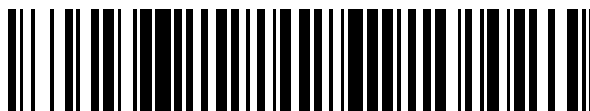


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 719 278**

51 Int. Cl.:

**C02F 1/38** (2006.01)

**C02F 3/30** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.11.2013 PCT/US2013/072345**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.06.2014 WO14085662**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.11.2013 E 13858077 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.12.2018 EP 2925676**

54 Título: **Procedimiento y aparato para el tratamiento de aguas residuales utilizando selección gravimétrica**

30 Prioridad:

**27.11.2012 US 201261730196 P**

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

**09.07.2019**

73 Titular/es:

**HAMPTON ROADS SANITATION DISTRICT  
(25.0%)**

**1434 Air Rail Avenue, P.O. Box 5911  
Virginia Beach, VA 23471-0911, US;  
D.C. WATER & SEWER AUTHORITY (25.0%);  
O'SHAUGHNESSY, MAUREEN (25.0%) y  
WETT, BERNHARD (25.0%)**

72 Inventor/es:

**NYHUIS, GEERT;  
O'SHAUGHNESSY, MAUREEN;  
WETT, BERNHARD;  
BOTT, CHARLES y  
MURTHY, SUDHIR**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

ES 2 719 278 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento y aparato para el tratamiento de aguas residuales utilizando selección gravimétrica

### 5 Referencia cruzada a solicitudes anteriores

Esta solicitud reivindica prioridad y el beneficio de la misma a partir de la solicitud de patente provisional de EE. UU. n.º 61/730,196, presentada el 27 de noviembre de 2012, titulada "Method and Apparatus for Wastewater Treatment Using Gravimetric Selection".

10

### Campo de la divulgación

La presente divulgación se refiere en general a un procedimiento y un aparato para el tratamiento de aguas residuales y, más específicamente, a un procedimiento y un aparato para el tratamiento de aguas residuales con selección gravimétrica.

15

### Antecedentes de la divulgación

La separación por gravedad se usa generalmente para eliminar los sólidos asociados con el proceso de lodo activado. Se ha desarrollado una metodología para mejorar la sedimentación de sólidos por selección gravimétrica. Esta metodología también podría aplicarse para disminuir el ensuciamiento de la membrana en un proceso de biorreactor de membrana (MBR) o para disminuir el ensuciamiento del difusor de la membrana. Actualmente hay tres enfoques para seleccionar sólidos que sedimentan bien. La primera es estrategias dentro de un proceso de lodos activados para seleccionar sólidos que sedimentan bien, tal como el uso de zonas aeróbicas y anóxicas o anaeróbicas o selectores para mejorar la sedimentación. Sin embargo, hay una historia mezclada con el uso de estos selectores y no siempre funciona.

20

25

El segundo procedimiento incluye el uso de cizallamiento/agitación en un reactor para seleccionar los sólidos granulares que sedimentan bien. Esta selección también se acompaña con un aumento en la tasa de desbordamiento de lodo en el separador por gravedad sólido-líquido de la corriente principal. Este proceso de selección a menudo es gradual y tedioso y, dado que el selector está asociado con el proceso general, puede dar como resultado problemas asociados con el cumplimiento de los requisitos de los permisos. En la mayoría de los casos, solo un proceso de reactor discontinuo secuencial permite que la flexibilidad aumente con el tiempo y modifique la tasa de desbordamiento.

35

El tercer procedimiento incluye seleccionar y desechar la espuma con mala sedimentación y los sólidos atrapados, a menudo recopilando y "desechando en la superficie" la espuma y los sólidos en la superficie de un reactor usando "selectores de clasificación". Si bien este enfoque inicialmente estaba destinado a reducir la espuma, también saca de forma selectiva los sólidos que no se depositan bien, ya que estos sólidos de sedimentación lenta tienden a acumularse cerca de la superficie en los reactores. Por lo tanto, este procedimiento retiene solo los sólidos que sedimentan bien, proporcionando así un procedimiento que puede ser útil para deseleccionar los sólidos con mala sedimentación, pero que puede tener un uso limitado en la selección de sólidos de sedimentación. Al implementar este procedimiento, las mejoras de las características de sedimentación a menudo son irregulares, ya que a veces los sólidos con mala sedimentación, si se producen a tasas superiores a, por ejemplo, una tasa de eliminación de la superficie del clasificador, se retienen y permanecen en el lodo.

40

45

Existe una necesidad no satisfecha de un procedimiento y un aparato para el tratamiento de aguas residuales que no tenga los inconvenientes de los procedimientos utilizados actualmente para seleccionar y separar sólidos de las aguas residuales.

50

El documento US2007/000836 muestra un ejemplo de una planta de tratamiento de aguas residuales conocida en la técnica anterior.

### Resumen de la divulgación

55

De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento para tratar aguas residuales, que incluye seleccionar y retener sólidos con características de sedimentación superior. Esto es según se establece en la reivindicación 1. El procedimiento incluye alimentar aguas residuales a una entrada de un procesador que lleva a cabo un proceso de tratamiento biológico en las aguas residuales; emitir las aguas residuales procesadas en una salida del procesador; alimentar las aguas residuales procesadas a una entrada de un selector gravimétrico que selecciona

60

sólidos con características de sedimentación superior; y emitir una corriente de reciclaje en una primera salida del selector gravimétrico. El selector gravimétrico selecciona aquellos sólidos que presentan un índice de volumen de lodo (SVI) de menos de 120 ml/g.

5 El procedimiento comprende además generar una corriente de desecho en una segunda salida del selector gravimétrico hacia una manipulación de sólidos, en la que la manipulación de sólidos incluye al menos un espesamiento, estabilización, acondicionamiento y deshidratación. La corriente de desecho puede ser rechazada, y la corriente de reciclaje se devuelve al procesador. La corriente de desecho puede comprender sólidos con características de mala sedimentación y filtración o que tienen mayor potencial para el ensuciamiento de la membrana.

10

El procedimiento comprende además suministrar la corriente de reciclaje desde la primera salida del selector gravimétrico al procesador. La corriente de reciclaje comprende sólidos con características de sedimentación superior.

15 El proceso de tratamiento comprende un proceso de tratamiento biológico tal como: un proceso de lodo activado por crecimiento suspendido; un proceso de lodo granular; un proceso de lodo activado integrado con película fija; un proceso de eliminación de nutrientes biológicos; un proceso de digestión aeróbica; o un proceso de digestión anaeróbica.

20 El proceso de tratamiento biológico puede comprender un proceso de separación sólido-líquido en línea.

20

El procesador puede comprender un separador de membrana.

25 El selector gravimétrico puede comprender un ciclón que acelera las aguas residuales y proporciona una fuerza de cizallamiento a las aguas residuales para separar sólidos con buenas características de sedimentación de sólidos con malas características de sedimentación y filtración.

25

La tasa de alimentación y la geometría del ciclón pueden configurarse para ajustar la velocidad de las aguas residuales en el ciclón para seleccionar sólidos más grandes o más densos, o aumentar el tiempo disponible para su separación en el ciclón.

30

El selector gravimétrico puede comprender una centrifugadora que proporciona una fuerza centrífuga y de cizallamiento para separar sólidos con buenas características de sedimentación de sólidos con malas características de sedimentación y filtración en las aguas residuales.

35 El procedimiento de alimentación de las aguas residuales procesadas a la entrada del selector gravimétrico puede comprender: alimentar las aguas residuales procesadas a una entrada de un separador que separa las aguas residuales en una corriente de fondo y efluente; recibir la corriente de fondo del separador; y seleccionar gravimétricamente sólidos con características de sedimentación superior de la corriente de fondo y suministrar la corriente de reciclaje a la primera salida.

40

El procedimiento puede comprender además controlar una velocidad de las aguas residuales en el ciclón para que se retengan los sólidos de un tamaño o densidad predeterminados.

45 El procedimiento puede comprender además controlar una tasa de carga hidráulica para seleccionar sólidos de sedimentación de un tamaño o densidad predeterminados.

45

De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, se proporciona un aparato de tratamiento de aguas residuales que selecciona y retiene sólidos con características de sedimentación superior. Esto es tal como se define en la reivindicación 9. El aparato comprende: un procesador que comprende una entrada y una salida, el procesador que está configurado para llevar a cabo un proceso de tratamiento; y un selector gravimétrico que comprende una entrada, una salida de corriente de desecho y una salida de corriente de reciclaje, en el que la salida de la corriente de reciclaje del selector gravimétrico se recicla al procesador.

50

La entrada del selector gravimétrico se puede acoplar a la salida del procesador.

55

La entrada del selector gravimétrico se puede acoplar a una salida de la corriente de fondo de un separador.

La salida de la corriente de reciclaje del selector gravimétrico suministra la corriente de reciclaje al procesador, y la corriente de reciclaje comprende los sólidos con características de sedimentación superior.

60

El proceso de tratamiento es un proceso de biorreactor, y el proceso puede comprender: un proceso de lodo activado por crecimiento suspendido; un proceso granular; un proceso de lodo activado integrado con película fija; un proceso de eliminación de nutrientes biológicos; un proceso de digestión aeróbica; o un proceso de digestión anaeróbica.

5 El proceso de biorreactor puede comprender un proceso de separación sólido a líquido en línea.

El selector gravimétrico del aparato puede comprender un ciclón que acelera las aguas residuales y proporciona una fuerza de cizallamiento a las aguas residuales para separar sólidos con buenas características de sedimentación de sólidos con malas características de sedimentación y filtración.

10

El selector gravimétrico del aparato puede comprender una centrifugadora que proporciona una fuerza centrífuga y de cizallamiento para separar sólidos con buenas características de sedimentación de sólidos con malas características de sedimentación y filtración en las aguas residuales.

15 La tasa de alimentación y la geometría del ciclón pueden configurarse para ajustar la velocidad de las aguas residuales en el ciclón para: seleccionar sólidos más grandes o más densos; o aumentar el tiempo disponible para su separación en el ciclón.

El ciclón puede controlar una velocidad de las aguas residuales para ajustar una tasa de desbordamiento de modo que se retengan los sólidos de sedimentación de un tamaño o densidad predeterminados.

20

El ciclón puede controlar una tasa de carga hidráulica para seleccionar sólidos de sedimentación de un tamaño o densidad predeterminados.

25 El aparato puede comprender además un separador que tiene una entrada acoplada a la salida del procesador.

### **Breve descripción de los dibujos**

Los dibujos adjuntos, que se incluyen para proporcionar una comprensión adicional de la divulgación, se incorporan a la memoria descriptiva y constituyen una parte de la misma, ilustran modos de realización de la divulgación y junto con la descripción detallada sirven para explicar los principios de la divulgación. No se pretende mostrar los detalles estructurales de la divulgación con más detalle de lo que puede ser necesario para una comprensión fundamental de la divulgación y las diversas formas en que puede ponerse en práctica. En los dibujos:

30 La FIG. 1 muestra un ejemplo de un proceso de lodos activados en el que el desecho de lodo se produce a través de una corriente de desecho tomada de la corriente de fondo de un clarificador.

La FIG. 2 muestra un ejemplo de un proceso de lodos activados de acuerdo con los principios de la divulgación en el que la corriente de aguas residuales procesada se toma directamente del depósito del reactor y se aplica a un selector gravimétrico, con las partículas más densas y grandes que se devuelven al reactor y las fracciones más ligeras, que representan los sólidos desechados, se toman del sistema.

40

La FIG. 3 muestra un proceso de lodos activados de acuerdo con los principios de la divulgación en los que la corriente de aguas residuales procesada se toma de la corriente de fondo de un clarificador y se aplica a un selector gravimétrico, con las partículas grandes y más densas que se devuelven al reactor y la fracción más ligera que representa los sólidos desechados tomados del sistema.

45

La FIG. 4 muestra un gráfico que compara el deterioro típico de las propiedades de sedimentación del lodo con el resultado de la sedimentación mejorado de los procesos de lodos activados de las FIGS. 2 o 3.

50

La FIG. 5 muestra un gráfico que compara el deterioro de las propiedades de sedimentación del lodo en un carril del proceso en un sistema típico con un resultado mejorado de la sedimentación de un carril paralelo de acuerdo con los principios de la divulgación.

55 La FIG. 6 muestra un gráfico del índice de volumen de lodo (SVI) en función del tiempo para un proceso de lodos activados de acuerdo con los principios de la divulgación.

### **Descripción detallada de la divulgación**

60 La divulgación y las diversas características y detalles ventajosos de la misma se explican más detalladamente en

referencia a los modos de realización no limitativos que se describen y/o ilustran en los dibujos adjuntos y se detallan en la siguiente descripción. Debe observarse que las características ilustradas en los dibujos no están necesariamente dibujadas a escala, y las características de un modo de realización pueden emplearse con otros modos de realización como reconocería el experto en la técnica, incluso si no se establecen explícitamente en el presente documento. Las descripciones de componentes y técnicas de procesamiento bien conocidas pueden ser omitidas para no oscurecer innecesariamente los modos de realización de la divulgación. Los ejemplos utilizados en el presente documento están destinados simplemente a facilitar la comprensión de las formas en que se puede poner en práctica la invención y a permitir además a los expertos en la técnica poner en práctica los modos de realización de la divulgación. Por consiguiente, los ejemplos y modos de realización en el presente documento no deben interpretarse como limitantes del alcance de la divulgación. Además, se observa que los números de referencia similares representan partes similares a lo largo de las varias vistas de los dibujos.

Los términos "que incluye", "que comprende" y las variaciones de los mismos, como se usan en esta divulgación, significan "incluidos entre otros", a menos que se especifique expresamente lo contrario.

Los términos "un", "uno" y "el", tal como se usan en esta divulgación, significan "uno o más", a menos que se especifique expresamente lo contrario.

Por otra parte, aunque las etapas de proceso, etapas de procedimiento, o similares pueden describirse en orden secuencial, dichos procesos y procedimientos pueden configurarse para que funcionen en órdenes alternos. En otras palabras, cualquier secuencia u orden que puedan ser descritos no indica necesariamente un requisito de que las etapas deban realizarse en ese orden. Las etapas de los procesos o procedimientos descritos en el presente documento pueden realizarse en cualquier orden que sea práctico. Además, algunas etapas pueden realizarse de forma simultánea.

Cuando se describe en el presente documento un dispositivo o artículo único, será fácilmente evidente que más de un dispositivo o artículo puede usarse en lugar de un único dispositivo o artículo. De forma similar, cuando se describen en el presente documento más de un dispositivo o artículo, será fácilmente evidente que puede usarse un único dispositivo o artículo en lugar de más de un dispositivo o artículo. La funcionalidad o las características de un dispositivo puede materializarse de forma alternativa por uno o más de los dispositivos que no se describen explícitamente como poseedores de dicha funcionalidad o características.

La FIG. 1 muestra un ejemplo de un proceso de lodos activados y un sistema 100 para llevar a cabo el proceso de lodos activados. El sistema 100 puede incluir un tratamiento previo, que puede incluir una parrilla de barras 2, un eliminador de arenilla (no se muestra), una cámara de tratamiento previo 3 y una bomba afluyente (no se muestra). El sistema 100 puede incluir además un separador primario 5, un procesador 6 y un separador secundario 9. El sistema 100 puede recibir aguas residuales 1 de una fuente externa (no se muestra), tal como, por ejemplo, un sistema de alcantarillas, y procesar las aguas residuales 1 en una etapa de tratamiento previo que puede incluir, por ejemplo, una parrilla de barras 2 para eliminar objetos más grandes, tales como latas, trapos, palos, paquetes de plástico y similares, de las aguas residuales 1. La etapa de tratamiento previo también puede incluir una cámara de tratamiento previo 3, que puede contener, por ejemplo, una cámara de arena o arenilla, para ajustar la velocidad de las aguas residuales entrantes 1 y, por lo tanto, permitir la sedimentación de, por ejemplo, arena, arenilla, piedras, vidrio roto y similares. La cámara de tratamiento previo 3 puede ser sustituida por, por ejemplo, un canal de arena o arenilla. La etapa de tratamiento previo puede incluir además un pequeño depósito para la eliminación de, por ejemplo, grasa, aceite y similares.

Después de la etapa de tratamiento previo, la mezcla sólido-líquida 4A restante, que incluye aguas residuales sobrantes que contienen sólidos acumulados, puede enviarse a un separador primario 5 para la sedimentación por gravedad. El separador primario 5 puede incluir un depósito (por ejemplo, un depósito clarificador, un depósito de sedimentos, etc.), que puede tener una variedad de formas, tales como, por ejemplo, rectangular, forma de cono, circular, elíptica, etcétera. El separador primario 5 puede tener un producto químico o material de lastre añadido para mejorar la eliminación de sólidos. El separador primario 5 sedimenta los sólidos más pesados de la mezcla sólido-líquida 4A. La corriente de fondo resultante 8A puede salir desde el separador primario 5 y enviarse a la manipulación de sólidos para un tratamiento adicional, tal como, por ejemplo, espesamiento, estabilización, acondicionamiento, deshidratación, procesamiento de lodo, etcétera, como es conocido por los expertos con experiencia ordinaria en la técnica.

La mezcla sólido-líquida resultante 4B que contiene contaminantes orgánicos e inorgánicos solubles y materiales en partículas se puede enviar al procesador 6. El procesador 6 puede incluir un biorreactor. El procesador 6 puede incluir un depósito de aireación (no se muestra) y bacterias aeróbicas y facultativas vivas. Se puede añadir aire a la mezcla

4B para alimentar un proceso de biorreacción (en la que se cultivan bacterias aeróbicas) en el procesador 6. Las bacterias aeróbicas digerirán el material orgánico en presencia del oxígeno disuelto.

5 El procesador 6 puede incluir además un módulo de membrana (no se muestra) para separar el agua relativamente pura de la suspensión de materia orgánica y bacterias. Si el módulo de membrana está incluido en el procesador 6, entonces el separador 9 se puede omitir de los sistemas 200 (que se muestran en la FIG. 2) y 300 (que se muestran en la FIG. 3). Las bacterias aeróbicas y el módulo de membrana pueden configurarse para funcionar uno tras otro en el biorreactor de membrana (MBR). Por ejemplo, la mezcla sólido-líquida puede fluir primero a través del biorreactor, en el que puede mantenerse durante el tiempo necesario para que se complete la reacción, y posteriormente a través del módulo de membrana.

15 El aire se puede añadir al procesador 6 mediante cualquier procedimiento conocido que pueda suministrar aire a la mezcla sólido-líquida 4B. Un procedimiento común es mediante la adición de aire comprimido a los difusores de burbujas finas (no se muestran) construidos con materiales de membrana flexible perforada que incluyen EPDM y poliuretano. El procesador 6 genera una mezcla sólido-líquida oxigenada comúnmente conocida como licor mezclado 4C, que posteriormente se reenvía al separador secundario 9,

20 El separador secundario 9 separa la mezcla sólido-líquida 4C para producir una corriente de fondo 4F, que posteriormente se puede reciclar como parte de un lodo 7 separado y devolverse al biorreactor 6, y clarificar las aguas residuales como un efluente 10. Una porción de la biomasa de la corriente de fondo 8B (o licor mezclado) puede desecharse del proceso y enviarse a la manipulación de sólidos para un tratamiento adicional, tal como, por ejemplo, espesamiento, estabilización, acondicionamiento, deshidratación, procesamiento de lodo, etcétera, como es conocido por los expertos con experiencia ordinaria en la técnica.

25 De forma alternativa, el procesador 6 puede incluir una membrana (no se muestra) que se puede suspender en la suspensión en el procesador 6 (en lugar del separador secundario 9), que se puede dividir de manera adecuada para conseguir el flujo de aire correcto, con el excedente retirado del base del procesador 6 a una tasa para proporcionar el tiempo de retención de lodo (SRT) requerido.

30 Se observa que en lugar de, o además del procesador 6, el sistema 200 puede incluir, por ejemplo, un proceso de lodo granular, un proceso de lodo activado integrado con película fija, un proceso de eliminación de nutrientes biológicos con diversas zonas anaeróbicas, anóxicas y aeróbicas con reciclaje interno asociado, un proceso de digestión aeróbica, un proceso de digestión anaeróbica, y similares, según se conoce en la técnica.

35 La FIG. 2 muestra un ejemplo de un sistema 200 para llevar a cabo el proceso de lodos activados que se construye de acuerdo con los principios de esta divulgación. El sistema 200 puede incluir una configuración similar a la del sistema 100. El sistema 200 puede incluir un ciclón (no se muestra), un hidrociclón (no se muestra), una centrifugadora (no se muestra), un depósito de sedimentación (no se muestra), una columna de sedimentación (no se muestra), un filtro (no se muestra) y similares. Además de los componentes en el sistema 100, el sistema 200 incluye un selector gravimétrico 11. El sistema 200 tiene la capacidad de seleccionar sólidos de sedimentación buenos mediante selección gravimétrica en el selector gravimétrico 11 a través de, por ejemplo, el desecho directo del licor mezclado (o mezcla sólido-líquida oxigenada 4D). Los sólidos de sedimentación buenos pueden incluir sólidos que presentan un índice de volumen de lodo (SVI) de, por ejemplo, menos de 120 ml/g, y preferiblemente menos o igual a 100 ml/g.

45 El selector gravimétrico 11 puede incluir, por ejemplo, un clarificador, un depósito de sedimentación, un ciclón, un hidrociclón, una centrifugadora y similares. El selector gravimétrico 11 puede incluir una entrada y una pluralidad de salidas, incluida una salida de corriente de desecho y una salida de corriente de reciclaje. El selector gravimétrico 11 puede estar colocado para recibir la mezcla sólido-líquida oxigenada o el licor mezclado 4D en su entrada desde una salida del procesador 6. De forma alternativa (o adicional), la corriente 4C puede introducirse en el selector gravimétrico 11. En funcionamiento, el selector gravimétrico 11 puede clasificar, separar y/o ordenar partículas en la mezcla 4D, que puede incluir una suspensión líquida o líquido-sólida, basada en, por ejemplo, la relación entre la fuerza centrípeta y la resistencia a un fluido de las partículas. El selector gravimétrico 11 puede separar los sólidos de sedimentación buenos de la mezcla 4D y emitir los sólidos en su salida de corriente de reciclaje como una corriente de fondo 4E, que puede realimentarse al procesador 6 para un procesamiento posterior (por ejemplo, biorreacción, digestión, etc.). El selector gravimétrico 11 puede emitir el líquido/suspensión líquida restante en su salida de corriente de desecho como una corriente de desecho 8C, que puede contener partículas más pequeñas y coloides que tienen el potencial de causar el ensuciamiento de la membrana MBR, causar turbidez en el efluente 10 e inducir ensuciamiento en el difusor de aire de la membrana, que se puede emitir desde el sistema para un tratamiento adicional tal como, por ejemplo, el procesamiento de lodo, la deshidratación, etcétera.

60

La FIG. 3 muestra otro ejemplo más de un sistema 300 para llevar a cabo el proceso de lodos activados que se construye de acuerdo con los principios de esta divulgación. El sistema 300 puede incluir una configuración similar a la del sistema 100. Además de los componentes en el sistema 100, el sistema 300 puede incluir el selector gravimétrico 11, que puede estar colocado para recibir una corriente de fondo 4F en su entrada desde una salida del separador secundario 9. El sistema 300 tiene la capacidad de seleccionar sólidos de sedimentación buenos mediante selección gravimétrica en el selector gravimétrico 11 a través de, por ejemplo, el desecho directo del lodo de retorno 7 más concentrado.

El selector gravimétrico 11 puede procesar la corriente de fondo 4F, separando los sólidos más pesados de la mezcla líquido-sólida y emitiendo los sólidos más pesados como la corriente de fondo 4E en la salida de la corriente de reciclaje y el desbordamiento resultante 8C en la salida de la corriente de desecho del selector gravimétrico 11. El desbordamiento 8C se puede reenviar a la manipulación de sólidos para un tratamiento adicional tal como, por ejemplo, estabilización, deshidratación, etcétera. La corriente de fondo 4E puede reciclarse junto con el lodo separado 7 y devolverse al procesador 6 para un procesamiento adicional.

De acuerdo con un aspecto alternativo de la divulgación, el desecho de una porción (o todo) el lodo puede producirse directamente desde el desbordamiento del separador secundario 9, que no se muestra en las figuras.

El selector gravimétrico 11 puede incluir uno o más dispositivos de separación por gravedad para seleccionar y separar sólidos de una mezcla líquido-sólida, incluido, por ejemplo, un depósito de sedimentación, una columna de sedimentación, un ciclón, un hidrociclón, una centrifugadora y/o similares. En el selector gravimétrico 11, la tasa de desbordamiento, que también se conoce como tasa de subida, se puede usar como un parámetro para seleccionar sólidos de sedimentación adecuados del licor (o lodo). Esta tasa de desbordamiento se puede ajustar para aumentar el desecho de sólidos con mala sedimentación, al mismo tiempo que solo retiene sólidos con buena sedimentación. Un aumento en la tasa de desbordamiento puede promover la selección de sólidos con buena sedimentación hasta que se alcanza un cierto punto, cuando el tiempo de detención es insuficiente para la clasificación adecuada de los sólidos. La tasa de desbordamiento objetivo del dispositivo de selección por gravedad debe basarse en la SRT deseada del proceso y la necesidad asociada de eliminar una masa particular de biomasa del sistema. La tasa de desbordamiento específica debe ajustarse al dispositivo particular utilizado, pero en general se espera que sea de 10 a 100 veces la tasa de desbordamiento del proceso de separación secundaria 7.

La separación por hidrociclón se produce bajo presión, y se puede usar una caída de presión como fuente de energía para la separación. Por consiguiente, si el selector gravimétrico 11 incluye un hidrociclón, el hidrociclón debería configurarse de modo que la entrada se coloque para alimentar la mezcla líquido-sólida entrante tangencialmente en el hidrociclón para desarrollar una alta velocidad radial. Además, el hidrociclón puede tener una forma cónica. De ahí, se puede iniciar un movimiento de rotación y la aceleración del fluido puede dar como resultado la forma cónica del hidrociclón. Esto crea una fuerza de cizallamiento que mejora las características de sedimentación de las partículas mediante acciones como, por ejemplo, la destrucción de filamentos o el desplazamiento de agua intersticial o ligada. Un cambio en la velocidad inicial y/o el diámetro (tamaño) del ciclón puede dar como resultado la selección de diferentes tasas de separación de las fracciones de sólidos deseadas o, por el contrario, un desbordamiento de no deseables.

Por ejemplo, un par de hidrociclones puede instalarse en la línea de lodo de desecho del sistema 200 (o 300) y configurarse para una tasa de residuos de, por ejemplo, aproximadamente 20 m<sup>3</sup>/h cada uno. La presión puede establecerse en, por ejemplo, aproximadamente 1,7 bar. Se puede incluir un sensor de presión en línea (no se muestra) en el sistema 200 (o 300), que puede proporcionar una señal de control para el accionador de frecuencia, por ejemplo, una bomba (no se muestra), que también puede incluirse en el sistema 200 (o 300). La(s) boquilla(s) de la corriente de fondo en el sistema 200 (o 300) pueden tener un diámetro de, por ejemplo, aproximadamente 25 mm, lo que reduce cualquier probabilidad de vulnerabilidad a la obstrucción. La FIG. 4 muestra las gráficas de SVI (ml/g) en función del tiempo para este ejemplo.

De acuerdo con otro ejemplo, se puede instalar una pluralidad de ciclones (por ejemplo, una batería de siete ciclones) en el sistema 200 (o 300). Cada uno de los ciclones puede configurarse para un caudal de 5 m<sup>3</sup>/h. La presión puede establecerse en, por ejemplo, aproximadamente 2,1 bar y el diámetro de la(s) boquilla(s) de la corriente de fondo pueden establecerse en, por ejemplo, aproximadamente 22 mm. El sistema 200 (o 300) puede incluir uno o más tamices en línea de, por ejemplo, una anchura de aproximadamente 5 mm para proteger el(los) ciclón(es) de la obstrucción. La FIG. 6 muestra una carga de SVI (ml/g) en función del tiempo para este ejemplo.

La separación de la centrifugadora a menudo se produce utilizando una centrifugadora de tazón sólido, en la que un aumento en las rpm de la centrifugadora (por ejemplo, en el intervalo de 500 - 5000 rpm) aumenta la fuerza

- gravitacional y, por lo tanto, la tasa de sedimentación. Por consiguiente, si el selector gravimétrico 11 incluye una centrifugadora que tiene secciones de cuenco, rollo y estanque, la centrifugadora puede exponer la mezcla líquido-sólida en el selector gravimétrico 11 a muchas veces la fuerza gravitacional que puede producirse, por ejemplo, en un depósito de sedimentación. Se puede usar una rpm diferencial muy pequeña (p. ej., generalmente en el intervalo de 5 1 a 10 rpm) entre el cuenco y el rollo centrífugo en la centrifugadora para separar los sólidos de sedimentación más buenos de los sólidos de sedimentación más malos que se descargan en la sección de estanque de desbordamiento de la centrifugadora. Por consiguiente, al controlar la tasa de carga hidráulica, la velocidad de rotación centrífuga, las rpm diferenciales del cuenco/rollo y la manipulación de estas tasas entre umbrales predeterminados, se puede controlar la selección de sólidos más grandes y/o más densos. Por ejemplo, un aumento en la tasa de carga hidráulica o en las rpm diferenciales del cuenco/rollo puede mejorar la selección de sólidos más grandes y/o más densos, mientras que una disminución de estas tasas puede ayudar a aumentar el tiempo de retención disponible para la separación gravimétrica, y se puede utilizar una tasa equilibrada para gestionar el proceso. Los sólidos en la sección del estanque se desechan y los sólidos enrollados más pesados se pueden retener y devolver al procesador 6.
- 15 Una característica importante del selector gravimétrico 11 es su capacidad de utilizar una tasa de desbordamiento agresiva para retener los sólidos de sedimentación buenos en un equipo separado asociado con una corriente de desecho de sólidos. Estos sólidos con buena sedimentación tienden a ser más densos y más grandes, y la mejor sedimentación se basa en la sedimentación Stokian, que permite la rápida eliminación del material en el selector gravimétrico 11. Otra característica importante es la eliminación selectiva de las partículas más pequeñas y coloides de la mezcla líquida/líquido-sólida que tienen el potencial de causar el ensuciamiento y/o la turbidez de la membrana MBR en el efluente 10, e inducir el ensuciamiento del difusor de aire de la membrana en, por ejemplo, el procesador 6.
- 20
- 30

La solicitud de patente de los Estados Unidos n.º US 2013/0001160 describe un procedimiento para la purificación biológica de aguas residuales que contienen amonio, que por este medio se incorpora en el presente documento en su totalidad. El procedimiento descrito proporciona una separación gravimétrica (p. ej., usando un hidrociclón, una centrifugadora o sedimentación) de la fase de lodo pesado que contiene bacterias oxidantes de amoníaco anaeróbico de crecimiento lento (ANAMMOX) de la fase de lodo ligero y devolviendo la fase de lodo pesado al reactor de aireación que trata el amoníaco que contiene aguas residuales al mismo tiempo que alimenta el lodo de fase ligera a un digestor para la producción de gas.

25

30

Las FIGS. 4 a 6 ilustran mejoras en las propiedades de sedimentación del lodo resultante de la implementación de los principios de la divulgación, incluida la implementación del sistema 200 (que se muestra en la FIG. 2) o 300 (que se muestra en la FIG. 3). El índice de volumen de lodo (SVI) representa el volumen de un manto de lodo sedimentado durante 30 minutos en un cilindro de prueba normalizado a un gramo de sólidos y es una medida estándar de la capacidad de sedimentación. A menudo, un SVI mayor de 150 ml/g es un indicador de mala capacidad de sedimentación del lodo y un SVI menor de 120 ml/g y, preferiblemente, menor o igual a 100 ml/g es un indicador de buena capacidad de sedimentación. La capacidad de sedimentación del lodo determina la operación máxima de sólidos de licor mezclado que se puede hacer funcionar en una planta de lodos activados. Incluso en muchas plantas de tratamiento bien operadas, el resultado de la sedimentación tiende a deteriorarse durante ciertos períodos del año, por ejemplo, típicamente al final de la temporada de invierno.

35

40

De acuerdo con lo que se ve en las FIGS. 4-6, el uso del selector gravimétrico 11 proporciona y mantiene una buena capacidad de sedimentación, como por ejemplo, menos de 120 ml/g y, preferiblemente, menor o igual a aproximadamente 100 ml/g.

45

La FIG. 4 muestra un gráfico que compara el deterioro de las propiedades de sedimentación del lodo en el proceso del sistema 100 con el resultado de la sedimentación mejorado de los procesos de lodos activados de los sistemas 200 y 300. Este gráfico demuestra los beneficios de implementar el selector gravimétrico 11 de acuerdo con los principios de la divulgación. En particular, el gráfico ilustra una comparación de las propiedades de sedimentación utilizando el sistema 200 (o 300) en comparación con las propiedades de sedimentación utilizando el sistema 100 (que se muestra en la FIG. 1), que no incluye el selector gravimétrico 11. En particular, este gráfico muestra los resultados en los que se instalan un par de ciclones en la línea de lodo de desecho del sistema, y en los que los ciclones están diseñados para una tasa de residuos de 20 m<sup>3</sup>/h cada uno a una presión de 1,7 bar con una boquilla de la corriente de fondo de 25 mm de diámetro, como se ha señalado anteriormente.

50

55

En la FIG. 4, el gráfico compara el deterioro de las propiedades de sedimentación del lodo en el sistema durante la temporada de invierno-primavera (por ejemplo, del 1 de diciembre al 30 de mayo) durante un período de tres años. De acuerdo con el gráfico, aunque el SVI alcanzó niveles de hasta aproximadamente 190 ml/g al final de la temporada de invierno, con el resultado de la sedimentación mejorado durante el mismo período para el SVI se

60



mantuvo por debajo de 100 ml/g usando el sistema 200 ( o 300).

Las FIGS. 5 y 6 muestran gráficos que comparan el deterioro de las propiedades de sedimentación del lodo en un carril de proceso en un sistema típico con un resultado de la sedimentación mejorado de un carril paralelo en el sistema 200 (o 300). En particular, los gráficos muestran los resultados de una prueba piloto a escala completa en la planta WWTP de Glarnerland en los que se instaló una batería de 7 ciclones, cada uno diseñado para un caudal de 5 m<sup>3</sup>/h. La presión de diseño se estableció en 2,1 bar y el diámetro de la boquilla de la corriente de fondo se estableció en 12 mm. Se instaló un tamiz en línea de 5 mm de anchura para proteger el ciclón de la obstrucción. Los resultados muestran la comparación del deterioro de las propiedades de sedimentación del lodo (SVI a más de 900 ml/g) en un carril de proceso líquido con el resultado de la sedimentación mejorado del carril paralelo durante un período experimental (SVI permanece constante alrededor de 100 ml/g). En la WWTP Glarnerland, la comparación del resultado parece más directa en la que un tren de tratamiento se hizo funcionar sin el selector gravimétrico y el otro paralelo se hizo funcionar con un selector gravimétrico tal como se ha visto en el sistema 200 (o 300) durante el mismo período.

En la FIG. 6, el gráfico también muestra los resultados de una prueba en la planta WWTP de Strass en la que se instalaron un par de ciclones en la línea de lodo de desecho diseñada para un desecho de 20 m<sup>3</sup>/h cada uno. La presión de diseño se estableció en 1,7 bar y se incluyó un sensor de presión en línea para proporcionar la señal de control en el accionador de frecuencia de la bomba utilizada en el sistema. Gracias al tamaño de la boquilla de la corriente de fondo, que tenía un diámetro de 25 mm, no se observó ninguna vulnerabilidad a la obstrucción.

Como se evidencia en las FIGS. 4-6, la aplicación del selector gravimétrico 11 en el sistema 200 (o 300) puede mitigar el deterioro del resultado de la sedimentación que, de otro modo, se produciría lo cual conllevaría problemas operativos y un cuello de botella en el diseño.

Un proceso de lodos activados puede incluir un biorreactor que se puede usar para el tratamiento de aguas residuales. El proceso de lodos activados puede incluir además procedimientos alternativos para el tratamiento de aguas residuales, por ejemplo, un proceso granular, un proceso de lodo activado integrado con película fija, un proceso de digestión aeróbica, un proceso de digestión anaeróbica, etcétera. Cualquiera de estos procedimientos se puede conectar a un dispositivo de separación que utiliza la separación gravimétrica para el reciclaje o la eliminación de biomasa.

Aunque la divulgación se ha descrito en términos de modos de realización ejemplares, los expertos en la técnica reconocerán que la divulgación se puede poner en práctica con modificaciones en el alcance de las reivindicaciones adjuntas. Estos ejemplos son meramente ilustrativos y no pretenden ser una lista exhaustiva de todos los diseños, modos de realización, aplicaciones o modificaciones posibles de la divulgación.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento de tratamiento de aguas residuales, que comprende:  
 5 alimentar las aguas residuales (1) a través de un primer separador (5) hacia una entrada de un procesador (6), y  
 separar, en el primer separador (5), las aguas residuales (1) en sólidos pesados (8A) y una mezcla sólido-líquida (4B);  
 procesar, en el procesador (6), la mezcla sólido-líquida (4B) del primer separador (5) mediante un proceso de  
 tratamiento biológico, para emitir licor mezclado (4C, 4D); y  
 procesar, en un segundo separador (9), el licor mezclado (4C) que sale del procesador (6) para producir aguas  
 residuales clarificadas (10) y una corriente de fondo (4F), o producir agua relativamente pura por medio de un módulo  
 10 de membrana incluido en el procesador (6);  
*caracterizado porque* el procedimiento también comprende:  
 alimentar el licor mezclado (4D) desde el procesador (6) o la corriente de fondo (4F) desde el segundo separador (9)  
 a una entrada de un selector gravimétrico (11) que comprende un ciclón, un hidrociclón o una centrifugadora;  
 seleccionar, en el selector gravimétrico (11), sólidos que tienen características de sedimentación superior al presentar  
 15 un índice de volumen de lodo (SVI) de menos de 120 ml/g;  
 emitir una corriente de reciclaje (4E) en una primera salida del selector gravimétrico (11), en el que la corriente de  
 reciclaje (4E) comprende los sólidos seleccionados;  
 emitir una corriente de desecho (8C) en una segunda salida del selector gravimétrico (11), y suministrar la corriente de  
 desecho (8C) desde la segunda salida del selector gravimétrico (11) a la manipulación de sólidos, en la que la  
 20 manipulación de sólidos incluye al menos uno de espesamiento, estabilización, acondicionamiento y deshidratación;  
 y  
 suministrar la corriente de reciclaje (4E) desde la primera salida del selector gravimétrico (11) al procesador (6).
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el procesamiento en el procesador (6) comprende:  
 25 un proceso de lodo activado por crecimiento suspendido;  
 un proceso granular;  
 un proceso de lodo activado integrado con película fija;  
 un proceso de eliminación de nutrientes biológicos;  
 un proceso de digestión aeróbica; o  
 30 un proceso de digestión anaeróbica.
3. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el proceso de tratamiento biológico comprende un  
 proceso de separación sólido-líquido en línea.
- 35 4. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el procesador (6) incluye un separador de membrana.
5. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el selector gravimétrico (11) comprende un ciclón que  
 acelera el licor mezclado (4D) o la corriente de fondo (4F) y proporciona fuerza de cizallamiento al licor mezclado (4D)  
 o la corriente de fondo (4F) para separar los sólidos seleccionados de segundos sólidos que presentan un SVI de más  
 40 de 120 ml/g.
6. El procedimiento de la reivindicación 5, en el que una tasa de alimentación y una geometría del ciclón  
 están configuradas para ajustar una velocidad del licor mezclado (4D) o la corriente de fondo (4F) en el ciclón para:  
 seleccionar los sólidos más grandes o más densos; o  
 45 incrementar el tiempo disponible para la separación en el ciclón.
7. El procedimiento de la reivindicación 5 que además comprende:  
 controlar la velocidad del licor mezclado (4D) o la corriente de fondo (4F) en el ciclón para que se retengan los sólidos  
 de un tamaño o densidad predeterminados.  
 50
8. El procedimiento de la reivindicación 5 que además comprende:  
 controlar una tasa de carga hidráulica para seleccionar los sólidos de sedimentación de un tamaño o densidad  
 predeterminados.
- 55 9. Un aparato de tratamiento de aguas residuales (200, 300), que comprende:  
 un primer separador (5) que procesa las aguas residuales (1) provistas en el mismo para separar las aguas residuales  
 (1) en sólidos pesados (8A) y una mezcla sólido-líquida (4B);  
 un procesador (6) que comprende una entrada y una salida, el procesador (6) que lleva a cabo un proceso de  
 60 tratamiento biológico en la mezcla sólido-líquida (4B) provista a la entrada del mismo desde el primer separador (5), y

- emite el licor mezclado (4C) en la salida del mismo; y  
o bien un segundo separador (9) que tiene una entrada acoplada para recibir el licor mezclado (4C) de la salida del procesador (6), para separar las aguas residuales clarificadas (10) de una corriente de fondo (4F),  
o bien un módulo de membrana incluido en el procesador (6) para producir agua relativamente pura; y *caracterizado*
- 5 *por*  
un selector gravimétrico (11) que comprende un ciclón, un hidrociclón o una centrifugadora, y que tiene una entrada acoplada para recibir o bien una salida de licor mezclado (4D) del procesador (6) o una corriente de fondo (4F) del segundo separador (9), y tiene una salida de corriente de desecho (8C), y una salida de corriente de reciclaje (4E), el
- 10 separador gravimétrico (11) que está configurado para seleccionar sólidos que tienen características de sedimentación superior al presentar un índice de volumen de lodo (SVI) menor que 120 ml/g,  
en el que la salida de la corriente de reciclaje (4E) del selector gravimétrico (11) comprende los sólidos seleccionados y se recicla al procesador (6).
10. El aparato de la reivindicación 9, en el que el proceso de tratamiento comprende:  
15 un proceso de lodo activado por crecimiento suspendido;  
un proceso granular;  
un proceso de lodo activado integrado con película fija;  
un proceso de eliminación de nutrientes biológicos;  
un proceso de digestión aeróbica; o
- 20 un proceso de digestión anaeróbica.
11. El aparato de la reivindicación 9, en el que el selector gravimétrico (11) comprende un ciclón que separa los sólidos seleccionados de los segundos sólidos que presentan un SVI de más de 120 ml/g.
- 25 12. El aparato de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el selector gravimétrico (11) comprende una centrifugadora para separar los sólidos seleccionados de los segundos sólidos que presentan un SVI de más de 120 ml/g.
13. El aparato de la reivindicación 11, en el que una tasa de alimentación y una geometría del ciclón están
- 30 configuradas para:  
seleccionar sólidos con un tamaño y densidad predeterminados; o  
incrementar un tiempo disponible para la separación en el ciclón.
14. El aparato de la reivindicación 11, en el que el ciclón controla una velocidad de las aguas residuales
- 35 procesadas para ajustar una tasa de desbordamiento de modo que se retengan los sólidos de sedimentación de un tamaño o densidad predeterminados.
15. El aparato de la reivindicación 11, en el que el ciclón controla una tasa de carga hidráulica para seleccionar los sólidos de sedimentación de un tamaño o densidad predeterminados.

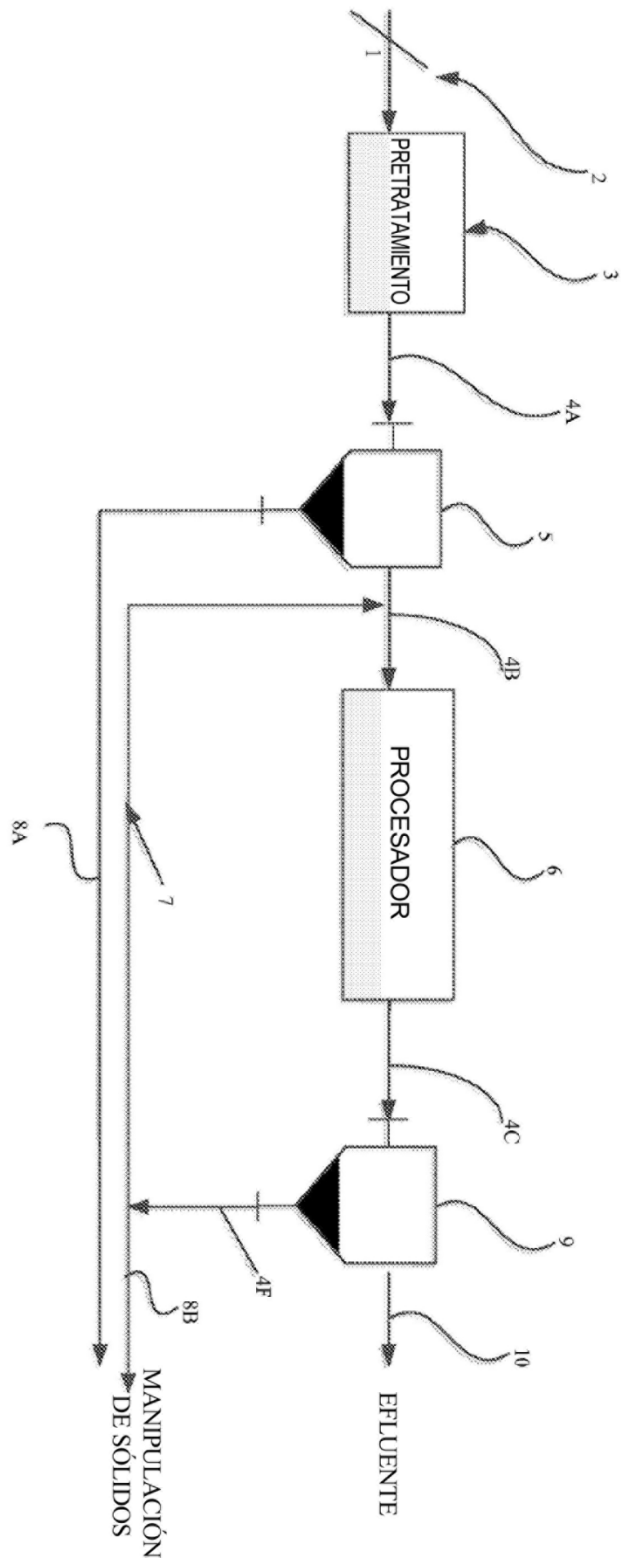


FIG. 1

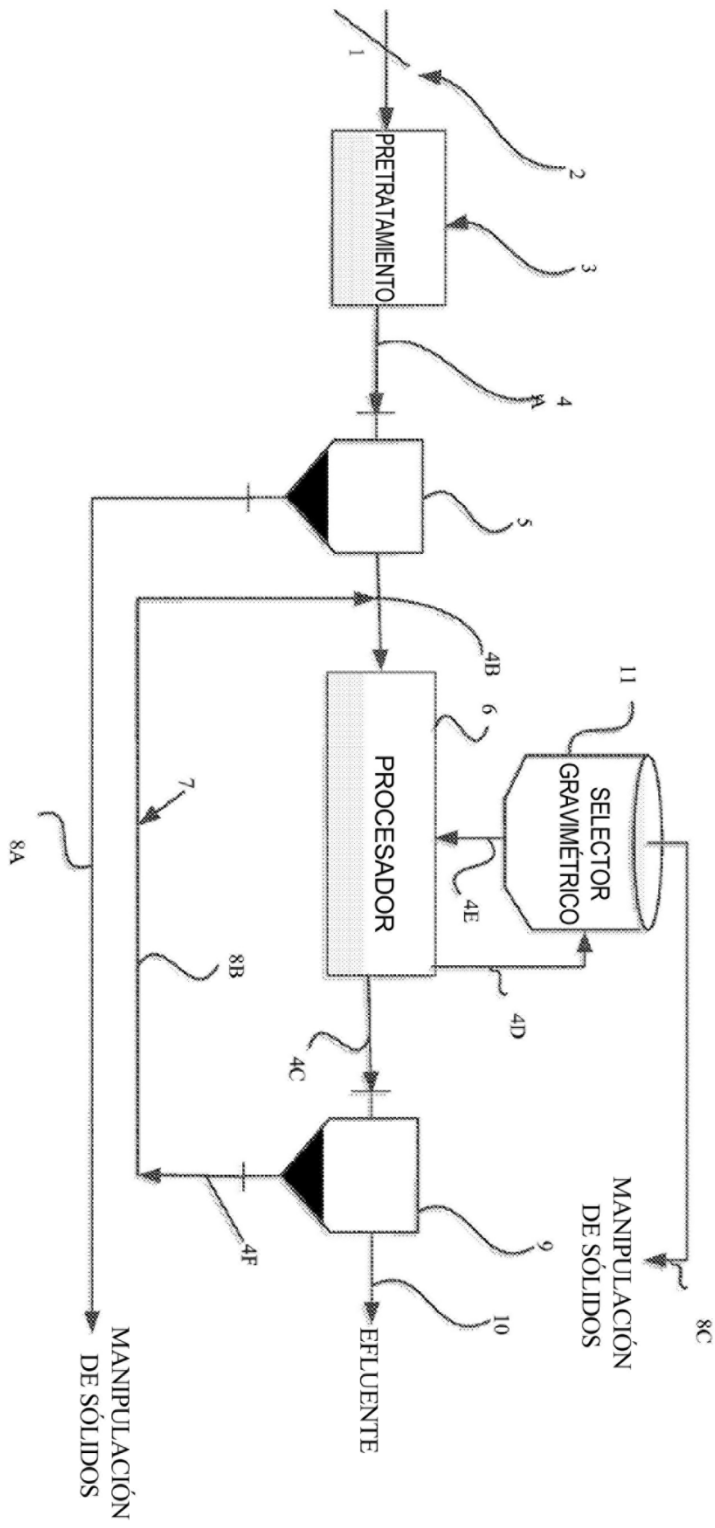


FIG. 2

200

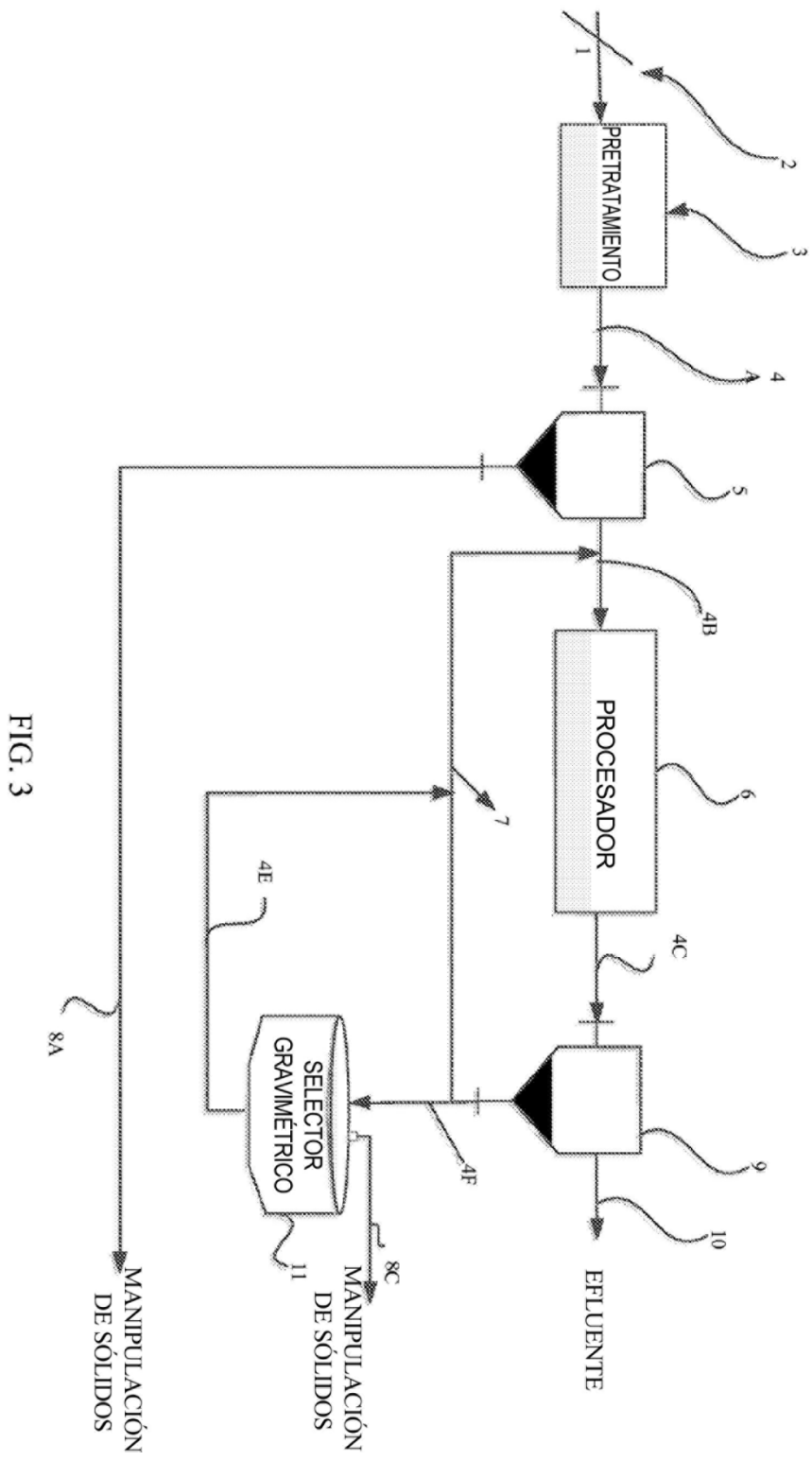


FIG. 3

300

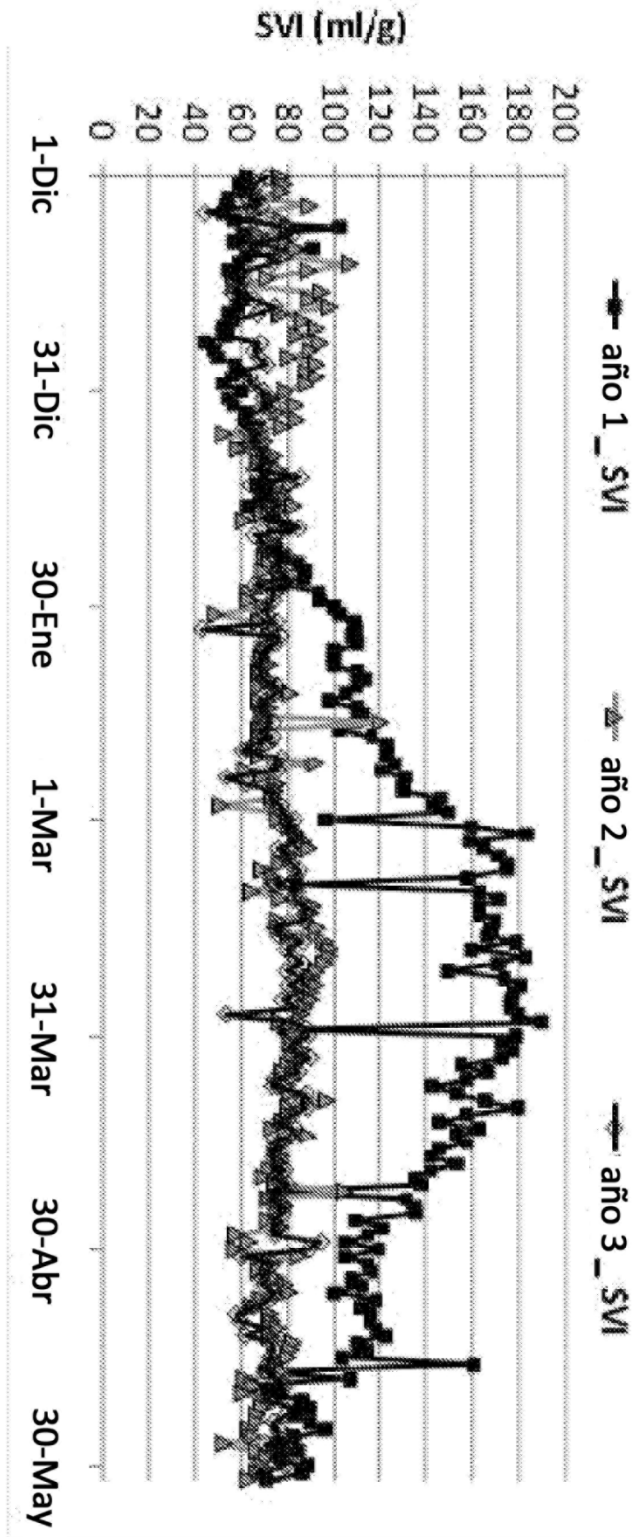


FIG. 4

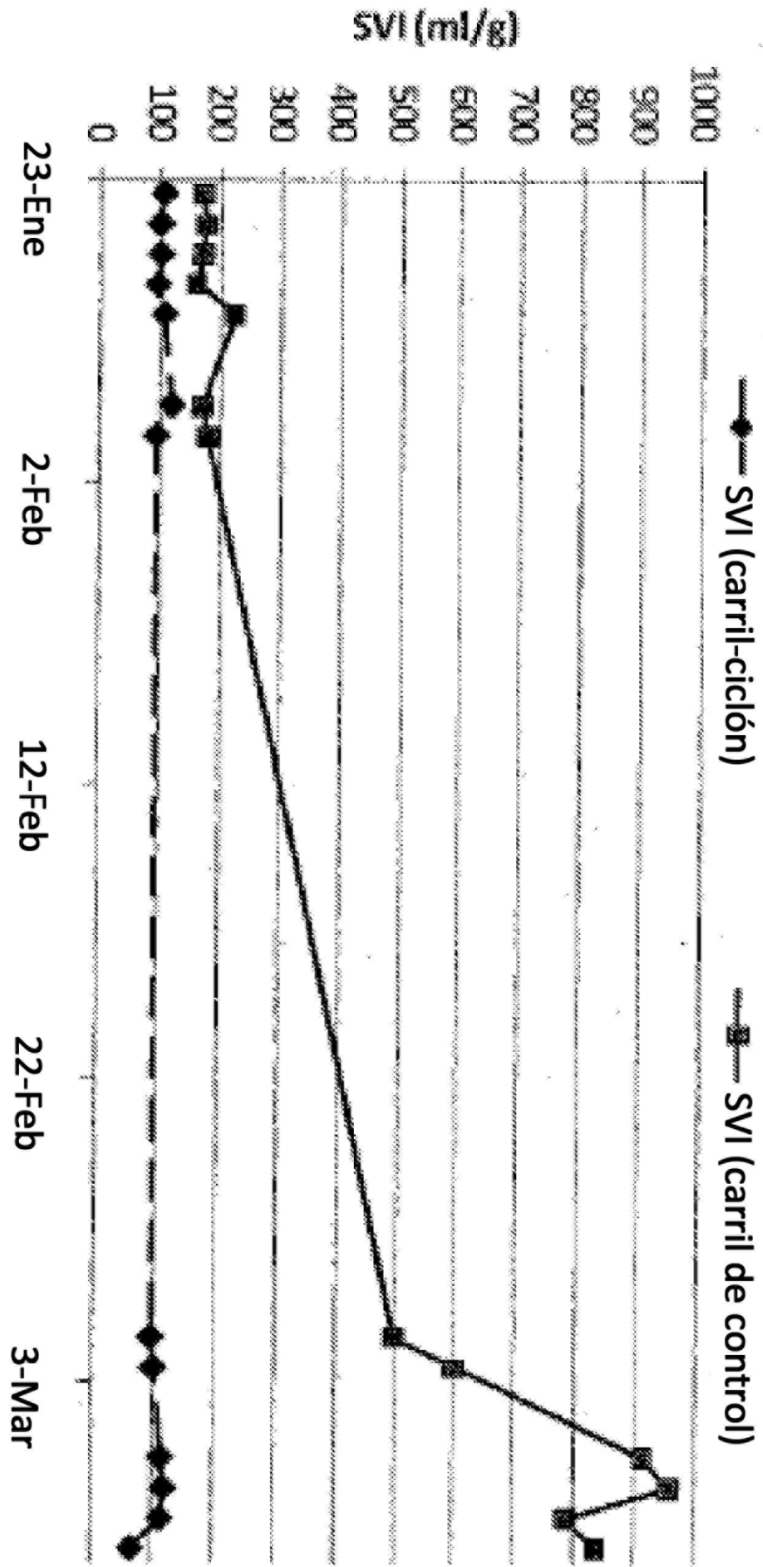


FIG. 5



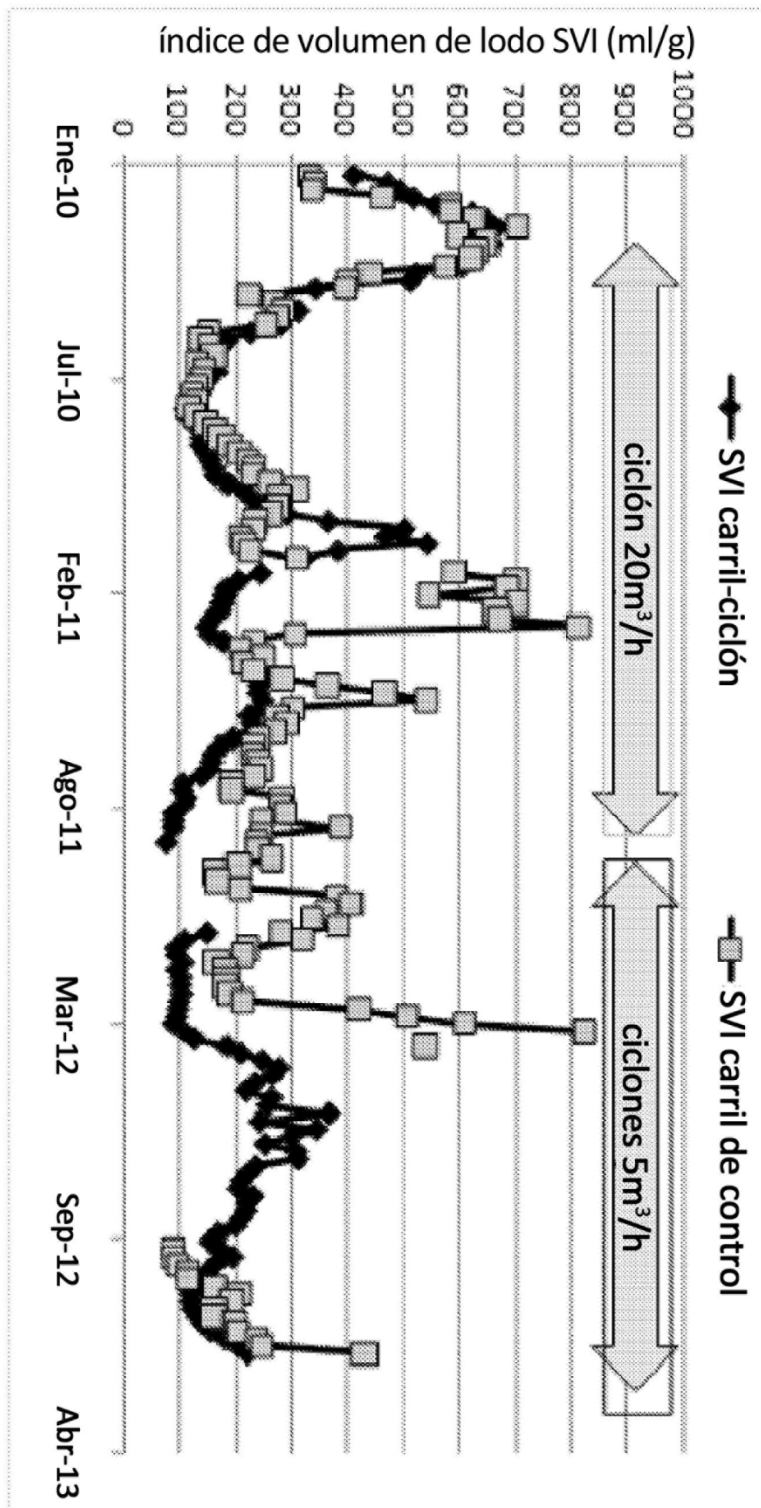


FIG. 6