ser menor de aproximadamente 30 ppm. Poner en contacto la corriente de alimentación con la pluralidad de gránulos de compuesto de medios pretratados puede comprender la coalescencia de la corriente de alimentación, en la que la concentración diana predeterminada de hidrocarburos en la corriente tratada es una concentración reducida de hidrocarburos emulsionados con respecto a la corriente de alimentación. La concentración de hidrocarburos emulsionados en la corriente tratada puede reducirse con respecto a la corriente de alimentación en más de aproximadamente un 50 %. El procedimiento puede comprender además medir al menos uno de la concentración de hidrocarburos en la corriente tratada y el caudal de la corriente tratada; lavar a contracorriente la pluralidad de gránulos de compuesto de medios pretratados basándose en al menos una de la concentración medida de hidrocarburos en la corriente tratada y el caudal medido de la corriente tratada para producir un efluente líquido de hidrocarburo; y reciclar el efluente líquido de hidrocarburo a la corriente de alimentación. El pretratamiento de la pluralidad de gránulos de compuesto de medios puede comprender poner en contacto cada gránulo de compuesto de medios con el líquido acuoso durante un intervalo de tiempo predeterminado.

Se describe un procedimiento para tratar una corriente de alimentación que comprende hidrocarburos y un líquido de base acuosa que comprende pretratar una pluralidad de gránulos de compuesto de medios con un líquido

acuoso para producir una pluralidad de gránulos de compuesto de medios pretratados, donde cada gránulo de compuesto de medios comprende una mezcla de un material de base celulósica y un polímero, pasar la corriente de alimentación a una primera tasa de flujo a través de un coalescedor que contiene la pluralidad de gránulos de compuesto de medios pretratados para producir una corriente coalescida, y pasar la corriente coalescida a una segunda tasa de flujo a través de un dispositivo de filtro en comunicación con el coalescedor y que contiene la pluralidad de gránulos de compuesto de medios pretratados para producir una corriente efluente.

La primera tasa de flujo puede estar en un intervalo de aproximadamente 244,4 a aproximadamente 488,8 m³/(m²h) (aproximadamente 100 a aproximadamente 200 gpm/ft²). La segunda tasa de flujo puede ser menor de aproximadamente 36,66 m³/(m²h) (15 gpm/ft²). El procedimiento puede comprender además mantener una concentración de hidrocarburos en la corriente efluente a un porcentaje de reducción diana predeterminado. El procedimiento puede comprender además lavar a contracorriente al menos uno del coalescedor y el dispositivo de filtro. El lavado a contracorriente del al menos uno del coalescedor y el dispositivo de filtro puede basarse en un intervalo de tiempo predeterminado. El procedimiento puede comprender además medir un caudal de la corriente coalescida y lavar a contracorriente el coalescedor basándose en el caudal medido de la corriente coalescida para producir un efluente líquido hidrocarbonado. El procedimiento puede comprender además medir al menos uno de un caudal de la corriente efluente y una concentración de hidrocarburos en la corriente efluente y lavar a contracorriente el dispositivo de filtro basándose en al menos uno del caudal medido de la corriente de efluente y la concentración medida de hidrocarburos en la corriente de efluente para producir un efluente líquido de hidrocarburo. El pretratamiento de la pluralidad de gránulos de compuesto de medios puede comprender poner en contacto cada gránulo de compuesto de medios con el líquido acuoso durante un intervalo de tiempo predeterminado.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Los dibujos adjuntos no pretenden estar dibujados a escala. En los dibujos, cada componente idéntico o casi idéntico que se ilustra en diversas figuras está representado por un número similar. Con fin de una mayor claridad, pueden no estar etiquetados todos los componentes en todos los dibujos. En los dibujos:

la FIG. 1 es un dibujo esquemático de un diagrama de flujo de proceso de acuerdo con uno o más aspectos de la divulgación;

la FIG. 2 es un dibujo esquemático de un diagrama de flujo de proceso de acuerdo con uno o más aspectos de la divulgación;

la FIG. 3 es un gráfico que ilustra los resultados de las pruebas de medio de acuerdo con uno o más aspectos de la divulgación;

la FIG. 4 es un gráfico que ilustra los resultados de las pruebas de medio de acuerdo con uno o más aspectos de la divulgación;

la FIG. 5 es un gráfico que ilustra los resultados de las pruebas de medio de acuerdo con uno o más aspectos de la divulgación;

la FIG. 6 es un gráfico que ilustra los resultados de las pruebas de medio de acuerdo con uno o más aspectos de la divulgación;

la FIG. 7 es un gráfico que ilustra los resultados de las pruebas de medio de acuerdo con uno o más aspectos de la divulgación;

la FIG. 8 es un dibujo esquemático de un diagrama de flujo de proceso de acuerdo con uno o más aspectos de la divulgación;

la FIG. 9 es un dibujo esquemático de un diagrama de flujo de proceso de acuerdo con uno o más aspectos de la divulgación;

la FIG. 10 es un gráfico que ilustra los resultados de las pruebas de medio de acuerdo con uno o más aspectos de la divulgación;

la FIG. 11 es un gráfico que ilustra los resultados de las pruebas de medio de acuerdo con uno o más aspectos de la divulgación;

la FIG. 12 es un gráfico que ilustra los resultados de las pruebas de medio de acuerdo con uno o más aspectos de la divulgación;

la FIG. 13 es un gráfico que ilustra los resultados de las pruebas de medio de acuerdo con uno o más aspectos

de la divulgación;

la FIG. 14 es un gráfico que ilustra los resultados de las pruebas de medio de acuerdo con uno o más aspectos de la divulgación;

la FIG. 15 es un gráfico que ilustra los resultados de las pruebas de medio de acuerdo con uno o más aspectos de la divulgación;

la FIG. 16 es un dibujo esquemático de un diagrama de flujo de proceso de acuerdo con uno o más aspectos de la divulgación; y

la FIG. 17 es un gráfico que ilustra los resultados de las pruebas de medio de acuerdo con uno o más aspectos de la divulgación.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

El modificador "aproximadamente" como se usa en conexión con una cantidad incluye el valor establecido y tiene el significado dictado por el contexto (por ejemplo, incluye al menos el grado de error asociado con la medición de la cantidad particular). Cuando se usa en el contexto de un intervalo, el modificador "aproximadamente" también debería considerarse como revelador del intervalo definido por los valores absolutos de los dos extremos. Por ejemplo, el intervalo "de aproximadamente 2 a aproximadamente 4" también describe el intervalo "de 2 a 4".

En ciertas aplicaciones, los componentes individuales en líquidos pueden tratarse físicamente antes de su uso en procesos posteriores. Los tratamientos físicos se basan principalmente en las propiedades físicas de los componentes individuales en el líquido y pueden incluir al menos una de las técnicas de coalescencia, separación y filtración. Por ejemplo, los líquidos acuosos pueden comprender sólidos o líquidos en suspensión que pueden tratarse mediante uno o más procesos de filtración, coalescencia y separación. Uno o más de estos procesos pueden incluir poner en contacto el líquido con medio. En ciertos casos, el contacto del líquido con el medio puede producirse al pasar el líquido a través de un lecho lleno de medio.

El medio puede ser útil para una variedad de técnicas y aplicaciones de procesamiento, que incluyen filtrar, coalescer, separar, aumentar el tiempo de residencia de un líquido en un recipiente que contiene el medio y funcionar como adsorbente o absorbente. Por ejemplo, se puede usar medio para separar líquidos de gases, líquidos de otros líquidos y separar sólidos en suspensión, materia coloidal y particulada de una corriente de fluido. Además, se puede usar medio para coalescer gotas más pequeñas de uno o más componentes en un líquido en gotas más grandes. Por ejemplo, se pueden usar filtros de medio para la retirada de sólidos en suspensión y aceite libre de una o más soluciones. Por ejemplo, se pueden usar filtros de medio en refinerías de petróleo y pozos de petróleo, plantas petroquímicas, plantas químicas, plantas de procesamiento de gas natural y otros procesos industriales con fines de separación de aceite y agua. Las técnicas de separación en estos procesos industriales se pueden clasificar en etapas primarias, secundarias y terciarias. Las técnicas de separación primaria pueden reducir las concentraciones de aceite de aproximadamente 500 a aproximadamente 200 ppm. Las técnicas de separación secundaria pueden reducir las concentraciones de aceite de aproximadamente 100 a aproximadamente 20 ppm. Las técnicas de separación terciaria pueden ser capaces de retirar el aceite libre desde niveles de partida que oscilan entre aproximadamente 20 ppm y aproximadamente 100 ppm hasta niveles que están por debajo de aproximadamente 10 ppm. Los ejemplos no limitantes de técnicas de separación incluyen separadores API y clarificadores por gravedad, dispositivos coalescentes y de flotación, dispositivos de flotación API, dispositivos de flotación por aire disuelto (DAF), dispositivos de flotación por gas disuelto (DGF), dispositivos de flotación compactos, hidrociclones y filtros de lecho de medio, incluyendo filtros de lecho de medio de cáscara de nuez. Existe una demanda actual de filtros de medio en las plataformas petrolíferas (también denominadas "en alta mar") para cumplir con los requisitos reglamentarios sobre el vertido de aguas residuales. El espacio ocupado y el peso del equipo son factores críticos para determinar qué equipo se usará en las plataformas petrolíferas en alta mar. En consecuencia, un medio que sea más eficaz para retirar el aceite del agua que el que está disponible actualmente puede permitir que el tamaño y el peso del equipo se reduzcan en gran medida. El filtro de medio puede colocarse posteriormente a los tratamientos primarios y secundarios. Actualmente, el medio de cáscara de nuez negra es conocido por su afinidad tanto por el aceite como por el agua y puede usarse como medio en procesos de separación. Por ejemplo, en las refinerías de petróleo se usan filtros de cáscara de nuez para retirar el aceite libre a niveles por debajo de aproximadamente 10 ppm.

Puede ser deseable proporcionar un medio a granel económico y de bajo mantenimiento que pueda ser lavado a contracorriente. El lavado a contracorriente puede restaurar el medio y permitir su reutilización. Puede ser deseable proporcionar un medio lavable a contracorriente que pueda incluir capacidades de tasa de flujo más altas y una retirada de aceite más eficiente en comparación con el medio de cáscara de nuez negra, por ejemplo, de la especie de nogal negro americano (*Juglans nigra*). Los filtros de medio de cáscara de nuez pueden tener una tasa de flujo limitada, lo que puede limitar el tamaño de su construcción y, en consecuencia, limitar su viabilidad para su uso en plataformas en alta mar. Además, las fuentes de medios de cáscara de nuez negra son susceptibles de inestabilidad, ya que la disponibilidad depende directamente de la cosecha de una temporada a otra. En algunas

realizaciones, puede ser deseable reducir la frecuencia del lavado a contracorriente para potenciar el rendimiento de uno o más sistemas de tratamiento. Esta reducción también puede reducir el volumen de agua de lavado a contracorriente que se puede producir, lo que puede proporcionar una ventaja adicional al sistema.

En ciertas aplicaciones, los componentes individuales suspendidos en un líquido pueden ser difíciles de retirar físicamente debido a su tamaño. Por ejemplo, en las operaciones de extracción de petróleo, se produce generalmente agua que contiene crudo. Los requisitos reglamentarios o las condiciones del proceso pueden dictar que el agua contenga aceite en una concentración por debajo de un cierto valor umbral antes de que pueda verterse al medio ambiente o reciclarse para otros usos. La complejidad de separar la mezcla de aceite y agua puede depender de la forma física del aceite. Durante las actividades de procesamiento y transferencia, las caídas de presión y el cizallamiento pueden crear gotas de aceite lo suficientemente pequeñas como para que no se separen fácilmente del agua. Por ejemplo, el aceite se puede dispersar por el agua en pequeñas gotas, que pueden tener diámetros menores de 20 micrómetros. Para los aceites que tienen un peso específico cercano al del agua, las gotas con diámetros incluso mayores de 20 micrómetros pueden ser difíciles de retirar mediante los procesos convencionales de separación por gravedad. En cada uno de estos tipos de mezclas, se considera que el aceite está emulsionado en el agua. En ciertos aspectos, el aceite emulsionado puede ser aceite que no se separará del agua después de permitir que se produzca la separación por gravedad durante aproximadamente 30 minutos en condiciones estáticas. El tratamiento del agua que contiene aceite emulsionado puede presentar ciertas dificultades en términos de técnicas de separación física. Las tecnologías tales como los hidrociclones, los separadores API, los dispositivos de flotación, los dispositivos de sedimentación por gravedad y los filtros de cáscara de nuez pueden ser ineficaces para retirar mecánicamente el aceite emulsionado del agua. En cambio, estas tecnologías pueden usarse para aceite "libre", que es aceite no emulsionado.

Los sistemas y procedimientos descritos en el presente documento se refieren a un procedimiento para tratar una corriente de alimentación. La corriente de alimentación puede comprender uno o más componentes. La corriente de alimentación puede comprender uno o más componentes que están en la misma fase, por ejemplo, uno o más líquidos. La corriente de alimentación puede comprender uno o más componentes que están en diferentes fases, por ejemplo, una o más combinaciones de gas y líquido, y una o más combinaciones de sólido y líquido. En ciertas aplicaciones, la corriente de alimentación puede comprender uno o más sólidos, coloides y material particulado en suspensión. La corriente de alimentación puede comprender un líquido de base acuosa. En ciertos aspectos, la corriente de alimentación puede comprender un líquido hidrocarbonado, también denominado aquí hidrocarburo, y un líquido de base acuosa. En ciertos aspectos, el sistema puede recibir una o más corrientes de alimentación de fuentes industriales. Por ejemplo, la corriente de alimentación puede provenir de refinerías de petróleo, pozos de petróleo, plantas petroquímicas, plantas químicas, plantas de procesamiento de gas natural y otros procesos industriales. En ciertas realizaciones, el sistema puede recibir una o más corrientes de alimentación que comprenden un hidrocarburo y un líquido de base acuosa. Como se usa en el presente documento, el término "hidrocarburo" se refiere a material orgánico con estructuras moleculares que contienen carbono unido a hidrógeno. Los hidrocarburos también pueden incluir otros elementos, tales como, pero sin limitación, al menos uno de halógenos, elementos metálicos, nitrógeno, oxígeno y azufre. Como se usa en el presente documento, el término "líquido hidrocarbonado" o simplemente "hidrocarburo" se refiere a un fluido hidrocarbonado en fase líquida o a una mezcla de fluidos hidrocarbonados en fase líquida. El líquido hidrocarbonado puede comprender sustancias adicionales, por ejemplo, partículas sólidas. Los ejemplos no limitantes de líquidos hidrocarbonados pueden incluir, por ejemplo, crudo, gas natural, petróleo de esquisto, aceite de pirólisis y cualquier combinación de los mismos. Como se usan en el presente documento, los términos "líquido de base acuosa" y "corriente acuosa" se refieren a líquidos que comprenden agua. El líquido puede comprender sustancias adicionales, que pueden ser sólidos, incluyendo sólidos, líquidos, gases en suspensión o cualquier combinación de los mismos. Los procedimientos y sistemas descritos en el presente documento pueden hacer referencia a una corriente de alimentación que comprende un líquido hidrocarbonado y un líquido de base acuosa, pero no deben limitarse como tales. Por ejemplo, puede ser posible tratar uno o más tipos de líquidos según los procedimientos y sistemas descritos en el presente documento.

La corriente de alimentación se puede introducir en la entrada de un recipiente. La entrada se puede colocar en la parte superior del recipiente, en la parte inferior del recipiente o en cualquier punto intermedio que sea adecuado para realizar los procedimientos y sistemas descritos en el presente documento. Como se usa en el presente documento, el término "recipiente" significa ampliamente cualquier estructura adecuada para confinar uno o más componentes del proceso, incluyendo componentes gaseosos, líquidos y sólidos y mezclas de los mismos. El recipiente puede estar abierto al entorno o puede estar cerrado para funcionar bajo presión. En ciertas aplicaciones, el recipiente puede construirse para proporcionar un entorno anaeróbico o aeróbico para los componentes. El recipiente puede tener el tamaño y la forma deseados según la aplicación deseada y el volumen de alimentación a tratar para proporcionar al menos uno de un rendimiento deseado y un período de funcionamiento deseado antes de que se inicie un lavado a contracorriente. El recipiente puede tener un lecho para acomodar el medio a una profundidad deseada en base al volumen deseado de alimentación a tratar y el medio seleccionado para la aplicación particular. Por consiguiente, el recipiente puede tener cualquier profundidad de lecho de medio que sea adecuada con los fines de los procedimientos y sistemas descritos en el presente documento. El recipiente puede construirse con cualquier material adecuado con los fines de los procedimientos y sistemas descritos en el presente documento. Los ejemplos no limitantes de materiales adecuados incluyen acero, acero inoxidable, plástico

reforzado con fibra de vidrio y poli(cloruro de vinilo) (PVC). Una o más realizaciones pueden incluir un recipiente que tenga una o más paredes laterales dependiendo de la forma deseada del recipiente. Por ejemplo, un recipiente cilíndrico puede tener una pared lateral, mientras que un recipiente cuadrado o rectangular puede tener cuatro paredes laterales. En ciertas realizaciones, el recipiente puede tener una forma cilíndrica con una pared lateral continua colocada entre la primera y la segunda pared. En ciertas otras realizaciones, el recipiente puede estar cerrado, en el que una o más paredes laterales se extienden entre una primera pared y una segunda pared. En ciertos aspectos, el recipiente puede contener un medio. Puede usarse cualquier medio adecuado para los procedimientos y sistemas divulgados en el presente documento. El medio puede colocarse en el recipiente a una profundidad preseleccionada y puede llenar todo el volumen del recipiente o estar contenido en una parte particular del recipiente. Por ejemplo, una parte del volumen del recipiente adyacente a una o más paredes puede estar libre de medio. El medio puede estar contenido dentro del recipiente por uno o más divisores, tales como pantallas o placas perforadas, que pueden retener el medio en una ubicación deseada dentro del recipiente mientras permiten que uno o más líquidos fluyan a través del medio en el recipiente.

El recipiente puede contener un compuesto de medios. Como se usa en el presente documento, el término "compuesto de medios" se refiere a una combinación de dos o más materiales diferentes. En al menos una realización, el compuesto de medios comprende una mezcla de un material de base celulósica y un polímero. El compuesto de medios puede comprender una mezcla heterogénea de un material de base celulósica y un polímero. La mezcla heterogénea puede comprender los ingredientes o constituyentes de tal manera que los componentes no se distribuyan uniformemente por toda la mezcla. Como se usa en el presente documento, el término "mezcla heterogénea" se refiere a un compuesto de dos o más ingredientes o constituyentes diferentes. El compuesto de medios puede comprender una mezcla homogénea de un material de base celulósica y un polímero. En una realización, el compuesto de medios puede comprender el material de base celulósica y el polímero de tal manera que los dos materiales se fijen entre sí pero no se mezclen entre sí. Como se usa en el presente documento, el término "mezcla homogénea" se refiere a un compuesto que es un compuesto monofásico de dos o más compuestos que se distribuyen en una relación uniforme o en una relación sustancialmente uniforme en toda la mezcla de modo que cualquier parte del compuesto exhiba la misma relación de los dos o más compuestos. Por ejemplo, las partículas del compuesto de medios pueden tener una apariencia ligeramente irregular o moteada. Según algunos ejemplos, los dos o más materiales diferentes del compuesto de medios forman una matriz entre sí de tal modo que los dos o más materiales se intercalan entre sí. Por ejemplo, las partículas de compuesto de medios pueden ser porosas. Los poros se forman durante la fabricación del compuesto de medios y pueden estar presentes entre partículas del mismo componente y mezclas de partículas de dos o más materiales diferentes.

Según al menos una realización, el compuesto de medios se prepara combinando y mezclando el material de base celulósica y el polímero a una relación predeterminada y luego extruyendo el material a través de una extrusora. A continuación, el material combinado se corta en partículas individuales, cuya forma y tamaño se discuten más adelante. Por ejemplo, según una realización, las partículas son gránulos.

En al menos un aspecto, el compuesto de medios comprende una pluralidad de partículas de forma uniforme. Como se usa en el presente documento, el término "partículas de forma uniforme" se refiere a partículas de exactamente la misma forma y tamaño, y partículas sustancialmente de la misma forma y tamaño, mientras se tolera algún grado de diferencia de forma atribuible, por ejemplo, a un error de fabricación. Las formas adecuadas para el compuesto de medios pueden incluir esferas y cilindros. Por ejemplo, el compuesto de medios puede comprender una pluralidad de formas cilíndricas o similares a cilindros de forma uniforme. El compuesto de medios puede tener cualquier forma que permita espacios en el área intersticial entre las partículas, y puede denominarse aquí como gránulos. En ciertas realizaciones, el compuesto de medios puede comprender una pluralidad de partículas de forma irregular. Según al menos algunas realizaciones, cada partícula se compone de una mezcla homogénea o heterogénea de un material de base celulósica y un polímero.

Según al menos un ejemplo, la partícula de compuesto de medios es un gránulo. Los gránulos de compuesto de medios pueden tener un diámetro en un intervalo de aproximadamente 2 mm a aproximadamente 10 mm y una altura de aproximadamente 1 mm a aproximadamente 5 mm. Por ejemplo, el gránulo puede tener un diámetro de aproximadamente 4 mm y una altura de aproximadamente 2 mm. En otro ejemplo, el gránulo tiene un diámetro de aproximadamente 4 mm y una altura de aproximadamente 3,5 mm. Según algunas realizaciones, los gránulos pueden tener forma esférica.

Como se usa en el presente documento, el término "material de base celulósica" se refiere a cualquier material, producto o composición que contenga celulosa. Los ejemplos no limitantes pueden incluir madera de árboles de hoja caduca y de hoja perenne, incluyendo polvo de madera, pulpa de madera, partículas de madera, fibras de madera, serrín, astillas de madera, virutas de madera y cualquier otro producto de madera o producto de base celulósica adecuado para los procedimientos y sistemas divulgados en el presente documento, tales como coco, bagazo, turba, desechos de pasta de papel, tallos de maíz y cualquier combinación de los mismos. El medio puede comprender cualquier madera adecuada con los fines de los procedimientos y sistemas descritos en el presente documento. El material de base celulósica puede ser madera de pino. En ciertas realizaciones, el material de base celulósica puede ser madera de arce. Otros ejemplos de madera incluyen píceas, cedro, abeto, alerce, abeto douglas, cicuta, ciprés, secuoya, tejo, roble, fresno, olmo, álamo temblón, álamo, abedul, arce, teca, nogal, balsa,

haya, boj, palo de Brasil, calabaza, cerezo, tilo, álamo de Virginia, cornejo, almez, nogal americano, caoba, bambú y sauce. Además, según algunas realizaciones, el material de base celulósica puede incluir más de un tipo de madera. Por ejemplo, el componente de base celulósica puede incluir dos o más especies de madera dura, cuyos ejemplos incluyen nogal americano, arce, roble, haya, abedul, fresno, nogal, cerezo, sicomoro, álamo, álamo de Virginia, tilo y álamo temblón.

Los ejemplos de polímeros adecuados para los procedimientos y sistemas descritos aquí pueden incluir poliolefinas, incluyendo polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno (PE), polipropileno (PP), PVC, copolímeros de etileno y propileno, fluoropolímeros, incluyendo Teflon®, y cualquier combinación de los mismos. En al menos una realización, el polímero es HDPE.

De acuerdo con algunas realizaciones, el polímero puede incluir un material de espuma de polímero. La espuma de polímero puede incluir una o más partes que son porosas o la espuma de polímero puede ser completamente porosa. Las espumas de polímero se pueden elaborar mediante la expansión controlada de gas durante el proceso de polimerización. El tamaño y la forma de los poros dentro de la espuma de polímero pueden ser de cualquier tamaño o forma adecuados para permitir que el compuesto de medios realice las diversas funciones divulgadas en el presente documento.

Se describe que el compuesto de medios comprende una concentración de material de base celulósica de al menos aproximadamente 30 %, que el compuesto de medios comprende una concentración de material de base celulósica de al menos aproximadamente 40 %, que el compuesto de medios comprende una concentración de material de base celulósica de al menos aproximadamente 45 %, que el compuesto de medios comprende una concentración de material de base celulósica de al menos aproximadamente 50 %, que el compuesto de medios comprende una concentración de madera de arce de aproximadamente 50 % en peso, o que el compuesto de medios comprende una concentración de madera de pino de aproximadamente 70 % en peso. Se describe que la concentración de material de base celulósica puede ser cualquier porcentaje entre aproximadamente 0 % y aproximadamente 100 %, o cualquier intervalo de porcentajes entre estos porcentajes.

El compuesto de medios puede comprender componentes adicionales, incluyendo componentes químicos. Los ejemplos no limitantes de componentes que pueden ser adecuados para incluir en el compuesto de medios incluyen coagulantes y floculantes. El compuesto de medios puede comprender cualquier componente adicional que pueda ser adecuado con los fines de los procedimientos y sistemas descritos en el presente documento.

El compuesto de medios puede incluir además un material aditivo que funciona aumentando el peso específico del compuesto de medios. Los ejemplos no limitantes de materiales aditivos adecuados incluyen tierra de diatomeas, sílice, bentonita y carbonato cálcico. Otros materiales similares también están dentro del alcance de esta divulgación. El material aditivo puede ser cualquier material inerte adecuado para aumentar el peso específico del compuesto de medios siempre que el material no sea incompatible con los otros componentes del compuesto de medios. Por ejemplo, los materiales aditivos que disuelven el componente polimérico no se pueden usar.

De acuerdo con ciertas realizaciones, se proporciona un medio. Puede usarse cualquier medio siempre que sea adecuado para al menos uno de (1) coalescer al menos un líquido hidrocarbonado y (2) filtrar al menos una corriente que comprende un líquido hidrocarbonado y un líquido acuoso. Un ejemplo de un medio adecuado para los procedimientos y sistemas descritos en el presente documento puede ser un compuesto de medios. El compuesto de medios puede comprender una mezcla de un material de base celulósica y un polímero. Los medios pueden comprender al menos uno de una mezcla homogénea y heterogénea de un material de base celulósica y un polímero. El material de base celulósica y el polímero se pueden caracterizar e incorporar como se discute anteriormente. En al menos una realización, el medio puede lavarse a contracorriente. En ciertas realizaciones, el medio puede fluidificarse. En algunas realizaciones, el medio puede exhibir al menos una de las propiedades de adsorción y absorción hacia al menos uno del líquido hidrocarbonado y el líquido acuoso.

En ciertas realizaciones, la masa de aceite que puede cargarse sobre el compuesto de medios antes de que se produzca la ruptura puede ser cuatro veces la masa que puede cargarse sobre otros tipos de materiales de medios. Los otros tipos de materiales de medios pueden incluir, por ejemplo, madera, polímero (por ejemplo, HDPE) y cáscaras de nuez negra. En al menos una realización, los componentes de madera y polímero del compuesto de medios pueden no exhibir una capacidad de carga de aceite en o cerca del nivel de la capacidad de carga de aceite del compuesto de medios. Sin pretender imponer ninguna teoría, una posible explicación de los efectos beneficiosos de la combinación de madera y polímero puede ser que los dos componentes ofrecen cada uno diferentes propiedades de adsorción o absorción y que la combinación de los dos materiales puede procurar una sinergia. Una segunda posible explicación puede ser que la forma de las partículas de compuesto contribuya al proceso de separación. Por ejemplo, el componente de madera puede hacer que el compuesto de medios sea poroso, lo que potencia la capacidad del medio para absorber y/o adsorber aceite. En otras realizaciones, el componente polimérico puede contribuir a la porosidad del compuesto de medios. La porosidad ofrece un área superficial más grande, que puede influir en los mecanismos de difusión de transferencia de masa, tales como la transferencia de masa interfacial, que es la difusión a través de la capa límite del fluido que rodea la superficie externa de la partícula, y la transferencia de masa intraparticular, que es la difusión a través de la espacio poroso

interno de la partícula a su superficie interior donde tiene lugar la adsorción. Además, el tamaño de la partícula también puede tener un efecto sobre la tasa de difusión de la transferencia de masa. Las partículas pequeñas pueden ofrecer áreas de contacto más grandes para la transferencia de masa interfacial y reducir la longitud de la ruta para la difusión intraparticular. Por lo tanto, las partículas de adsorbente pequeñas pueden aumentar la tasa de adsorción. Sin embargo, las partículas que son demasiado pequeñas pueden causar fluidización y una caída de presión alta. Por lo tanto, un equilibrio entre el tamaño de la partícula y el espacio intersticial entre las partículas también puede desempeñar un papel en la capacidad de rendimiento. El espacio intersticial entre las partículas es proporcional al tamaño de las partículas. Dado que la resistencia al flujo de fluido es inversamente proporcional al área intersticial, las partículas más pequeñas causarán mayores caídas de presión. Las partículas de forma irregular o las mezclas de partículas de diferentes dimensiones y/o tamaños también pueden causar mayores caídas de presión, ya que el área intersticial disminuye.

Según al menos una realización, las partículas de compuesto de medios pueden ser porosas. Como se usa en el presente documento, "porosidad" se refiere al porcentaje de espacio vacío, o espacio de aire, de una partícula y representa la relación entre el área vacía y el área superficial total. Se discute a continuación en el Ejemplo 9 un procedimiento para calcular este parámetro para el compuesto de medios divulgado.

En ciertas realizaciones, el recipiente también puede incluir una entrada de alimentación colocada encima del medio y una salida de filtrado colocada debajo del medio. El recipiente también puede incluir una primera entrada que está construida y dispuesta para suministrar un primer fluido a un primer extremo de un tubo de aspiración para inducir durante el lavado a contracorriente un flujo del medio dentro del tubo de aspiración desde el primer extremo del tubo de aspiración al segundo extremo del tubo de aspiración mientras se induce el flujo del medio filtrante a lo largo de una pared lateral exterior del tubo de aspiración desde el segundo extremo del tubo de aspiración hasta el primer extremo del tubo de aspiración. Los tubos de aspiración se discuten con más detalle a continuación.

El compuesto de medios entra en contacto con la corriente de alimentación para producir una corriente tratada. En al menos una realización, poner en contacto la corriente de alimentación con el compuesto de medios comprende filtrar la corriente de alimentación. Como se usa en el presente documento, los términos "filtrar" y "separar" se refieren ampliamente a cualquier proceso usado para separar un constituyente de una sustancia de otros constituyentes de la sustancia. Por ejemplo, el filtrado puede referirse a un proceso para separar una o más fases entre sí. En ciertos aspectos, el filtrado puede separar dos fases líquidas. En otros aspectos, el filtrado puede separar una fase sólida de una líquida. En al menos una realización, el filtrado se refiere a un proceso para separar un líquido hidrocarbonado de un líquido de base acuosa. El filtrado puede comprender pasar una corriente de alimentación a través de un dispositivo de filtro a una tasa de flujo que puede ser menor de aproximadamente $97,76 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ ($40 \text{ gpm}/\text{ft}^2$). El filtrado puede comprender pasar una corriente de alimentación a través de un dispositivo de filtro a una tasa de flujo que puede ser menor de aproximadamente $73,32 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ ($30 \text{ gpm}/\text{ft}^2$). El filtrado puede comprender pasar una corriente de alimentación a través de un dispositivo de filtro a una tasa de flujo que puede ser menor de aproximadamente $48,88 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ ($20 \text{ gpm}/\text{ft}^2$). La tasa de flujo puede ser menor de aproximadamente $32,99 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ ($13,5 \text{ gpm}/\text{ft}^2$). La tasa de flujo puede ser cualquier tasa de flujo entre aproximadamente $2,444$ y aproximadamente $2444 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ (aproximadamente 1 y aproximadamente $1000 \text{ gpm}/\text{ft}^2$), o cualquier intervalo de tasas de flujo entre estas tasas de flujo. La tasa de flujo puede ser cualquier tasa que sea adecuada con los fines de realizar una función de filtrado como se describe en los procedimientos y sistemas divulgados en el presente documento.

Como se usa en el presente documento, los términos "dispositivo de filtro" y "dispositivo de separación" se refieren a cualquier dispositivo adecuado para realizar procesos de filtrado. En ciertas realizaciones, el dispositivo de filtro y el dispositivo separador pueden construirse y disponerse como se discute anteriormente con referencia al recipiente. El dispositivo de filtro y el dispositivo separador pueden construirse de cualquier material adecuado con los fines particulares de los procedimientos y sistemas descritos en el presente documento. Por ejemplo, el dispositivo de filtro y el dispositivo separador pueden construirse con cualquier material de construcción adecuado, por ejemplo, acero, acero inoxidable, plástico reforzado con fibra de vidrio y material de PVC, para formar una estructura de tubo o columna. En al menos un aspecto, el dispositivo de filtro y el dispositivo separador pueden comprender un compuesto de medios. Al menos un aspecto incluye un dispositivo de filtro que contiene un material de tamizado equipado en al menos un extremo del dispositivo de filtrado, con los fines de retener el medio. En ciertos aspectos, la dirección del flujo de fluido a través del dispositivo de filtro y el dispositivo separador puede ser de arriba hacia abajo. En otros aspectos, la dirección del flujo de fluido a través del dispositivo de filtro y el dispositivo separador puede ser de abajo hacia arriba. En ciertas realizaciones, uno o más dispositivos de filtro y uno o más separadores pueden colocarse posteriormente a uno o más coalescedores.

Se describe que poner en contacto la corriente de alimentación con el compuesto de medios comprende coalescer la corriente de alimentación. Como se usa en el presente documento, el término "coalescer" se refiere ampliamente a la combinación y/o unión de una o más gotas más pequeñas de un líquido u otra fase para formar al menos una de una gota más grande, una fase y una capa. Por ejemplo, la coalescencia puede aumentar el tamaño de gota de un líquido hidrocarbonado desde un diámetro de menos de aproximadamente 20 micrómetros hasta un tamaño que es mayor de aproximadamente 20 micrómetros . La coalescencia puede aumentar el tamaño de gota de un

líquido hidrocarbonado desde un diámetro de menos de aproximadamente 20 micrómetros hasta un tamaño que es mayor de aproximadamente 50 micrómetros. La coalescencia puede producir un tamaño de gota de un líquido hidrocarbonado mayor de aproximadamente 50 micrómetros. La coalescencia puede producir un tamaño de gota de un líquido hidrocarbonado que puede ser mayor de aproximadamente 100 micrómetros. Como se usa en el presente documento, el término "corriente coalescida" se refiere a un líquido en el que las gotas de un líquido u otra fase forman una gota de al menos aproximadamente 20 micrómetros de diámetro. Una corriente coalescida puede referirse a un líquido en el que las gotas de líquido hidrocarbonado tienen al menos aproximadamente 20 micrómetros de diámetro. La corriente coalescida puede referirse a un líquido en el que las gotas de líquido hidrocarbonado tienen al menos aproximadamente 20 micrómetros de diámetro, al menos aproximadamente 30 micrómetros de diámetro, al menos aproximadamente 30 micrómetros de diámetro, al menos aproximadamente 100 micrómetros de diámetro y cualquier combinación de los mismos. La coalescencia puede comprender pasar una corriente de alimentación a través de un coalescedor a una tasa de flujo que puede estar en un intervalo de aproximadamente 97,76 a aproximadamente 611,0 m³/(m²h) (aproximadamente 40 a aproximadamente 250 gpm/ft²). La coalescencia puede comprender pasar una corriente de alimentación a través de un coalescedor a una tasa de flujo que puede estar en un intervalo de aproximadamente 244,4 a aproximadamente 488,5 m³/(m²h) (aproximadamente 100 a aproximadamente 200 gpm/ft²). La tasa de flujo puede ser cualquier tasa de flujo entre aproximadamente 2,444 y aproximadamente 4888 m³/(m²h) (aproximadamente 1 y aproximadamente 2000 gpm/ft²), o cualquier intervalo de tasas de flujo entre estas tasas de flujo. La tasa de flujo puede ser cualquier tasa que sea adecuada con los fines de realizar una función de coalescencia como se describe en los procedimientos y sistemas divulgados en el presente documento.

Como se usa en el presente documento, el término "coalescedor" se refiere a cualquier dispositivo adecuado para realizar procesos de coalescencia. En ciertos aspectos, el coalescedor puede construirse y disponerse como se discute anteriormente con referencia al recipiente. El coalescedor puede construirse de cualquier material adecuado con los fines particulares de los procedimientos y sistemas descritos en el presente documento. El coalescedor puede construirse, por ejemplo, a partir de uno o más de acero, acero inoxidable, plástico reforzado con fibra de vidrio y material de PVC, para formar una estructura de tubo o columna. El coalescedor puede comprender un compuesto de medios. Se describe un coalescedor que contiene un material de tamizado equipado en al menos un extremo del coalescedor, con los fines de retener el medio. La dirección del flujo de fluido a través del coalescedor puede ser de arriba hacia abajo. La dirección del flujo de fluido a través del coalescedor puede ser de abajo hacia arriba. Se pueden colocar uno o más coalescedores previamente a uno o más dispositivos de filtro. Se pueden colocar uno o más coalescedores previamente a uno o más dispositivos separadores.

Al menos uno de entre un coalescedor y un dispositivo de filtro puede contener un compuesto de medios. El compuesto de medios puede recubrirse parcial o totalmente con un líquido hidrocarbonado. El compuesto de medios puede estar recubierto al menos parcial o totalmente con el líquido hidrocarbonado durante uno o más procesos de tratamiento, incluidos los procedimientos de lavado a contracorriente. Uno o más coalescedores pueden contener compuesto de medios que puede estar parcialmente recubierto con líquido hidrocarbonado. Uno o más coalescedores pueden contener compuestos de medios que pueden estar saturados con líquido hidrocarbonado. Como se usa en el presente documento, el término "saturado", cuando se usa en referencia al compuesto de medios, se refiere a cualquier grado de recubrimiento del compuesto de medios con líquido hidrocarbonado en el que la coalescencia se puede realizar con éxito. Uno o más dispositivos de filtro pueden contener un compuesto de medios que no esté saturado con líquido hidrocarbonado. Como se usa en el presente documento, el término "no saturado", cuando se usa en referencia al compuesto de medios, se refiere a cualquier grado de recubrimiento del compuesto de medios en el que el filtrado se puede realizar con éxito. Uno o más dispositivos de filtro pueden contener compuestos de medios que pueden estar sustancialmente libres de un recubrimiento de líquido hidrocarbonado. El medio compuesto en un coalescedor puede estar saturado con un líquido hidrocarbonado y el medio compuesto en un dispositivo de filtro puede no estar saturado con un líquido hidrocarbonado.

De acuerdo con ciertos procedimientos y sistemas descritos en el presente documento, se describe un sistema de tratamiento en el que uno o más recipientes pueden funcionar como al menos uno de entre un coalescedor y un dispositivo de filtro durante uno o más procesos de tratamiento. Por ejemplo, un recipiente que contiene compuesto de medios puede funcionar como un dispositivo de filtro hasta que el compuesto de medios se sature con líquido hidrocarbonado, en cuyo punto puede funcionar como coalescedor. En otros ejemplos, se describe un sistema de tratamiento que comprende un primer recipiente que contiene un compuesto de medios que puede colocarse previamente a un segundo recipiente que comprende un compuesto de medios. El primer recipiente puede funcionar como un coalescedor y el segundo recipiente puede funcionar como un dispositivo de filtro hasta que el compuesto de medios en el segundo recipiente se sature con aceite. El primer recipiente se puede lavar a contracorriente y el flujo a través del sistema de tratamiento se puede dirigir de modo que el segundo recipiente se coloque previamente al primer recipiente. El segundo recipiente puede funcionar entonces como un coalescedor y el primer recipiente puede funcionar como un dispositivo de filtro hasta que el compuesto de medios en el primer dispositivo se sature con aceite. El segundo recipiente puede lavarse entonces a contracorriente y el flujo a través del sistema de tratamiento puede dirigirse de modo que el primer recipiente pueda colocarse previamente al segundo recipiente. El sistema de tratamiento puede comprender uno o más recipientes que pueden usarse por separado o juntos en al menos una de una configuración en serie, en paralelo y en cualquier otra configuración

para producir uno o más efluentes deseados. El sistema de tratamiento puede comprender además uno o más separadores adicionales. Los uno o más separadores adicionales pueden colocarse previa o posteriormente al uno o más recipientes. El sistema de tratamiento puede colocarse previa o posteriormente a al menos uno de un proceso primario, secundario o terciario, y puede colocarse como un sistema o proceso independiente o puede colocarse en otro sistema o proceso.

De acuerdo con los procedimientos y sistemas descritos en el presente documento, se pueden usar uno o más coalescedores y dispositivos de filtro por separado o juntos en al menos una de una configuración en serie, en paralelo y en cualquier otra configuración para producir uno o más efluentes deseados. En ciertas realizaciones, uno o más dispositivos de filtro pueden estar en configuración en serie con uno o más trenes paralelos que comprenden uno o más dispositivos de filtro en configuración en serie. En ciertos aspectos, uno o más dispositivos de filtro pueden colocarse en una primera configuración en serie en paralelo con una segunda configuración en serie. En ciertas realizaciones, una primera configuración en serie puede estar en paralelo con una segunda configuración en serie que además está en paralelo con una tercera configuración en serie y también puede estar en paralelo con una o más configuraciones en serie adicionales. En al menos un aspecto, la primera serie puede configurarse para tratar el 100 % de la alimentación entrante, mientras que la segunda serie se recarga o está fuera de línea. En al menos una realización, un primer conjunto de cuatro dispositivos de filtro puede colocarse en una configuración en serie en paralelo con un segundo conjunto de cuatro dispositivos de filtro colocados en una configuración en serie. De manera similar, en ciertas realizaciones, una primera combinación de al menos un coalescedor y al menos un dispositivo de filtro se puede colocar en una configuración en serie en paralelo con una segunda combinación de al menos un coalescedor y al menos un dispositivo de filtro en una configuración en serie. En otro aspecto, la primera serie y la segunda serie pueden configurarse para tratar el 100 % de la alimentación entrante. En otro aspecto más, la primera serie y la segunda serie pueden configurarse para tratar el 50 % de la alimentación entrante. En algunos aspectos, se pueden configurar múltiples series para tratar un porcentaje predeterminado de la alimentación entrante, por ejemplo, de aproximadamente 1 % a aproximadamente 100 % de la alimentación entrante, incluyendo cualquier porcentaje entre estos porcentajes o cualquier intervalo de porcentajes entre estos porcentajes.

En ciertos aspectos, se pueden colocar uno o más dispositivos de filtro previa o posteriormente a uno o más coalescedores. En otros aspectos, se pueden colocar uno o más coalescedores previa o posteriormente a uno o más dispositivos de filtro. De acuerdo con ciertos aspectos, uno o más dispositivos de filtro, coalescedores y cualquier combinación de los mismos, pueden colocarse posteriormente a al menos uno de un proceso de tratamiento primario, secundario o terciario como se describe en el presente documento. En un aspecto adicional, uno o más dispositivos de filtro, coalescedores o cualquier combinación de los mismos, pueden colocarse previamente a al menos uno de los procesos de tratamiento secundario o terciario como se describe en el presente documento. Uno o más dispositivos de filtro, coalescedores o cualquier combinación de los mismos se pueden colocar en cualquier lugar de otro sistema o proceso para producir un efluente deseado.

En ciertos aspectos, el compuesto de medios se puede usar en estructuras, sistemas y procesos que pueden no comprender un recipiente independiente que contenga el compuesto de medios. Por ejemplo, el compuesto de medios puede colocarse en una estructura para realizar, por ejemplo, filtración o coalescencia, y esa estructura puede colocarse al menos parcialmente dentro de otro recipiente que puede o no contener medio, y puede usarse para otro fin diferente que filtrar y coalescer. La estructura en la que se coloca el medio puede ser un subcompartimento del recipiente, una tubería u otro conducto que se puede usar junto con el recipiente y un sistema más grande. En ciertas realizaciones, el recipiente se puede usar para al menos uno de filtrar y coalescer, y se puede usar junto con el medio colocado en la estructura para lograr el resultado deseado.

El compuesto de medios puede funcionar tanto como un coalescedor de aceite emulsionado como un filtro de aceite libre. El caudal a través de un recipiente que contiene el compuesto de medios puede dictar cómo se realiza la combinación de medio y recipiente. Una tasa de flujo alta, por ejemplo, mayor de aproximadamente 244,4 m³/(m²h) (100 gpm/ft²), puede promover la coalescencia del aceite y una tasa de flujo baja, por ejemplo, menor de aproximadamente 65,99 m³/(m²h) (27 gpm/ft²), puede permitir funcionar al recipiente como un dispositivo de filtro). La coalescencia puede comprender pasar una corriente de alimentación a través de un coalescedor a una tasa de flujo que puede estar en un intervalo de aproximadamente 97,76 a aproximadamente 611,0 m³/(m²h) (aproximadamente 40 a aproximadamente 250 gpm/ft²). La coalescencia puede comprender pasar una corriente de alimentación a través de un coalescedor a una tasa de flujo que puede estar en un intervalo de aproximadamente 244,4 a aproximadamente 488,8 m³/(m²h) (aproximadamente 100 a aproximadamente 200 gpm/ft²). El filtrado puede comprender pasar una corriente de alimentación a través de un dispositivo de filtro a una tasa de flujo que puede ser menor de aproximadamente 97,76 m³/(m²h) (40 gpm/ft²). El filtrado puede comprender pasar una corriente de alimentación a través de un dispositivo de filtro a una tasa de flujo que puede ser menor de aproximadamente 73,32 m³/(m²h) (30 gpm/ft²). El filtrado puede comprender pasar una corriente de alimentación a través de un dispositivo de filtro a una tasa de flujo que puede ser menor de aproximadamente 48,88 m³/(m²h) (20 gpm/ft²). Colocar el coalescedor y el dispositivo de filtro en una configuración en serie puede permitir que el aceite emulsionado en agua se separe de una corriente de alimentación.

Al menos uno del dispositivo de filtro y el coalescedor puede estar equipado con un sistema de tubo de aspiración.

El sistema de tubo de aspiración puede comprender uno o más tubos de aspiración y puede construirse y disponerse para lavar a contracorriente intermitentemente el medio proporcionando un volumen y/o velocidad deseados del fluido de lavado a contracorriente para hacer circular el lecho. Como alternativa, o además, el sistema de tubo de aspiración se puede usar durante al menos uno de los procesos de filtrado y coalescencia. El lavado a contracorriente se puede realizar con un sistema de tubo de aspiración en su lugar, o se puede realizar sin un sistema de tubo de aspiración. Como se usa en el presente documento, "hacer circular el lecho" se define como el movimiento del medio durante el lavado a contracorriente en el que el medio en o cerca de la segunda pared del recipiente puede moverse parcial o completamente a través del sistema de tubo de aspiración hacia la primera pared del recipiente y de regreso hacia la segunda pared del recipiente. El sistema de tubo de aspiración puede tener el tamaño y la forma necesarios para permitir que al menos uno de un volumen deseado de medio se lave a contracorriente y funcione dentro de un período de tiempo preseleccionado para la operación de lavado a contracorriente. El sistema de tubo de aspiración puede comprender uno o más tubos de aspiración colocados en el medio. Como se usa en el presente documento, un "tubo de aspiración" es una estructura que tiene una o más paredes laterales abiertas en ambos extremos que, cuando se coloca en el medio, proporciona un pasillo para el flujo de medio durante el lavado a contracorriente. El recipiente puede tener un volumen de medio de aproximadamente 4 a aproximadamente 6 veces el volumen de un tubo de aspiración o la suma de los volúmenes de los tubos de aspiración en el sistema de tubo de aspiración.

El tubo de aspiración puede construirse de cualquier material adecuado con los fines particulares de los procedimientos y sistemas descritos en el presente documento. Por ejemplo, el tubo de aspiración puede estar formado del mismo material que el recipiente o puede estar formado por materiales más ligeros, más pesados, más caros o menos caros. Por ejemplo, el tubo de aspiración puede estar formado por plásticos, incluyendo plásticos reforzados con fibra de vidrio. El tubo de aspiración puede preformarse para su inserción en el recipiente o fabricarse como parte del recipiente. Como tal, el tubo de aspiración puede diseñarse para acondicionar dispositivos coalescedores y de filtración de corriente. El sistema de tubo de aspiración puede apoyarse sobre la segunda pared del recipiente. Como alternativa, el sistema de tubo de aspiración puede apoyarse sobre un divisor o placa de retención de medio, tal como un tamiz o placa perforada, diseñado para retener el medio dentro de una región del recipiente mientras permite el flujo de líquido y contaminantes dentro y fuera del medio.

Un tubo de aspiración individual puede tener el tamaño y la forma necesarios según al menos una de las aplicaciones deseadas, el volumen de medio que se va a lavar a contracorriente y para que funcione dentro de un período de tiempo preseleccionado para la operación de lavado a contracorriente. El tubo de aspiración también puede tener el tamaño y la forma necesarios para proporcionar un movimiento o elevación adecuados del medio durante el filtrado o la coalescencia. El tubo de aspiración también puede tener el tamaño y la forma necesarios para proporcionar el nivel deseado de agitación dentro del tubo de aspiración para lavar parcial o completamente el medio, liberando así al menos una parte del aceite y los sólidos suspendidos del medio. El volumen deseado del sistema de tubo de aspiración puede ser proporcionado por un solo tubo de aspiración o por múltiples tubos de aspiración que tienen un volumen total sustancialmente igual al volumen deseado. Un tubo de aspiración individual puede tener un área de sección transversal de cualquier forma, tal como circular, elíptica, cuadrada, rectangular o cualquier forma irregular. El tubo de aspiración individual puede tener cualquier forma global, tal como cónica, rectangular y cilíndrica. El tubo de aspiración puede ser un cilindro. El tubo de aspiración puede colocarse en el medio de modo que quede completamente envuelto por el medio así como para estar completamente lleno con el medio. Uno o ambos extremos del tubo de aspiración pueden construirse y disponerse para ayudar con al menos uno de los flujos de medio dentro y fuera del tubo de aspiración. Por ejemplo, la pared lateral en un primer extremo del tubo de aspiración puede incluir uno o más cortes que forman pasillos para permitir que parte del medio en o cerca del primer extremo del tubo de aspiración entre a través de la pared lateral del tubo de aspiración. Los cortes que forman los pasillos pueden tener cualquier forma para permitir que entre un volumen suficiente de medio en el tubo de aspiración. Por ejemplo, los cortes pueden ser triangulares, cuadrados, semicirculares o tener una forma irregular. Múltiples pasillos pueden ser idénticos entre sí y colocados uniformemente alrededor del primer extremo del tubo de aspiración para distribuir por igual el flujo de medio en el tubo de aspiración. El tubo de aspiración también puede estar abierto en la parte inferior y puede contener o no cortes adicionales.

El tubo de aspiración o los tubos de aspiración se pueden colocar en cualquier lugar adecuado dentro del medio. Por ejemplo, un solo tubo de aspiración puede estar colocado, pero no necesariamente, en el centro en relación con las paredes laterales del recipiente. De manera similar, se pueden colocar múltiples tubos de aspiración en un solo recipiente al azar o en un patrón uniforme en relación con las paredes laterales del recipiente. Se puede colocar un solo tubo de aspiración en el medio en relación con el recipiente de modo que el eje que se extiende desde cada extremo del tubo de aspiración sea coaxial con un eje paralelo a la pared lateral del recipiente. Múltiples tubos de aspiración en un solo recipiente pueden ser, pero no necesariamente, idénticos en volumen o área de sección transversal. Por ejemplo, un solo recipiente puede comprender tubos de aspiración cilíndricos, cónicos y rectangulares de altura y área de sección transversal variables. Un recipiente puede tener un primer tubo de aspiración ubicado en el centro que tiene una primera área de sección transversal y una pluralidad de segundos tubos de aspiración colocados junto a la pared lateral del recipiente en el que cada uno de los segundos tubos de aspiración tiene una segunda área de sección transversal más pequeña que la primera área de sección transversal. Un recipiente puede tener una pluralidad de tubos de aspiración idénticos.

El tubo de aspiración puede incluir un deflector para evitar o reducir el reflujo dentro del tubo de aspiración. El deflector puede tener cualquier tamaño y forma adecuados para un tubo de aspiración particular. Por ejemplo, el deflector puede ser una placa colocada adecuadamente en una superficie interior del tubo de aspiración o un cilindro colocado en el tubo de aspiración. El deflector puede ser un cilindro sólido o hueco colocado en el centro dentro del tubo de aspiración.

Poner en contacto la corriente de alimentación con el compuesto de medios puede producir una corriente tratada que comprende una concentración diana predeterminada de líquido hidrocarbonado. Poner en contacto con el compuesto de medios puede comprender filtrar la corriente de alimentación, en el que la concentración diana predeterminada de líquido hidrocarbonado en la corriente tratada puede ser menor que la concentración de líquido hidrocarbonado en la corriente de alimentación. La concentración diana predeterminada de líquido hidrocarbonado en la corriente tratada puede ser menor de aproximadamente 10 ppm. La concentración diana predeterminada de líquido hidrocarbonado en la corriente tratada puede ser menor de aproximadamente 5 ppm. La concentración diana predeterminada de líquido hidrocarbonado en la corriente tratada puede ser menor de aproximadamente 30 ppm. La concentración diana puede ser cualquier concentración diana que cumpla uno o más requisitos reglamentarios dirigidos a las concentraciones de vertido. Por ejemplo, la concentración diana puede ser cualquier concentración diana entre aproximadamente 0 ppm y aproximadamente 200 ppm, o cualquier intervalo de concentraciones diana entre estas concentraciones diana.

Poner en contacto la corriente de alimentación con el compuesto de medios puede producir una corriente tratada que comprende una reducción porcentual diana predeterminada de líquido hidrocarbonado en la corriente de alimentación. Por ejemplo, una reducción porcentual diana predeterminada de líquido hidrocarbonado puede ser mayor de aproximadamente 40 %, mayor de aproximadamente 50 %, mayor de aproximadamente 60 %, mayor de aproximadamente 70 %, mayor de aproximadamente 80 %, mayor de aproximadamente 90 %, mayor de aproximadamente 95 %, mayor de aproximadamente 98 % y mayor de aproximadamente 99 %. La reducción porcentual diana puede ser cualquier porcentaje entre estos porcentajes o cualquier intervalo de porcentajes entre estos porcentajes.

Poner en contacto la corriente de alimentación con el compuesto de medios puede comprender la coalescencia de la corriente de alimentación, en el que la concentración diana predeterminada de líquido hidrocarbonado en la corriente tratada puede ser una concentración reducida de líquido hidrocarbonado emulsionado con respecto a la corriente de alimentación. Como se usa en el presente documento, el término "líquido hidrocarbonado emulsionado" se refiere a un líquido hidrocarbonado que contiene gotas de líquido hidrocarbonado que son más pequeñas de aproximadamente 20 micrómetros de diámetro. La corriente tratada puede comprender una concentración de líquido hidrocarbonado emulsionado menor de aproximadamente 35 ppm. La corriente de alimentación puede comprender una concentración de líquido hidrocarbonado emulsionado mayor de aproximadamente 40 ppm.

En ciertas realizaciones, la corriente de alimentación puede comprender un líquido hidrocarbonado, en el que más de aproximadamente 50 % del líquido hidrocarbonado es líquido hidrocarbonado emulsionado en peso. En al menos un aspecto, la concentración de líquido hidrocarbonado emulsionado en la corriente tratada o coalescida se reduce con respecto a la corriente de alimentación en más de aproximadamente 50 %. En al menos una realización, la corriente de alimentación puede comprender un líquido hidrocarbonado, en el que más de aproximadamente el 60 % del líquido hidrocarbonado es un líquido hidrocarbonado emulsionado. En otras realizaciones, la corriente de alimentación puede comprender un líquido hidrocarbonado, en el que más de aproximadamente el 75 % del líquido hidrocarbonado es un líquido hidrocarbonado emulsionado. La corriente de alimentación puede comprender líquido hidrocarbonado, en el que aproximadamente 0 % a aproximadamente 100 % del líquido hidrocarbonado es un líquido hidrocarbonado emulsionado. En ciertos aspectos, la corriente coalescida puede comprender un líquido hidrocarbonado, en el que menos de aproximadamente el 10 % del líquido hidrocarbonado es un líquido hidrocarbonado emulsionado. En al menos un aspecto, la corriente coalescida puede comprender un líquido hidrocarbonado, en el que menos de aproximadamente el 5 % del líquido hidrocarbonado es un líquido hidrocarbonado emulsionado. La corriente coalescida puede comprender un líquido hidrocarbonado, en el que aproximadamente de 0 % a aproximadamente 100 % del líquido hidrocarbonado es un líquido hidrocarbonado emulsionado.

En ciertos aspectos, el procedimiento para tratar una corriente de alimentación puede comprender además medir al menos una propiedad de la corriente tratada. En al menos un aspecto, la al menos una propiedad medida puede ser la concentración de líquido hidrocarbonado en la corriente tratada. En otros aspectos, la al menos una propiedad medida puede ser la tasa de flujo de la corriente tratada. En otro aspecto, la al menos una propiedad medida puede ser el caudal de la corriente tratada. De acuerdo con ciertas realizaciones, el procedimiento para tratar una corriente de alimentación puede comprender además lavar a contracorriente el compuesto de medios basándose en la medida de al menos una propiedad de la corriente tratada para producir un efluente líquido hidrocarbonado. Como se usa en el presente documento, el término "efluente líquido hidrocarbonado" se refiere a un líquido que comprende líquido hidrocarbonado. En ciertos aspectos, el lavado a contracorriente del compuesto de medios puede desencadenarse, iniciarse o basarse en una medida de la concentración de líquido hidrocarbonado en la corriente tratada, lo que puede desencadenar o iniciar una etapa de lavado a contracorriente.

En al menos un aspecto, el lavado a contracorriente del compuesto de medios puede basarse en una concentración de líquido hidrocarbonado en la corriente tratada mayor de aproximadamente 10 ppm. En otro aspecto, el lavado a contracorriente del compuesto de medios puede basarse en una concentración de líquido hidrocarbonado en la corriente tratada mayor de aproximadamente 30 ppm. El lavado a contracorriente puede funcionar para restaurar la funcionalidad del compuesto de medios. En al menos un aspecto, el procedimiento para tratar una corriente de alimentación puede comprender además reciclar el efluente líquido hidrocarbonado a la corriente de alimentación. En algunos aspectos, el procedimiento puede comprender además transferir el efluente líquido hidrocarbonado a uno o más procesos de separación primarios. En al menos un aspecto, el uno o más procesos de separación primarios pueden colocarse previamente al sistema de tratamiento. En otros aspectos, el uno o más procesos de separación primarios pueden colocarse posteriormente al sistema de tratamiento. El efluente líquido hidrocarbonado se puede transferir a uno cualquiera o más procesos que sean adecuados para realizar los procedimientos y sistemas descritos en el presente documento.

Se describe un procedimiento para tratar una corriente de alimentación que comprende un líquido hidrocarbonado y un líquido de base acuosa que comprende pasar la corriente de alimentación a una primera tasa de flujo a través de un coalescedor que contiene el compuesto de medios para producir una corriente coalescida. El procedimiento puede comprender además pasar la corriente coalescida a una segunda tasa de flujo a través de un dispositivo de filtro en comunicación con el coalescedor y que contiene el compuesto de medios para producir una corriente efluente. La corriente de alimentación, el coalescedor, el compuesto de medios, la corriente coalescida, el dispositivo de filtro, las tasas de flujo y la corriente efluente pueden proporcionarse y caracterizarse como se discute anteriormente. El procedimiento puede comprender además mantener una concentración de líquido hidrocarbonado en la corriente efluente. La concentración de líquido hidrocarbonado en la corriente efluente puede mantenerse a una reducción porcentual diana predeterminada. La concentración de líquido hidrocarbonado en la corriente efluente puede mantenerse a un valor menor de aproximadamente 10 ppm. El procedimiento puede comprender además lavar a contracorriente al menos uno del coalescedor y el dispositivo de filtro. El procedimiento puede comprender además lavar a contracorriente al menos uno del coalescedor y el dispositivo de filtro en base a un lapso de tiempo predeterminado. El lapso de tiempo predeterminado puede ser de aproximadamente 4 horas. El lapso de tiempo predeterminado puede ser de aproximadamente 6 horas, aproximadamente 8 horas, aproximadamente 12 horas o aproximadamente 24 horas. El lapso de tiempo predeterminado puede ser cualquier lapso entre estos lapsos, o cualquier intervalo de lapsos entre estos lapsos. El lapso de tiempo predeterminado puede ser cualquier lapso de tiempo que sea adecuado para realizar los procedimientos y sistemas descritos en el presente documento.

El procedimiento puede comprender además medir al menos una propiedad de la corriente coalescida. La al menos una propiedad medida puede ser al menos una de una tasa de flujo, un caudal y una concentración de uno o más componentes de la corriente coalescida. El procedimiento puede comprender además lavar a contracorriente el coalescedor. El procedimiento puede comprender además lavar a contracorriente el coalescedor basándose en al menos una propiedad medida de la corriente coalescida. El procedimiento puede comprender además lavar a contracorriente el coalescedor basándose en la al menos una propiedad medida de la corriente coalescida para producir un efluente líquido hidrocarbonado.

El procedimiento puede comprender además medir al menos una propiedad de la corriente efluente. La al menos una propiedad medida puede ser al menos una de una tasa de flujo, un caudal y una concentración de uno o más componentes de la corriente efluente. La al menos una propiedad medida puede ser una concentración de líquido hidrocarbonado en la corriente efluente. El procedimiento puede comprender además lavar a contracorriente el dispositivo de filtro. El procedimiento puede comprender además lavar a contracorriente el dispositivo de filtro basándose en la al menos una propiedad medida de la corriente efluente. El procedimiento puede comprender además lavar a contracorriente el dispositivo de filtro en base a la al menos una propiedad medida de la corriente efluente para producir un efluente líquido hidrocarbonado.

El lavado a contracorriente del compuesto de medios puede basarse en características de rendimiento adicionales del sistema de tratamiento. Por ejemplo, el lavado a contracorriente del compuesto de medios puede basarse en una caída de presión a través de al menos uno de un coalescedor y un dispositivo de filtro. Por ejemplo, un sensor puede generar una señal que indique que la caída de presión por un lecho de medio en al menos uno del coalescedor y el dispositivo de filtro ha alcanzado un valor predeterminado. Esto puede desencadenar que un controlador interrumpa o intercepte de otro modo uno o más flujos en el sistema de tratamiento para iniciar un procedimiento de lavado a contracorriente.

Se describe un procedimiento para tratar una corriente de alimentación que comprende un líquido hidrocarbonado y un líquido de base acuosa, que comprende pasar la corriente de alimentación a través de un coalescedor que contiene un compuesto de medios que comprende una mezcla de un material de base celulósica y un polímero para producir una corriente coalescida. La corriente de alimentación, el coalescedor, el compuesto de medios y la corriente coalescida pueden proporcionarse y caracterizarse como se discute anteriormente. La corriente coalescida puede comprender una concentración reducida de un líquido hidrocarbonado emulsionado con respecto a la corriente de alimentación. Por ejemplo, el porcentaje reducido de líquido hidrocarbonado emulsionado puede ser mayor de aproximadamente 10 %, mayor de aproximadamente 20 %, mayor de aproximadamente 30 %, mayor

de aproximadamente 40 %, mayor de aproximadamente 50 %, mayor de aproximadamente 60 %, mayor de aproximadamente 70 %, mayor de aproximadamente 80 %, mayor de aproximadamente 90 %, mayor de aproximadamente 95 %, mayor de aproximadamente 98 % y mayor de aproximadamente 99 %. El porcentaje reducido puede ser cualquier porcentaje entre estos porcentajes o cualquier intervalo de porcentajes entre estos porcentajes.

El procedimiento puede comprender además pasar la corriente coalescida a través de un dispositivo separador para proporcionar al menos una corriente de líquido hidrocarbonado y una corriente acuosa. La corriente de líquido hidrocarbonado, la corriente acuosa y el dispositivo separador pueden proporcionarse y caracterizarse como se discute anteriormente. La corriente coalescida puede comprender gotas de líquido hidrocarbonado de al menos aproximadamente 20 micrómetros de diámetro. La corriente coalescida puede comprender gotas de líquido hidrocarbonado de al menos aproximadamente 50 micrómetros de diámetro. El dispositivo separador puede comprender al menos uno de entre un hidrociclón, un dispositivo de filtro, un dispositivo de sedimentación por gravedad y un dispositivo de flotación. Separar la corriente coalescida en una corriente de líquido hidrocarbonado y una corriente acuosa puede comprender pasar la corriente coalescida a través de al menos uno de un dispositivo de hidrociclón, un dispositivo de filtro, un dispositivo de sedimentación por gravedad y un dispositivo de flotación. Los hidrociclones adecuados pueden incluir cualquiera que funcione según los procedimientos y sistemas descritos en el presente documento. El hidrociclón puede incluir un mezclador estático en línea para potenciar o crear un patrón de flujo ciclónico. Los dispositivos de flotación adecuados pueden incluir cualquiera que funcione según los procedimientos y sistemas descritos en el presente documento. Los ejemplos no limitantes de dispositivos de flotación incluyen API, DAF, DGF y dispositivos de flotación compactos. Otros ejemplos de dispositivos separadores que son adecuados incluyen interceptores de placa corrugada (CPI). La separación puede comprender pasar la corriente coalescida a través de un dispositivo de filtro, como se explica a lo largo de la divulgación.

El procedimiento puede comprender además medir al menos una propiedad de la corriente coalescida. El procedimiento puede comprender además lavar a contracorriente el coalescedor basándose en la al menos una propiedad medida de la corriente coalescida para producir un efluente líquido hidrocarbonado. La medida de al menos una propiedad de la corriente coalescida y el lavado a contracorriente se puede proporcionar y caracterizar como se discute anteriormente.

Se describe un sistema para tratar una corriente de alimentación que comprende un líquido hidrocarbonado y un líquido de base acuosa. El líquido hidrocarbonado y el líquido de base acuosa se pueden proporcionar y caracterizar como se discute anteriormente. El sistema puede comprender además al menos un coalescedor en comunicación con la corriente de alimentación. El al menos un coalescedor puede contener un compuesto de medios que comprende una mezcla de un material de base celulósica y un polímero. El coalescedor y el compuesto de medios pueden proporcionarse y caracterizarse como se discute anteriormente. El sistema puede comprender además al menos un dispositivo separador en comunicación con el coalescedor. El dispositivo separador puede proporcionarse y caracterizarse como se discute anteriormente.

Se describe un procedimiento de facilitación. El procedimiento puede proporcionar facilitación de un sistema de tratamiento. El procedimiento puede facilitar una o más partes de un sistema de tratamiento preexistente. El procedimiento puede facilitar un sistema de tratamiento independiente. El procedimiento puede facilitar un sistema de tratamiento para la separación. El procedimiento puede facilitar un sistema de tratamiento para la coalescencia. El procedimiento puede facilitar un sistema de tratamiento para al menos una de coalescencia y separación. El procedimiento puede facilitar un sistema de tratamiento para separar un líquido hidrocarbonado y un líquido de base acuosa de una corriente de alimentación. El procedimiento puede facilitar un sistema de tratamiento para coalescer una corriente de alimentación. El sistema de tratamiento puede comprender al menos un recipiente. El procedimiento de facilitación puede comprender proporcionar un compuesto de medios que comprende una mezcla de un material de base celulósica y un polímero, y colocado en el recipiente para que se ponga en contacto con la corriente de alimentación.

La Figura 1 ilustra un diagrama de flujo esquemático de un sistema de tratamiento de los procedimientos y sistemas descritos en el presente documento. El sistema de tratamiento 10 incluye la corriente de alimentación 100. El sistema de tratamiento 10 puede comprender uno o más recipientes. De acuerdo con ciertas realizaciones, uno o más recipientes pueden ser un coalescedor 102 y un dispositivo de filtro 104. El dispositivo de filtro 104 puede estar en comunicación con y colocado posteriormente al coalescedor 102. Como se discute anteriormente, la corriente de alimentación 100 puede pasar a través del coalescedor 102 para producir una corriente coalescida 106. Como se discute anteriormente, la corriente coalescida se puede pasar entonces a través del dispositivo de filtro 104 para producir la corriente tratada 108. De acuerdo con la discusión anterior, durante las operaciones de lavado a contracorriente, al menos uno del coalescedor 102 y el dispositivo de filtro 104 pueden producir efluentes hidrocarbonados 110 y 112 respectivamente. El sistema de tratamiento 10 puede comprender además una o más bombas o válvulas para pasar al menos una de las corrientes 100, 106, 108, 110 y 112 a través del sistema.

La Figura 2 ilustra un diagrama de flujo esquemático de un sistema de tratamiento de los procedimientos y sistemas descritos en el presente documento. El sistema de tratamiento 20 incluye una corriente de alimentación 200 que

comprende agua residual aceitosa. La corriente de alimentación 200 puede hacerse pasar primero como corriente de entrada 212 a través del recipiente 202, donde al menos una parte del aceite en el agua residual puede coalescer en gotas más grandes. Los recipientes 202 y 204 pueden estar en comunicación con un dispositivo 206 de flotación por aire disuelto (DAF). El efluente coalescido que sale del recipiente 202 puede entonces introducirse como corriente coalescida 214 en el dispositivo DAF 206, donde se retiran las gotas de aceite más grandes. El efluente 216 del dispositivo DAF 206 puede pasar entonces como corriente de entrada 220 a través del recipiente 204, donde el aceite restante puede filtrarse para producir la corriente acuosa tratada 218.

El sistema de tratamiento 20 puede construirse y disponerse de modo que cuando el recipiente 204 se sature con aceite, el recipiente 202 pueda lavarse a contracorriente utilizando una fuente de lavado a contracorriente 210. Una vez que el recipiente 202 se lava a contracorriente, la corriente de alimentación 200 se puede pasar primero como corriente de entrada 220 a través del recipiente 204, donde al menos una parte del aceite en el agua residual puede coalescer. El efluente coalescido que sale del recipiente 204 puede introducirse entonces como corriente coalescida 214 en el dispositivo DAF 206 para producir el efluente 216. El efluente 216 se puede pasar luego como corriente de entrada 212 a través del recipiente 202, donde el aceite restante se puede filtrar para producir la corriente de agua tratada 218.

De manera similar, una vez que el recipiente 202 se satura con aceite, el recipiente 204 puede lavarse a contracorriente usando la fuente de lavado a contracorriente 208. Una vez que el recipiente 204 se lava a contracorriente, la corriente de alimentación 200 se puede pasar como corriente de entrada 212 a través del recipiente 202, y se repite el proceso y el ciclo descritos anteriormente. Al menos una de las ventajas de usar el sistema de tratamiento 20 incluye el flujo de proceso flexible, que permite la presencia continua de un recipiente saturado con aceite que puede funcionar como un dispositivo coalescente. Esto puede dar como resultado un aumento en el rendimiento general del sistema y puede reducir los costos asociados con la retirada de aceite de las aguas residuales. Otra ventaja puede ser que el lavado a contracorriente puede permitir la retirada de sólidos, ya que los sólidos pueden acumularse en los recipientes, causando altas caídas de presión y la consiguiente disminución del rendimiento. La presencia del dispositivo DAF 206 puede aumentar la eficiencia, permitiendo mayores tiempos de funcionamiento entre los recipientes de lavado a contracorriente 202 y 204, lo que da como resultado volúmenes reducidos de lavado a contracorriente. Potencialmente, el sistema 20 podría eliminar la necesidad de un proceso de separación primario colocado previamente a la corriente de alimentación 200. Esto puede permitir una reducción en el espacio ocupado y una disminución en los costos operativos, que son importantes en los sistemas y procesos en alta mar.

El compuesto de medios puede pretratarse antes de usarlo para tratar la corriente de alimentación. Por ejemplo, el compuesto de medios se puede pretratar antes de usarlo en al menos uno de un coalescedor y un dispositivo de filtro. Un ejemplo específico de un proceso de pretratamiento se discute más adelante con referencia al Ejemplo 8. Por ejemplo, se puede pretratar una pluralidad de gránulos de compuesto de medios con un líquido acuoso para producir una pluralidad de gránulos de compuesto de medios pretratados. La FIG. 16 ilustra un diagrama de flujo esquemático de un sistema de pretratamiento para el compuesto de medios de los procedimientos y sistemas divulgados en el presente documento. El sistema de pretratamiento, generalmente indicado en 130, incluye un dispositivo de pretratamiento 132 que contiene el compuesto de medios 136 como se describe y discute anteriormente. Por ejemplo, el compuesto de medios 136 puede comprender una pluralidad de gránulos de compuesto de medios. Además, el dispositivo 132 de pretratamiento puede ser un recipiente como se discute anteriormente. Por ejemplo, el dispositivo de pretratamiento puede ser un recipiente cilíndrico y el compuesto de medios puede colocarse en el recipiente a una profundidad preseleccionada. El compuesto de medios puede llenar todo el dispositivo de pretratamiento 132 o puede estar contenido en una parte particular del dispositivo de pretratamiento 132. Por ejemplo, en referencia al Ejemplo 8, el dispositivo de pretratamiento 132 puede llenarse con compuesto de medios hasta una profundidad preseleccionada que permita determinar si el compuesto de medios "se hunde" o no. El dispositivo de pretratamiento 132 puede además estar en comunicación fluida con un líquido acuoso 134. Como se usa en el presente documento, el término "líquido acuoso" como se usa en referencia al pretratamiento del compuesto de medios se refiere a un líquido que está sustancialmente compuesto de agua, y también puede denominarse agua "no aceitosa". El líquido acuoso se puede proporcionar a partir de una variedad de fuentes, incluyendo fuentes de agua potable tales como agua municipal y agua de pozo. El líquido acuoso puede ser efluentes tratados de uno o más de otros procesos, siempre que estén sustancialmente libres de aceite. El líquido acuoso puede ser agua filtrada o agua no filtrada, y puede contener algún porcentaje de sales disueltas o especies iónicas o ionizables incluyendo sodio, cloruro, cloro, iones de calcio e iones de magnesio. El líquido acuoso puede ser cualquier tipo de agua que sea adecuada para realizar la función de pretratamiento como se describe en el presente documento, siempre que no interfiera con la funcionalidad de filtrado y coalescencia del compuesto de medios.

El dispositivo de pretratamiento 132 puede configurarse para permitir que el líquido acuoso 134 entre en contacto con el compuesto de medios 136 contenido dentro del dispositivo de pretratamiento 132, por ejemplo, bombeando o vertiendo el líquido acuoso 134 en el dispositivo de pretratamiento 132. Luego se puede permitir que el compuesto de medios 136 permanezca en contacto constante con el líquido acuoso 134, por ejemplo, por remojo, durante un lapso de tiempo predeterminado. El lapso de tiempo predeterminado puede basarse en la cantidad de tiempo que tarda la densidad del compuesto de medios en ser mayor que la densidad del líquido acuoso. El lapso de tiempo

predeterminado puede basarse en la cantidad de tiempo que tarda el peso específico del compuesto de medios en ser mayor de uno. En referencia al Ejemplo 8, el lapso de tiempo puede finalizar una vez que el compuesto de medios "se hunde" en el fondo del dispositivo de pretratamiento. Una vez que ha finalizado el lapso de tiempo predeterminado, el compuesto de medios se convierte en el compuesto de medios pretratado 138. Todo o una parte del compuesto de medios pretratado 138 puede retirarse del dispositivo de pretratamiento 132 y luego usarse para al menos una de las funciones de filtrado y coalescencia, como se discute anteriormente. El líquido acuoso 134 también se puede drenar o retirar del dispositivo de pretratamiento 132. En al menos una realización, el dispositivo de pretratamiento 132 puede ser al menos uno del coalescedor o el dispositivo de filtro como se discute anteriormente, lo que significa que el compuesto de medios se pretrata en el recipiente que luego funciona como un coalescedor o dispositivo de filtro. Por tanto, todo o una parte del compuesto de medios pretratado 138 puede permanecer en el recipiente.

EJEMPLOS

Los sistemas y procedimientos descritos en el presente documento se ilustrarán adicionalmente mediante los siguientes ejemplos, que son de naturaleza ilustrativa y no pretenden limitar el alcance de la divulgación.

Ejemplo 1: Capacidades de rendimiento del medio (comparativa)

Se realizó una prueba para evaluar la capacidad de separación de diferentes tipos de medio. Se probaron cuatro tipos diferentes de medio para determinar el rendimiento de retirada de aceite: cáscaras de nuez negra, partículas de madera de arce finamente troceadas y tamizadas, polietileno de alta densidad (HDPE) y un compuesto de aproximadamente 50-60 % de madera de arce en peso siendo el resto HDPE. El compuesto se preparó mezclando las partículas de madera y polietileno, extruyendo la mezcla y luego troceando el material resultante en gránulos. La distribución de tamaño del medio usado para la comparación se resume en la Tabla 1. La malla usada en la prueba se dimensionó de acuerdo con los estándares de tamaño de tamiz de EE. UU.

Tabla 1- Descripción y tamaño de cada medio

Material	Tamaño del medio
HDPE	Malla ~ 5-10 (2-4 mm)
Compuesto	Malla ~ 5-10 (2-4 mm)
Cáscaras de nuez negra	Malla ~ 12-16 (1,2-1,7 mm)
Partículas de madera de arce	Malla ~ 10-30 (0,6-2,0 mm)

Se bombeó crudo ligero de Arabia a una corriente de agua corriente posteriormente a una bomba centrífuga. La mezcla se cizalló luego a través de una válvula de globo abierta parcial o completamente y un mezclador estático para producir gotas de aceite libre finamente divididas en el agua a una concentración de 200 ppm. La mezcla de aceite/agua se encaminó luego a través de una columna de medio de arriba a abajo. Se probaron dos tamaños de columnas. El primero se fabricó con tubería de PVC de 10,16 cm (4") de diámetro y no contenía un tubo de aspiración. Este diseño requería que el medio se retirara de la columna, se colocara en un depósito y luego se agitara mecánicamente para realizar la operación de lavado a contracorriente. La segunda columna se fabricó con una tubería de PVC de 15,24 cm (6") de diámetro que estaba equipada con un tubo de aspiración de 7,62 cm (3") de diámetro colocado en el centro de la tubería de 15,24 cm (6") con los fines de realizar operaciones de lavado a contracorriente. Para este diseño, se agregó aire dentro del tubo de aspiración para inducir la fluidización y agitación del medio.

La mezcla de agua y aceite se dirigió a través de los diferentes tipos de medio a una tasa de flujo de 32,99 m³/(m²h) (13,5 gpm/ft²) y se registraron los valores del volumen total de fluido procesado. Se recogieron y probaron muestras del efluente de la columna usando un análisis gravimétrico y una técnica del hexano según el procedimiento ASTM 1664A para determinar la concentración de aceite residual que permanece en el efluente de base acuosa. Un resultado superior a 10 ppm de aceite se consideró el valor de ruptura, momento en el que se terminó la prueba y el medio se lavó a contracorriente para restaurar el rendimiento. El efluente del lavado a contracorriente se puede reciclar al sistema. Por ejemplo, el efluente del lavado a contracorriente puede reciclarse a un equipo previo, tal como un separador de fases o un separador API. La masa de aceite cargado por pulgada cúbica de medio se representó gráficamente frente a la concentración de aceite en el efluente y se presentó en la Figura 3. Los resultados indicaban que se podría cargar casi cuatro veces más masa de aceite en el medio compuesto que en cualquiera de los otros materiales antes de que ocurriera la ruptura. Se probó cada uno de los dos componentes individuales del compuesto, madera o plástico (polímero) y ninguno exhibía una capacidad de carga cercana a la capacidad del compuesto. Este era un resultado inesperado. Sin pretender imponer ninguna teoría, una posible explicación de los efectos beneficiosos de la combinación de madera y HDPE es que los dos componentes ofrecen cada uno diferentes propiedades de adsorción y que la combinación de los dos materiales procura una sinergia. Una segunda posible explicación es que la forma de las partículas de compuesto contribuye al proceso de separación. Estos resultados muestran que el material compuesto supera a los medios comerciales actuales que comprenden cáscara de nuez negra e, individualmente, madera o plástico (polímero), desde el punto de vista de

la carga de aceite por un factor de cuatro.

También se realizaron pruebas con una configuración similar a la primera para determinar si el medio compuesto podía lavarse a contracorriente. Se fabricó una columna de tubería de PVC de 15,24 cm (6") de diámetro que estaba equipada con un tubo de aspiración de 5,08 cm (2") de diámetro colocado en el centro de la tubería de 15,24 cm (6") con los fines de realizar operaciones de lavado a contracorriente. Se realizaron rondas de flujo consecutivas con una solución de alimentación de agua y aceite que comprendía 200 mg/l de aceite con el medio compuesto hasta que hubo una ruptura visible en el efluente. Se lavó luego a contracorriente el medio y se repitieron las rondas de flujo dos veces más para determinar si había una caída en el rendimiento después de cada lavado a contracorriente, lo que indica un deterioro del medio.

La masa de aceite cargado por pulgada cúbica de medio se representó gráficamente frente a la concentración de aceite en el efluente y se presentó en la Figura 4. Los resultados indicaban que el medio compuesto podía lavarse a contracorriente usando el mismo procedimiento que se usa actualmente en Siemens AG Monosep™, un sistema de medio de cáscara de nuez, sin experimentar una reducción en el rendimiento. En la Ronda 1, se cargaron 3500 g de aceite en el medio compuesto antes de que se observara una ruptura. En la Ronda 2 y la Ronda 3, que terminaron después de añadir 2200 g y 3100 g de aceite respectivamente, la concentración de aceite en el efluente nunca superó las 10 ppm. Cada una de las tres rondas resumidas en la Figura 4 superó en gran medida el rendimiento de los otros tipos de medio que se probaron, incluyendo el medio de cáscara de nuez negra. Los otros tipos de medio suelen mostrar ruptura después de que solo se cargaran 800-1200 g de aceite en el medio. Además, las pruebas de desgaste con el medio no mostraban cantidades significativas de degradación después de aproximadamente cinco meses de agitación a temperaturas tan altas como 90 °C.

Los resultados de las pruebas indicaban que el medio compuesto es capaz de reducir la concentración de aceite libre en una solución de alimentación desde un valor de 200 ppm de aceite libre a un valor de menos de 10 ppm en el efluente que sale de la columna durante un período prolongado de tiempo. Las pruebas también se realizaron con alimentación que contenía 500 ppm de aceite libre (el máximo típico para la concentración de aceite en aplicaciones secundarias). Estos resultados indicaban que este medio compuesto tiene el potencial para su uso no solo en aplicaciones terciarias sino también en aplicaciones secundarias, con el potencial de eliminar la necesidad de tratamiento terciario.

Aunque la prueba muestra los resultados de un medio compuesto que comprende una mezcla de madera de arce y HDPE y el porcentaje de madera en la mezcla compuesta es aproximadamente el 50 % en peso, los procedimientos y sistemas descritos en el presente documento no se limitan a este porcentaje o estos tipos específicos de materiales. Además, los procedimientos y sistemas descritos en el presente documento no se limitan a estos tipos específicos de materiales basados en celulosa o polímeros.

Ejemplo 2- Capacidades de medio de madera de arce frente a medio de cáscara de nuez negra (comparativa)

Se realizó una prueba para comparar las capacidades de separación del medio de madera de arce troceada y de cáscara de nuez negra. La madera de arce troceada tenía un tamaño de malla de aproximadamente 10-30 (0,6-2,0 mm). El medio de cáscara de nuez negra tenía un tamaño de malla de aproximadamente 12-16 (1,2-1,7 mm). El lecho de medio se fabricó a partir de una sección de tubería de PVC de 10,16 cm (4") de diámetro que era lo suficientemente larga para crear un lecho de medio de 152,4 cm (60") retenido por un tamiz colocado en la parte inferior. Para realizar la operación de lavado a contracorriente, el medio se retiró de la columna, se colocó en un balde de 18,93 l (5 galones) y se agitó mecánicamente con una paleta. Durante la prueba, el mismo medio se lavó a contracorriente repetidamente y se volvió a colocar en el lecho de medio. La solución de alimentación se preparó a partir de una mezcla de agua y aceite que se cizalló a través de dos válvulas de globo para crear pequeñas gotas de aceite. La mezcla de agua y aceite se dirigió a través de los diferentes tipos de medio a tres tasas de flujo diferentes: 32,99, 49,49 y 65,99 m³/(m²h) (13,5, 20,25 y 27 gpm/ft²). Se registraron los valores del volumen total de fluido que se procesó. Se recogieron muestras del efluente del lecho de medio de forma periódica y se probaron usando el análisis gravimétrico y la técnica del hexano para determinar la concentración de aceite residual que permanece en el efluente de base acuosa. Un resultado superior a 10 ppm de aceite se consideró el valor de ruptura, momento en el que se terminó la prueba y el medio se lavó a contracorriente para restaurar el rendimiento.

Se representó la masa de aceite cargado por pulgada cúbica de medio frente a la concentración de aceite en el efluente para cada uno de los tres caudales y se presenta en las Figuras 5-7. Los resultados indican que era posible lavar a contracorriente el medio de madera y reutilizarlo sin experimentar un descenso en el rendimiento. El medio de madera superaba al medio de cáscara de nuez en términos de capacidad de carga en cada una de las tres condiciones de prueba de caudal. Además, cuando la tasa de flujo aumentó de 32,99 m³/(m²h) (13,5 gpm/ft²) a 65,99 m³/(m²h) (27 gpm/ft²), la cantidad de aceite que podría ser cargado en el medio de cáscara de nuez antes de que se detectara una ruptura en el efluente disminuyó de 300 g a 250 g. En cambio, cuando se usa medio de madera de arce, el rendimiento descendía muy poco cuando se aumentó la tasa de flujo. La capacidad de aumentar la tasa de flujo sin experimentar un descenso en el rendimiento significa que el espacio ocupado del equipo se puede reducir significativamente, lo cual es una gran ventaja sobre los sistemas existentes, especialmente con fines de procesamiento en alta mar.

Ejemplo 3: Combinación de coalescedor y dispositivo de filtro (comparativo)

Se realizó una prueba usando agua de alimentación que contenía aceite emulsionado mecánicamente que comprendía gotas de aceite que tenían menos de 5-10 micrómetros de diámetro. Para emulsionar mecánicamente el aceite en el agua de alimentación, se colocaron dos bombas centrífugas en serie. Se bombeó crudo ligero árabe en el lado de succión de la primera bomba y luego a través de la segunda bomba. El aceite que pasaba a través de ambas bombas se pasó entonces a través de una válvula de globo. El agua de alimentación se bombeó a través de un coalescedor que contenía un medio compuesto (tamaño de malla 5-10 (2-4 mm) y compuesto de aproximadamente un 50 % de HDPE y un 50 % de madera de arce) a un alto caudal para crear una corriente coalescida que comprende gotas de aceite más grandes. El coalescedor se construyó con un tubo de PVC de 10,16 cm (4") de diámetro y 2,44 m (8') de largo que contenía medio compuesto. El agua de alimentación se pasó a través del coalescedor a una tasa de flujo de aproximadamente 366,6 m³/(m²h) (150 gpm/ft²). El coalescedor se construyó de modo que la dirección del flujo se pudiera cambiar entre flujo de arriba a abajo y de abajo a arriba cada 4 horas.

El aceite podría eliminarse de la corriente coalescida bombeándolo a través de un dispositivo de filtro que contenga el medio compuesto a un caudal más bajo para producir un efluente. El dispositivo de filtro se construyó con un tubo de PVC de 30,48 cm (12") de diámetro y 176,64 cm (66") de largo que contenía medio compuesto. El dispositivo de filtro estaba equipado con un tubo de aspiración de 10,16 cm (4") de diámetro, 1,22 m (4') de largo (colocado en la parte inferior del dispositivo de filtro) y una entrada para insertar aire. Se invirtió la dirección del flujo en el dispositivo de filtro y se añadió aire para realizar un proceso de lavado a contracorriente en el medio cada 4-6 horas, dependiendo del rendimiento. La corriente coalescida se pasó a través del dispositivo de filtro a una tasa de flujo de aproximadamente 48,88 m³/(m²h) (20 gpm/ft²). Se usaron tamices tanto en el coalescedor como en el dispositivo de filtro para contener el medio. Para determinar la concentración de aceite emulsionado en el agua de alimentación y el efluente, se utilizó un medidor de aceite en agua fluorescente Turner TD-500™ (Turner Designs Hydrocarbon Instruments, Inc., Fresno, CA). Las muestras se recogieron primero en un embudo de decantación y se dejaron reposar estancadas durante 30 minutos. Con los fines de las medidas, se tomaron muestras del centro del embudo de decantación y se analizó el contenido de aceite.

Los datos se recogieron del coalescedor cuando se llenó con el medio, así como al omitir el coalescedor e ir al dispositivo de filtro. Se recogieron muestras de agua de alimentación posteriormente a las bombas de alimentación y la válvula de globo, y previamente al coalescedor. Las muestras de efluente se recogieron posteriormente al dispositivo de filtro.

La Tabla 2 muestra los resultados de los datos que se recogieron cuando se omitió el coalescedor y el agua de alimentación se envió directamente al dispositivo de filtro.

Tabla 2- Resultados de omitir el coalescedor

Tiempo (horas)	Aceite total de alimentación (ppm)	Aceite total de efluente (ppm)
0	1776	390
4	1025	105
5	817	244
6,5	1840	415
7	1115	232

Los resultados indican que el dispositivo de filtro era capaz de retirar parte del aceite del agua de alimentación.

Se volvió a colocar luego el coalescedor en línea previamente al dispositivo de filtro. Los resultados de la combinación de coalescedor y dispositivo de filtro se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3- Resultados del coalescedor seguido del dispositivo de filtro

Tiempo (horas)	Aceite total de alimentación (ppm)	Aceite total de efluente (ppm)	Aceite emulsionado de alimentación (ppm)	Aceite emulsionado de efluente (ppm)
1,17	529,9	62	532,2	36,2
3,42	284,8	47,5	223,2	27,1
4,50	433,4	49,6	397,7	28,4
4,75	646,4	43,2	717,0	24,5

Los resultados indican que el compuesto de medios es capaz de funcionar tanto como un coalescedor de aceite

emulsionado como un filtro de aceite libre. El caudal a través del recipiente que contiene el compuesto de medios puede dictar cómo funciona la combinación de medio y recipiente. Una tasa de flujo alta, por ejemplo, mayor de aproximadamente 244,4 m³/(m²h) (100 gpm/ft²) a través del recipiente puede promover la coalescencia del aceite y una tasa de flujo más baja, por ejemplo, menor de aproximadamente 65,99 m³/(m²h) (27 gpm/ft²) a través del recipiente, puede permitir que el recipiente funcione como un dispositivo de filtro. La colocación del coalescedor y el dispositivo de filtro en serie permite separar el aceite altamente emulsionado mecánicamente en agua de una corriente de aguas residuales.

La combinación del coalescedor y el dispositivo de filtro crea un todo en uno secundario y terciario separados con un espacio ocupado pequeño, lo que puede hacerlo atractivo para los procesos en alta mar. Los resultados de la prueba también indican que el gran tamaño del compuesto de medios y la baja caída de presión reducen el potencial de taponamiento del lecho de medio en el coalescedor y dispositivo filtrante. Además, se mostró que el compuesto de medios tiene éxito como medio de retirada de aceite lavable a contracorriente. Cuando el compuesto de medios se taponó, el lavado a contracorriente del tubo de aspiración fue eficaz para retirar sólidos y otros contaminantes que crean el potencial de taponamiento. Este es un gran beneficio sobre el medio de empaquetamiento apretado, por ejemplo, cáscaras de nuez o medio fijo no lavable a contracorriente, por ejemplo, que se usa en separadores de placa corrugada.

Ejemplo 4 - Combinación de coalescedor e interceptor de placa corrugada (comparativa)

Se realizó una prueba usando agua de alimentación que contenía aceite emulsionado mecánicamente que comprendía gotas de aceite que tenían menos de 5-10 micrómetros de diámetro. Para emulsionar mecánicamente el aceite en el agua de alimentación, se colocaron dos bombas centrífugas en serie. Se bombeó crudo ligero árabe en el lado de succión de la primera bomba y luego a través de la segunda bomba. El aceite que pasaba a través de ambas bombas se pasó entonces a través de una válvula de globo. El agua de alimentación se bombeó a través de un coalescedor que contenía un medio compuesto (tamaño de malla 5-10 (2-4 mm)) y compuesto de aproximadamente un 50 % de HDPE y un 50 % de madera de arce) a un alto caudal para crear una corriente coalescida que comprende gotas de aceite más grandes. El coalescedor se construyó con un tubo de PVC de 15,24 cm (6") de diámetro y 203,24 cm (80") de largo que contenía medio compuesto. La tubería se embrió en cada extremo y las boquillas en cada brida se cubrieron con un tamiz para mantener el medio en su lugar dentro de la columna. El agua de alimentación se pasó a través del coalescedor a una tasa de flujo de aproximadamente 244,4 m³/(m²h) (100 gpm/ft²).

El aceite podría retirarse luego de la corriente coalescida haciéndolo pasar a través de un dispositivo de flotación de interceptor de placa corrugada (CPI) colocado posteriormente al coalescedor. El dispositivo CPI usaba placas de separación para crear una zona de reposo que permitía que las gotas de aceite flotarían y se separaran del agua afluente. El aceite separado subía por las placas de separación hasta la parte superior del dispositivo y se espumó por un rebosadero ajustable. El agua limpia fluía hacia arriba a través del compartimiento de efluente, luego sobre un rebosadero ajustable antes de salir del dispositivo.

Para determinar la concentración de aceite emulsionado en el agua de alimentación y el efluente, se utilizó un medidor de aceite en agua fluorescente Turner TD-500™. Las muestras se recogieron primero en un embudo de decantación y se dejaron reposar estancadas durante 30 minutos. Con los fines de las medidas, se tomaron muestras del centro del embudo de decantación y se analizó el contenido de aceite.

Los datos se recogieron del coalescedor cuando se llenó con medio así como cuando estaba vacío, antes de pasar la corriente coalescida a través del dispositivo CPI. Los resultados de la prueba realizada donde no había medio presente en el coalescedor se presentan en las Tablas 4 y 5.

Tabla 4- Resultados de las pruebas realizadas sin medio en el coalescedor y el dispositivo CPI colocado posteriormente

Tiempo (horas)	Aceite total de alimentación (ppm)	Aceite emulsionado de alimentación (ppm)	Aceite total de salida del coalescedor (ppm)	Aceite emulsionado de salida del coalescedor (ppm)	Aceite total de salida del dispositivo CPI (ppm)	Aceite emulsionado de salida del dispositivo CPI (ppm)
1,3	141,4	78,9	107,6	73,5	84,6	92,3
2	158,9	100,8	99,6	57,2	72,6	66,7

Tabla 5- Datos de aceite emulsionado de pruebas realizadas sin medio en el coalescedor y el dispositivo CPI colocado posteriormente

Porcentaje de aceite emulsionado en la alimentación	Porcentaje de aceite emulsionado en el efluente de coalescedor
55,8	68,3
63,4	57,4

Los datos de la prueba realizada con un coalescedor vacío (sin medio) indicaban que casi todo el aceite en el agua de alimentación estaba emulsionado y no se retiró en el sistema. Esto se ejemplifica por el hecho de que al comparar el porcentaje de aceite emulsionado en la corriente de alimentación con el porcentaje de aceite emulsionado en el efluente del coalescedor, los valores aumentaban (como en el punto de datos de 1,2 horas) o solo disminuían moderadamente (como en el punto de datos de 2 horas).

Se recogieron luego los datos después de que el recipiente se llenó con el compuesto de medios y se saturó con aceite. La primera prueba se realizó usando el medio como coalescedor y analizando en la alimentación y efluente de coalescedor el aceite libre y emulsionado. Los resultados de esta prueba se muestran en la Tabla 6. Al contrario que los datos presentados en el experimento sin medio, los resultados con el uso del medio indicaron una disminución significativa en la concentración de aceite emulsionado en la corriente coalescida en comparación con la alimentación.

Tabla 6- Resultados de las pruebas con coalescedor lleno de medio

Tiempo (horas)	Aceite total de alimentación (ppm)	Aceite emulsionado de alimentación (ppm)	Aceite total del efluente del coalescedor (ppm)	Aceite emulsionado del efluente del coalescedor (ppm)
0,25	132,7	92,6	149,5	35,4
2,75	151,2	105,8	111,5	34,4
5,75	132,0	142,5	198,6	21,8
8,00	171,6	57,6	143,6	25,7

Los resultados de las pruebas realizadas con el coalescedor lleno con el compuesto de medios se muestran en las Tablas 7 y 8. Nuevamente, los resultados con el uso del medio indicaban una disminución significativa, con el tiempo, en la concentración de aceite emulsionado en la corriente coalescida en comparación con la alimentación. Además, el dispositivo CPI era capaz de disminuir drásticamente la concentración total de aceite en la corriente coalescida, mientras mantenía el aceite en forma coalescida.

Tabla 7- Resultados del coalescedor lleno con compuesto de medios y dispositivo CPI colocado posteriormente

Tiempo (horas)	Aceite total de alimentación (ppm)	Aceite emulsionado de alimentación (ppm)	Aceite total del efluente del coalescedor (ppm)	Aceite emulsionado del efluente del coalescedor (ppm)	Aceite total del efluente del dispositivo CPI (ppm)	Aceite emulsionado del efluente del dispositivo CPI (ppm)
1,42	101,5	40,6	128,2	35,3	22,5	20,6
3,42	102,7	71,3	203,3	30,6	25,9	19,5
5,42	157,5	90	178,3	32,8	20,8	15,2

Tabla 8- Datos de aceite emulsionado de pruebas con coalescedor lleno con compuesto de medios y dispositivo CPI colocado posteriormente

Porcentaje de aceite emulsionado en la alimentación	Porcentaje de aceite emulsionado en el efluente
40	27,5
69,4	15,1
57,1	18,4

Ejemplo 5- Combinación de coalescedor de lecho corto múltiple (comparativa)

En la Figura 8 se ilustra un ejemplo hipotético de configuración de proceso de un coalescedor de lecho corto múltiple (MSBC). Se pueden llenar dos trenes de 4 recipientes cada uno con medio compuesto (tamaño de malla 5-10 (2-4 mm) y compuestos de aproximadamente 50 % de HDPE y 50 % de madera de arce). Cada recipiente puede tener aproximadamente 45,72 cm (18") de longitud. Cada tren puede diseñarse para manejar el 100 % del agua afluente. Durante el funcionamiento normal, los dos trenes pueden funcionar en paralelo, recibiendo cada tren el 50 % del flujo afluente. El sistema puede diseñarse para que un tren pueda aislarse cada vez y recibir el 100 % del flujo afluente. Esto puede servir para limpiar el medio al duplicar la velocidad del flujo, lo que puede actuar retirando el exceso de aceite que se acumula en el medio. Pruebas anteriores han indicado que cuando la tasa de flujo se aumenta más allá de 97,76 m³/((m²h) (40 gpm/ft²), el compuesto de medios ya no es capaz de filtrar el aceite. Al aumentar la velocidad a través del recipiente, se puede expulsar el exceso de aceite.

El diseño también puede permitir que el flujo del afluente se invierta a través de cada recipiente con el fin de mitigar el taponamiento de sólidos, y que cada tren reciba el 50 % del flujo entrante. Las pruebas anteriores han indicado

que los sólidos comienzan a acumularse en el lado de entrada del recipiente. Al invertir el flujo a través del recipiente, los sólidos pueden purgarse del sistema. La parte inferior y la parte superior de cada recipiente pueden estar equipados con un tamiz para mantener el medio en el recipiente.

5 Ejemplo 6- Prueba de coalescedor (comparativa)

Se realizaron una serie de pruebas para evaluar la capacidad del compuesto de medios para coalescer aceite emulsionado mecánicamente en gotas de aceite más grandes que podrían retirarse usando una tecnología de retirada de aceite por flotación. Como regla general, las tecnologías de flotación, por ejemplo, los dispositivos de flotación CPI, solo son capaces de retirar las gotas de aceite de más de 50 micrómetros de diámetro.

Las pruebas se realizaron según el esquema de flujo ilustrado en la Figura 9. El sistema de tratamiento 30 incluye una corriente de alimentación 300 que comprende aceite y agua y se bombeó primero a la línea de alimentación mediante la bomba 302. Después de pasar por la bomba 302, la corriente de aceite y agua se transfirió a través de dos bombas de alimentación centrífugas 304 y 306, que se configuraron en serie, con la bomba 306 colocada posteriormente a la bomba 304. Las bombas 304 y 306 servían para emulsionar mecánicamente el aceite antes de bombearlo al coalescedor. La válvula de globo 308 se colocó posteriormente a las bombas 304 y 306 para una emulsificación adicional. La corriente emulsionada 310 pasaba a través del coalescedor 312 y salía del coalescedor como corriente coalescida 316. Después de pasar a través del coalescedor, la corriente 316 coalescida se transfirió a un dispositivo de flotación CPI 314 para producir el efluente 318.

Los datos basales se acumularon bombeando aceite emulsionado mecánicamente a través de un coalescedor vacío. El coalescedor tenía 15,24 cm (6") de diámetro y 228,6 cm (90") de longitud. El caudal era de 189,27 l/m (50 gpm), lo que daba como resultado una tasa de flujo de 586,6 m³/(m²h) (240 gpm/ft²). Se recogieron muestras del agua de alimentación y del efluente de CPI y se analizó la concentración de aceite. Los resultados de la prueba basal se ilustran en la Figura 10. Los datos muestran que el recipiente vacío no era eficaz para coalescer el aceite emulsionado, como demuestra la alta concentración de aceite en el efluente de CPI. El dispositivo de flotación CPI solo era capaz de retirar el 48 % del aceite total en la alimentación cuando el recipiente coalescedor estaba vacío.

Se llenó luego el recipiente con 203,2 cm (80") de longitud de compuesto de medios y se repitió la prueba. El agua de alimentación bruta tenía una concentración inicial de aceite de aproximadamente 125 mg/l, con un promedio de 75 % de ese aceite emulsionado. La Figura 11 ilustra los datos recogidos durante la prueba. Los resultados indicaban que el coalescedor era eficaz para hacer crecer el aceite emulsionado en gotas más grandes que podrían retirarse mediante el dispositivo de flotación CPI. El medio era eficaz para coalescer el aceite emulsionado en gotas más grandes que podrían retirarse mediante el dispositivo CPI. Los datos muestran que la concentración de aceite del efluente del dispositivo CPI era <25 mg/l para todas las muestras recogidas. Cuando el recipiente estaba vacío, el efluente del dispositivo CPI tenía un promedio de 78 mg/l de aceite. Esto significa que el recipiente coalescedor lleno con el medio compuesto a granel mejoraba el rendimiento del dispositivo CPI, dando como resultado una retirada total de aceite del 81 %, en comparación con solo el 48 % cuando el recipiente estaba vacío.

Se realizó un análisis adicional de la concentración de aceite recogiendo muestras de alimentación y efluente de coalescedor en un embudo de separación. Las muestras se recogieron en el embudo de decantación y se puso en marcha el cronómetro inmediatamente. Se recogieron luego muestras del fondo del embudo de decantación para determinar lo rápido que flotaba el aceite. La Tabla 9 muestra los datos recogidos durante esta prueba.

Tabla 9- Análisis de flotación en embudo de decantación

Tiempo de alimentación (min.)	Aceite de alimentación (ppm)	Tiempo de efluente del coalescedor (min.)	Aceite del efluente de coalescedor (ppm)
Total	92,6	Total	153,8
1	78,3	1	18,6
2	75,9	2	12,9
4	71,6	4	8,9
6	76,9	6	11,3
8	79	8	11,8
10	76,6	10	17,4
30	41	30	7,8

Los resultados indican que el aceite en la alimentación estaba altamente emulsionado (> 50 %) y no se elevaba muy rápidamente. El coalescedor tenía solo un 5 % de aceite emulsionado en la muestra. La gran mayoría del aceite en el efluente del coalescedor pudo flotar en 1 minuto, lo que indica la presencia de gotas de aceite muy grandes en la muestra.

También se realizaron pruebas para analizar el tamaño de las gotas de aceite. La prueba usó un coalescedor de 182,88 cm (72") de altura con un diámetro de 15,24 cm (6"). En lugar de dos bombas centrífugas, el proceso usaba una bomba centrífuga más grande que reciclaba el 75 % del flujo al coalescedor para aumentar la concentración del aceite emulsionado mecánicamente en la alimentación.

Se usó un analizador de partículas líquidas JM Canty, Inc. Modelo VD4912-456 (Buffalo, NY) para recoger datos de análisis del tamaño de las gotas de aceite. El analizador de partículas estaba dotado de una cámara de alta velocidad que grababa un video de la muestra de agua. El video se analizó por un software que permitía medir cada gota de aceite que pasaba dentro del plano de enfoque de la cámara. El analizador de partículas era capaz de medir gotas de aceite que oscilaban de 0,7 a 2000 micrómetros de diámetro.

Los datos se recogieron durante una ronda de prueba de 8 horas con el coalescedor funcionando a una tasa de flujo de 244,4 m³/(m²h) (100 gpm/ft²). Cada hora, se envió una corriente de estela tanto de la alimentación como del efluente al analizador de partículas Canty para obtener el análisis del tamaño de las gotas de aceite. La Figura 12 representa todos los datos recogidos durante este período de tiempo. En general, las tecnologías de flotación convencionales pueden garantizar la retirada de las gotas de aceite que tienen > 50 micrómetros de diámetro, pero generalmente son incapaces de retirar las gotas de < 50 micrómetros de diámetro.

La Figura 12 indica el porcentaje de gotas de aceite en la muestra dada que tenían más de 50 micrómetros de diámetro. Durante la ronda de prueba de 8 horas, el tamaño medio de las gotas de aceite de más de 50 micrómetros de diámetro en la alimentación era del 26,8 %. Después de pasar por el coalescedor, las gotas de aceite crecieron y, en promedio, el 88,2 % tenían más de 50 micrómetros de diámetro en el efluente. Esto indica que si el agua de alimentación bruta se enviara a una unidad de flotación convencional, solo se retiraría el 26,8 % del aceite. Si la misma agua de alimentación bruta pasara en cambio a través de un coalescedor antes de la unidad de flotación, se retiraría el 88,2 % del aceite. Al enviar la alimentación bruta a través del coalescedor, el rendimiento aumentó en un 329 % con respecto a la unidad de flotación convencional.

Las Figuras 13 y 14 muestran los datos brutos que se recogieron del analizador de partículas Canty. Durante el análisis, las gotas de aceite se agrupan en intervalos de tamaño que permiten un análisis de datos más eficiente. La Figura 13 grafica el análisis del tamaño de las gotas de aceite de una de las muestras de datos de alimentación brutos recogidas del analizador de partículas, y la Figura 14 grafica el análisis del tamaño de las gotas de aceite recogidas de una muestra de efluente del coalescedor.

Durante el análisis, se tomaron fotografías de cada muestra registrada. Las imágenes indicaban que la alimentación tenía una concentración muy densa de pequeñas gotas de aceite. En cambio, el efluente del coalescedor tenía una concentración mucho menos densa de gotas de aceite. Había menos gotas de aceite y eran de tamaño mucho más grande, por ejemplo, al menos un resultado indicaba una gota con un diámetro de 121 micrómetros. Los resultados de esta prueba indicaban que el coalescedor es capaz de producir una corriente coalescida en la que más del 50 % de las gotas tienen un diámetro mayor de 50 micrómetros. Además, el coalescedor era capaz de proporcionar resultados consistentes durante un periodo de al menos seis horas.

Ejemplo 7- Capacidad de medio de pino y polipropileno (comparativa)

Se realizó una prueba para evaluar la capacidad de separación de un medio compuesto de madera de pino y polipropileno. El medio compuesto comprendía aproximadamente un 70 % de madera de pino y aproximadamente un 30 % de polipropileno. El compuesto se preparó mezclando las partículas de madera y polipropileno, extruyendo la mezcla y luego troceando el material resultante en gránulos. Se bombeó aceite al vertido de una bomba de alimentación. La mezcla se cizalló luego a través de una válvula de globo abierta parcial o completamente y un mezclador estático para producir gotas de aceite libre finamente divididas en el agua a una concentración de 200 ppm. La mezcla de aceite/agua se encaminó luego a través de una columna de medio de arriba a abajo. La columna tenía 10,16 cm (4") de diámetro con una profundidad del medio de 152,4 cm (60").

El agua de alimentación se pasó a través del medio compuesto a una tasa de flujo de 48,88 m³/(m²h) (20 gpm/ft²). Se monitorizaron la presión de entrada y salida de la columna, el caudal y la concentración de aceite en el efluente. Los resultados de la prueba se muestran a continuación en la Tabla 10.

Tabla 10- Resultados de medio compuesto de madera de pino y polipropileno

Tiempo (horas)	Caudal (gpm)	Presión de entrada (psi)	Presión de salida (psi)	Nivel de aceite (ml)	ACEITE AÑADIDO (g)	Aceite añadido calculado (mg/l)	Aceite total de efluente (ppm)
0,0	1,8	25	25	1800			
0,5	1,8	25	25	1750	45	220,2	3,3
1,0	1,8	25	25	1700	90	220,2	2,6
1,5	1,8	25	25	1650	135	220,2	3,2

La masa de aceite cargado por pulgada cúbica de medio se representó gráficamente frente a la concentración de aceite en el efluente y se presentó en la Figura 15. Los resultados de las pruebas indicaban que el medio compuesto de madera de pino y polipropileno es capaz de reducir la concentración de aceite libre en una solución de alimentación desde un valor de 200 ppm de aceite libre a un valor de menos de 10 ppm en el efluente que sale de la columna durante un período prolongado de tiempo. Además, hubo poca o ninguna caída de presión a través de la columna o cambio en el caudal durante el transcurso de la prueba.

Ejemplo 8- Preparación de compuesto de medios para su uso (comparativa)

Una vez que se ha preparado un compuesto de medios con un tamaño y forma deseados para formar partículas individuales, las partículas se colocan en un tanque u otro depósito con agua no aceitosa y se dejan en remojo durante un período de tiempo hasta que se alcanza la saturación. Según las pruebas realizadas con el compuesto de medios, si las partículas no se remojan y saturan con agua no aceitosa antes de entrar en contacto con el aceite, el aceite se adhiere a la superficie de la partícula, lo que puede dificultar el rendimiento del medio y volverlo al menos parcialmente incapaz de ser restaurado durante el lavado a contracorriente. Por lo tanto, "humedecer" el compuesto de medios con agua no aceitosa antes de su uso potencia la capacidad del medio para absorber y/o adsorber aceite para las aplicaciones de procesamiento discutidas en el presente documento. El acto de remojar permite que el agua entre en contacto con al menos algunos de los poros del compuesto de medios. El compuesto de medios se "humedece" con un líquido, que en este caso es agua, que también es compatible con el líquido de base acuosa de la corriente de alimentación que se procesa según los procedimientos y el sistema divulgados en el presente documento.

Los datos experimentales han mostrado que cuando el compuesto de medios se coloca por primera vez en agua, las partículas flotan en la superficie. A medida que las partículas se saturan más, se hunden hasta la parte inferior del tanque, lo que indica que el peso específico de las partículas ha superado el del agua. Como se discute anteriormente, el componente de base celulósica de la partícula, tal como la madera, causa que las partículas del compuesto de medios sean porosas. Los poros atraen agua por acción capilar. El período de tiempo necesario para que las partículas alcancen la saturación depende de la composición de la partícula. Por ejemplo, las partículas con mayor contenido de polímero pueden tardar más en saturarse. Los datos experimentales han mostrado que los tiempos de hundimiento para diversos compuestos de medios oscilan de 5 a 11 días. Las pruebas experimentales también han mostrado que las partículas de compuesto de medios remojadas durante 14 días permiten lograr una saturación adecuada. Los resultados de este experimento también indican que el contenido de polímero en el compuesto de medios tiene un umbral mayor del 70 %. Es posible que las partículas de compuesto de medios con un contenido de polímero que supera el 70 % no se puedan lavar a contracorriente.

Ejemplo 9- Propiedades y composiciones del medio

Se prepararon y probaron compuestos de medios con composiciones variables para obtener información sobre sus propiedades físicas. Las composiciones de medio con porcentajes variables de polímero y material de base celulósica se elaboraron usando el proceso de mezclado y extrusión descrito anteriormente. Las partículas se asemejaban a gránulos u objetos de forma cilíndrica. Las dimensiones de al menos un ejemplo de partícula eran de 4 mm de diámetro y 2 mm de altura. Otro ejemplo tenía un tamaño de partícula con un diámetro de 4 mm y una altura de 3,5 mm.

La Tabla 11 muestra las composiciones de varios compuestos de medios diferentes que se prepararon. Como se muestra, el porcentaje de polímero variaba de 45 a 70 % y el porcentaje de material de base celulósica, que en este ejemplo es madera, variaba de 30 % a 55 %. Se desconocía el porcentaje exacto de polietileno y arce en el compuesto 1.

Tabla 11-Datos de composición de medio

Descripción	Polímero	Material de base celulósica
Compuesto 1	PE	arce
Compuesto 2	45 % de HDPE	55 % de arce
Compuesto 3	70 % de PP	30 % de pino
Compuesto 4	70 % de HDPE	30 % de arce

También se realizaron pruebas en los compuestos 1-3 para obtener información sobre densidad, porosidad y peso específico. El procedimiento usado para obtener estos datos se derivó del procedimiento ASTM D2187, procedimiento B. Se midieron cien mililitros del compuesto de medios en un vaso de precipitados y se apretaron suavemente. El medio se pesó y luego se secó en un horno a 105 °C durante 20 horas. Una vez seco, el medio se enfrió en un desecador y se volvió a pesar. Luego se calculó la densidad y la porosidad del medio. Luego se añadió el medio a una botella de 500 ml, que se llenó con agua y luego se tapó. El medio se agitó varias veces al día y se dejó en remojo. Se registró el tiempo de remojo y, después de 20 días, se colocó el medio en un embudo Buchner

durante 10 minutos mientras se retiraba el agua extra usando vacío. Luego se pesó el medio. Luego el medio se transfirió a un cilindro graduado tarado de 100 ml y se añadió agua para llenar el cilindro hasta alcanzar los 100 ml. Luego se pesaron el medio y el agua, y luego se calcularon los valores de peso específico en seco y húmedo.

- 5 Usando el procedimiento descrito anteriormente, la densidad calculada para el Compuesto 1 era de 0,452 kg/m³, la porosidad era de 29,7 %, el peso específico (seco) era de 0,89, el peso específico (húmedo) era de 1,27 y el espacio intersticial era de 49,4 %. La densidad calculada para el Compuesto 2 era de 0,372 kg/m³, la porosidad era de 39,3 %, el peso específico (seco) era de 0,73, el peso específico (húmedo) era de 1,2 y el espacio intersticial era de 48,8 %. La densidad calculada para el Compuesto 3 era de 0,568 kg/m³, pero no se pudieron obtener los
- 10 valores de porosidad, espacio intersticial y peso específico porque las partículas no lograron saturarse suficientemente con agua durante el período de remojo de 20 días.

- Los valores de densidad para otros compuestos de medios que se prepararon pero que no figuran en la Tabla 11 oscilaban en valor de 0,40 kg/m³ a 0,52 kg/m³. Los valores de porosidad oscilaban de 19 % a 35 %, los valores para el espacio intersticial oscilaban de 41 % a 44 %, y los valores de peso específica (seco) oscilaban de 0,72 a 0,88, y el peso específico (húmedo) oscilaba de 1,08 a 1,11.
- 15

Ejemplo 10: Prueba de medio

- 20 Se realizaron una serie de experimentos usando el Compuesto 2, que posee la composición y las propiedades físicas discutidas anteriormente. La configuración experimental era similar a la descrita en el Experimento 1, con la columna de medio contenida dentro de un recipiente de acero inoxidable de 15,24 cm (6") de diámetro dotado de un tubo de aspiración de 7,62 cm (3") de diámetro. El rendimiento del medio compuesto se evaluó usando una serie de variables diferentes, incluyendo el peso específico del aceite tratado por el medio, la tasa de flujo y la
- 25 temperatura del agua mezclada con el aceite. La concentración de aceite de entrada era de 250 ppm para cada prueba. Los resultados de las pruebas, incluyendo la capacidad de carga de aceite del medio, se muestran a continuación en la Tabla 12.

Tabla 12- Resultados de las pruebas de medio

Prueba	SG de aceite	Temperatura del agua (°C) ((°F))	Tasa de flujo (m ³ /(m ² h)) ((gpm/ft ²))	Capacidad de carga de aceite del medio (kg/m ³) ((g de aceite/in ³))
1	0,900	16,67 (62)	36,66 (15)	36,6-42,7 (0,6-0,7)
2	0,900	16,67 (62)	36,66 (15)	36,6-42,7 (0,6-0,7)
3	0,900	16,67 (62)	36,66 (15)	42,7 (0,7)
4	0,860	16,67 (62)	36,66 (15)	122,0 (2,0)
5	0,860	16,67 (62)	48,88 (20)	36,6 (0,6)
6	0,860	16,67 (62)	24,44 (10)	183,1-213,6 (3,0-3,5)
7	0,880	16,67 (62)	24,44 (10)	213,6 (3,5)
8	0,880	16,67 (62)	48,88 (20)	30,5 (0,5)
9	0,880	16,67 (62)	36,66 (15)	79,3 (1,3)
10	0,920	16,67 (62)	36,66 (15)	36,6 (0,6)
11	0,920	16,67 (62)	24,44 (10)	140,4 (2,3)
12	0,917	16,67 (62)	24,44 (10)	213,6 (3,5)
13	0,917	16,67 (62)	30,55 (12,5)	158,7 (2,6)
14	0,917	16,67 (62)	48,88 (20)	30,5 (0,5)
15	0,917	16,67 (62)	36,66 (15)	158,7 (2,6)
16	0,917	73,89 (165)	36,66 (15)	122,0, 0,0 (2,0, 0,0)
17	0,900	18,33 (65)	24,44 (10)	97,6-103,7 (1,6-1,7)

Prueba	SG de aceite	Temperatura del agua (°C) (°F)	Tasa de flujo (m ³ /(m ² h)) ((gpm/ft ²))	Capacidad de carga de aceite del medio (kg/m ³) ((g de aceite/in ³))
18	0,900	18,33 (65)	24,44 (10)	109,8-115,9 (1,8-1,9)
19	0,900	73,89 (165)	24,44 (10)	152,6 (2,5)

Los resultados experimentales que se muestran en la Tabla 12 indican varias tendencias generales. Una primera tendencia indicaba que la capacidad de carga del medio caía significativamente a velocidades de flujo de 48,88 m³/(m²h) (20 gpm/ft²). Por ejemplo, en la Prueba 9, la capacidad de carga de aceite del medio era de 79,3 kg/m³ (1,3 g/in³) a una tasa de flujo de 36,66 m³/(m²h) (15 gpm/ft²), pero cayó a 30,5 kg/m³ (0,5 g/in³) cuando la tasa de flujo aumentó a 48,88 m³/(m²h) (20 gpm/ft²) en la Prueba 8. Esta tendencia se repitió en las Pruebas 4 y 5 y las Pruebas 14 y 15. De hecho, las Pruebas 4-6, las Pruebas 7-9 y las Pruebas 12-14 indican que una tasa de flujo de 24,44 m³/(m² h) (10 gpm/ft²) procuraba la mayor capacidad de carga. Los resultados obtenidos de un experimento separado usando el mismo aparato y el mismo compuesto de medios (Compuesto 2) procuraron resultados similares. A tasas de flujo de 24,44, 36,66 y 48,88 m³/(m²h) (10, 15 y 20 gpm/ft²), las capacidades de carga correspondientes eran 213,6, 91,6 y 30,5 kg/m³ (3,5, 1,5, y 0,5 g/in³) respectivamente, donde el peso específico del aceite era 0,882,

Una segunda tendencia indicaba que el aumento del peso específico del aceite disminuía la capacidad de carga de aceite del medio. Por ejemplo, las Pruebas 1-4, 9 y 10 muestran que la capacidad de carga del medio cae de un valor de 122,0 kg/m³ (2 g/in³) a un valor de 36,6 kg/m³ (0,6 g/in³) cuando el peso específico del aceite aumentaba de 0,86 a 0,92, respectivamente. En un experimento separado usando el mismo aparato y compuesto de medios, se obtuvieron datos adicionales usando aceite con valores de peso específico de 0,863, 0,882 y 0,917. A una tasa de flujo de 24,44 m³/(m²h) (10 gpm/ft²) los valores correspondientes a la capacidad de carga del compuesto de medios eran 225,8, kg/m³, 170,9 kg/m³ y 128,1 kg/m³ (3,7 g/in³, 2,8 g/in³ y 2,1 g/in³), respectivamente. Estos resultados también muestran que la capacidad de carga del compuesto de medios disminuye a medida que aumenta el peso específico del aceite.

Una tercera tendencia indicaba que el aumento de la temperatura del agua también aumentaba la capacidad de carga del medio. Por ejemplo, las Pruebas 18 y 19 muestran que la capacidad de carga del medio aumenta de un valor de 109,8 a 115,9 kg/m³ (1,8 a 1,9 g/in³) a un valor de 152,6 kg/m³ (2,5 g/in³) cuando la temperatura del agua se aumentó de 18,33 °C a 73,89 °C (65 °F a 165 °F). Cabe señalar que los resultados de la comparación entre la Prueba 15 y la Prueba 16 con respecto a la temperatura no se tuvieron en cuenta, ya que la Prueba 16 incluía resultados inconsistentes entre dos rondas separadas. En un experimento separado usando el mismo aparato y compuesto de medios, se obtuvieron datos de temperatura adicionales que mostraban que la capacidad de carga aumentó de un valor de 128,1 kg/m³ (2,1 g/in³) a 18,33 °C (65 °F) a un valor de 207,5 kg/m³ (3,4 g/in³) a 73,89 °C (165 °F), en condiciones que usan la misma tasa de flujo y aceite con el mismo peso específico.

Experimento 11- Capacidades de rendimiento del medio

Se realizó un segundo experimento para comparar la capacidad de rendimiento del compuesto de medios con el medio de cáscara de nuez negra. Las condiciones experimentales eran similares a las usadas en el Experimento 1 y el compuesto de medios usado para estos experimentos era el Compuesto 2, como se describe anteriormente. El aceite usado para estos experimentos tenía una densidad de 849,16 kg/m³ (una gravedad API (American Petroleum Institute) de 35,0). Para rondas experimentales usando el medio de cáscara de nuez, la concentración promedio de aceite de alimentación era de 265 mg/l y la tasa de flujo era de 32,99 m³/(m²h) (13,5 gpm/ft²). Para las rondas que usaban el material compuesto de medios, la concentración promedio de aceite de alimentación era de 292 mg/l con un valor máximo de 448 mg/l, y la tasa de flujo era de 24,44 m³/(m² h) (10 gpm/ft²). La masa de aceite cargado por pulgadas cúbicas de medio se representó gráficamente frente a la concentración de aceite en el efluente y se presenta en la FIG. 17. Los resultados indicaban que se podría cargar entre cuatro y seis veces más masa de aceite en el medio compuesto que en el medio de cáscara de nuez.

Los sistemas y procedimientos descritos en el presente documento no están limitados en su aplicación a los detalles de construcción y a la disposición de los componentes establecidos en la descripción o ilustrados en los dibujos. La invención es susceptible de otras realizaciones y de practicarse o llevarse a cabo de diversas maneras. También, la fraseología o terminología usada en el presente documento es con fines de descripción y no debería considerarse limitante. El uso de "que incluye", "que comprende", "que implica", "que tiene", "contiene", "caracterizado por", "caracterizado porque" y variaciones de los mismos en el presente documento pretende abarcar los elementos enumerados a continuación, equivalentes de los mismos, así como realizaciones alternativas que constan exclusivamente de los elementos enumerados a continuación. El uso de términos ordinales tales como "primero", "segundo", "tercero" y similares en las reivindicaciones para modificar un elemento de reivindicación no connota por sí mismo ninguna prioridad.

Los expertos en la técnica apreciarán fácilmente que los diversos parámetros y configuraciones descritos en el presente documento pretenden ser ejemplares y que los parámetros y configuraciones reales dependerán de la

- aplicación específica para la cual se usen los sistemas y procedimientos dirigidos a los procesos de tratamiento de separación que usan medio compuesto de la presente divulgación. Los expertos en la técnica reconocerán, o serán capaces de determinar, usando únicamente experimentación rutinaria, muchos equivalentes a las realizaciones específicas descritas en el presente documento. Por ejemplo, los expertos en la técnica pueden reconocer que el
- 5 aparato y los componentes del mismo pueden comprender además una red de sistemas o ser un componente de un proceso de tratamiento de separación que usa un sistema de medio compuesto. Por lo tanto, debe entenderse que las realizaciones anteriores se presentan solo a modo de ejemplo y que, dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas y equivalentes a las mismas, los procesos de tratamiento de separación divulgados que
- 10 usan sistemas y procedimientos de medio compuesto pueden practicarse de otra manera que no sea como se describe específicamente. El presente procedimiento está dirigido a cada característica o procedimiento individual descrito en el presente documento. Además, cualquier combinación de dos o más de tales características o procedimientos, si tales características o procedimientos no son mutuamente inconsistentes, se incluye dentro del alcance de la presente divulgación.
- 15 Además, debe apreciarse que a los expertos en la técnica se les ocurrirán fácilmente diversas alteraciones, modificaciones y mejoras. Por ejemplo, una instalación existente puede modificarse para utilizar o incorporar uno o más aspectos de la divulgación. Por tanto, en algunos casos, el procedimiento puede implicar conectar o configurar una instalación existente para que comprenda un proceso de tratamiento de separación que usa medio compuesto. Por consiguiente, la descripción y los dibujos anteriores son solo a modo de ejemplo. Además, las
- 20 representaciones en los dibujos no limitan las divulgaciones a las representaciones particularmente ilustradas. El alcance de la presente invención se define por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para tratar una corriente de alimentación acuosa (100, 200) que comprende hidrocarburos, comprendiendo el procedimiento:

a) pretratar una pluralidad de partículas de medios compuestos (136) con agua no aceitosa (134) hasta que las partículas tengan un peso específico mayor que el agua, produciendo así una pluralidad de partículas de compuesto de medios pretratadas (138), comprendiendo cada partícula de compuesto de medios pretratada (138) una mezcla de un material de base celulósica y un polímero, comprendiendo cada partícula de compuesto de medios pretratada una concentración de material de base celulósica de 55 % en peso y una concentración de polímero de 45 % en peso, y comprendiendo las partículas de compuesto de medios pretratadas una forma que proporciona espacios en el área intersticial entre las partículas;

b) introducir la corriente de alimentación (100, 200) que comprende hidrocarburos en una entrada de un recipiente (202, 204) que contiene la pluralidad de partículas de compuesto de medios pretratadas (138); y

c) poner en contacto la corriente de alimentación (100, 200) con la pluralidad de partículas de compuesto de medios pretratadas (138) a una tasa de flujo de $24,44 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ ($^{10} \text{ gpm}/\text{ft}^2$) o menos, adsorbiendo las partículas de compuesto de medios pretratadas (138) los hidrocarburos de la corriente de alimentación (100, 200) para producir una corriente tratada (108), teniendo la corriente tratada (108) una concentración diana de hidrocarburos menor que la concentración de hidrocarburos en la corriente de alimentación (100, 200), en el que el material de base celulósica comprende madera de arce y el polímero comprende polietileno de alta densidad (HDPE).

2. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además:

medir al menos uno de la concentración de hidrocarburos en la corriente tratada (108) y el caudal de la corriente tratada (108);

lavar a contracorriente la pluralidad de partículas de compuesto de medios pretratadas (138) basándose en al menos una de la concentración medida de hidrocarburos en la corriente tratada (108) y el caudal medido de la corriente tratada (108) para producir un efluente líquido hidrocarbonado (110, 112); y

reciclar el efluente líquido hidrocarbonado a la corriente de alimentación (100, 200).

FIG. 1

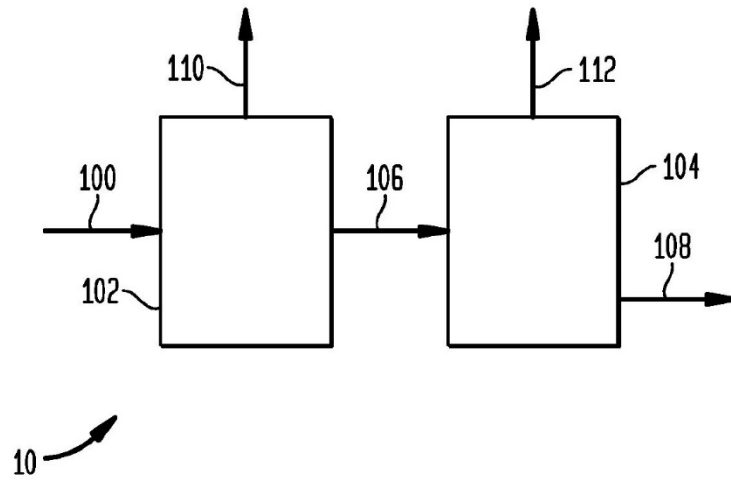


FIG. 2

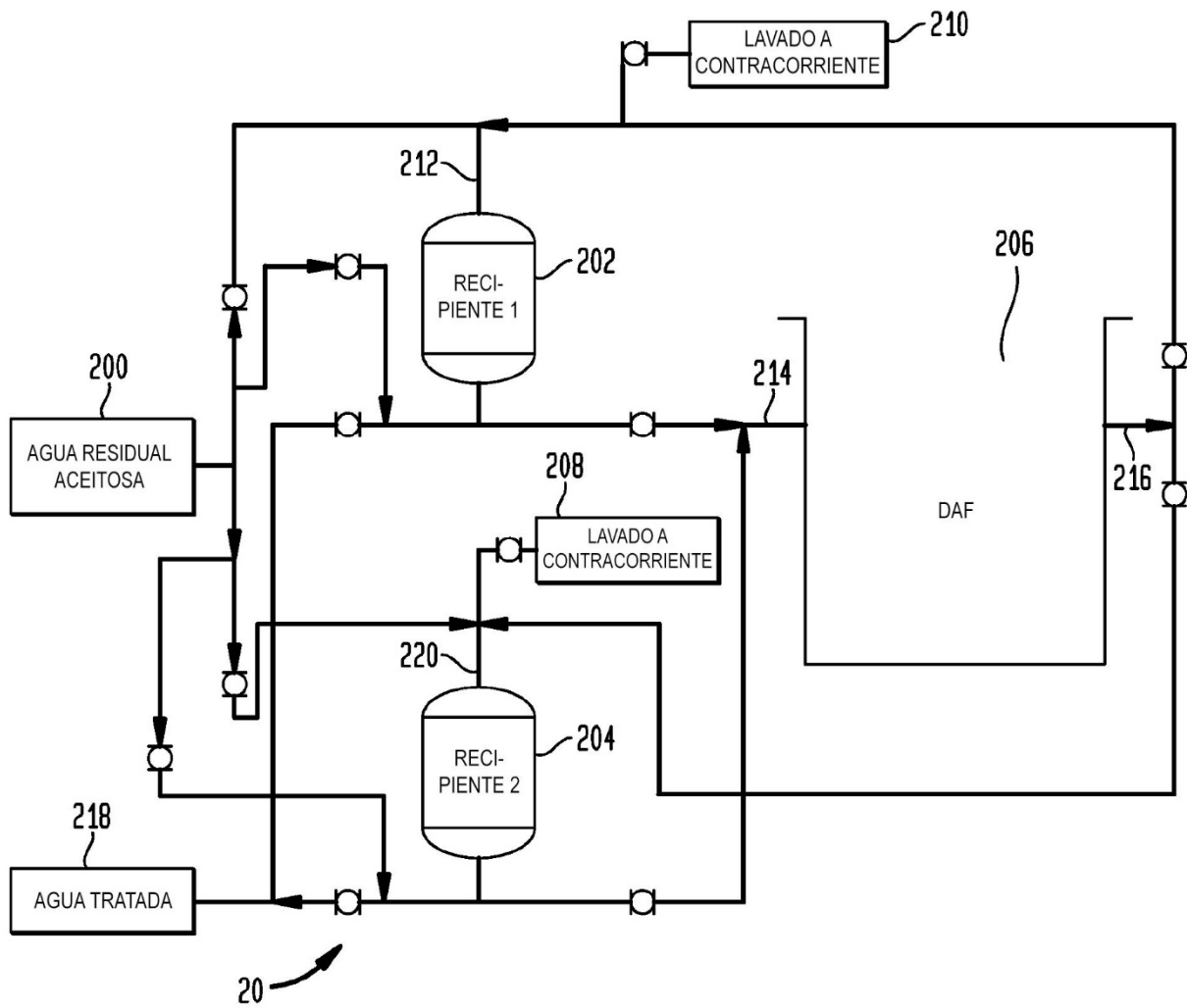


FIG. 3

13,5 gpm/ft²

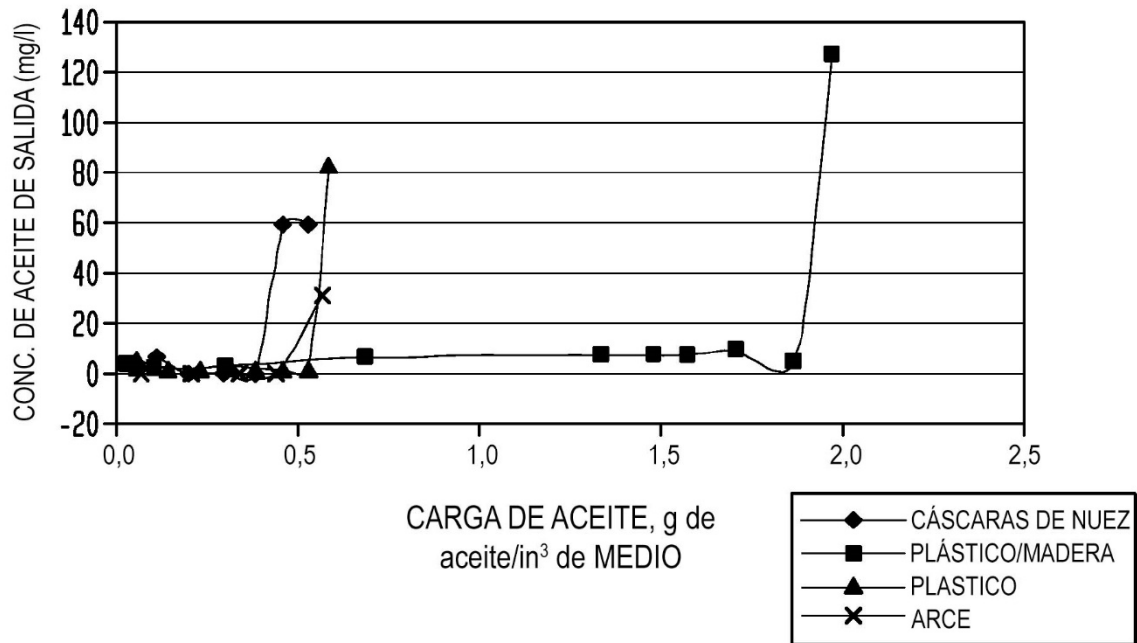


FIG. 4

MEDIOS DE PLÁSTICO/MADERA

13,5 gpm/ft²

CONCENTRACIÓN DE ENTRADA: 200 mg/l

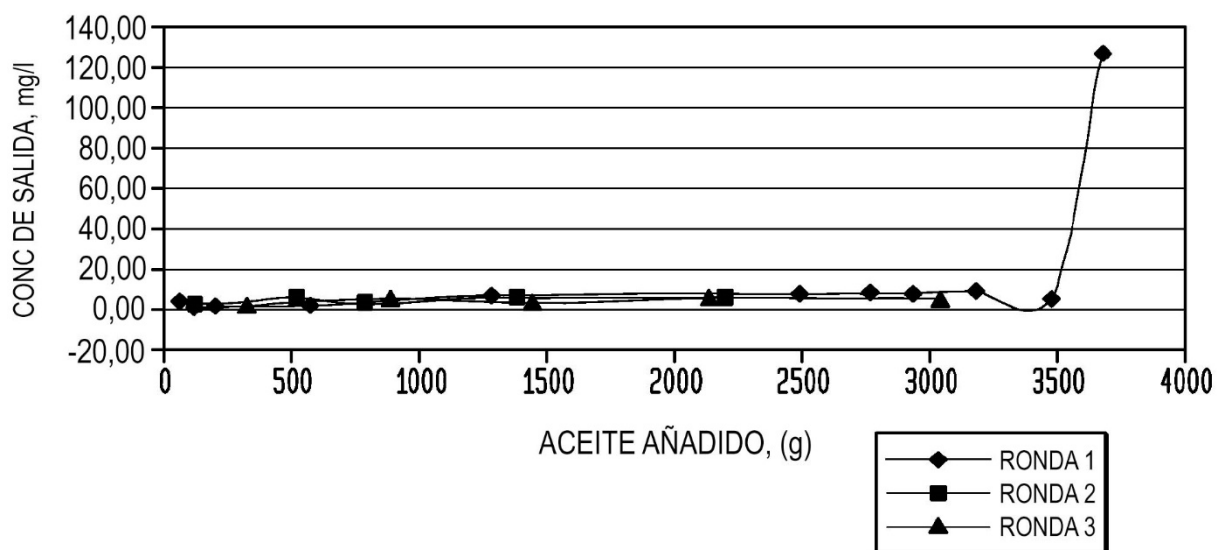


FIG. 5

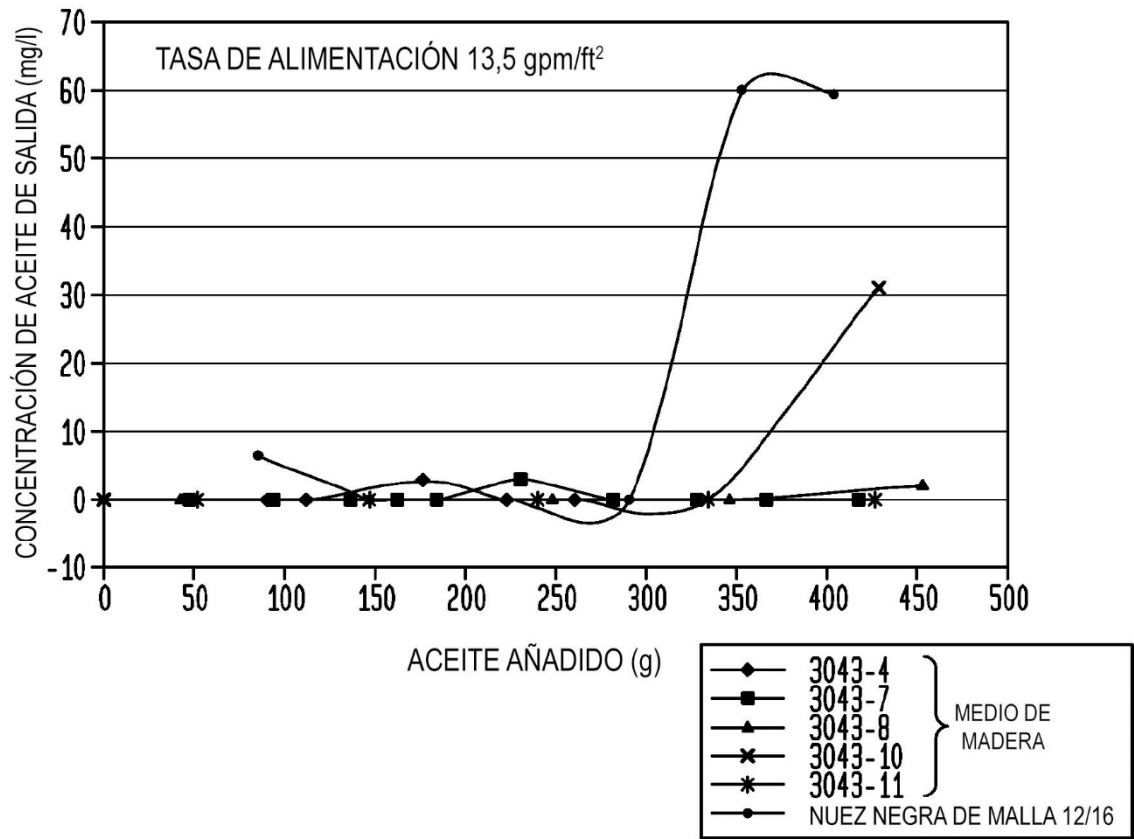


FIG. 6

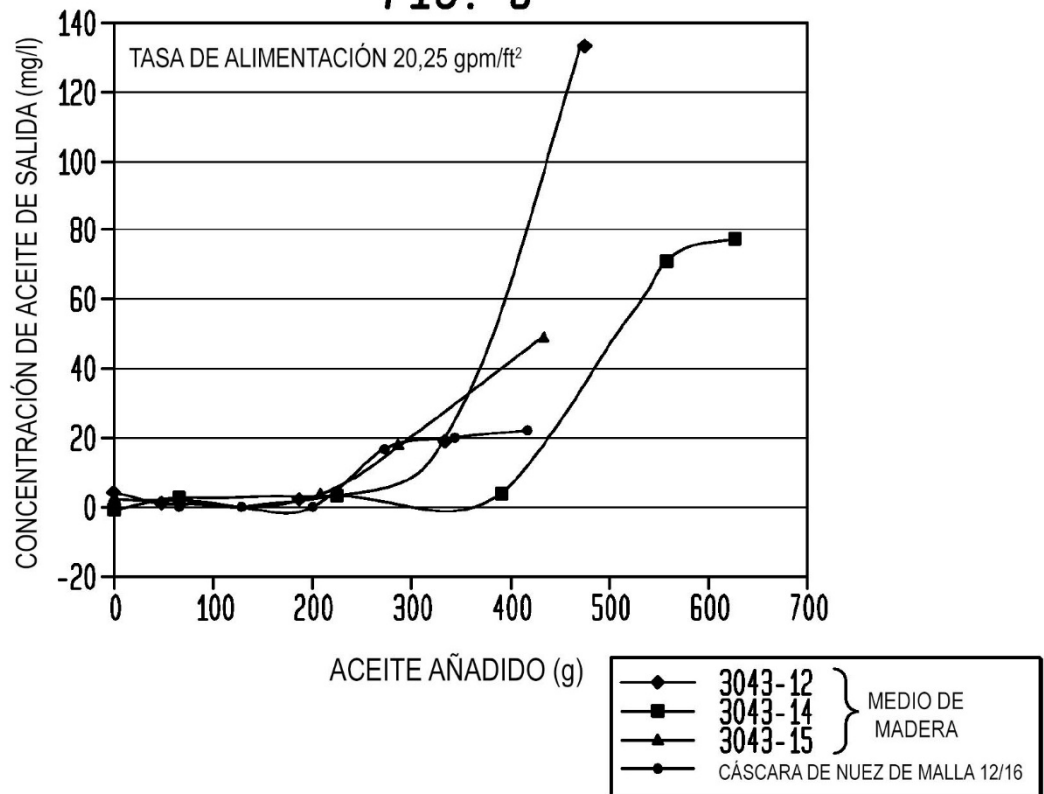


FIG. 7

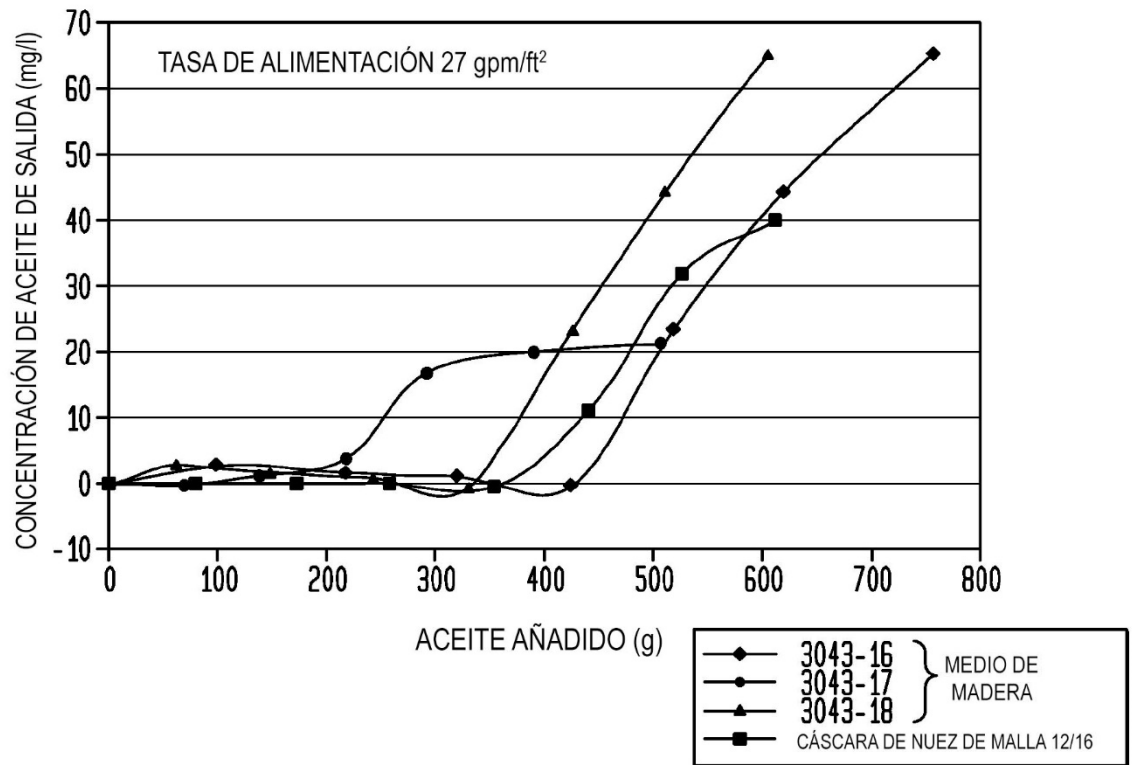


FIG. 8

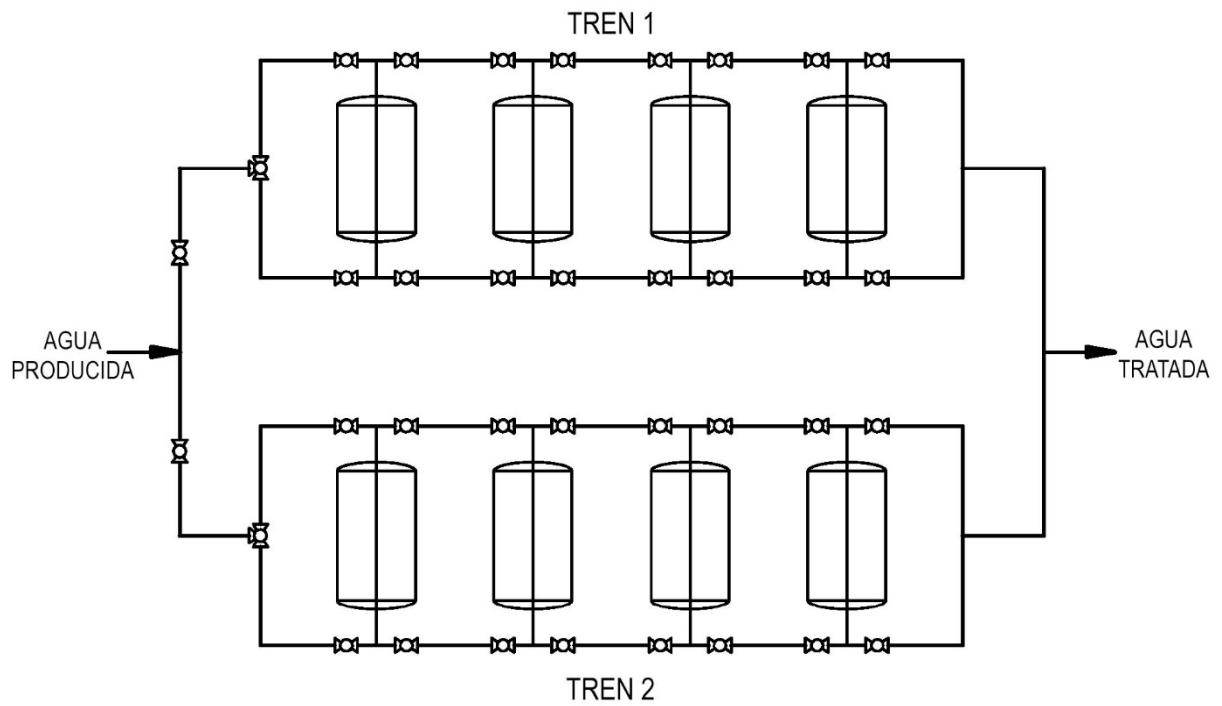


FIG. 9

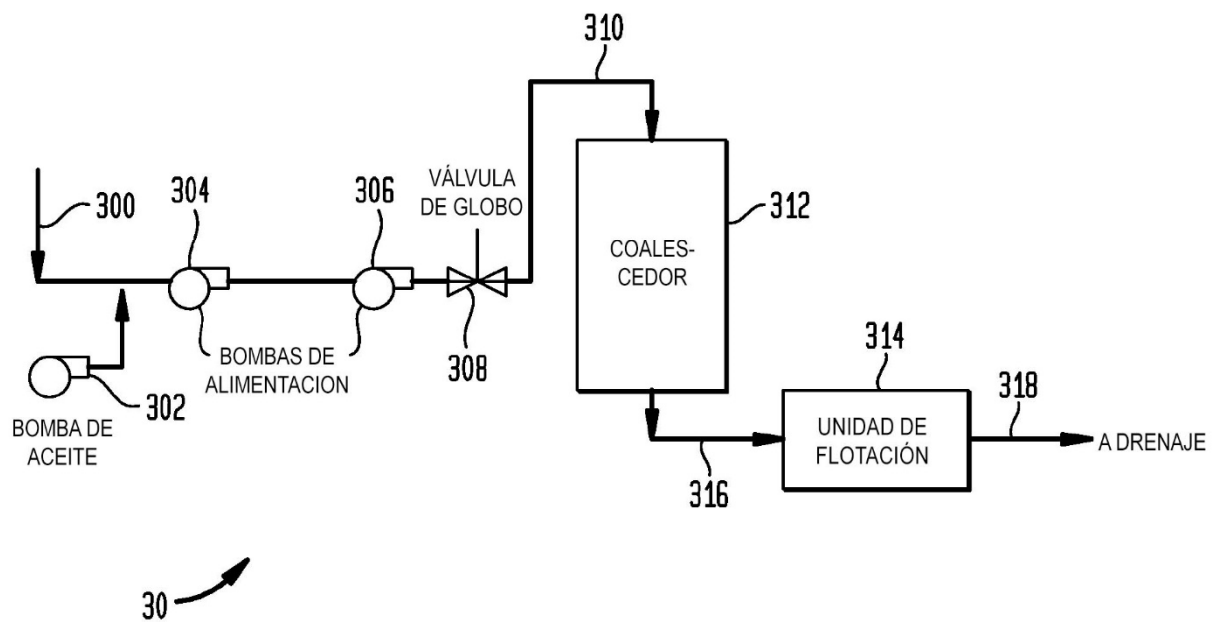


FIG. 10

240 gpm/ft² SIN MEDIO EN EL RECIPIENTE

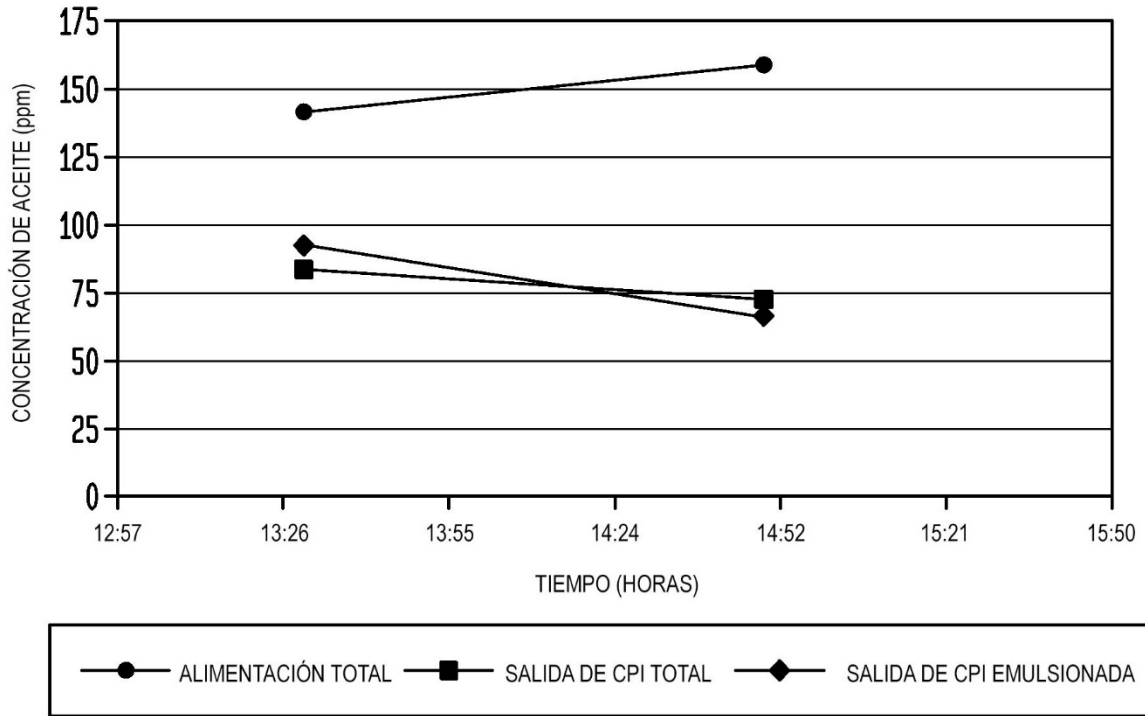


FIG. 11

215 gpm/ft² RECIPIENTE LLENO DE MEDIO

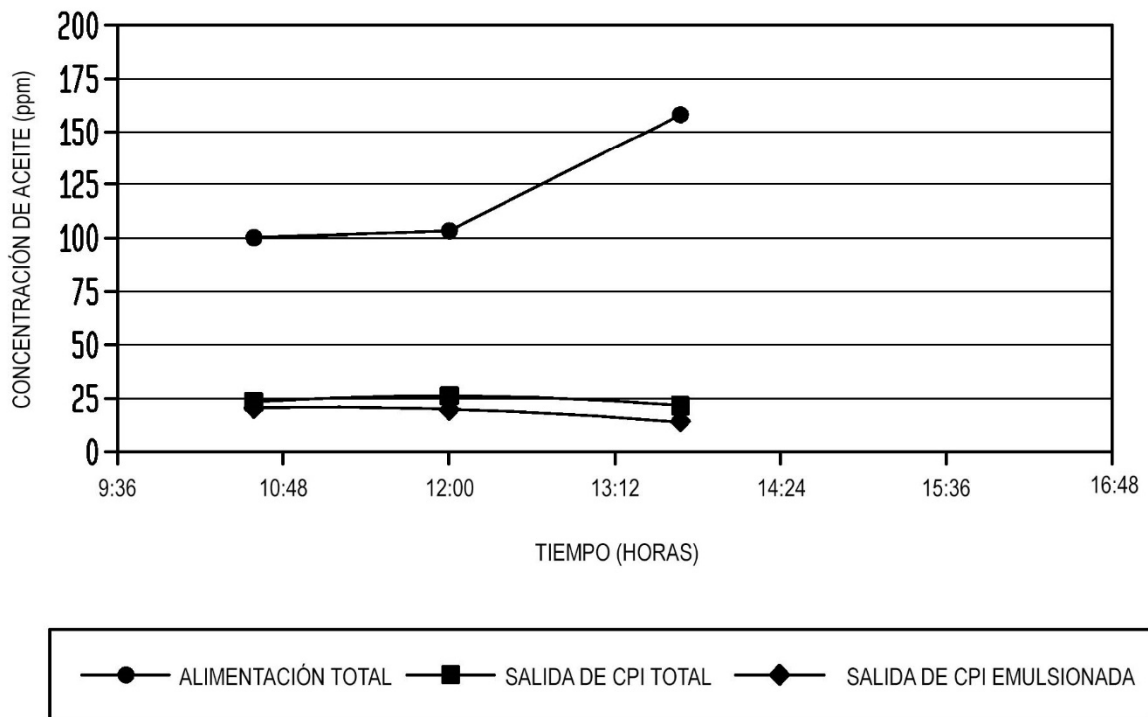


FIG. 12

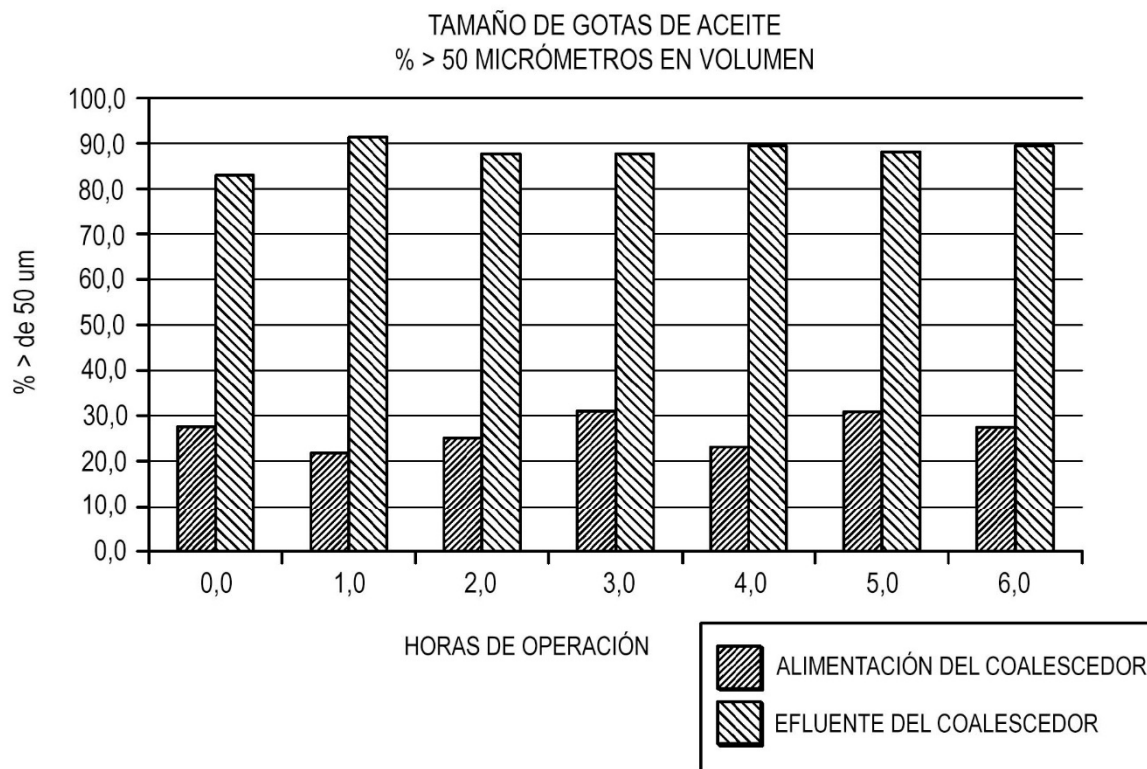


FIG. 13

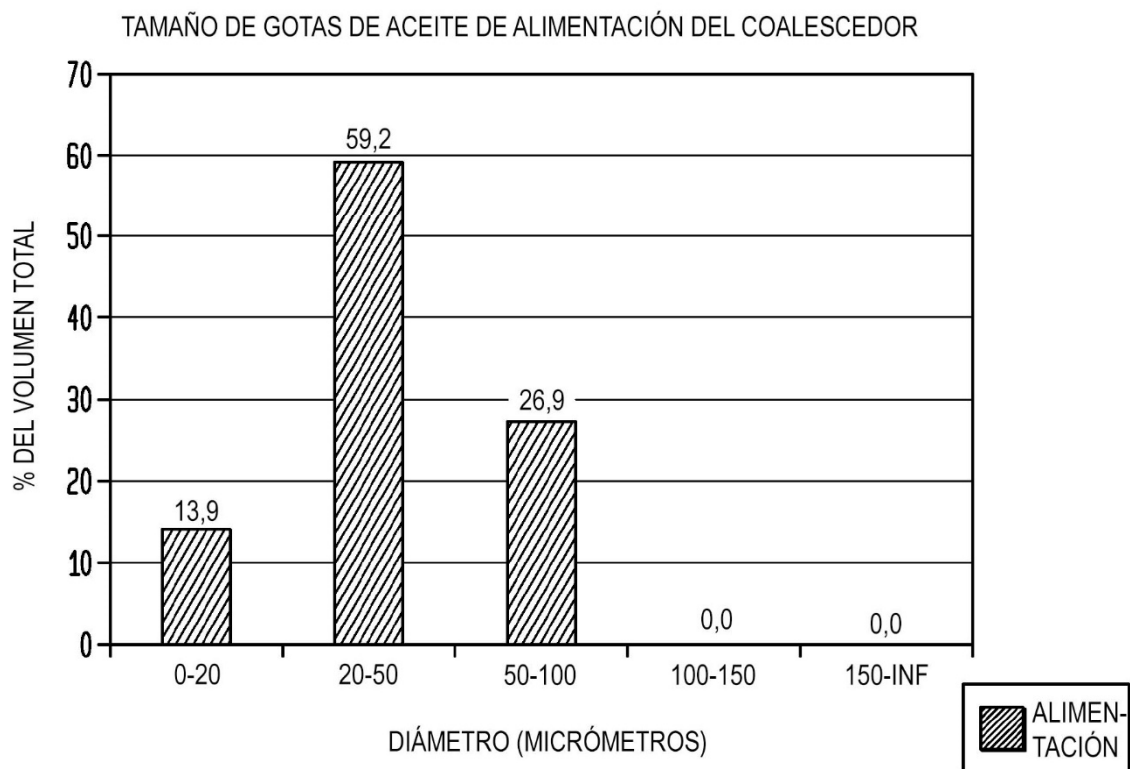


FIG. 14

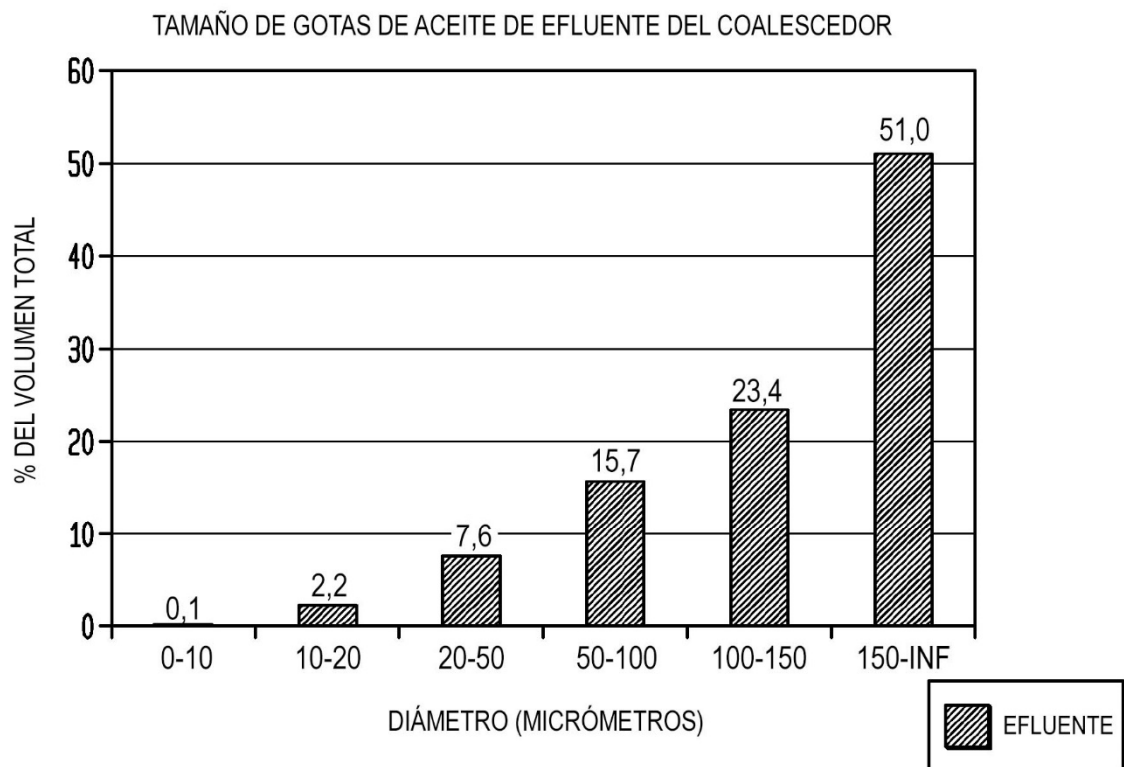


FIG. 15

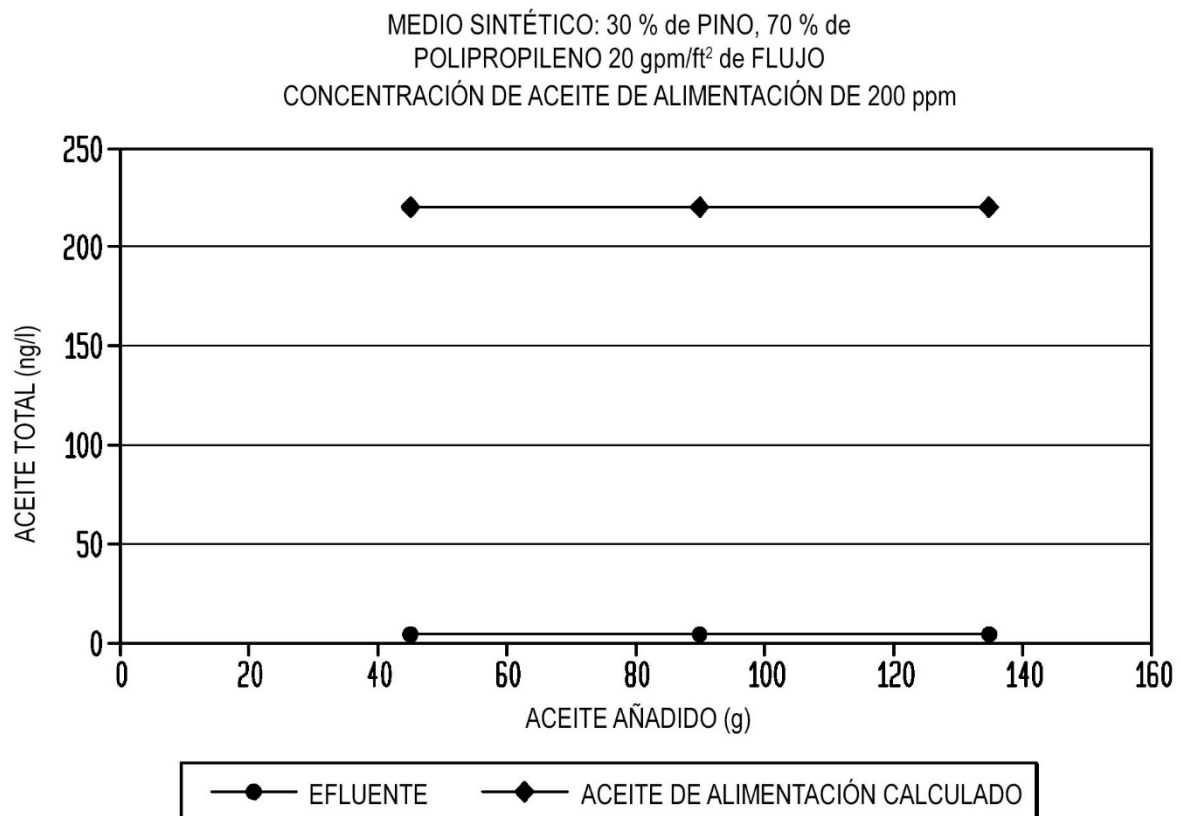


FIG. 16

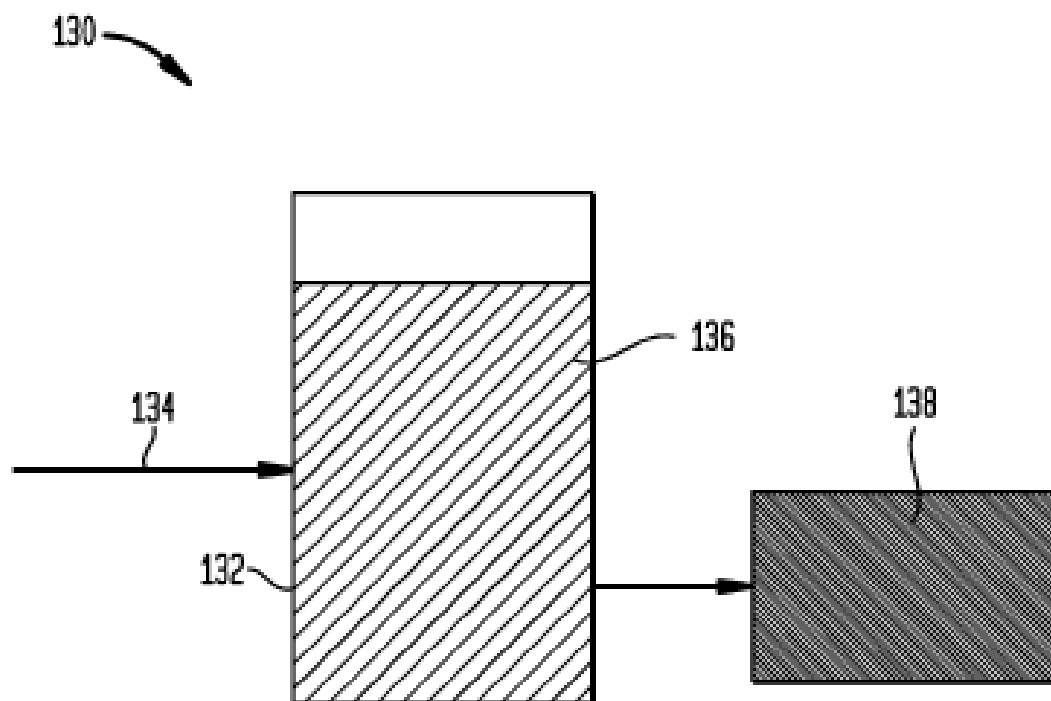


FIG. 17

CAPACIDAD DE CARGA DE MEDIOS COMPUESTOS FRENTE A CÁSCARAS DE NUEZ

