

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 763 405**

51 Int. Cl.:

**B01D 17/02** (2006.01)

**B01D 24/46** (2006.01)

**C02F 1/28** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.01.2015 PCT/US2015/012354**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.07.2015 WO15112664**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.01.2015 E 15710291 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2019 EP 3096854**

54 Título: **Filtración estratificada de múltiples medios**

30 Prioridad:

**23.01.2014 US 201461930495 P**

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

**28.05.2020**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

**LOZANO GANDIA, José**

**ES 2 763 405 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

Filtración estratificada de múltiples medios

### 5 **Campo de la tecnología**

Los aspectos se refieren en general al tratamiento de líquidos y, más particularmente, a métodos para retirar hidrocarburos y sólidos en suspensión de líquidos de base acuosa.

10 El documento US 2012/223020 A1 da a conocer sistemas y métodos para tratar una corriente que comprende un líquido de hidrocarburo y un líquido de base acuosa. Los sistemas y métodos pueden utilizar un material compuesto de medios que comprende una mezcla de un material a base de celulosa y un polímero.

15 El documento US2011163049 A1 da a conocer un aparato de filtro de agua que incorpora medios filtrantes de cáscaras de nuez y un sistema de tubo de aspiración.

### **Sumario**

20 La invención se define por las reivindicaciones adjuntas. Según una o más realizaciones, se proporciona un sistema para tratar una corriente de alimentación que comprende hidrocarburos y un líquido de base acuosa. El sistema comprende un recipiente que comprende una entrada de corriente de alimentación que puede presentar conexión de fluido con la corriente de alimentación y una salida de corriente tratada en comunicación con una corriente tratada, una primera capa de medios filtrantes situada dentro del recipiente, una segunda capa de medios filtrantes situada dentro del recipiente, un tubo de aspiración ubicado dentro del recipiente y situado dentro de la primera capa de  
25 medios filtrantes y la segunda capa de medios filtrantes, una entrada de gas en comunicación con el tubo de aspiración, una fuente de gas en comunicación con la entrada de gas, una entrada de fluido de retrolavado que puede presentar conexión de fluido con una fuente de fluido de retrolavado y al menos una de la primera capa de medios filtrantes y la segunda capa de medios filtrantes, y una salida de contaminantes.

30 Según algunas realizaciones, la primera capa de medios filtrantes y la segunda capa de medios filtrantes se sitúan dentro del recipiente entre la entrada de corriente de alimentación y la salida de corriente tratada. Según una realización adicional, la segunda capa de medios filtrantes se sitúa por debajo de la primera capa de medios filtrantes. Según al menos una realización, la primera capa de medios filtrantes tiene un peso específico con un valor que es menor que el valor del peso específico de la segunda capa de medios filtrantes.

35 Según determinadas realizaciones, la entrada de fluido de retrolavado se sitúa por debajo de la segunda capa de medios filtrantes. Según algunas realizaciones, la salida de contaminantes se sitúa por debajo de la entrada de alimentación.

40 Según las reivindicaciones, la primera capa de medios filtrantes comprende una pluralidad de pastillas de medios de material compuesto, comprendiendo cada pastilla de medios de material compuesto una mezcla de un material a base de celulosa y un polímero.

45 Según otra realización, la primera capa de medios filtrantes y la segunda capa de medios filtrantes comprenden pastillas de medios de material compuesto.

Según las reivindicaciones, la segunda capa de medios filtrantes comprende cáscaras de nuez.

50 Según las reivindicaciones, el volumen de la primera capa de medios filtrantes es al menos aproximadamente dos veces el volumen de la segunda capa de medios filtrantes.

Según algunas realizaciones, la entrada de gas se sitúa dentro del tubo de aspiración.

55 Según algunas realizaciones, la corriente tratada tiene una concentración de hidrocarburos menor de aproximadamente 5 mg/l.

60 Según una o más realizaciones, se proporciona un método para tratar una corriente de alimentación que comprende hidrocarburos y un líquido de base acuosa. El método comprende introducir la corriente de alimentación en un recipiente que contiene una primera capa de medios filtrantes y una segunda capa de medios filtrantes, comprendiendo al menos una de la primera capa de medios filtrantes y la segunda capa de medios filtrantes una pluralidad de pastillas de medios de material compuesto, comprendiendo cada pastilla de medios de material compuesto una mezcla de material a base de celulosa y un polímero, y hacer que la corriente de alimentación entre en contacto con la primera capa de medios filtrantes y la segunda capa de medios filtrantes para producir una corriente tratada que tiene una concentración de hidrocarburos que es menor que una concentración de  
65 hidrocarburos en la corriente de alimentación.

Según algunas realizaciones, hacer que la corriente de alimentación entre en contacto con la primera capa de medios filtrantes y la segunda capa de medios filtrantes produce una corriente tratada con una concentración de hidrocarburos de menos de aproximadamente 5 mg/l.

5 Según algunas realizaciones, la corriente de alimentación comprende además sólidos en suspensión. Según otra realización, hacer que la corriente de alimentación entre en contacto con la primera capa de medios filtrantes y la segunda capa de medios filtrantes produce una corriente tratada que tiene una concentración de sólidos en suspensión que es menor que una concentración de sólidos en suspensión en la corriente de alimentación. Según diversas realizaciones, el método comprende además hacer pasar un gas a través de un tubo de aspiración en el  
10 sentido inverso al flujo de la corriente de alimentación, ubicándose el tubo de aspiración dentro del recipiente y situándose dentro de la primera capa de medios filtrantes y la segunda capa de medios filtrantes y formando una zona periférica situada entre una pared lateral del tubo de aspiración y una pared lateral del recipiente, hacer pasar un fluido de retrolavado a través de las capas primera y segunda de medios filtrantes y la zona periférica en sentido inverso al flujo de la corriente de alimentación, y retirar al menos una parte de los hidrocarburos y sólidos en  
15 suspensión del recipiente. Según al menos una realización, el método comprende además medir al menos una propiedad del recipiente para proporcionar una propiedad medida, y hacer pasar al menos uno del gas y el fluido de retrolavado basándose en la propiedad medida.

20 Según las reivindicaciones, la primera capa de medios filtrantes comprende una pluralidad de pastillas de medios de material compuesto y la segunda capa de medios filtrantes comprende cáscaras de nuez.

Según otra realización, las capas primera y segunda de medios filtrantes comprenden una pluralidad de pastillas de medios de material compuesto.

25 Según al menos una realización, hacer que la corriente de alimentación entre en contacto con la primera capa de medios filtrantes y la segunda capa de medios filtrantes comprende coalescer y filtrar la corriente de alimentación. Según otra realización, hacer que la corriente de alimentación entre en contacto con la primera capa de medios filtrantes comprende coalescer la corriente de alimentación. Según aún otra realización, hacer que la corriente de alimentación entre en contacto con la segunda capa de medios filtrantes comprende filtrar la corriente de  
30 alimentación.

Otros aspectos, realizaciones y ventajas de estos aspectos y realizaciones a modo de ejemplo, se explican con detalle a continuación. Además, ha de entenderse que tanto la información anterior como la siguiente descripción  
35 detallada son meramente ejemplos ilustrativos de diversos aspectos y realizaciones, y se pretende que proporcionen una visión general o un contexto para entender la naturaleza y el carácter de los aspectos y las realizaciones reivindicadas. Pueden combinarse realizaciones dadas a conocer en el presente documento con otras realizaciones, y referencias a “una realización”, “un ejemplo”, “algunas realizaciones”, “algunos ejemplos”, “una realización alternativa”, “diversas realizaciones”, “una realización”, “al menos una realización”, “esta y otras realizaciones” o similares no son mutuamente exclusivas de manera necesaria y se pretende que indiquen que una característica, estructura o aspecto particular descrito pueda incluirse en al menos una realización. Las apariciones de tales  
40 términos en el presente documento no se refieren necesariamente todos a la misma realización.

### Breve descripción de los dibujos

45 A continuación, se explican diversos aspectos de al menos una realización con referencia a las figuras adjuntas, que no se pretende que estén dibujadas a escala. Las figuras se incluyen para proporcionar una ilustración y una comprensión adicional de los diversos aspectos y realizaciones, y se incorporan en y forman parte de esta memoria descriptiva, pero no se plantean como una definición de los límites de cualquier realización particular. Los dibujos, junto con el resto de la memoria descriptiva, sirven para explicar los principios y operaciones de los aspectos y realizaciones descritos y reivindicados. En las figuras, cada componente idéntico o casi idéntico que se ilustra en  
50 diversas figuras se representa mediante números similares. Por motivos de claridad, no se etiqueta cada componente en cada figura. En las figuras:

la figura 1 es una vista lateral de un aparato de separación de hidrocarburos y agua según uno o más aspectos de la divulgación;

la figura 2 es una vista lateral de otro aparato de separación de hidrocarburos y agua según uno o más aspectos de la divulgación;

60 las figuras 3A y 3B son vistas laterales de aparatos de separación de aceite y agua según uno o más aspectos de la divulgación;

la figura 4 es una vista lateral de otro aparato de separación de aceite y agua según uno o más aspectos de la divulgación;

65 la figura 5 es un diagrama de flujo de procedimiento que ilustra un método según uno o más aspectos de la

divulgación;

la figura 6 es una gráfica que ilustra resultados de las pruebas de múltiples medios según uno o más aspectos de la divulgación; y

la figura 7 es una gráfica que ilustra resultados de las pruebas de múltiples medios según uno o más aspectos de la divulgación; y

las figuras 8A y 8B son gráficas que ilustran resultados de las pruebas de múltiples medios según uno o más aspectos de la divulgación.

### Descripción detallada

Aspectos de la divulgación se dirigen a sistemas de tratamiento de aguas residuales que utilizan un lecho filtrante estratificado de múltiples medios. "Aguas residuales", tal como se usa en el presente documento, definen cualquier tipo de aguas residuales que van a tratarse tal como aguas superficiales, aguas subterráneas y una corriente de aguas residuales procedentes de fuentes industriales y municipales que tienen contaminantes tales como aceite y/o sólidos en suspensión. Los procedimientos dados a conocer en el presente documento para tratar las aguas residuales incluyen técnicas de coalescencia, separación y filtración. Por ejemplo, los líquidos acuosos pueden comprender sólidos en suspensión o líquidos que pueden tratarse mediante uno o más procedimientos de filtración, coalescencia y separación. Uno o más de estos procedimientos pueden incluir hacer que el líquido entre en contacto con medios filtrantes. En determinados casos, hacer que el líquido entre en contacto con medios filtrantes puede producirse haciendo pasar el líquido a través de un lecho estratificado de múltiples medios relleno con uno o más tipos de medios filtrantes. El lecho estratificado de múltiples medios puede proporcionar una alta capacidad de aceite y mejorar la calidad del efluente. Además, los medios filtrantes pueden ser capaces de retrolavarse sin tener que retirar los medios del recipiente.

Según al menos una realización, se proporciona un aparato de medios filtrantes que comprende un recipiente que contiene un lecho estratificado de múltiples medios que comprende una primera capa de medios y una segunda capa de medios situadas dentro del recipiente. Según algunas realizaciones, la segunda capa de medios filtrantes puede situarse por debajo de la primera capa de medios. Según una realización, la primera capa de medios puede comprender medios de material compuesto, tal como se explica adicionalmente a continuación, y la segunda capa de medios puede comprender cáscaras de nuez, también explicado a continuación. Los medios de material compuesto pueden comprender unas partículas o pastillas que pueden recoger aproximadamente 3 a aproximadamente 5 veces más de aceite que las cáscaras de nuez solas, pero debido al tamaño de las partículas o pastillas, también pueden permitir que escapen algunos sólidos en suspensión, tales como pequeños sólidos en suspensión. Pueden usarse cáscaras de nuez como medios de filtración para adsorber aceite y filtrar sólidos suspendidos. Por tanto, las cáscaras de nuez pueden usarse en combinación con los medios de material compuesto para filtrar al menos una parte de los sólidos en suspensión no capturados por los medios de material compuesto. Además, el lecho estratificado de múltiples medios puede ser más eficaz retirando hidrocarburos y sólidos en suspensión de una corriente de alimentación que los lechos de medios filtrantes que sólo contienen un único tipo de medios filtrantes.

Los aspectos dados a conocer en el presente documento según la presente invención, no se limitan en su aplicación a los detalles de construcción y la disposición de los componentes explicados en la siguiente descripción o ilustrados en los dibujos adjuntos. Estos aspectos pueden asumir otras realizaciones y pueden realizarse o llevarse a cabo de diversas maneras. En el presente documento se proporcionan ejemplos de implementaciones específicas sólo por motivos ilustrativos y no se pretende que sean limitativos. En particular, rasgos, componentes, características y elementos explicados en conexión con una cualquiera o más realizaciones, no se pretende que se excluyan de tener un papel similar en otras realizaciones.

Además, la fraseología y terminología usadas en el presente documento son por motivos de descripción y no han de considerarse como limitativas. Cualquier referencia a ejemplos, realizaciones, componentes, elementos o acciones de los sistemas y métodos en el presente documento referidos en singular también pueden englobar realizaciones que incluyen una pluralidad, y cualquier referencia en plural a cualquier realización, componente, elemento o rasgo en el presente documento también puede englobar realizaciones que incluyen sólo una singularidad. No se pretende que las referencias en forma singular o plural limiten los sistemas o métodos dados a conocer en el documento, sus componentes, rasgos o elementos. El uso en el presente documento de "que incluye", "que comprende", "que tiene", "que contiene", "que implica" y variaciones de los mismos, se pretende que abarquen los elementos enumerados anteriormente y equivalentes de los mismos, así como elementos adicionales. Referencias a "o" pueden construirse como inclusivas de modo que cualquier término descrito usando "o" puede indicar cualquiera de un único, más de uno y todos de los términos descritos. Además, en el caso de usos inconsistentes de términos entre este documento y documentos incorporados en el presente documento por referencia, la utilización de términos en la referencia incorporada es suplementaria a la de este documento; para inconsistencias irreconciliables, la utilización de términos en este documento prevalece. Además, pueden usarse títulos o subtítulos en la memoria descriptiva para la conveniencia de un lector, lo que no tendrá influencia en el alcance de la presente invención.

Los medios filtrantes, también denominados simplemente “medios”, pueden ser útiles para una variedad de técnicas y aplicaciones de procesamiento, incluyendo filtrar, coalescer, separar, aumentar el tiempo de residencia de un líquido en un recipiente que contiene los medios, y funcionar como un adsorbente o absorbente. Por ejemplo, pueden usarse medios filtrantes para separar líquidos de gases, líquidos de otros líquidos y separar sólidos en suspensión, coloides y materia particulada de una corriente de fluido. Además, pueden usarse medios filtrantes para coalescer gotas más pequeñas de uno o más componentes en un líquido en gotas más grandes. Por ejemplo, pueden usarse filtros de medios para la retirada de sólidos en suspensión y el aceite libre de una o más disoluciones.

Pueden usarse filtros de medios en refinerías de petróleo y pozos de petróleo, plantas petroquímicas, plantas químicas, plantas de procesamiento de gas natural y otros procesos industriales por objetivos de separación de aceite y agua. Las técnicas de separación en estos procesos industriales pueden categorizarse en fases primaria, secundaria y terciaria. 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 retirar el aceite libre desde niveles iniciales que oscilan desde aproximadamente 20 ppm hasta aproximadamente 100 ppm a niveles que están por debajo de aproximadamente 10 ppm. Ejemplos no limitativos de técnicas de separación incluyen separadores API y clarificadores por gravedad, dispositivos de coalescencia y flotación, dispositivos de flotación API, dispositivos de flotación por aire disuelto (DAF), dispositivos de flotación por gas disuelto (DGF), dispositivos de flotación compacta, hidrociclones y filtros de lecho de medios. Existe una demanda actual de filtros de medios en plataformas petrolíferas (también denominadas “marinas”) con el fin de cumplir con los requisitos reglamentarios sobre descarga de aguas residuales. El impacto medioambiental y peso del equipo son factores críticos en la determinación de qué equipo se usará en plataformas petrolíferas marinas. En consecuencia, un lecho de medios que es más eficiente en la retirada de aceite del agua que el que está disponible actualmente puede permitir reducir enormemente el tamaño y peso del equipo. En determinados casos, el lecho de medios puede ubicarse aguas abajo de los tratamientos primario y/o secundario. Según diversos aspectos, se proporciona un lecho estratificado de múltiples medios que puede tomar agua de una etapa de separación primaria, tal como un hidrociclón o dispositivo de flotación API, y tratarla para cumplir los requisitos de agua terciarios. Por ejemplo, los sistemas y métodos dados a conocer en el presente documento pueden reducir la concentración de hidrocarburos en el efluente para que sea menor de 10 ppm, y en determinados casos menor de 5 ppm, lo que elimina uno o más de los tratamientos secundario y/o terciario. Esta capacidad disminuye los costes de inversión y reduce el impacto de la operación de procesamiento.

Según una o más realizaciones, los sistemas y métodos descritos en el presente documento se refieren a un sistema y método para tratar una corriente de alimentación. Según determinados aspectos, la corriente de alimentación puede comprender uno o más componentes. En determinados casos, la corriente de alimentación puede comprender uno o más componentes que están en la misma fase, por ejemplo, uno o más líquidos. En otros casos, 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 determinadas aplicaciones, la corriente de alimentación puede comprender uno o más sólidos en suspensión, coloides y materia particulada. Según diversos aspectos, la corriente de alimentación puede comprender un líquido de base acuosa. En determinados aspectos, la corriente de alimentación puede comprender un(os) líquido(s) de hidrocarburo que también se denominan hidrocarburos en el presente documento, y un líquido de base acuosa. La corriente de alimentación puede incluir además sólidos en suspensión. En determinados aspectos, el sistema puede recibir una o más corrientes de alimentación de fuentes industriales. Por ejemplo, la corriente de alimentación puede originarse en refinerías de petróleo, pozos de petróleo, plantas petroquímicas, plantas químicas, plantas de procesamiento de gas natural y otros procesos industriales.

En determinadas realizaciones, el sistema puede recibir una o más corrientes de alimentación que comprenden hidrocarburos y un líquido de base acuosa. Según una realización adicional, la corriente de alimentación también puede comprender sólidos en suspensión. Tal como se usa en el presente documento, el término “hidrocarburo” se refiere a material orgánico con estructuras moleculares que contienen carbono enlazado a hidrógeno. Los hidrocarburos también pueden incluir otros elementos, tales como, pero no limitados a, al menos uno de halógenos, elementos metálicos, nitrógeno, oxígeno y azufre. Tal como se usa en el presente documento, el término “líquido de hidrocarburo” o simplemente “hidrocarburos” se refiere a un fluido de hidrocarburo en fase líquida o a una mezcla de fluidos de hidrocarburo en fase líquida. El líquido de hidrocarburo puede comprender sustancias adicionales, por ejemplo, partículas sólidas. Los ejemplos no limitativos de líquidos de hidrocarburos pueden incluir, por ejemplo, petróleo crudo, gas natural, petróleo de esquisto, aceite producido por pirólisis y cualquier combinación de los mismos. Tal como se usa 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 en suspensión, líquidos, gases o cualquier combinación de las mismas. Los métodos y sistemas descritos en el presente documento pueden referirse a una corriente de alimentación que comprende hidrocarburos, sólidos en suspensión y un líquido de base acuosa, pero no deben limitarse a los mismos. Por ejemplo, puede ser posible tratar uno o más tipos distintos de líquidos según los métodos y sistemas descritos en el presente documento.

En determinadas realizaciones, la corriente de alimentación puede introducirse en un recipiente. Por ejemplo, la corriente de alimentación puede introducirse en una entrada del recipiente, también denominada en el presente documento como una entrada de corriente de alimentación, que puede situarse en la parte superior del recipiente, la parte inferior del recipiente o cualquier parte entremedias que sea adecuada para conseguir los métodos y sistemas descritos en el presente documento. Tal como se usa en el presente documento, el término "recipiente" se refiere ampliamente a cualquier estructura adecuada para contener uno o más componentes de 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 con presión. En determinadas aplicaciones, el recipiente puede construirse para proporcionar un entorno anaeróbico o aeróbico para los componentes. El recipiente puede dimensionarse y conformarse según una aplicación deseada y un volumen de alimentación que va a tratarse para proporcionar al menos uno de una producción deseada y un periodo de funcionamiento deseado antes de que se inicie un retrolavado. El recipiente también puede comprender una salida de filtrado, en la que el efluente, denominado de otra manera en el presente documento como una corriente tratada, puede salir del recipiente.

El recipiente puede tener un lecho para alojar uno o más tipos de medios filtrantes a una profundidad deseada basándose en el volumen deseado de alimentación que va a tratarse y el tipo de medios filtrantes seleccionados para la aplicación particular. Por consiguiente, el recipiente puede tener cualquier profundidad de lecho de medios que sea adecuada para los objetivos de los métodos y sistemas descritos en el presente documento. El recipiente puede construirse de cualquier material adecuado para los objetivos de los métodos y sistemas descritos en el presente documento. Los ejemplos no limitativos 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 tiene 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 determinadas realizaciones, el recipiente puede tener una forma cilíndrica que tiene una pared lateral continua, situada entre las paredes primera y segunda. En determinadas realizaciones distintas, el recipiente puede estar cerrado en el que una o más paredes laterales se extienden entre una primera pared y una segunda pared.

Según determinadas realizaciones, el recipiente puede contener uno o más tipos de medios filtrantes. En determinadas realizaciones, los medios filtrantes pueden comprender una pluralidad de partículas o pastillas que pueden potenciar el tratamiento de una corriente de alimentación en comparación con un procedimiento que no trata la corriente de alimentación con los medios filtrantes. Según algunas realizaciones, el recipiente puede incluir múltiples capas de medios. Por ejemplo, el recipiente puede comprender una primera capa de medios filtrantes y una segunda capa de medios filtrantes. En algunas realizaciones, la segunda capa de medios filtrantes se sitúa por debajo de la primera capa de medios filtrantes. A continuación, se explican adicionalmente ejemplos de medios adecuados para los sistemas y métodos dados a conocer en el presente documento. Según al menos una realización, la primera capa de medios filtrantes tiene un peso específico con un valor que es menor que el valor de peso específico de la segunda capa de medios filtrantes. Los medios pueden estar comprendidos por cualquier tamaño y forma de partícula, incluyendo partículas con forma irregular. Puede usarse cualquier medio filtrante siempre que sea adecuado para al menos uno de (1) coalescer al menos un líquido de hidrocarburo y (2) filtrar al menos una corriente que comprende un líquido de hidrocarburo, sólidos en suspensión y un líquido acuoso. Dos ejemplos de medios filtrantes adecuados para los métodos y sistemas descritos en el presente documento pueden ser medios de material compuesto y cáscaras de nuez. Según diversas realizaciones, los medios pueden retrolavarse. En determinadas realizaciones, los medios pueden fluidificarse. Según diversos aspectos, los medios presentan al menos una de propiedades de adsorción y absorción hacia al menos uno de hidrocarburos, sólidos en suspensión y líquidos de base acuosa.

Las capas de medios filtrantes pueden situarse en el recipiente en profundidades preseleccionadas y pueden rellenar el volumen entero del recipiente o pueden contenerse en una parte particular del recipiente. Por ejemplo, en determinados casos una parte del volumen del recipiente adyacente a una o más paredes puede estar libre de medios. Los medios filtrantes pueden estar contenidos dentro del recipiente mediante uno o más divisores, tales como cedazos o placas perforadas, que pueden retener los medios filtrantes en una ubicación deseada dentro del recipiente a la vez que permiten que uno o más líquidos fluyan a través de los medios en el recipiente.

#### Medios de material compuesto

Según algunas realizaciones, el recipiente puede contener al menos una capa de medios, por ejemplo, medios filtrantes que son unos medios de material compuesto. Tal como se usa en el presente documento, los términos "material compuesto de medios" y "medios de material compuesto" se usan de manera intercambiable y se refieren a una combinación de dos o más materiales diferentes. En cada una de las partículas o pastillas en la pluralidad de partículas o pastillas de los medios filtrantes, se dan a conocer ejemplos adecuados de medios de material compuesto en las solicitudes estadounidenses n.ºs 13/410.420 y 14/305.724. En al menos una realización, los medios de material compuesto comprenden una pluralidad de partículas o pastillas, comprendiendo cada partícula o pastilla una mezcla de un material a base de celulosa y un polímero. Por ejemplo, los medios de material compuesto pueden comprender una mezcla heterogénea de un material a base de celulosa y un polímero. La mezcla heterogénea puede comprender los ingredientes o constituyentes de modo que los componentes no se distribuyen

de manera uniforme a través de la mezcla. Tal como se usa en el presente documento, el término “mezcla heterogénea” se refiere a un material compuesto de dos o más ingredientes o constituyentes distintos. Según un ejemplo, los medios de material compuesto pueden comprender una mezcla homogénea de un material a base de celulosa y un polímero. En una realización, los medios de material compuesto pueden comprender el material a base de celulosa y el polímero de modo que los dos materiales se fijan entre ellos pero no están mezclados entre sí. Tal como se usa en el presente documento, el término “mezcla homogénea” se refiere a un material compuesto que es un material compuesto en una única fase de dos o más compuestos que se distribuyen en una razón uniforme o en una razón sustancialmente uniforme a través de la mezcla de modo que cualquier parte del material compuesto presenta la misma razón de los dos o más compuestos.

Las partículas de los medios de material compuesto pueden tener una apariencia ligeramente irregular o moteada debido a la combinación (heterogénea u homogénea) de dos o más componentes. Según algunos ejemplos, los dos o más materiales diferentes de los medios de material compuesto forman una matriz entre sí de modo que los dos o más materiales se entremezclan. Por ejemplo, las partículas de medios de material compuesto pueden ser porosas. Los poros se forman durante la fabricación de los medios de material compuesto y pueden estar presentes entre elementos del mismo componente y mezclas de elementos de dos o más materiales diferentes. Según al menos una realización, las partículas de medios de material compuesto pueden ser porosas. Tal 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 razón de área vacía con respecto a área superficial total.

Según determinados aspectos, las partículas de los medios de material compuesto se preparan combinando y mezclando dos componentes, por ejemplo, el material a base de celulosa y el polímero, en una determinada razón y después extruyendo el material a través de una extrusora. El material mezclado se corta entonces en partículas individuales, cuya forma y tamaño se explica adicionalmente a continuación. Por ejemplo, las partículas pueden ser pastillas.

Según al menos un aspecto, los medios de material compuesto comprenden una pluralidad de partículas conformadas uniformemente. Tal como se usa en el presente documento, el término “partículas conformadas uniformemente” se refiere a partículas de exactamente la misma forma y tamaño, y sustancialmente la partícula con la misma forma y tamaño a la vez que se tolera algún grado de diferencia en forma atribuible a, por ejemplo, un error de fabricación. Las formas adecuadas para las partículas de los medios de material compuesto pueden incluir esferas y cilindros. Por ejemplo, los medios de material compuesto pueden comprender una pluralidad de cilindros conformados uniformemente o formas similares a cilindros. Los medios de material compuesto pueden ser de cualquier forma que permita huecos en el área intersticial entre las partículas, y en este caso pueden denominarse pastillas. En determinadas realizaciones, los medios de material compuesto pueden comprender una pluralidad de partículas conformadas irregularmente. Según al menos algunas realizaciones, cada partícula está compuesta por una mezcla homogénea o heterogénea de un material a base de celulosa y un polímero.

Según las reivindicaciones, la partícula de medios de material compuesto es una pastilla. Las pastillas de medios de material compuesto pueden tener un diámetro en un intervalo de desde aproximadamente 2 mm hasta aproximadamente 10 mm y una altura de desde aproximadamente 1 mm hasta aproximadamente 5 mm. Por ejemplo, la pastilla puede tener un diámetro de aproximadamente 4 mm y una altura de aproximadamente 2 mm. En otro ejemplo, la pastilla tiene un diámetro de aproximadamente 4 mm y una altura de aproximadamente 3,5 mm. Según algunas realizaciones, las pastillas pueden ser esféricas en forma. Según las reivindicaciones, los medios de material compuesto tienen un tamaño en un intervalo de desde 4,00 mm hasta 2,00 mm (desde aproximadamente 5 hasta aproximadamente 10 de malla).

Tal como se usa en el presente documento, el término “material a base de celulosa” se refiere a cualquier material, producto o composición que contiene celulosa. Los ejemplos no limitativos pueden incluir madera procedente de árboles caducifolios y perennifolios, incluyendo polvo de madera, pasta de madera, partículas de madera, fibras de madera, serrín, escamas de madera, astillas de madera y cualquier otro producto de madera o producto a base de celulosa adecuado para los métodos y sistemas dados a conocer en el presente documento, tal como, coco, bagazo, turba, residuos de fábrica de pasta de papel, tallos de maíz y cualquier combinación de los mismos. Los medios pueden comprender cualquier madera adecuada para los objetivos de los métodos y sistemas descritos en el presente documento. En determinados casos, el material a base de celulosa puede ser madera de pino. En otros casos, el material a base de celulosa puede ser madera de arce. Otros ejemplos no limitativos de madera incluyen picea, cedro, abeto, alerce, abeto de Douglas, tsuga de Canadá, ciprés, secuoya, tejo, roble, fresno, olmo, álamo temblón, chopo, abedul, arce, teca, nogal, balsa, haya, boj, palo Brasil, nogal blanco americano, cerezo, tilo, chopo negro norteamericano, cornejo, almez, caria, caoba, bambú y sauce. Además, según determinados aspectos, el material a base de celulosa puede incluir más de un tipo de madera. Por ejemplo, el componente a base de celulosa puede incluir dos o más especies de madera dura, ejemplos no limitativos de las cuales incluyen caria, arce, roble, haya, abedul, fresno, nogal, cerezo, sicómoro, chopo, chopo negro norteamericano, tilo y álamo temblón.

Los ejemplos no limitativos de polímeros adecuados para los medios de material compuesto descritos en este caso incluyen poliolefinas, incluyendo polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno (PE), polipropileno (PP), PVC, copolímeros de etileno-propileno, fluoropolímeros, incluyendo Teflón® y cualquier combinación de los mismos. En

determinados casos, el polímero es HDPE. Según otros aspectos, el polímero puede incluir un material de espuma polimérica. La espuma polimérica puede incluir una o más partes que son porosas o la espuma polimérica puede ser completamente porosa. Las espumas poliméricas pueden formarse mediante la expansión controlada de gas durante el proceso de polimerización. El tamaño y la forma de los poros dentro de la espuma polimérica puede ser de cualquier tamaño o forma adecuados para permitir que los medios de material compuesto realicen las diversas funciones dadas a conocer en el presente documento. Según diversas realizaciones, los medios de material compuesto pueden comprender una concentración de polímero que es de desde aproximadamente el 20% hasta aproximadamente el 80% en peso.

Según determinados aspectos, los medios de material compuesto comprenden una concentración de material a base de celulosa de al menos aproximadamente el 30%, pero también puede ser de al menos aproximadamente el 40%, el 45% y el 50%. La concentración de material a base de celulosa puede ser cualquier porcentaje entre aproximadamente el 20% y aproximadamente el 80%, o cualquier intervalo de porcentajes en entre estos porcentajes. Por ejemplo, los medios de material compuesto comprenden una concentración de madera de arce de aproximadamente el 50% en peso. Según otro ejemplo, los medios de material compuesto comprenden una concentración de madera de pino de aproximadamente el 70% en peso. Según aún otro ejemplo, la concentración de madera de pino es de aproximadamente el 30%.

Los ejemplos específicos de composiciones de medios de material compuesto que pueden usarse para los sistemas y métodos dados a conocer en el presente documento incluyen (1) el 45% de HDPE y el 55% de roble, que es según las reivindicaciones, (2) el 70% de HDPE y el 30% de pino, y (3) el 70% de HDPE y el 30% de madera de arce.

Los medios de material compuesto también pueden comprender componentes adicionales, incluyendo componentes químicos. Los ejemplos no limitativos de componentes que pueden ser adecuados para incluirse en los medios de material compuesto incluyen coagulantes y floculantes.

Según al menos una realización, los medios de material compuesto pueden incluir además un material aditivo que funciona para aumentar el peso específico de los medios de material compuesto. Los ejemplos no limitativos de materiales aditivos adecuados incluyen tierra de diatomeas, sílice, bentonita y carbonato de calcio. 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 de los medios de material compuesto siempre que el material no sea incompatible con los otros componentes de los medios de material compuesto. Por ejemplo, no pueden usarse materiales aditivos que disuelven el componente de polímero. Según algunas realizaciones, pueden usarse múltiples capas de medios de material compuesto en el recipiente, donde cada capa se separa basándose en el peso específico y/o densidad y/o tamaño de la capa de medios de material compuesto. Por ejemplo, una primera capa de medios de material compuesto puede contener medios filtrantes que tienen un peso específico que es menor que el peso específico de los medios filtrantes en una segunda capa de medios de material compuesto situada por debajo de la primera capa de medios de material compuesto. Según un ejemplo adicional, la primera capa de medios de material compuesto también puede dimensionarse para ser más grande que la segunda capa de medios de material compuesto. Además, la primera capa de medios de material compuesto puede ser menos densa y/o tener un peso específico menor que los medios de material compuesto de la segunda capa inferior.

Según algunas realizaciones, los medios de material compuesto pueden tener un peso específico con un valor menor de aproximadamente 1,1. Por ejemplo, el peso específico de los medios de material compuesto puede estar en un intervalo de desde aproximadamente 0,7 hasta aproximadamente 0,9. Según algunas realizaciones, los medios de material compuesto pueden tener una densidad de menos de aproximadamente 0,6 kg/m<sup>3</sup>. Por ejemplo, los medios de material compuesto pueden tener una densidad de aproximadamente 0,4 kg/m<sup>3</sup>. En casos en los que se usan los medios de material compuesto con cáscaras de nuez, los medios de material compuesto pueden tener un peso específico que es menor que el de las cáscaras de nuez, y también pueden tener una densidad menor que las cáscaras de nuez.

#### Medios de cáscaras de nuez

Según algunas realizaciones, unos medios filtrantes adecuados para su uso en los sistemas y métodos dados a conocer en el presente documento incluyen medios filtrantes de cáscaras de nuez, tales como medios compuestos por cáscaras de nuez común y cáscaras de nuez negra. Por ejemplo, las cáscaras de nuez negra y las cáscaras de nuez común pueden usarse para coalescer y filtrar aguas residuales que contienen aceite, tal como se da a conocer en las solicitudes estadounidenses n.ºs 13/119.497 y 13/120.501. Pueden usarse cáscaras de nuez en un dispositivo de filtro en el que se introduce agua que contiene aceite en un flujo hacia abajo a través de un lecho de cáscaras de nuez, en el que se adsorbe aceite y se filtran sólidos en suspensión. Las cáscaras de nuez tienen la misma afinidad por el aceite que por el agua, lo que hace posible que se capture el aceite en la superficie de las cáscaras de nuez y después se limpie durante un ciclo de retrolavado, permitiendo de ese modo que las cáscaras de nuez se reutilicen.

Aunque los ejemplos en el presente documento incluyen cáscaras de nuez como un ejemplo de medios filtrantes, también pueden usarse otros tipos de medios filtrantes en vez de o en combinación con los medios de cáscaras de nuez. Los ejemplos no limitativos incluyen otros tipos de cáscaras de frutos secos, tales como cáscaras de nueces

pecanas, piñas, pistachos, nueces de Brasil, cocos y almendras. Ejemplos no limitativos de otros tipos de medios filtrantes pueden incluir carbono activado, antracita, arena, tierra de diatomeas, carbón y otros materiales celulósicos, tal como se explicó anteriormente.

5 Las cáscaras de nuez tienen un tamaño en un intervalo de desde 1,68 mm hasta 1,00 mm (de aproximadamente 12 a aproximadamente 16 de malla).

Según algunas realizaciones, los medios de cáscaras de nuez pueden tener un peso específico mayor de aproximadamente 1,2. Por ejemplo, los medios de cáscaras de nuez pueden tener un peso específico con un valor en un intervalo de desde aproximadamente 1,2 hasta aproximadamente 1,4.

Según algunas realizaciones, los medios de cáscaras de nuez pueden tener una densidad mayor de aproximadamente 300 kg/m<sup>3</sup>. Por ejemplo, los medios de cáscaras de nuez pueden tener una densidad en un intervalo de desde aproximadamente 300 hasta aproximadamente 1200 kg/m<sup>3</sup>.

15 Aparato de filtro

Según al menos una realización, un sistema para tratar una corriente de alimentación que comprende hidrocarburos, sólidos en suspensión y un líquido de base acuosa se ilustra mediante los aparatos de medios filtrantes, indicado generalmente como 100, en la figura 1. El aparato 100 de medios filtrantes incluye un recipiente 102, tal como se explicó y describió anteriormente, que comprende una entrada 118 de corriente de alimentación en comunicación o que puede presentar conexión de fluido con la corriente de alimentación, tal como se explicó anteriormente. El recipiente también puede comprender una salida 122 de corriente tratada o de filtrado en comunicación o que puede presentar conexión de fluido con una corriente tratada. Tal como se usa en el presente documento, el término “que puede presentar conexión de fluido” se refiere a la capacidad para que el fluido fluya desde un elemento hasta otro elemento. Puede haber numerosos componentes, tales como tuberías, válvulas, bombas, dispositivos de medición, etc. interpuestos entre tales elementos, que no se reivindican necesariamente como parte de esta divulgación y que son simplemente parte de la conexión de fluido o potencial conexión de fluido. El aparato 100 de medios filtrantes también puede incluir un lecho 104 estratificado de múltiples medios que incluye dos o más capas de medios filtrantes. Por ejemplo, una primera capa 106 de medios filtrantes puede situarse dentro del recipiente 102 entre la entrada 118 de corriente de alimentación y la salida 122 de corriente tratada, y una segunda capa 108 de medios filtrantes puede situarse dentro del recipiente por debajo de la primera capa 106 de medios filtrantes y entre la entrada 118 de corriente de alimentación y la salida 122 de corriente tratada. En las figuras se representan los medios filtrantes como partículas esféricas uniformes, sin embargo, se entiende que los medios filtrantes pueden estar comprendidos por cualquier tamaño y forma de partícula, incluyendo partículas conformadas irregularmente. Además, los medios filtrantes en las figuras se representan como que rellenan sólo una parte de la capa designada, tal como la primera capa 106 y la segunda capa 108, pero se entiende que los medios filtrantes pueden comprender toda la capa.

Según algunas realizaciones, la primera capa 106 de medios filtrantes puede tener un peso específico con un valor que es menor que el valor de un peso específico de la segunda capa 108 de medios filtrantes. Por ejemplo, la primera capa 106 de medios filtrantes puede comprender medios de material compuesto, tal como las pastillas de medios de material compuesto explicadas y descritas anteriormente, y la segunda capa de medios filtrantes puede comprender cáscaras de nuez.

Según algunas realizaciones, y en referencia a la figura 2, una primera capa 106A de medios filtrantes y una segunda capa 106B de medios filtrantes situada por debajo de la primera capa 106A pueden comprender, cada una, medios de material compuesto. Por ejemplo, los medios de material compuesto de la primera capa 106A pueden tener un peso específico que es menor que el de los medios de material compuesto de la segunda capa. Esto puede conseguirse usando medios de material compuesto en la segunda capa 106B que incluyen un aditivo, tal como tierra de diatomeas, que aumenta el peso específico de los medios filtrantes.

Según algunas realizaciones, los volúmenes de los medios filtrantes de cada una de la primera capa 106 de medios y la segunda capa 108 de medios pueden ser sustancialmente los mismos. Tal como se usa en el presente documento, el término “volumen” se refiere a la cantidad de espacio ocupado por los medios filtrantes en su capa respectiva, incluyendo el espacio intersticial. Según otras realizaciones, los volúmenes de la primera capa de medios filtrantes 104 y la segunda capa 108 de medios filtrantes pueden ser diferentes. Por ejemplo, el volumen de la primera capa 106 de medios filtrantes puede ser al menos aproximadamente dos veces el volumen de la segunda capa 108 de medios filtrantes. Según otras realizaciones, el volumen de la primera capa 106 de medios filtrantes puede ser de aproximadamente 2 a aproximadamente 10 veces el volumen de la segunda capa 108 de medios filtrantes. Por ejemplo, el volumen de la primera capa de medios filtrantes puede ser de al menos aproximadamente 3 veces, al menos aproximadamente 4 veces, al menos aproximadamente 5 veces, o al menos aproximadamente 6 veces el volumen de la segunda capa 108 de medios filtrantes. Según una realización, el volumen de la primera capa 106 de medios filtrantes es de al menos aproximadamente 6 veces el volumen de la segunda capa 108 de medios filtrantes.

Según una realización diferente, el volumen de la segunda capa 108 de medios filtrantes es de aproximadamente 2 a aproximadamente 10 veces el volumen de la primera capa 106 de medios filtrantes. Las proporciones de cada tipo de medios filtrantes que comprenden el lecho 104 filtrante estratificado de múltiples medios puede ser de cualquier valor que sea adecuado para los objetivos para realizar al menos uno de una función de filtración y coalescencia tal como se describe en los métodos y sistemas dados a conocer en el presente documento. La proporción de cada tipo de medios filtrantes también puede elegirse para proporcionar una determinada capacidad de procedimiento, por ejemplo, fijando un tiempo de procesamiento de filtración deseado antes de que el retrolavado sea necesario.

Según determinadas realizaciones, el lecho 104 filtrante estratificado de múltiples medios funciona tanto para coalescer como para filtrar hidrocarburos y sólidos en suspensión de la corriente de alimentación. Por ejemplo, tal como se usa en el presente documento, "coalescer" se refiere ampliamente a la combinación y/o unificación de una o más gotas más pequeñas de un líquido u otra fase para formar al menos una de una gota, una fase y una capa más grandes. Por ejemplo, en determinados aspectos, la coalescencia puede aumentar el tamaño de gota de un líquido de hidrocarburo desde un diámetro de menos de aproximadamente 20 micras hasta un tamaño que es mayor de aproximadamente 20 micras. En otros aspectos determinados, la coalescencia puede aumentar el tamaño de gota de un líquido de hidrocarburo desde un diámetro de menos de aproximadamente 20 micras hasta un tamaño que es mayor de aproximadamente 50 micras. En algunos aspectos, la coalescencia puede producir un tamaño de gota de un líquido de hidrocarburo que es mayor de aproximadamente 50 micras. En algunos aspectos, la coalescencia puede producir un tamaño de gota de un líquido de hidrocarburo que puede ser mayor de aproximadamente 100 micras. Tal 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 micras en diámetro. En al menos un aspecto, una corriente coalescida puede referirse a un líquido en el que las gotas de líquido de hidrocarburo son de al menos aproximadamente 20 micras en diámetro. En algunos aspectos, la corriente coalescida puede referirse a un líquido en el que las gotas de líquido de hidrocarburo son de al menos aproximadamente 20 micras en diámetro, al menos aproximadamente 30 micras en diámetro, al menos aproximadamente 30 micras en diámetro, al menos aproximadamente 100 micras en diámetro y cualquier combinación de las mismas. Según diversas realizaciones, al menos una capa del lecho estratificado de múltiples medios puede configurarse para producir una corriente coalescida. Por ejemplo, una capa de medios de material compuesto puede coalescer la corriente de alimentación para producir una corriente coalescida. Según un aspecto adicional, la corriente coalescida puede hacerse pasar adicionalmente a otra capa de medios filtrantes, en la que se filtra para producir una corriente tratada final.

Según determinadas realizaciones, el lecho 104 filtrante estratificado de múltiples medios también funciona para filtrar hidrocarburos y sólidos en suspensión de la corriente de alimentación. Tal como se usa en el presente documento, los términos "filtrar" y "separar" se refieren ampliamente a cualquier procedimiento usado para separar un constituyente de una sustancia de otros constituyentes de la sustancia. Por ejemplo, filtrar puede referirse a un procedimiento para separar una o más fases entre sí. En determinados aspectos, la filtración puede separar dos fases líquidas. En otros aspectos, la filtración puede separar un sólido de una fase líquida. En al menos una realización, filtrar se refiere a un procedimiento para separar al menos uno de hidrocarburos y sólidos en suspensión de un líquido de base acuosa.

Según determinadas realizaciones, al menos uno de coalescer y filtrar puede realizarse mediante cada capa del lecho 104 estratificado de múltiples medios. Por ejemplo, la primera capa 106 de medios filtrantes puede funcionar para coalescer la corriente de alimentación, y la segunda capa 108 de medios filtrantes puede funcionar para filtrar la corriente de alimentación. Por ejemplo, la primera capa 106 de medios filtrantes puede comprender medios de material compuesto que funcionan para coalescer la corriente de alimentación, y la segunda capa 108 de medios filtrantes puede comprender cáscaras de nuez que funcionan para filtrar la corriente de alimentación. Según otras realizaciones, cualquiera de la primera capa 106 de medios filtrantes o la segunda capa 108 de medios filtrantes puede funcionar para tanto coalescer como filtrar al menos una parte de la corriente de alimentación. Por ejemplo, una primera capa de pastillas de medios de material compuesto puede tanto coalescer como filtrar la corriente de alimentación, y la segunda capa de cáscaras de nuez puede filtrar la corriente de alimentación.

Según diversas realizaciones, la corriente de alimentación puede tener una concentración de hidrocarburos de desde aproximadamente cero hasta aproximadamente 1000 mg/l. Por ejemplo, la corriente de alimentación puede tener una concentración de hidrocarburos de desde aproximadamente 100 hasta aproximadamente 1000 mg/l. Según otras realizaciones, la corriente de alimentación puede tener una concentración de hidrocarburos de desde aproximadamente 250 hasta aproximadamente 1000 mg/l. Según aún otras realizaciones, la corriente de alimentación puede tener una concentración de hidrocarburos de desde aproximadamente 500 hasta aproximadamente 1000 mg/l. Además, la corriente de alimentación puede tener una concentración de sólidos en suspensión totales (TSS), también denominada en el presente documento como simplemente "sólidos en suspensión" de desde aproximadamente cero hasta aproximadamente 5 mg/l. Según algunas realizaciones, la corriente de alimentación puede tener una concentración de TSS de desde aproximadamente cero hasta aproximadamente 10 mg/l. Según otras realizaciones, la corriente de alimentación puede tener una concentración de TSS de desde aproximadamente cero hasta aproximadamente 20 mg/l. Según aún otras realizaciones, la corriente de alimentación puede tener una concentración de TSS de desde aproximadamente cero hasta aproximadamente 30 mg/l. Según otras realizaciones la corriente de alimentación puede tener una concentración de TSS que es mayor

de 30 mg/l. Los sistemas y métodos de la presente divulgación pueden proveer consecuentemente una corriente tratada que tiene una concentración de sólidos en suspensión de menos de aproximadamente 5 mg/l basándose en una corriente de alimentación que tiene una concentración variable de sólidos en suspensión de desde aproximadamente 10 hasta aproximadamente 50 mg/l.

5 Según una o más realizaciones, hacer que la corriente de alimentación entre en contacto con el lecho 104 estratificado de múltiples medios produce una corriente tratada que comprende una concentración objetivo predeterminada de líquido de hidrocarburo. Por ejemplo, hacer que la corriente de alimentación entre en contacto con el lecho estratificado de múltiples medios puede producir una corriente tratada con una concentración de hidrocarburos que es menor que la concentración de hidrocarburos en la corriente de alimentación. En determinadas realizaciones, la concentración de hidrocarburos en la corriente tratada es menor de aproximadamente 30 mg/l. En otras realizaciones, la concentración de hidrocarburos en la corriente tratada es menor de aproximadamente 10 mg/l. En algunas realizaciones, la concentración de hidrocarburos en la corriente tratada es menor de aproximadamente 5 mg/l. La concentración de hidrocarburos en la corriente tratada puede ser cualquier concentración objetivo que cumpla con uno o más requisitos reglamentarios dirigidos hacia concentraciones de descarga. Por ejemplo, la concentración de hidrocarburos puede ser cualquier concentración objetivo entre aproximadamente cero mg/l y aproximadamente 200 mg/l o cualquier intervalo de concentraciones entre esos valores objetivo.

20 Según algunas realizaciones, hacer que la corriente de alimentación entre en contacto con el lecho 104 estratificado de múltiples medios produce una corriente tratada con una concentración de sólidos en suspensión que es menor que la concentración de sólidos en suspensión en la corriente de alimentación. Por ejemplo, la corriente tratada puede tener una concentración de sólidos en suspensión que es menor de aproximadamente 15 mg/l. Según otras realizaciones, la concentración de sólidos en suspensión en la corriente tratada puede ser menor de aproximadamente 10 mg/l. Según algunas realizaciones, la concentración de sólidos en suspensión en la corriente tratada puede ser menor de 5 mg/l. Según una realización adicional, la concentración de sólidos en suspensión en la corriente tratada puede ser de aproximadamente cero mg/l. Según diversos aspectos, la concentración de sólidos en suspensión en la corriente tratada puede ser una función de la distribución de tamaños de partículas, en la que pequeñas partículas sólidas suspendidas, por ejemplo, de menos de 5 micras, son más difíciles de retirar. Además, la concentración deseada de sólidos en suspensión en la corriente tratada puede depender de una aplicación específica, en la que algunas aplicaciones tienen estándares más estrictos que otras aplicaciones. Por ejemplo, algunas aplicaciones pueden requerir que la corriente tratada tenga una concentración de TSS que cumpla las normas gubernamentales, mientras que otras aplicaciones pueden requerir que la concentración de TSS sea menor que normas establecidas por el gobierno.

35 Aunque los ejemplos explicados en este caso incluyen dos capas de medios filtrantes, un experto habitual en la técnica apreciará que pueden usarse más de dos capas de medios filtrantes. Por ejemplo, pueden usarse tres o cuatro capas de medios filtrantes en el recipiente, teniendo cada capa sucesiva desde la parte superior hasta la parte inferior un peso específico con un valor que es mayor que la capa de medios filtrantes por encima.

40 Según diversas realizaciones, la corriente de alimentación puede introducirse en el recipiente con un caudal que está en un intervalo de desde 1514 hasta 9464 litros/minuto por m<sup>2</sup> (de aproximadamente 40 a aproximadamente 250 gpm/ft<sup>2</sup>). Según otras realizaciones, la corriente de alimentación puede introducirse en el recipiente con un caudal que es menor de 1514 litros/minuto por m<sup>2</sup> (aproximadamente 40 gpm/ft<sup>2</sup>). El caudal puede ser cualquier caudal entre 38 y 75710 litros/minuto por m<sup>2</sup> (entre aproximadamente 1 y aproximadamente 2000 gpm/ft<sup>2</sup>), o cualquier intervalo de caudales en entre estos caudales. El caudal puede ser cualquiera que sea adecuado para los objetivos de realizar al menos una de una función de coalescencia y filtración tal como se describe en los métodos y sistemas dados a conocer en el presente documento. Por ejemplo, según algunas realizaciones, el caudal puede ser menor de 757 litros/minuto por m<sup>2</sup> (aproximadamente 20 gpm/ft<sup>2</sup>).

50 Haciendo referencia de nuevo a la figura 1, el aparato 100 de medios filtrantes puede incluir además un tubo 110 de aspiración, tal como se explica con mayor detalle a continuación, que se ubica dentro del recipiente 102 y se sitúa dentro de la primera capa 106 de medios filtrantes y la segunda capa 108 de medios filtrantes. El tubo 110 de aspiración puede tener una forma cilíndrica, pero pueden contemplarse otras formas siempre que el tubo de aspiración proporcione una capacidad de retrolavado adecuada. Cada extremo del tubo 110 de aspiración puede situarse dentro de las capas primera y segunda de medios filtrantes de modo que haya presentes suficientes medios filtrantes en la parte superior y la parte inferior del lecho para rellenar suficientemente el tubo 110 de aspiración tras completar un ciclo de retrolavado. Una zona 128 periférica en el recipiente 102 se denomina generalmente en el presente documento una región delineada por el volumen del lecho 104 estratificado de múltiples medios excluyendo el espacio ocupado por los medios filtrantes en el tubo 110 de aspiración. Una zona 114 de limpieza en la zona 128 periférica puede situarse por encima de una superficie superior del lecho 104 estratificado de múltiples medios, entre la superficie superior de la primera capa 106 de medios y un cedazo 112. El cedazo 112 puede situarse por encima de la zona 114 de limpieza adyacente al extremo superior del recipiente 102 para impedir la pérdida de medios filtrantes durante el retrolavado. La zona 114 de limpieza también está en la zona 128 periférica situada entre una superficie superior del lecho 104 estratificado de múltiples medios y una superficie inferior del cedazo 112. Tal como se explica adicionalmente a continuación, los medios filtrantes que salen del tubo 110 de aspiración durante el procedimiento de retrolavado pueden entrar en la zona 114 de limpieza y pueden mezclarse adicionalmente y liberar

de ese modo aceite y sólidos en suspensión adicionales. La figura 1 muestra un cedazo 112, aunque se entiende que puede usarse cualquier dispositivo o estructura que mantiene los medios filtrantes en el recipiente. Por ejemplo, los medios filtrantes pueden estar retenidos mediante una placa perforada o cilindro así como un cedazo cilíndrico.

5 El aparato 100 de medios filtrantes también puede incluir una entrada 116 de gas en comunicación con el tubo 110 de aspiración y una fuente de gas, tal como se explica adicionalmente a continuación. Una entrada 124 de fluido de retrolavado puede estar situada por debajo de la segunda capa 108 de medios filtrantes y en comunicación con una fuente de fluido de retrolavado. Según algunas realizaciones, la entrada 124 de fluido de retrolavado puede construirse y disponerse para suministrar fluido de retrolavado a la zona 128 periférica adyacente a la parte inferior del recipiente 102. El aparato 100 de medios filtrantes también puede comprender una salida 120 de contaminantes para retirar contaminantes, tales como hidrocarburos y sólidos en suspensión, del recipiente 102 durante el ciclo de retrolavado. Opcionalmente, la zona 128 periférica puede comprender una o más entradas de gas o fluido de retrolavado distintas para ayudar a voltear el lecho, tal como se describe a continuación.

15 Durante la filtración, una corriente de alimentación que comprende hidrocarburos, un líquido de base acuosa, y en determinadas realizaciones, sólidos en suspensión, se dirige hacia la entrada 118 de corriente de alimentación, pasa a través del cedazo 112 y entra en la primera capa 106 de medios filtrantes y se mueve hacia abajo a través de la segunda capa 108 de medios filtrantes y sale del recipiente 102 como una corriente tratada a través de la salida 122 de corriente tratada, donde puede dirigirse a procedimientos de tratamiento adicionales o descargarse. La filtración continúa a través del lecho 104 estratificado de múltiples medios hasta que se desean limpiar los medios filtrantes mediante el retrolavado de los medios filtrantes. Según algunas realizaciones, puede iniciarse el retrolavado cuando la caída de presión a través del lecho 104 estratificado de múltiples medios alcanza un valor predeterminado o cuando el recipiente 102 ha estado en funcionamiento durante una duración predeterminada de tiempo.

#### 25 Tubo de aspiración

Según diversas realizaciones, y haciendo referencia a la figura 1, el recipiente 102 usado para tratar la corriente de alimentación puede ajustarse a un sistema de tubo de aspiración que incluye un tubo 110 de aspiración. El sistema de tubo de aspiración puede comprender uno o más tubos 110 de aspiración y puede construirse y disponerse para retrolavar de manera intermitente las capas de medios proporcionando una velocidad y/o un volumen deseado de fluido de retrolavado para voltear el lecho. Alternativamente, o además, el sistema de tubo de aspiración puede usarse durante un procedimiento de filtración. Tal como se usa en el presente documento, "voltear el lecho" se define como el movimiento de los medios durante el retrolavado en el que medios en o cerca de la parte inferior del recipiente puede moverse parcial o completamente a través del sistema de tubo de aspiración hacia la parte superior del recipiente y volver a la parte inferior del recipiente, o los medios en o cerca de la parte superior del recipiente pueden moverse a través del sistema de tubo de aspiración hacia la parte inferior del recipiente y volver a la parte superior del recipiente. El sistema de tubo de aspiración puede dimensionarse y conformarse para proporcionar al menos uno de un volumen deseado de medios que van a retrolavarse y para funcionar dentro de un periodo de tiempo preseleccionado durante la operación de retrolavado. El sistema de tubo de aspiración puede comprender uno o más tubos 110 de aspiración situados en los medios filtrantes. Tal 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 sitúa en los medios filtrantes, proporciona un paso para el flujo de los medios filtrantes durante el retrolavado.

45 El tubo 110 de aspiración puede construirse de cualquier material adecuado para los objetivos particulares de los métodos y sistemas descritos en el presente documento. Por ejemplo, el tubo 110 de aspiración puede estar realizado del mismo material que el recipiente 102 o puede estar realizado de materiales más ligeros, más pesados, más caros o menos caros. Por ejemplo, el tubo 110 de aspiración puede estar realizado de plásticos, incluyendo plásticos reforzados con fibra de vidrio. El tubo 110 de aspiración puede conformarse previamente para su inserción en el recipiente 102 o fabricarse como parte del recipiente 102. Como tal, el tubo 110 de aspiración puede diseñarse para readaptar los dispositivos de filtración actuales. Según determinados aspectos, el tubo 110 de aspiración puede soportarse sobre la pared exterior del recipiente. Alternativamente, el tubo 110 de aspiración puede soportarse sobre una placa de retención de medios o divisora, tal como un cedazo o una placa perforada, diseñados para retener los medios filtrantes dentro de una región del recipiente a la vez que se permite el flujo de líquido y contaminantes dentro y fuera de los medios filtrantes.

Un tubo 110 de aspiración individual puede dimensionarse y conformarse según al menos uno de una aplicación deseada, un volumen de medios que van a retrolavarse y para funcionar dentro de un periodo de tiempo preseleccionado durante la operación de retrolavado. El tubo 110 de aspiración también puede dimensionarse y conformarse para proporcionar un movimiento o levantamiento adecuados de los medios filtrantes durante la filtración o coalescencia. El tubo 110 de aspiración también puede dimensionarse y conformarse para proporcionar un nivel deseado de agitación dentro del tubo 110 de aspiración para limpiar parcial o completamente los medios filtrantes, liberando de ese modo al menos uno de una parte de hidrocarburos y sólidos en suspensión de los medios filtrantes.

65 El volumen deseado del sistema de tubo de aspiración puede proporcionarse mediante un único tubo de aspiración

o proporcionando 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. En una realización, el tubo de aspiración es un cilindro. Tal como se muestra en la figura 1, el tubo 110 de aspiración puede situarse en los medios filtrantes para envolverse completamente por los medios filtrantes así como para rellenarse completamente con los medios filtrantes. Uno o ambos extremos del tubo 110 de aspiración pueden construirse y disponerse para ayudar con al menos uno del flujo de medios 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 rebajes que forman pasos para permitir que algunos de los medios filtrantes en o cerca del primer extremo del tubo de aspiración entren a través de la pared lateral del tubo de aspiración, tal como se explica en las solicitudes estadounidenses n.ºs 13/119.497 y 13/120.501. Los rebajes que forman los pasos pueden tener cualquier forma para permitir que un volumen suficiente de medios filtrantes entre en el tubo de aspiración. Por ejemplo, los rebajes pueden ser triangulares, cuadrados, semicirculares o tener una forma irregular. Múltiples pasos pueden ser idénticos entre sí y pueden situarse uniformemente alrededor del primer extremo del tubo de aspiración para distribuir de manera equitativa el flujo de medios filtrantes en el tubo de aspiración. El tubo de aspiración también puede estar abierto en la parte inferior, y puede contener o no rebajes adicionales.

El tubo de aspiración o los tubos de aspiración puede(n) situarse en cualquier ubicación adecuada dentro de los medios filtrantes. Por ejemplo, un único tubo de aspiración puede situarse, aunque no es necesario, de manera central en relación con las paredes laterales del recipiente. De manera similar, múltiples tubos de aspiración en un único recipiente pueden situarse de manera aleatoria o situarse con un patrón uniforme en relación con las paredes laterales del recipiente. En determinados casos, un único tubo de aspiración se sitúa en los medios filtrantes en relación con el recipiente de modo que un eje que se extiende desde cada extremo del tubo de aspiración es coaxial con un eje paralelo a la pared lateral del recipiente. Múltiples tubos de aspiración en un único recipiente pueden ser, aunque no es necesario, idénticos en volumen o área de sección transversal. Por ejemplo, un único recipiente puede comprender tubos de aspiración cilíndricos, cónicos y rectangulares de alturas y áreas de sección transversal variables. Por ejemplo, un recipiente puede tener un primer tubo de aspiración situado de manera central que tiene una primera área de sección transversal y una pluralidad de segundos tubos de aspiración situados adyacentes a la pared lateral del recipiente, en 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. Según otro ejemplo, un recipiente tiene una pluralidad de tubos de aspiración idénticos.

Según diversos aspectos, el tubo de aspiración puede incluir un deflector para impedir o reducir el contraflujo 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 situada de manera adecuada en una superficie interior del tubo de aspiración o un cilindro situado en el tubo de aspiración. En una realización, el deflector puede ser un cilindro macizo o hueco situado de manera central dentro del tubo de aspiración.

#### Procedimiento de retrolavado para liberar contaminantes de medios filtrantes

Tras el inicio de un retrolavado, el flujo de la corriente de alimentación a través de la entrada 118 de corriente de alimentación y el flujo de la corriente tratada a través de la salida 122 de corriente tratada se interrumpen. El flujo de gas puede iniciarse a través de la entrada 116 de gas y el flujo de fluido de retrolavado puede iniciarse a través de la entrada 124 de fluido de retrolavado. Según algunas realizaciones, el fluido de retrolavado puede dirigirse a través de la salida 122 de corriente tratada, que puede eliminar una entrada individual para el fluido de retrolavado. El flujo del gas a través de la entrada 116 de gas puede producirse, aunque no es necesario, antes de que se inicie el flujo del fluido de retrolavado. Por ejemplo, el flujo del gas y el fluido de retrolavado pueden comenzar simultáneamente, mientras que según otros ejemplos, el flujo del fluido de retrolavado puede comenzar antes de que se inicie el flujo del gas. Además, el gas y el fluido de retrolavado pueden fluir de manera continua durante el retrolavado. Alternativamente, el flujo de uno o ambos del gas y el fluido de retrolavado puede ser intermitente. En determinados casos, el aire fluye de manera continua a través del tubo 110 de aspiración mientras que el agua se impulsa en la zona 128 periférica. En otros casos determinados, el gas puede suministrarse de manera intermitente al tubo 110 de aspiración mientras que el fluido de retrolavado se suministra de manera continua durante el retrolavado. Otras variaciones y detalles con respecto a un sistema de retrolavado impulsado se describen en las solicitudes estadounidenses n.ºs 13/119.497 y 13/120.501.

Tras la introducción del gas y del fluido de retrolavado, el lecho 104 estratificado de múltiples medios se expande y se mueve en flujos a contracorriente dentro del recipiente 102, tal como se muestra en la figura 4. Ha de observarse que la figura 4 no incluye distintas capas de diferentes medios filtrantes, sino que indica en general el flujo de los medios filtrantes como un todo. Tal como se indica en la figura 4, los medios filtrantes se mueven desde el extremo superior del recipiente a lo largo del exterior del tubo de aspiración hasta el extremo inferior del recipiente donde puede entrar entonces en el extremo inferior del tubo de aspiración adyacente al extremo inferior del recipiente. Los medios filtrantes se mueven entonces dentro de la región interior del tubo de aspiración desde el extremo inferior del tubo de aspiración hasta el extremo superior del tubo de aspiración (en un sentido inverso al flujo de la corriente de alimentación durante la filtración) donde sale del tubo de aspiración y entra en la zona periférica del recipiente,

volteando de ese modo parcial o completamente el lecho. Los medios filtrantes pueden mezclarse mientras que fluyen en el tubo de aspiración, liberando de ese modo una parte del aceite y sólidos en suspensión inmovilizados previamente en los medios filtrantes. Durante el retrolavado, tras salir del tubo de aspiración y entrar en la zona periférica, los medios filtrantes están en la zona de limpieza turbulenta por encima del tubo de aspiración en la que los medios filtrantes continúan mezclándose, liberando aceite y sólidos en suspensión adicionales. El aceite y los sólidos en suspensión se extraen del recipiente a través de la salida 120 de contaminantes en la figura 1. El gas también se retira del recipiente a través de la salida 120 de contaminantes.

Haciendo referencia a las figuras 3A y 3B, la entrada 116 de gas puede estar en comunicación con una fuente de gas o cualquier otro fluido que pueda usarse para inducir el movimiento de los medios filtrantes a través del tubo 110 de aspiración. Por ejemplo, el gas puede ser aire o un gas producido. Según algunas realizaciones, la entrada 116 de gas puede situarse dentro del tubo 110 de aspiración, tal como se muestra en la figura 3A y también puede incluir un difusor 126. Según otras realizaciones, la entrada 116 de gas puede situarse por debajo del tubo 110 de aspiración, tal como se muestra en la figura 3B, y puede incluir un difusor 126. Según algunas realizaciones, la entrada 116 de gas puede situarse por debajo de la segunda capa 108 de medios filtrantes. La entrada 116 de gas puede comprender una o más entradas situadas dentro del recipiente para suministrar gas al sistema de tubo de aspiración para aportar flujo de los medios filtrantes a través del tubo 110 de aspiración. La entrada 116 de gas puede tener cualquier configuración adecuada para suministrar el gas al tubo 110 de aspiración. Por ejemplo, la entrada de gas puede ser un orificio, una tobera o una boquilla para suministrar gas. Según algunas realizaciones, la entrada 116 de gas también puede suministrar líquido o una combinación de gas y un líquido al tubo 110 de aspiración.

El aparato 110 de medios filtrantes también puede incluir una o más entradas 124 de retrolavado que suministran un fluido de retrolavado a la zona 128 periférica. La entrada 124 de fluido de retrolavado puede suministrar el fluido de retrolavado en o cerca de la pared inferior del recipiente 102 para inducir el flujo o ayudar en el flujo de medios hacia el extremo inferior del tubo 110 de aspiración. Una o más entradas de fluido de retrolavado pueden situarse dentro del recipiente 102 para proporcionar el flujo de retrolavado al recipiente 102 y dirigir los medios filtrantes hacia el sistema de tubo de aspiración. El fluido de retrolavado puede ser un líquido, tal como el filtrado o las aguas residuales que van a filtrarse, un gas, tal como aire, y combinaciones de los mismos. Según algunas realizaciones, el fluido de retrolavado es la corriente de alimentación desviada de la entrada de corriente de alimentación o desviada de la salida de corriente tratada. La entrada 124 de fluido de retrolavado puede tener cualquier configuración adecuada para suministrar el fluido de retrolavado a la zona periférica. Por ejemplo, la entrada 124 de fluido de retrolavado puede ser un orificio, una tobera o una boquilla para suministrar un gas, un líquido o una combinación de los mismos. En determinados casos, la entrada 124 de fluido de retrolavado puede extenderse hacia la zona 128 periférica. La entrada 124 de fluido de retrolavado puede extenderse desde cualquier ubicación adecuada para ayudar en la distribución de agua. Por ejemplo, la entrada 124 de fluido de retrolavado puede extenderse hacia la zona 128 periférica desde la pared lateral del recipiente y/o desde la pared lateral del tubo de aspiración. En otra realización, la entrada 124 de fluido de retrolavado puede extenderse hacia la zona 128 periférica formando un ángulo que tiene una componente tangencial a una pared lateral del recipiente.

Según determinados aspectos, la zona 128 periférica también puede incluir una o más entradas de gas para agitar adicionalmente el lecho de medios filtrantes. Las entradas de gas en la zona periférica pueden ser, aunque no es necesario, idénticas a la entrada 116 de gas construida y dispuesta para suministrar gas al tubo 110 de aspiración.

El procedimiento de retrolavado puede incluir además fluidificar el lecho 104 estratificado de múltiples medios, incluyendo las capas 106 y 108 primera y segunda de medios filtrantes. Según algunas realizaciones, la fluidización adecuada se produce durante el propio procedimiento de retrolavado, cuando el gas y/o el fluido de retrolavado se introducen en el recipiente. Según otras realizaciones, la fluidización es una etapa independiente al final del procedimiento de retrolavado. Por ejemplo, puede introducirse líquido de retrolavado a través de la entrada 118 de fluido de retrolavado para producir una velocidad de flujo ascendente de fluido hacia los medios filtrantes, lo que permite que partículas más grandes y menos densas se separen hacia la parte superior del recipiente 102 y que partículas más pequeñas y más densas caigan hacia la parte inferior del recipiente 102. Además, en determinados casos, también puede introducirse gas a través de la entrada 116 de gas. Por ejemplo, las pastillas de medios de material compuesto, que pueden dimensionarse a 4 mm - 0,595 mm (5-30 de malla), y tienen un peso específico y una densidad que es menor que los de las cáscaras de nuez, pueden separarse y depositarse en la parte superior del recipiente 102. De manera similar, en referencia a la figura 2, una segunda capa de medios 106B de material compuesto puede incluir pastillas que tienen un peso específico que es mayor que el peso específico de pastillas situadas dentro de una primera capa de medios 106A de material compuesto, y por tanto pueden depositarse en la parte inferior del recipiente 102. Según algunas realizaciones, la fluidización de las capas 106 y 108 (o 106A y 106B) primera y segunda de medios filtrantes puede realizarse durante un tiempo predeterminado. Además, el procedimiento puede incluir permitir que las capas 106 y 108 primera y segunda de medios filtrantes se depositen, lo que puede incluir impulsar gas, tal como se explica a continuación.

Según algunas realizaciones, después de completarse el ciclo de retrolavado, puede ayudarse adicionalmente a establecer el lecho 104 estratificado de múltiples medios introduciendo una forma de energía para depositar y/o estratificar las capas del lecho de medios filtrantes. Por ejemplo, pueden aplicarse formas vibratorias u otras

formas disruptivas de energía mecánica al recipiente y/o a las capas de medios filtrantes directa o indirectamente para separar de manera adecuada las capas. Según algunos ejemplos, puede introducirse gas, tal como aire o gas producido, a través de la entrada 116 de gas y el tubo 110 de aspiración para perturbar suficientemente los medios para permitir la separación y redeposición. En determinados casos, el gas puede introducirse de manera intermitente durante la fase de establecimiento del lecho. En algunos casos, puede permitirse que el lecho se deposite por gravedad entre impulsos de gas.

Según otras realizaciones, se usa una pluralidad de aparatos de medios filtrantes para proporcionar una filtración continua mientras que una o más unidades de medios filtrantes están funcionando fuera de línea en un ciclo de retrolavado. Por ejemplo, puede alimentarse una corriente de alimentación en paralelo a una pluralidad de aparatos de medios filtrantes. La corriente de alimentación a uno de los aparatos de medios filtrantes puede interrumpirse mientras que continúa el flujo de la corriente de alimentación a los aparatos de medios filtrantes restantes. Los aparatos de medios filtrantes fuera de línea pueden retrolavarse entonces y tener su lecho establecido antes de volverse a poner en funcionamiento. Una vez que el aparato de medios filtrantes se vuelve a poner en funcionamiento, otros de los aparatos de medios filtrantes pueden ponerse en fuera de servicio para el retrolavado.

La figura 5 es un diagrama de flujo de procedimiento que ilustra al menos un procedimiento, generalmente indicado en 500, que es según uno o más aspectos de la divulgación. En la figura 5, la etapa 502 incluye introducir una corriente de alimentación que comprende hidrocarburos, sólidos en suspensión, y un líquido de base acuosa en un recipiente que contiene un lecho estratificado de múltiples medios. Por ejemplo, el lecho estratificado de múltiples medios puede incluir una primera capa de medios filtrantes y una segunda capa de medios filtrantes situada por debajo de la primera capa de medios filtrantes, y la primera capa de medios filtrantes puede tener un peso específico con un valor que es menor que el valor del peso específico de la segunda capa de medios filtrantes. Además, al menos una de la primera capa de medios filtrantes y la segunda capa de medios filtrantes puede comprender medios de material compuesto, tal como una pluralidad de pastillas de medios de material compuesto, en la que cada pastilla de medios de material compuesto comprende una mezcla de material a base de celulosa y un polímero. En la etapa 504, el procedimiento incluye además hacer que la corriente de alimentación entre en contacto con el lecho estratificado de múltiples medios. Por ejemplo, el procedimiento puede incluir hacer que la corriente de alimentación entre en contacto con la primera capa de medios filtrantes y la segunda capa de medios filtrantes para producir una corriente tratada que tiene una concentración de hidrocarburos que es menor que la concentración de hidrocarburos en la corriente de alimentación. Por ejemplo, hacer que la corriente de alimentación entre en contacto con la primera capa y la segunda capa de medios filtrantes puede comprender coalescer y filtrar la corriente de alimentación. En la etapa 506, se interrumpe el flujo de la corriente de alimentación. Esto puede ocurrir cuando la caída de presión a través del recipiente alcanza un límite predeterminado, indicando que es necesario un procedimiento de retrolavado. Por ejemplo, un sensor puede medir al menos una propiedad del recipiente para proporcionar una propiedad medida del recipiente, y el retrolavado puede comenzar basándose en la propiedad medida. Por ejemplo, un sensor puede monitorizar la presión en el recipiente para determinar si la caída de presión ha alcanzado un valor predeterminado que inicia el ciclo de retrolavado. Según otra realización, puede transcurrir una cantidad predeterminada de tiempo antes de que se interrumpa el flujo de la corriente de alimentación y se inicie el ciclo de retrolavado. En las etapas 506 y 508, un gas y un fluido de retrolavado se hacen pasar al recipiente en sentido inverso al flujo de la corriente de alimentación. Por ejemplo, un gas puede hacerse pasar a través de un tubo de aspiración que se ubica dentro del recipiente y se sitúa dentro del lecho estratificado de múltiples medios. Por ejemplo, el tubo de aspiración puede situarse dentro de la primera capa de medios filtrantes y la segunda capa de medios filtrantes y puede formar una zona periférica situada entre una pared lateral del tubo de aspiración y una pared lateral del recipiente. El fluido de retrolavado puede hacerse pasar a través del lecho estratificado de múltiples medios, por ejemplo, a través de las capas primera y segunda de los medios filtrantes y la zona periférica. Estas etapas funcionan para voltear el lecho de medios filtrantes, y liberar de ese modo al menos una parte de los contaminantes tales como los hidrocarburos y sólidos en suspensión de los medios filtrantes, que se retiran entonces del recipiente en la etapa 512. En la etapa 514, el lecho estratificado de múltiples medios se fluidifica, tal como se explicó anteriormente, para separar las capas de medios filtrantes entre sí y permitir que las capas se depositen. Por ejemplo, las capas primera y segunda de medios filtrantes puede fluidificarse haciendo pasar al menos uno del gas y el fluido de retrolavado a través de las capas primera y segunda de medios filtrantes durante un tiempo predeterminado. Según al menos una realización, la fluidización del lecho de medios filtrantes puede producirse durante el propio ciclo de retrolavado y, por tanto, puede no ser necesaria una etapa individual de introducir una velocidad ascendente de gas y/o fluido de retrolavado. En la etapa 516, se restablece el flujo de la corriente de alimentación hacia el recipiente que contiene el lecho estratificado de múltiples medios.

### Ejemplos

Los sistemas y métodos descritos en el presente documento se ilustrarán adicionalmente a través de los siguientes ejemplos, que son de naturaleza ilustrativa y no se pretende que limiten el alcance de la divulgación.

#### Ejemplo 1 – Medios estratificados

Se llevó a cabo un experimento para evaluar la eficacia de un conjunto de lecho estratificado de múltiples medios. En primer lugar, se rellenó un recipiente construido de acero inoxidable y que tiene una altura de 198 cm (78

pulgadas) y un diámetro de 15 cm (seis pulgadas) con una capa de 31 cm (12 pulgadas) de profundidad de cáscaras de nuez negra con un tamaño de 1,68 mm a 1,00 mm (12-16 de malla). Se colocó una capa de 137 cm (54 pulgadas) de medios de material compuesto con un tamaño de 4,00 mm a 2,00 mm (5-10 de malla) (pastilla redonda de 4 mm) y que contiene un 45% de HDPE y un 55% de madera de arce encima de la capa de cáscaras de nuez negra para crear un lecho estratificado de múltiples medios. Se crearon aguas residuales sintéticas para simular el efluente de separación primario inyectando petróleo crudo y sólidos en suspensión en agua potable para crear aguas residuales sintéticas que tenían una concentración de hidrocarburos de 250 mg/l y una concentración de TSS de 40 mg/l. Las aguas residuales sintéticas se calentaron hasta 90°C y después se bombearon con un caudal de 10 gpm/ft<sup>2</sup> en la parte superior del recipiente y fuera de la parte inferior del recipiente, de modo que pasó en primer lugar a través de la capa de medios de material compuesto antes de pasar a través de la capa de medios de cáscaras de nuez y fuera del recipiente como efluente.

El experimento se llevó a cabo durante 24 horas, con 9 muestras recogidas del efluente del recipiente y sometidas a prueba para determinar la concentración de hidrocarburos. Los resultados se presentan en la figura 6, indicando las 9 muestras una concentración de hidrocarburos de menos de 5 mg/l.

#### Ejemplo 2 – Comparación de profundidad de lecho

Se realizó un experimento para comparar la capacidad de rendimiento de conjuntos de lecho estratificado de múltiples medios que tienen diferentes proporciones de medios. Un recipiente similar al descrito anteriormente en referencia al ejemplo 1 se llenó con 25 cm (10 pulgadas) de medios de cáscara de nuez negra con un tamaño de 1,68 mm a 1,00 mm (12-16 de malla) y después se llenó con 51 cm (20 pulgadas), 102 cm (40 pulgadas) y 153 cm (60 pulgadas) de medios de material compuesto (los mismos medios de material compuesto que en el ejemplo 1) con un tamaño de 4,00 mm a 2,00 mm (5-10 de malla) para someter a prueba tres proporciones volumétricas diferentes de medios. Se bombeó una corriente de alimentación que tiene una concentración de hidrocarburos de 250 mg/l y un peso específico de 0,98 a través del lecho de medios de material compuesto y el lecho de cáscaras de nuez, respectivamente, con un caudal de 511 litros/min por m<sup>2</sup> (13,5 gpm/ft<sup>2</sup>). La masa de aceite cargado por pulgada cúbica de medios se representó gráficamente frente a la concentración de aceite en el efluente y se presenta en la figura 7. Los resultados indicaron que aproximadamente 153 cm (60 pulgadas) de medios de material compuesto y 25 cm (10 pulgadas) de cáscaras de nuez son eficaces para recoger en el intervalo de 0,2 g/cm – 2 g/cm (0,5 g/pulgada – 5 g/pulgada) de aceite, dependiendo del peso específico del aceite. Además, los resultados indican que las tres profundidades de los medios de material compuesto sometidas a prueba pudieron producir un efluente con menos de 5 mg/l, siendo la duración de tiempo entre retrolavados más corta para el lecho de medios de material compuesto de 51 cm (20 pulgadas) y más larga para el lecho de medios de material compuesto de 153 cm (60 pulgadas).

#### Ejemplo 3 – Capacidades de rendimiento de múltiples medios

Se realizó un experimento para comparar la capacidad de rendimiento de una única capa de medios de material compuesto y un lecho estratificado de múltiples medios que contiene una primera capa de medios de material compuesto y una segunda capa de medios de cáscaras de nuez. Las pruebas se llevaron a cabo con los medios de material compuesto, aguas residuales sintéticas y algunas condiciones tal como se describió anteriormente en referencia al ejemplo 1. Se usó un recipiente de acero inoxidable que era de siete pies de alto y seis pulgadas de diámetro y estaba equipado con un tubo de aspiración y una tobera de entrada de aire para el retrolavado.

Las pruebas con la única capa de medios de material compuesto se realizaron usando un lecho con 167 cm (66 pulgadas) de profundidad. Las pruebas con el lecho estratificado de múltiples medios se realizó usando un lecho con 137 cm (54 pulgadas) de medios de material compuesto y un lecho con 31 cm (12 pulgadas) de cáscaras de nuez situado por debajo de los medios de material compuesto.

Los resultados del paso de las aguas residuales sintéticas a través de ambos tipos de lechos de medios filtrantes durante 24 horas se muestran en las figuras 8A y 8B, mostrando la figura 8A la concentración de hidrocarburos en el efluente y mostrando la figura 8B la concentración de sólidos en suspensión en el efluente. Las figuras 8A y 8B indican que el lecho estratificado de múltiples medios fue más eficaz para filtrar tanto los hidrocarburos como los sólidos en suspensión en la corriente de aguas residuales alimentada que los medios de material compuesto solos. Por ejemplo, el efluente del lecho estratificado de múltiples medios promedió una concentración de hidrocarburos de aproximadamente 2,20 mg/l (retirada del 99,1%), mientras que el efluente de la única capa de medios de material compuesto promedió 15,23 mg/l (retirada del 93,9%). Además, el efluente del lecho estratificado de múltiples medios tuvo una concentración de TSS promedio de 1,87 mg/l (retirada del 95,3%), mientras que el efluente del único lecho de medios de material compuesto tuvo una concentración de TSS promedio de 1,87 mg/l (retirada del 70,7%).

Por tanto, habiendo descrito varios aspectos de al menos un ejemplo, ha de apreciarse que a los expertos en la técnica se les ocurrirán fácilmente diversas alteraciones, modificaciones y mejoras. Por ejemplo, los ejemplos dados a conocer en el presente documento también pueden usarse en otros contextos. Se pretende que tales alteraciones, modificaciones y mejoras sean parte de esta divulgación, y se pretende que estén dentro del alcance de los ejemplos explicados en el presente documento. Por consiguiente, la descripción y los dibujos anteriores son

sólo a modo de ejemplo.

**REIVINDICACIONES**

1. Sistema (100) para tratar una corriente de alimentación que comprende hidrocarburos y un líquido de base acuosa, comprendiendo el sistema:
- 5 un recipiente (102) que comprende una entrada (118) de corriente de alimentación en conexión de fluido con la corriente de alimentación y una salida (122) de corriente tratada en conexión de fluido con una corriente tratada; y
- 10 un lecho (104) filtrante situado dentro del recipiente (102) y que comprende una primera capa (106, 106A) de medios filtrantes dispuesta sobre una segunda capa (108, 106B) de medios filtrantes;
- 15 en el que al menos la primera capa (106, 106A) comprende una pluralidad de pastillas de medios de material compuesto, comprendiendo cada una de la pluralidad de pastillas de medios de material compuesto una mezcla de un material a base de celulosa y una poliolefina, teniendo las pastillas de medios de material compuesto un tamaño de desde 4,00 mm hasta 2,00 mm (de 5 a 10 de malla), en el que el 50%-80% de las pastillas de medios de material compuesto son de material a base de celulosa y el resto de las pastillas de material compuesto son de la poliolefina y
- 20 en el que los medios filtrantes de la segunda capa (108, 106B) comprenden cáscaras de nuez, teniendo las cáscaras de nuez un tamaño de 1,68 mm a 1,00 mm (12 a 16 de malla), en el que el volumen de la primera capa (106, 106A) es al menos dos veces el volumen de la segunda capa (108, 106B).
2. Sistema (100) según la reivindicación 1, que comprende además:
- 25 un tubo (110) de aspiración ubicado dentro del recipiente (102) y situado dentro de la primera capa (106, 106A) de medios filtrantes y la segunda capa (108, 106B) de medios filtrantes;
- 30 una entrada (116) de gas en comunicación con el tubo (110) de aspiración;
- 35 una fuente de gas en comunicación con la entrada (116) de gas;
- una entrada (124) de fluido de retrolavado en conexión de fluido a una fuente de fluido de retrolavado y al menos una de la primera capa (106, 106A) de medios filtrantes y la segunda capa (108, 106B) de medios filtrantes; y
- una salida (120) de contaminantes en conexión de fluido con el recipiente (102).
3. Procedimiento (500) para tratar una corriente de alimentación que comprende hidrocarburos y un líquido de base acuosa, comprendiendo el procedimiento:
- 40 introducir (502) la corriente de alimentación en un recipiente (102) que contiene una primera capa (106, 106A) de medios filtrantes y una segunda capa (108, 106B) de medios filtrantes, en el que al menos la primera capa (106, 106A) comprende una pluralidad de pastillas de medios de material compuesto, comprendiendo cada una de las pastillas de medios de material compuesto una mezcla de material a base de celulosa y una poliolefina, teniendo las pastillas de medios de material compuesto un tamaño de desde 4,00 mm hasta 2,00 mm (5 a 10 de malla),
- 45 en el que el 50%-80% de las pastillas de medios de material compuesto son de material a base de celulosa y el resto de las pastillas de material compuesto son de la poliolefina, y en el que los medios filtrantes de la segunda capa (108, 106B) comprenden cáscaras de nuez, teniendo las cáscaras de nuez un tamaño de 1,68 mm a 1,00 mm (12 a 16 de malla),
- 50 en el que el volumen de la primera capa (106, 106A) es al menos dos veces el volumen de la segunda capa (108, 106B); y
- 55 hacer (504) que la corriente de alimentación entre en contacto con la primera capa (106, 106A) de medios filtrantes y posteriormente con la segunda capa (108, 106B) de medios filtrantes para producir una corriente tratada que tiene una concentración de hidrocarburos menor que la concentración de hidrocarburos en la corriente de alimentación.
- 60
4. Procedimiento (500) según la reivindicación 3, en el que la corriente de alimentación comprende además sólidos en suspensión, y en el que hacer que la corriente de alimentación entre en contacto con la primera capa (106, 106A) de medios filtrantes y la segunda capa (108, 106B) de medios filtrantes produce una corriente tratada que tiene una concentración de sólidos en suspensión menor que una concentración de sólidos en suspensión en la corriente de alimentación.
- 65

5. Procedimiento (500) según la reivindicación 3, que comprende además:

5 hacer pasar un gas a través de un tubo (110) de aspiración en sentido inverso al flujo de la corriente de alimentación, ubicándose el tubo (110) de aspiración dentro del recipiente (102) y situándose dentro de la primera capa (106, 106A) de medios filtrantes y la segunda capa (108, 106B) de medios filtrantes y formando una zona (128) periférica situada entre una pared lateral del tubo (110) de aspiración y una pared lateral del recipiente (102);

10 hacer pasar un fluido de retrolavado a través de las capas primera (106, 106A) y segunda (108, 106B) de medios filtrantes y la zona (128) periférica en sentido inverso al flujo de la corriente de alimentación; y

eliminar al menos una parte de los hidrocarburos del recipiente (102).

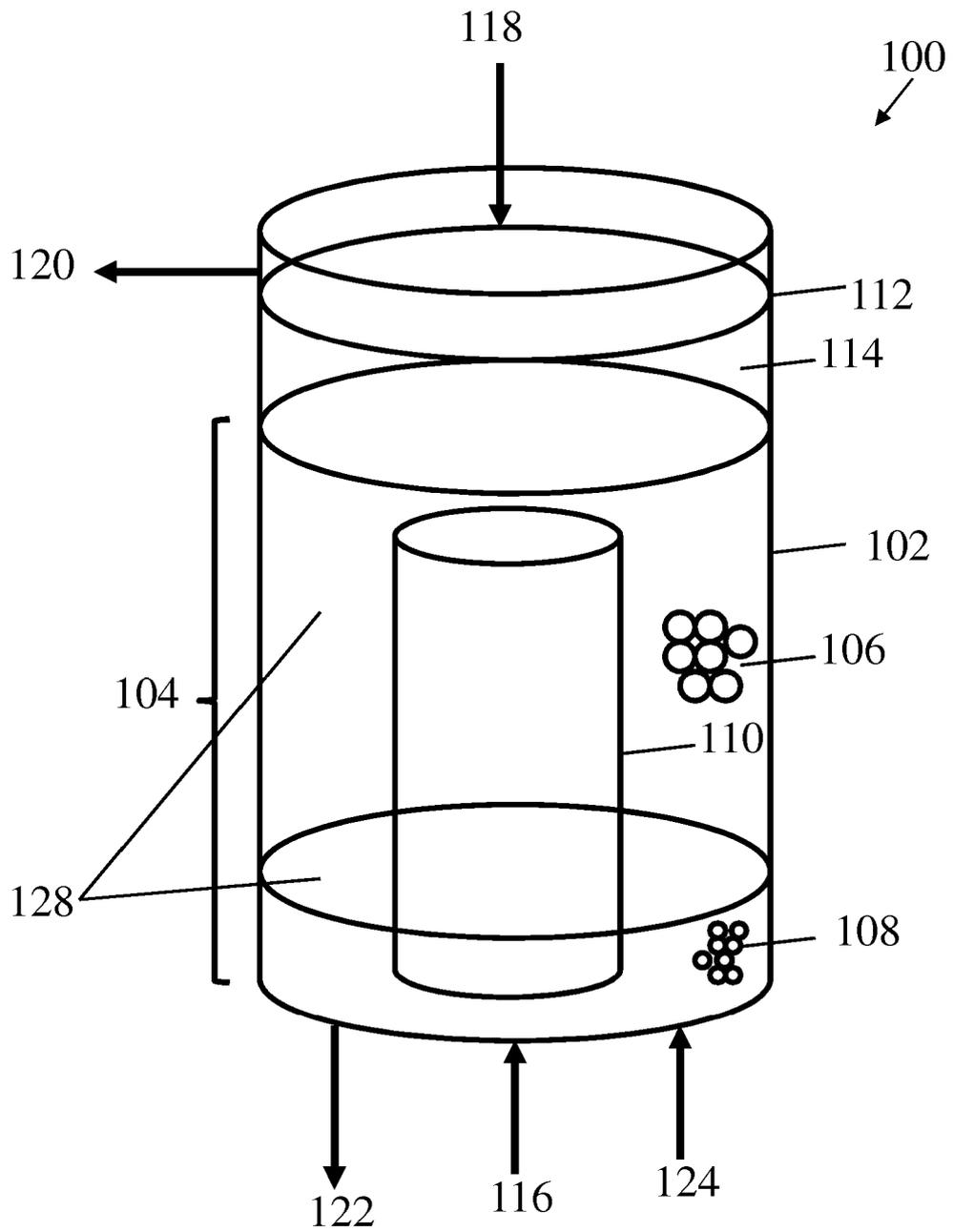


FIG. 1

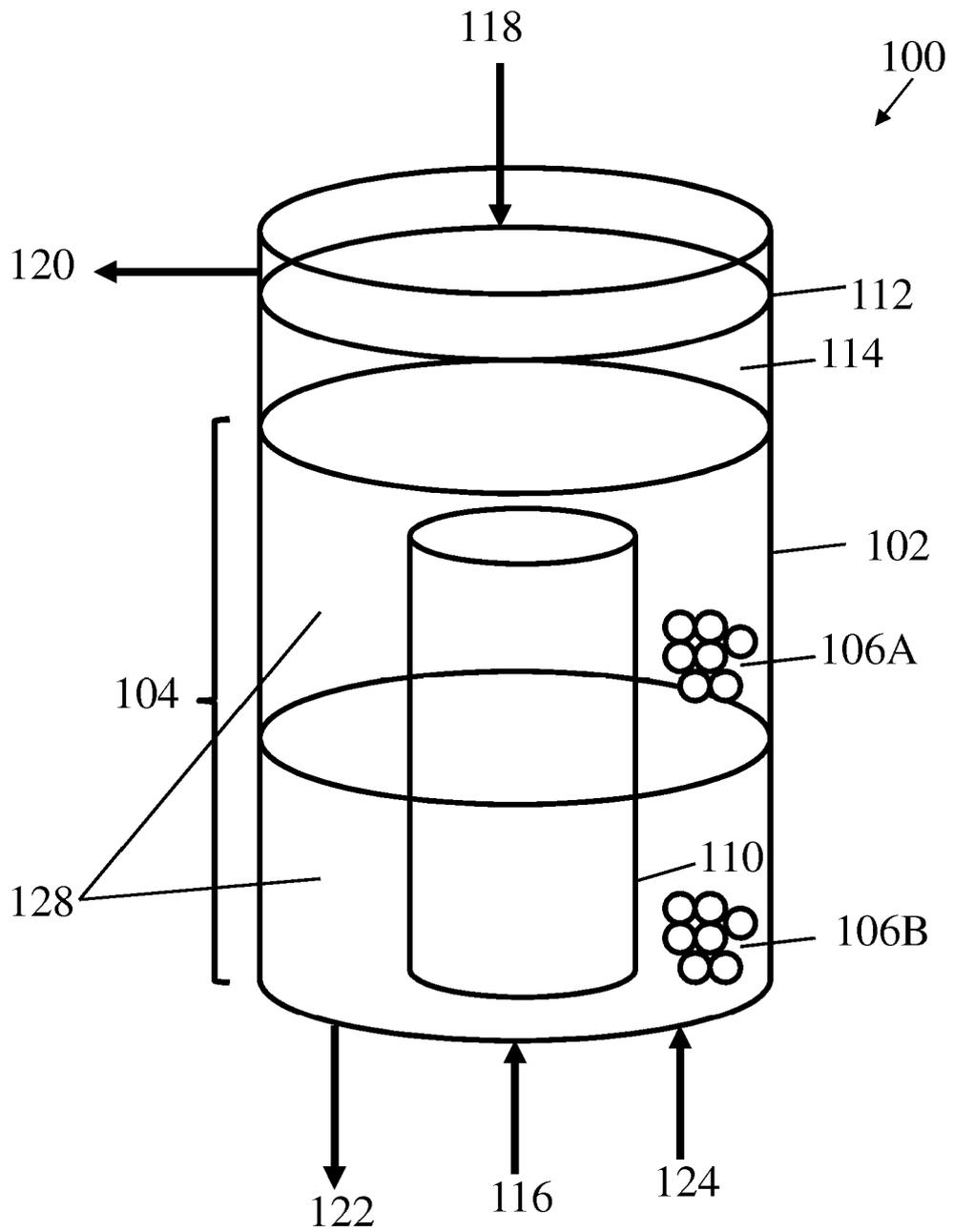
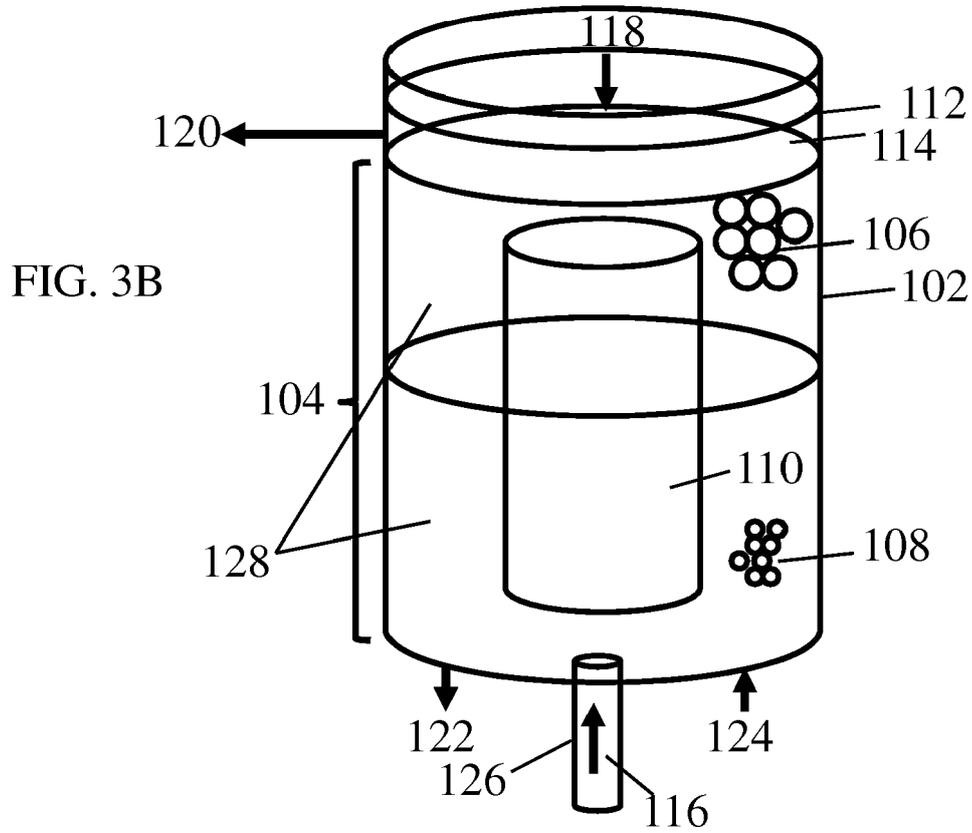
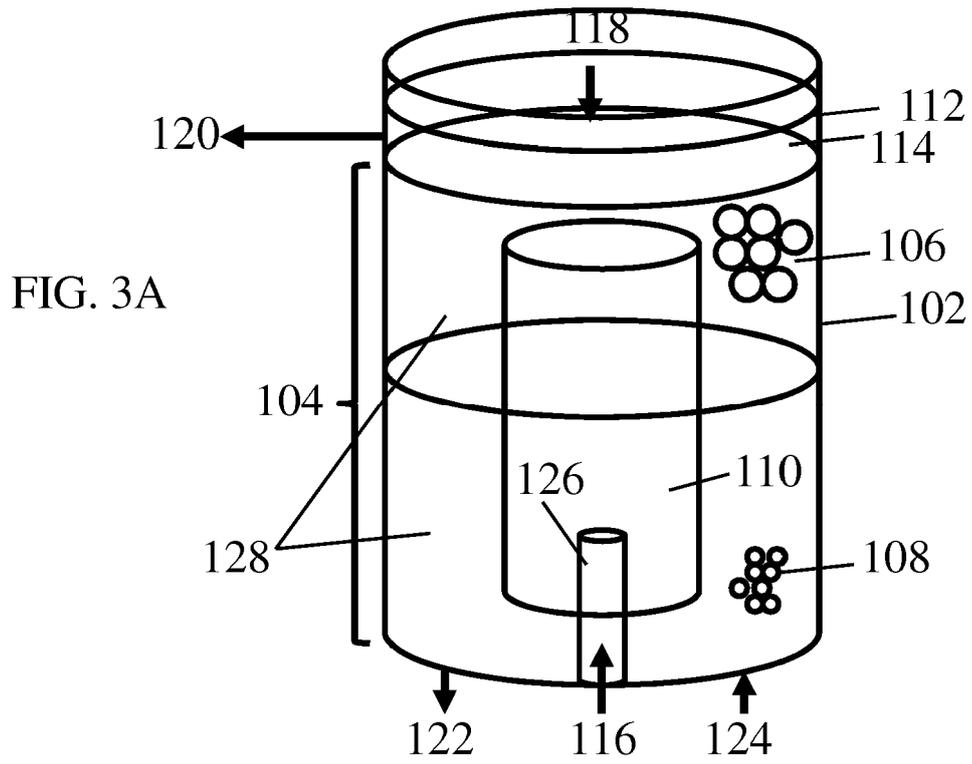


FIG. 2



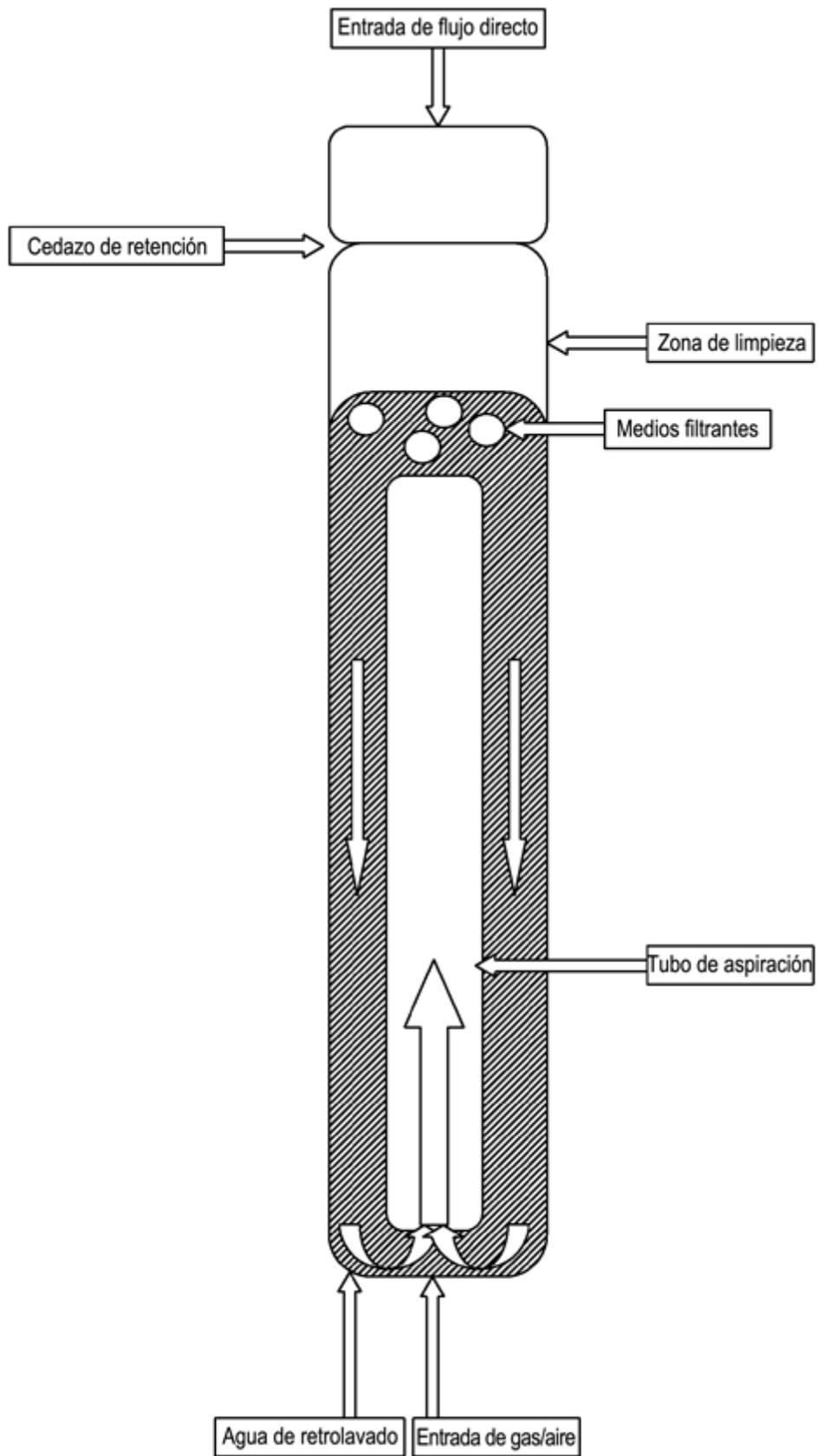


FIG. 4

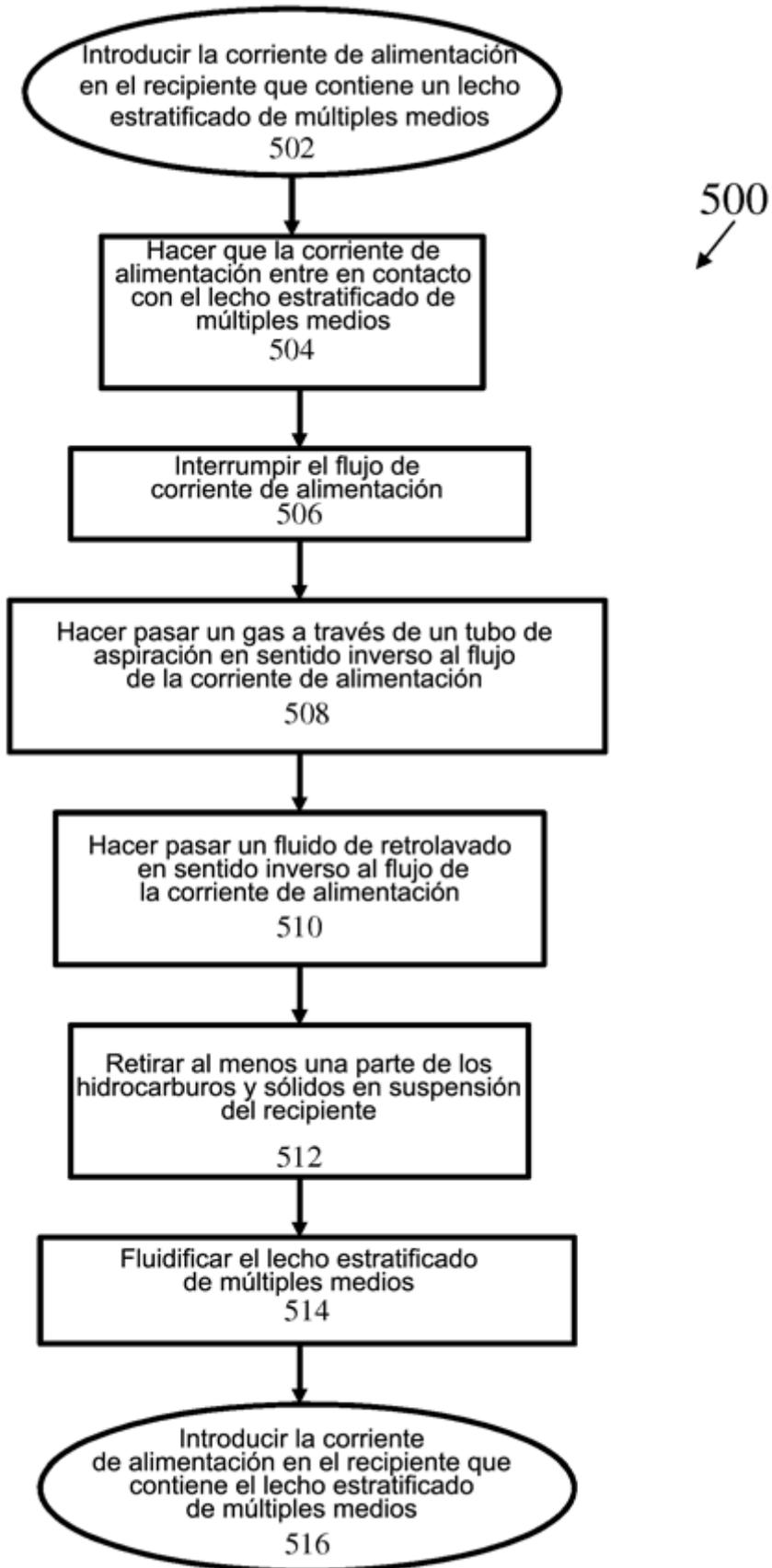


FIG. 5

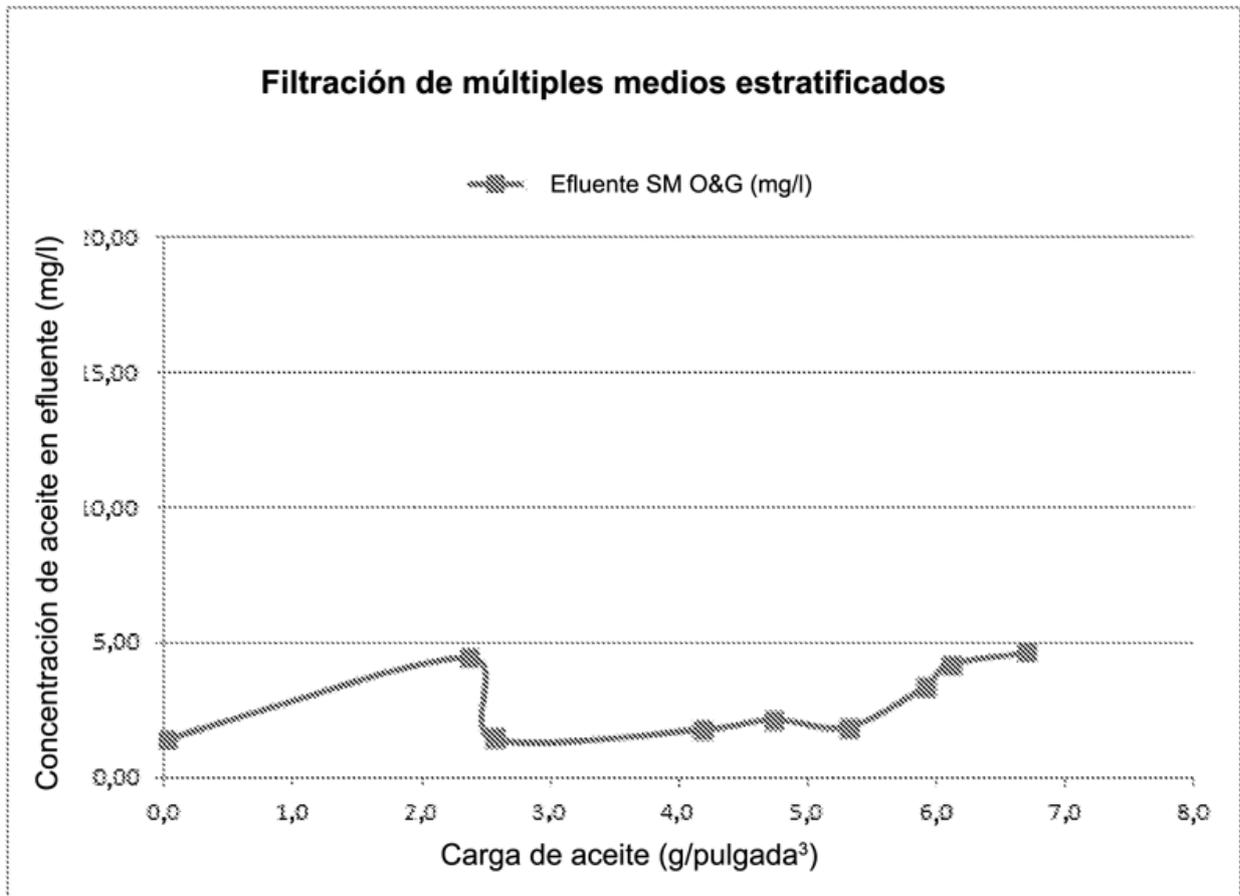


FIG. 6

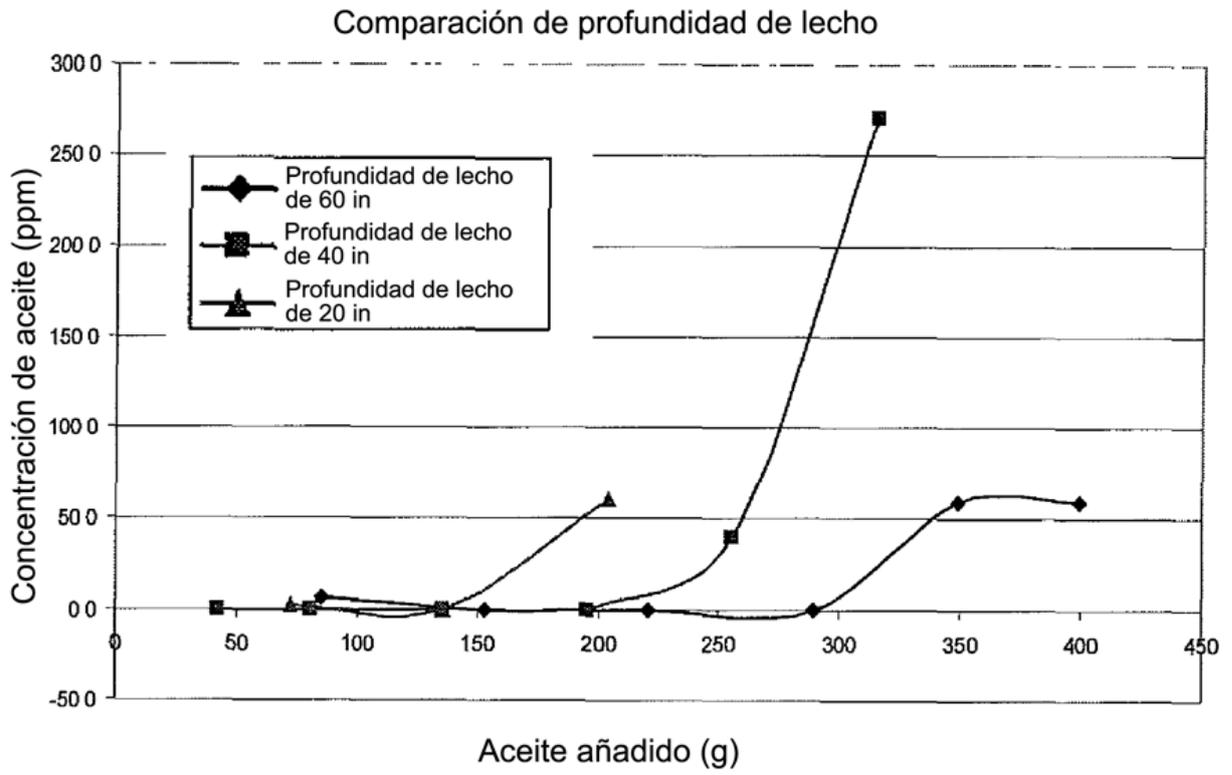


FIG. 7

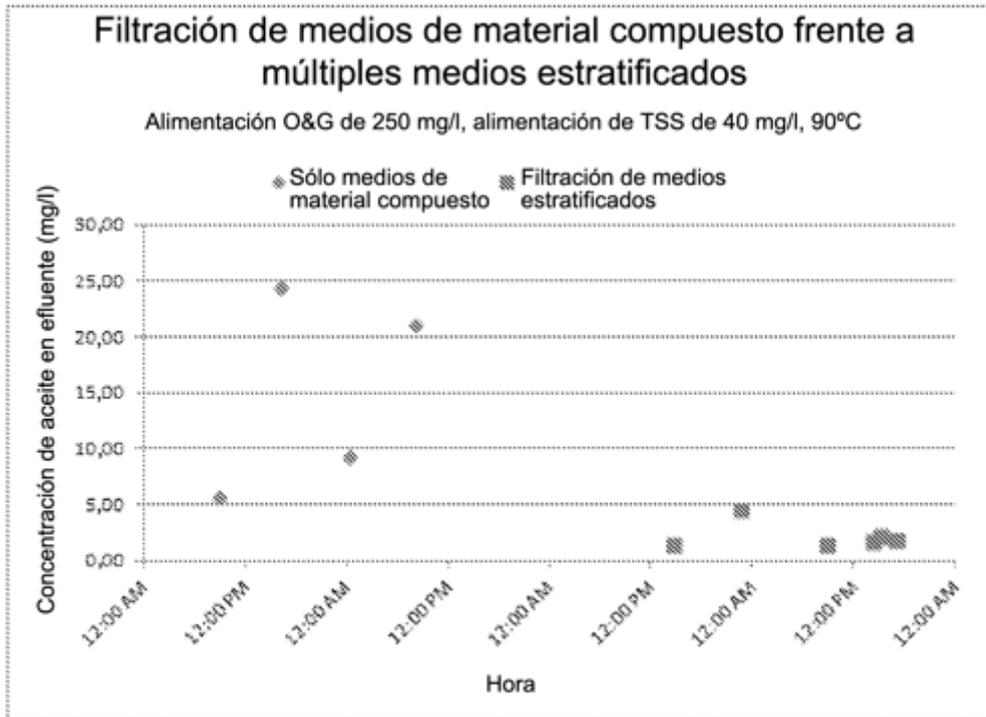


FIG. 8A

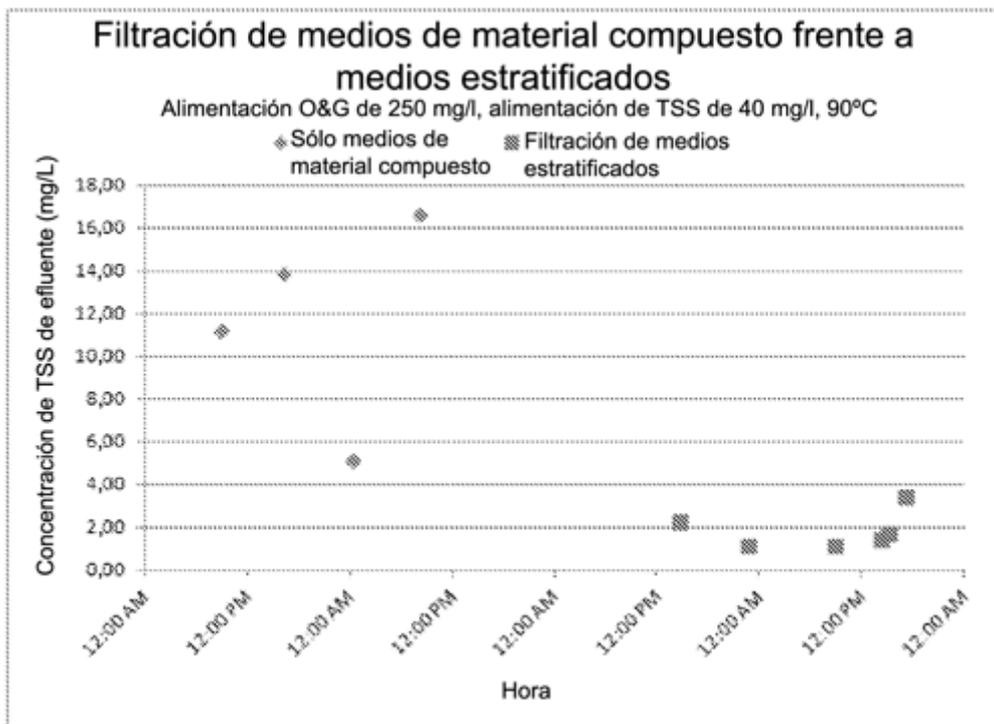


FIG. 8B