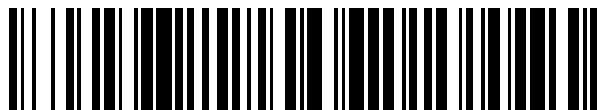


(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 749 969**

(51) Int. Cl.:

C02F 11/00 (2006.01)
C02F 1/52 (2006.01)
C02F 11/12 (2009.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.02.2010 PCT/CA2010/000261**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **01.09.2011 WO11103651**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.02.2010 E 10846316 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.08.2019 EP 2539287**

(54) Título: **Sistema de tratamiento de agua por floculación lastrada y sedimentación con recirculación de lodos simplificada y procedimiento para el mismo**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.03.2020

(73) Titular/es:

VEOLIA WATER SOLUTIONS & TECHNOLOGIES SUPPORT (100.0%)
L'Aquarène, 1 Place Montgolfier
94417 Saint-Maurice Cedex, FR

(72) Inventor/es:

QUEVILLON, LUC

(74) Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 749 969 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

Sistema de tratamiento de agua por floculación lastrada y sedimentación con recirculación de lodos simplificada y procedimiento para el mismo

CAMPO DE LA INVENCIÓN

5 Esta invención se refiere a un sistema de recirculación de lodo simplificado para ser añadido a un sistema para el
tratamiento de agua potable o industrial o aguas residuales, que puede incluir una combinación de métodos del
grupo que comprende coagulación, sedimentación, floculación y floculación lastrada, a fin de mejorar su eficacia al
reducir la pérdida de lastre y agua. También se refiere a un comportamiento de flujo de fluidos específico hecho
10 posible específicamente debido a la adición del sistema de recirculación de lodo simplificado, y que por otra parte
mejora la eficacia del procedimiento.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

Las instalaciones de tratamiento de agua son indispensables para la purificación de agua potable, usada e industrial,
en donde el agua ha estado expuesta a contaminantes de diversos tamaño y composición. Así, el procedimiento de
15 purificación está destinado a retirar esos contaminantes con el uso de métodos apropiadamente seleccionados, que
generalmente se basan en contener el agua en grandes depósitos a fin de aplicar el tratamiento. Algunos
contaminantes son suficientemente densos para hundirse y acumularse en el fondo de esos depósitos, dependiendo
20 del caudal, mientras que otros son suficientemente grandes para tamizarse satisfactoriamente del agua con un filtro.
Sin embargo, algunos contaminantes, llamados coloides, son partículas microscópicas uniformemente distribuidas
dentro de una mezcla que no se pueden separar eficazmente de la solución hidrocoloidal, que es la mezcla de agua
y coloide, por medios físicos y así requieren métodos de tratamiento específicos.

A fin de separar el agua de esos contaminantes no deseados, se debe pasar a través de ciertas etapas de
purificación. Se puede realizar un pretratamiento a fin de recuperar grandes residuos y ajustar el pH del agua para
25 facilitar etapas ulteriores del tratamiento. Para eliminar las partículas más pequeñas en suspensión y así clarificar el
agua, las instalaciones de tratamiento de agua comprenden generalmente una zona de floculación en la que un
agente floculante, bien un polímero (como poliacrilamidas modificadas), bien un producto químico (como silicato
sódico) o bien en raras ocasiones un producto natural con las mismas propiedades, se introduce dentro del agua.
Con la adición de este agente floculante, empiezan a formarse flóculos (agregados de partículas) de contaminantes
30 fuera de los coloides. Un mezclador con álabes giratorios agita generalmente la mezcla situada dentro de la zona de
floculación a fin de maximizar el contacto entre el agente floculante y los contaminantes, permitiendo así la creación
de flóculos mayores.

Este procedimiento de la primera etapa, denominado floculación, se puede mejorar adicionalmente con la adición de
un material lastrado, como microarena, que actúa como lastre y masa de contacto que cataliza la reacción de
35 floculación dentro de la solución de agua y contaminantes. Cuando se añade lastre, el susodicho agente floculante
se une junto con flóculos de coloides y otras partículas, creando así flóculos aún más grandes y pesados al
aglomerar flóculos previamente creados junto con partículas de arena. Esto, a su vez, tiene la ventaja de hacer que
la floculación y la siguiente etapa del tratamiento ocurran más rápidamente.

40 La siguiente etapa del procedimiento de tratamiento de agua se denomina sedimentación. Tiene lugar en la zona de
sedimentación y aprovecha el hecho de que la gravedad empuja cada objeto hacia la superficie de la tierra con una
fuerza proporcional a su peso. Por lo tanto, las partículas más pesadas son arrastradas más fácilmente al fondo de
esta zona de contención de modo que la adición de un lastre granular como arena, aunque no sea esencial, puede
45 beneficiar el procedimiento, reduciendo el tiempo necesario para que los flóculos se depositen en el fondo de la
zona. Así, el procedimiento de floculación es esencialmente un medio para reducir la cantidad de coloides en
suspensión dentro de la solución líquida, creando flóculos relativamente pesados fuera de los coloides que no se
hunden eficazmente hasta el fondo de la zona de sedimentación con la influencia de la gravedad como lo harían las
partículas más grandes en suspensión dentro de la solución líquida. Posteriormente, el agua purificada se recoge
50 cuando rebosa de la zona de sedimentación. Si se usa lastre en la zona de floculación, los flóculos lastrados se
acumulan a continuación en el fondo de la zona de sedimentación y comprenden tanto arena como contaminantes
en partículas, requiriendo adicionalmente ser tratados para separar la arena de los contaminantes.

55 La mezcla que comprende contaminantes, coloides, agua y también a veces arena forma lo que generalmente se
denomina "lodo", que se ha de retirar del sistema después de la extracción de tanta arena y agua como sea posible
a fin de maximizar la eficacia del procedimiento. La arena extraída se puede usar una y otra vez en el procedimiento
sin la necesidad de añadir mucha más a lo largo de la acción, dependiendo de la eficacia de la susodicha extracción.

Una etapa adicional no esencial, denominada coagulación, se puede añadir al procedimiento de tratamiento de agua
a fin de mejorar adicionalmente su eficacia. Si se incluye en el procedimiento, es generalmente la primera etapa por
60 la que el agua contaminada comienza su purificación después del pretratamiento. Consiste en la adición de sales

metálicas trivalentes a la solución de agua y contaminantes. Las sales (generalmente materiales compuestos de hierro o aluminio) se disuelven en agua liberando iones con tres cargas positivas que se unen con coloides y a continuación forman agregados pequeños. Esos agregados se combinan en flóculos cuando se añade un agente floculante a la solución y, debido a que son partículas más grandes que los propios coloides, hacen la aglomeración de agregados en flóculos relativamente más fácil que el procedimiento sin coagulación previa y así aumentan la eficacia del procedimiento y el coste de la inclusión de otra zona a las instalaciones, la zona de coagulación, y añaden costes para las sales metálicas trivalentes.

5 El agua purificada se filtra generalmente después de la zona de sedimentación a fin de retirar flóculos y partículas no depositados que todavía pudieran estar en suspensión dentro del agua. La concentración de agua del lodo producido después de la sedimentación es todavía demasiado alta y por lo tanto son necesarios medios espesantes para reducirla suficientemente para facilitar el transporte, por ejemplo a vertederos. Este procedimiento añadido emplea mucho tiempo para ser eficaz y a menudo necesita grandes cantidades de espacio, como en el caso de 10 zonas de evaporación (o lechos de secado) al aire libre. Una alternativa es el método de prensado que requiere que el fango se prense contra filtros textiles para extraer tanto líquido como sea posible, después de lo cual se forma una torta residual compacta de los restantes contaminantes sólidos. El método de centrifugación usa la fuerza centrífuga para extraer agua del lodo y, como para el prensado, los contaminantes residuales se conforman en una torta compacta. Por otra parte, estos métodos requieren maquinaria especializada o enormes espacios abiertos para ser 15 eficaces, que son costosos y pueden ser poco prácticos dependiendo de la situación económica y geográfica de la 20 comunidad que los requiera.

Otro problema común de las instalaciones de tratamiento de agua reales es la extracción del lastre de arena del lodo producido que da como resultado un desperdicio innecesario de material. El documento US2004/0144730A divulga 25 un sistema de tratamiento de agua que comprende una zona de coagulación seguida por una zona de deposición. El lodo se extrae en el fondo de la zona de deposición y se aporta a un hidrociclón.

OBJETIVOS DE LA INVENCIÓN

Un primer objetivo de esta invención es reducir el volumen del lodo rechazado por instalaciones de tratamiento de agua que hacen uso típicamente de una combinación de métodos de tratamiento de agua que comprenden coagulación, floculación, sedimentación y floculación lastrada, al proporcionar medios mejorados para purgar progresivamente agua de dicho lodo a través del uso de un sistema de recirculación de lodo mejorado.

30 35 Un segundo objetivo de esta invención es presentar medios para mejorar procedimientos de tratamiento de agua que se puedan retroajustar a instalaciones existentes así como a las construidas recientemente con costes mínimos.

40 Un tercer objetivo de esta invención es reducir el tamaño de los medios de purga de agua del lodo en estas instalaciones.

45 Un cuarto objetivo de esta invención es eliminar la necesidad de una cuba de purga de lodo exterior, usada por algunas instalaciones de tratamiento, reduciendo así los costes operativos y la duración del procedimiento de tratamiento de agua en estas instalaciones.

50 Un quinto objetivo es reducir la cantidad de lastre perdida durante procedimientos de tratamiento de agua que pueden incluir floculación lastrada.

SUMARIO DE LA INVENCIÓN

55 La presente invención representa una solución para instalaciones de tratamiento de agua ya existentes y futuras que necesiten medios para reducir la cantidad de agua contenida dentro del lodo residual rechazado después del tratamiento del agua a fin de reducir el volumen de residuo que se ha de eliminar posteriormente. También reduce el coste y el tamaño del aparato necesario para concentrar adicionalmente el lodo. La presente invención también 60 reduce la pérdida de lastre en las instalaciones en cuestión con ciertos tipos de medios de separación de líquidos y sólidos al aumentar su velocidad de recuperación, conseguido mediante múltiples ciclos repetidos de reinserción de lodo en esos medios que se hacen posibles mediante la presente invención.

65 Un procedimiento de tratamiento de agua que comprende coagulación, floculación lastrada y sedimentación permite típicamente una concentración de materia sólida del lodo entre 0,05% y 0,1 % (de 0,5 a 1,0 gramos/litro). Cuando se combina con los sistemas de recirculación de lodo simplificados de esta invención, una prueba extensiva muestra que la concentración resulta aumentar por encima de 30 g/l con volúmenes de lodo rechazado disminuidos en un porcentaje entre 30 y 97 por ciento y necesitando un equipo de espesamiento del lodo más pequeño.

70 La presente invención también muestra la recuperación de lodo con una velocidad equivalente a la de la recuperación del agua. La siguiente tabla compara los resultados de comportamiento de la presente invención con los de sistemas de tratamiento de agua típicos:

Velocidad de Enjuague/Relación de Recirculación	Materia en suspensión (Agua bruta)	Comportamiento de Sistemas de la Técnica Anterior Típicos	Comportamiento del Sistema según la Presente Invención	Mejora del Comportamiento
20 m/h y 3% de recirculación	20 mg/l	96 m ³ /hora 0,6 g/l	3,2 m ³ /hora 20 g/l	97%
40 m/h y 3% de recirculación	200 mg/l	96 m ³ /hora 9,82 g/l	47,1 m ³ /hora 20 g/l	51%
40 m/h y 6% de recirculación	600 mg/l	192 m ³ /hora 13,9 g/l	133,6 m ³ /hora 20 g/l	30%
60 m/h y 6% de recirculación	200 mg/l	192 m ³ /hora 13,9 g/l	133,6 m ³ /hora 20 g/l	30%
80 m/h y 3% de recirculación	200 mg/l	192 m ³ /hora 9,82 g/l	94 m ³ /hora 20 g/l	51%

- 5 La combinación de elementos de las realizaciones uno, dos y tres, según se describen más adelante, hace posible la creación de un flujo tridimensional complejo que impide la reentrada del lodo por la parte superior de la zona de sedimentación. Este flujo mejora adicionalmente la eficacia de la presente invención y es un resultado de los diseños particulares descritos en la descripción detallada de las realizaciones.
- 10 La invención consiste en un sistema de recirculación de lodo según la reivindicación 1, para ser añadido a una zona de sedimentación de una instalación de tratamiento de agua que usa al menos un método de purificación seleccionado del grupo que consiste en floculación, sedimentación, coagulación y floculación lastrada, dicho sistema de recirculación de lodo para ciclación repetida de dicho lodo en un modo de purga progresiva de agua, comprendiendo dicho sistema, entre otras cosas:
- 15 - un recipiente de recuperación de lodo aguas abajo, que incluye una cavidad de recuperación de lodo situada en una porción inferior de dicho recipiente, definiendo dicha cavidad un cierto volumen de dicha zona de sedimentación para acumular un lodo diluido bajo la influencia de la gravedad;
- un aparato de recirculación, que comprende:
- 20 i. medios de separación de líquidos y sólidos que permiten la purificación de una solución líquida al retirar contaminantes sólidos situados en la misma, para obtener lodo resultante, del que se han retirado partículas de densidad superior;
- ii. medios de recirculación, que comprenden:
- 25 1. un canal de recirculación conectado en un extremo del mismo a dicha cavidad de recuperación de lodo y conectado a dichos medios de separación de líquidos y sólidos en un extremo de salida del mismo, para recircular el lodo resultante;
- 30 2. un canal de reinserción conectado operativamente en un extremo del mismo a dichos medios de separación de líquidos y sólidos y a dicho recipiente de recuperación de lodo en un extremo de salida del mismo; and
3. un canal de eliminación conectado en un extremo de entrada del mismo a dicho canal de reinserción para rechazar lodo de alta densidad de dicha instalación de tratamiento de agua en un extremo de salida del mismo aguas abajo;
- 35 iii. medios activos durante dicha ciclación repetida de dicho lodo a través del sistema de recirculación de lodo para eliminar progresivamente dicho lodo de dicho sistema de recirculación de lodo a través de dicho canal de eliminación;
- iv. medios para conducir dicho lodo a dicho aparato de recirculación durante dicha ciclación repetida.

Dichos medios para conducir dicho lodo en dicho aparato de recirculación son una bomba situada aguas abajo en dicho canal de recirculación. Además, dichos medios para eliminar progresivamente dicho lodo de dicho sistema de recirculación de lodo incluyen medios para comprobar la concentración de constituyentes sólidos de dicho lodo.

- 5 Dichos medios de separación de líquidos y sólidos son un hidrociclón montado aguas abajo de dicho canal de recirculación con relación a dicha bomba, que comprende una salida de rebose y una salida inferior, dicha salida de rebose conectada a dichos medios de recirculación y dicha salida inferior vertiendo dentro de una zona de flocculación.
- 10 Se proporcionan además medios de control que son medios de control del flujo para regular la velocidad de dicha solución líquida que fluye a través de dicho aparato de recirculación de tal modo que se optimice la eficacia de dicho hidrociclón.
- 15 Dichos medios para eliminar progresivamente dicho lodo de dicho sistema de recirculación de lodo a través de dicho canal de eliminación son un analizador de sólidos suspendidos que trabaja junto con dichos medios de control del flujo para optimizar adicionalmente la eficacia de dicho hidrociclón al ajustar la velocidad de flujo a dicha concentración de constituyentes sólidos de dicho lodo.
- 20 La zona de sedimentación comprende un rascador giratorio, que comprende una parte superior y una parte inferior con relación al plano de dicha zona de sedimentación y que gira en dicho plano, que guía dicho lodo depositado en dicho fondo de dicha zona de sedimentación hacia dicha cavidad de recuperación de lodo de tal modo que se mantenga asentado y separa efectivamente dicha zona de sedimentación en una primera sección superior y una segunda sección inferior con relación al plano del rascador, aislando así dicha cavidad de recuperación de lodo, dicho extremo de entrada del canal de recirculación y dicho extremo de salida del canal de reinserción situados dentro de dicha segunda parte inferior de dicha primera parte superior de dicha zona de sedimentación.
- 25 Preferiblemente, dicho rascador giratorio es de centro hueco formando un eje hueco y coincide con una porción extrema aguas abajo de dicho canal de reinserción de dicho aparato de recirculación que vierte dentro de dicha cavidad de recuperación de lodo.
- 30 Preferiblemente, un cono invertido está estampado sobre dicha parte inferior de dicho rascador coaxialmente con respecto a dicho eje hueco, evitando sustancialmente que dicha solución líquida situada en dicha cavidad de recuperación de lodo refluja dinámicamente a dicho canal de reinserción y maximizando el flujo a través de dicho canal de recirculación.
- 35 Preferiblemente, dicho aparato de recirculación se extiende externamente hasta dicho recipiente de recuperación de lodo.
- 40 Preferiblemente, dicha salida del canal de reinserción de dicho aparato de recirculación se abre dentro de dicha cavidad de recuperación de lodo.
- 45 Preferiblemente, se incluye además una cámara de sedimentación de arena en dicho aparato de recirculación y montada aguas arriba de dicho canal de reinserción y de dicho canal de eliminación y aguas abajo de dicho hidrociclón, que permite la recuperación de material granular arenoso dentro de dicho aparato de recirculación cuando el lodo contiene material arenoso.
- 50 Preferiblemente, dicho aparato de recirculación comprende un hidrociclón, una válvula de control del flujo de recirculación montada en dicho canal de reinserción y un analizador de sólidos suspendidos también montado en dicho canal de reinserción, que controla la apertura y el cierre de dicha válvula de control del flujo dependiendo de la concentración de dicho lodo dentro de dicho aparato de recirculación.
- 55 Preferiblemente, un analizador de sólidos suspendidos se instala en una cañería de entrada que alimenta dicha instalación de tratamiento de agua con agua, permitiendo así que el flujo de agua a través de dicho aparato de recirculación se controle dependiendo de la concentración de contaminantes coloidales dentro del agua.
- 60 La invención también consiste en un método según la reivindicación 11 para crear un comportamiento de flujo de fluido particular haciendo uso de dicho sistema de recirculación de lodo, que evita que el lodo situado en dicha segunda sección inferior de dicha zona de sedimentación vuelva a dicha primera sección superior de la zona de sedimentación así como maximiza el flujo procedente de dicho canal de reinserción a dicho canal de recirculación, que comprende las siguientes etapas:
- a) una mezcla de agua y flóculos de contaminantes entra en una zona de sedimentación;

- b) a continuación, los flóculos caen a un recipiente de recuperación de lodo aguas abajo, que incluye una cavidad de recuperación de lodo, situada en una porción inferior de dicho recipiente, definiendo dicha cavidad un cierto volumen de dicha zona de sedimentación bajo la influencia de la gravedad, formando lodo;
- 5 c) un rascador giratorio, que comprende un extremo inferior y un centro hueco, guía dicho lodo depositado en dicho fondo de dicho recipiente hacia dicha cavidad de recuperación de lodo de tal modo que lo mantiene asentado;
- d) un canal de recirculación que tiene una boca de entrada del mismo situada dentro de dicha cavidad de recuperación de lodo y conectado operativamente a una bomba conduce el lodo hacia dicho aparato de recirculación;
- 10 e) una cierta cantidad de lodo se reinsera dentro de dicha cavidad de recuperación de lodo a través de un a canal de reinserción que tiene un extremo de salida del mismo situado dentro de dicho centro hueco de dicho rascador o sobre la pared de dicha cavidad de recuperación de lodo;
- f) la corriente de lodo resultante refluye hacia dicho canal de recirculación sin refluir dentro del canal de reinserción debido a la combinación específica de:
- 15 i. dicho rascador giratorio;
- ii. dicha cavidad de recuperación de lodo;
- iii. dicho aparato de recirculación;
- iv. dicho canal de recirculación; y
- 20 v. dicho canal de reinserción de dicho aparato de recirculación situado dentro de dicho centro hueco de dicho rascador giratorio o sobre la pared de dicha cavidad de recuperación de lodo y que vierte en dicha cavidad de recuperación de lodo.

Preferiblemente, se añade un cono invertido a dicho extremo inferior de dicho rascador, permitiendo además que el flujo de dicho lodo vierta desde dicho canal de reinserción a través de dicho canal de recirculación sin reflujo dentro de dicho canal de reinserción.

25 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

En los dibujos que ilustran la realización preferida de la invención:

La **Fig. 1** es una vista esquemática en alzado de una instalación de tratamiento de agua con la presente invención que se basa en un sistema de recirculación de lodo exterior, también conocida como realización uno;

30 la **Fig. 2** es una vista esquemática en alzado de una instalación de tratamiento de agua en la que un sistema de recirculación de lodo reinsera el lodo en la parte inferior de la zona de sedimentación con un conducto descendente a través del centro hueco del rascador giratorio, también conocida como realización dos, y donde el flujo de recirculación de lodo es regulado por un analizador de sólidos suspendidos;

35 la **Fig. 3** es otra vista esquemática en alzado de una instalación de tratamiento de agua que comprende la segunda realización del sistema de recirculación de lodo de la **Fig. 2** en la que el flujo de recirculación de lodo se regula en cambio mediante un caudalímetro;

la **Fig. 4** es otra vista esquemática en alzado de una instalación de tratamiento de agua en la que el flujo de recirculación de lodo se regula mediante un cronómetro;

40 la **Fig. 5** es otra vista esquemática en alzado de una instalación de tratamiento de agua que muestra los diferentes emplazamientos en los que se pueden situar los componentes de control de flujo de recirculación o de análisis de sólidos suspendidos;

la **Fig. 6** muestra otra vista esquemática en alzado de una instalación de tratamiento de agua en la que el control de flujo de recirculación se realiza mediante análisis de sólidos suspendidos del agua que fluye a través de la cañería de alimentación; y

5 la **Fig. 7** muestra una representación gráfica a una escala ampliada con relación a las **Figs. 2 a 4, 5 y 6**, de la simulación de la dinámica de flujo específica del lodo que va a través del sistema de recirculación de lodo de la presente invención, en este caso el sistema de recirculación de lodo de la realización dos, y tomado en la porción derecha inferior de las **Figs. 2-4, 5 o 6**.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES

10 La **Fig. 1** muestra generalmente una instalación **01** de tratamiento de agua que comprende 3 zonas principales dentro de las cuales el agua se hace circular con un sistema de recirculación de lodo añadido correspondiente a la realización uno de la presente invención. El agua fluye de izquierda a derecha, a fin de que sea purificada progresivamente de sus contaminantes. La zona **10** de coagulación aguas arriba se define como un recipiente **100** de contención vertical, por ejemplo de forma cúbica, que recibe agua a través de un conducto que puede ser una cañería convencional y no se muestra en la figura. Un coagulante, preferiblemente una sal metálica trivalente, se añade al agua que fluye en la zona **10** de coagulación a fin de iniciar la formación de agregados de contaminantes entre el agua. Las pequeñas partículas de contaminantes en suspensión dentro de esta agua generalmente están cargadas negativamente y así son atraídas por las sales metálicas trivalentes, que se disuelven en el agua dejando iones con tres cargas positivas. Un motor **11** fijado por encima de la zona de coagulación permite la rotación del mezclador **12**, al que está conectado por el eje **11a** de giro. El mezclador **12** incluye un número de álabes **12a, 12b, ...** giratorios que generalmente se extienden horizontalmente en un estado operativo, espaciadamente sobre el suelo **102** del primer recipiente **100** de contención aguas arriba.

25 El eje **11a** es suficientemente largo para que el mezclador **12** descance a una cierta profundidad bajo la superficie del agua dentro de la zona **10** de coagulación y gire junto con el mezclador **12** debido al movimiento giratorio transmitido por el motor **11**. Los álabes **12a, 12b, ...** del mezclador giran en un plano generalmente paralelo al plano del suelo **102** del recipiente y agitan la solución de agua y sales metálicas trivalentes a fin de maximizar la superficie de contacto entre los dos reaccionantes y así la atracción iónica entre dichos iones con cargas positivas y los contaminantes dentro del agua. Esta etapa no es obligatoria para alcanzar la purificación apropiada del agua pero puede mejorar la eficacia del tratamiento del agua.

30 30 El agua, que ahora contiene agregados pequeños de contaminantes, se vierte a continuación dentro de un segundo recipiente **104** de contención vertical, que se denomina la zona **15** de floculación. Un motor **110** fijado por encima del suelo **106** del recipiente **104** también permite que un segundo mezclador **108** gire a una cierta profundidad por debajo de la superficie del agua espaciadamente sobre el plano del suelo **106** del recipiente **104** mediante la inclusión del eje **110a** de giro. Un agente floculante se mezcla con el agua en el recipiente **104**, que ya contiene agregados formados en la zona de coagulación.

40 Este agente floculante se mezcla a fondo dentro del agua mediante el mezclador **108** y permite la formación de flóculos de partículas dentro de la zona **15** de floculación cuando se combina con contaminantes. La velocidad de formación y el tamaño (y así el peso) de los flóculos preferiblemente también se puede aumentar adicionalmente mediante la adición de un lastre. El lastre más comúnmente usado es microarena (por ejemplo entre 50 µm y 150 µm de diámetro), debido a su disponibilidad general y su coste relativamente económico.

45 45 El agua entra a continuación en una tercera zona denominada la zona **16** de sedimentación situada en otro recipiente **112** de contención vertical. Los flóculos y los agregados que se creaban dentro de las dos zonas **10** y **15** precedentes son atraídos por la gravedad hacia el suelo **22** con forma de embudo del recipiente **112** aguas abajo. Por lo tanto, las partículas más pesadas son más propensas a hundirse hasta el suelo **22** de la zona **16** de sedimentación y lo hacen más rápidamente que las más ligeras, que es lo interesante de la coagulación y la floculación lastrada a fin de mejorar la eficacia del sistema de tratamiento de agua. A un rascador **20**, que puede soportar un dispositivo tal como un cono **21** invertido en su centro, se le da un movimiento de giro a lo largo del plano de la zona **16** de sedimentación a través de un motor **18** que conduce un eje **17** vertical giratorio.

55 55 El propósito del eje **17** es barrer los flóculos de contaminantes que se han depositado sobre las paredes radialmente inclinadas descendentemente hacia adentro del suelo **22** de una cavidad **19** de recuperación de lodo situada debajo del cono **21** invertido en el centro de la zona **16** de sedimentación. Los flóculos de contaminantes se reúnen así dentro de la cavidad **19** de recuperación de lodo, cuya masa forma por consiguiente lodo.

60 60 El cono **21** invertido se puede reemplazar por otras estructuras adecuadas, por ejemplo por una placa perforada horizontal, soportada espaciadamente sobre el suelo **22** del pozo. Las perforaciones de esta placa perforada permitirán el paso libre del lodo a un caudal tal que el lodo no vuelva a un estado de suspensión.

Este lodo, que contiene un volumen relativamente grande de agua, se denominará en la presente en lo sucesivo lodo diluido. Para optimizar el funcionamiento de este tratamiento de agua, este lodo diluido necesita tratarse a fin de purgar tanta agua como sea posible del lodo diluido. Para conseguir este objetivo, el lodo diluido se succiona al canal 39 de entrada de recirculación del aparato de recirculación mediante la acción de la bomba 38. A continuación, el lodo pasa a través del canal 33 de salida y entra en un hidrociclón 30, que sirve convencionalmente como un medio de separación de líquidos y sólidos. El hidrociclón 30 está hecho de tal modo que el lodo con una concentración superior de contaminantes necesite un caudal más lento a través del hidrociclón 30 para conseguir altas velocidades de separación, e inversamente el lodo con una concentración inferior de contaminantes requiere caudales más rápidos para conseguir buenas velocidades de separación, debido a su funcionamiento centrífugo.

El material de rebose, que contiene las partículas de densidad inferior, sale del hidrociclón 30 a través del tubo 32 de salida y el material inferior, que contiene las partículas de densidad superior, pasa a través de la abertura de fondo para ser reutilizado. La entrada 31 del suministro de agua permite la limpieza del material lastrado recirculado. Una cámara 34 de sedimentación de arena con respiradero se puede conectar al tubo 32 ya que permite una mejor recuperación de la arena todavía encontrada dentro del flujo superior proporcionado por el hidrociclón 30. Además, se ha encontrado después de varias pruebas que la cámara de sedimentación de arena es un buen lugar para añadir un respiradero. Este respiradero facilita la separación de aire del lodo recirculado, y así evita que el aire se introduzca en el pozo de recirculación de lodo.

A continuación, el lodo resultante se envía bien a través del canal 35 de salida de eliminación del aparato de recirculación fuera de la instalación de tratamiento de agua, o bien el lodo regresa a la cavidad 19 de recuperación de lodo mediante el canal 40 de reinserción. Un dispositivo 36 que controla la abertura de la válvula 37 de control del flujo selecciona los canales 35 o 40, si la concentración de contaminantes sólidos dentro del lodo alcanza un nivel predeterminado o si el caudal alcanza un valor especificado o después de una cierta cantidad de tiempo. El dispositivo 36 puede consistir por ejemplo en un analizador de sólidos suspendidos, un caudalímetro o un cronómetro, respectivamente. El lodo de concentración de contaminantes superior reinsertado posteriormente dentro de la cavidad 19 de recuperación de lodo se mezcla con lodo diluido resultante de la sedimentación de los flóculos en la zona 16 de sedimentación y el ciclo empieza de nuevo, incrementando gradualmente la concentración de constituyentes sólidos del lodo que se purga progresivamente de agua.

Además, la combinación del rascador 20", el cono 21" estampado que apunta ascendente, la cavidad de recuperación de lodo y tanto el canal 39" de recirculación como la reinserción en el canal 40" tubular central crea un comportamiento de flujo de fluidos particular dentro de la cavidad 19" de recuperación de lodo como se observa en la **Fig. 7**. Este comportamiento de flujo guía al lodo desde el canal 40" de reinserción al canal 39" de recirculación mientras que también incorpora al lodo concentrado procedente del canal 40" de reinserción el lodo diluido que se acumula dentro de la cavidad 19" de recuperación de lodo debido a la sedimentación.

Una vez más, la combinación del rascador 20', 20", 20", el cono 21', 21", 21" invertido, la cavidad de recuperación de lodo y tanto el canal 39', 39", 39" de recirculación como el canal 40', 40", 40" de reinserción situado dentro del eje 17', 17", 17" giratorio en las **Figs. 2, 3 y 4**, respectivamente, crea un comportamiento de flujo de fluidos particular dentro de la cavidad 19', 19", 19" de recuperación de lodo. Este comportamiento de flujo guía al lodo desde el canal 40', 40", 40" de reinserción hasta el canal 39', 39", 39" de recirculación mientras que también incorpora al lodo concentrado que viene del canal 40', 40", 40" de reinserción el lodo diluido que se acumula dentro de la cavidad 19', 19", 19" de recuperación de lodo debido a la sedimentación. En este caso, sin embargo, el cono 21', 21", 21" invertido se prefiere mucho ya que impide el reflujo del lodo concentrado que viene del canal 40', 40", 40" de reinserción.

Este comportamiento de flujo de fluidos particular se ha simulado usando programas informáticos del estado de la técnica siguiendo principios conocidos de la mecánica de fluidos y el resultado se muestra así en la **Fig. 7**. Muestra el lodo concentrado que se vierte descendente desde el canal 40" de reinserción a la cavidad 19" de recuperación de lodo y bien va directamente al canal 39" de recirculación o bien es redirigido por el cono 21" invertido a fin de mantener este lodo en la cavidad 19" de la zona 16" de sedimentación. Este comportamiento de flujo de fluidos maximiza así la recirculación del lodo concentrado, mientras se mezcla con lodo diluido depositándose continuamente debido a la gravedad, a través del aparato de recirculación con el cono 21" invertido controlando sustancialmente el reflujo del lodo concentrado a la parte superior de la zona 16" de sedimentación, separando así eficazmente la cavidad de recuperación de lodo de la parte superior de la zona 16" de sedimentación.

Las **Figs. 2, 3 y 4** muestran esencialmente la instalación de tratamiento de agua de la **Fig. 1** pero con la realización de la presente invención y diferentes medios para controlar el flujo a través del aparato de recirculación. En esas realizaciones, el eje 17' giratorio de la zona 16' de sedimentación, que hace girar el rascador 20', tiene un centro hueco, que permite que la boca del extremo de salida del canal 40' de reinserción de la realización uno a su interior. Esta configuración permite una mejor integración del sistema de recirculación de lodo de la presente invención dentro de la instalación de tratamiento de agua, necesitando menos espacio para funcionar.

En la **Fig. 2**, un analizador **41** de sólidos suspendidos se instala en el canal **42'** que conecta la cámara **34'** de sedimentación de arena y la válvula **37'** de control del flujo, permitiendo la apertura selectiva de la última dependiendo de la concentración de constituyentes sólidos del lodo dentro de la cámara **34'** de sedimentación de arena. Si esta concentración está por debajo de un valor límítar predeterminado, entonces el analizador **41** de sólidos suspendidos controla la válvula **37'** de control del flujo al enviar una señal a través de medios **42'** de comunicación, que en este caso son un cable. A continuación, el lodo se reinserta dentro de la cavidad **19'** de recuperación de lodo de modo que se puede mezclar con el lodo diluido que se acumula gradualmente debido a la sedimentación. Cuando la concentración supera dicho valor límítar, la válvula **37'** de control del flujo se cierra y el lodo muy concentrado puede salir del sistema de recirculación de lodo a través del canal **35'** de eliminación.

En la **Fig. 3**, se instala un caudalímetro **43** en la misma posición del analizador **41** de sólidos suspendidos de la **Fig. 2** que reemplaza. En este caso, el caudalímetro **43** también dicta si la válvula **37''** de control del flujo está abierta o cerrada, dependiendo de los valores límitares predeterminados de los caudales.

En la **Fig. 4**, un cronómetro **44** puede reemplazar al analizador **41** de sólidos suspendidos de la **Fig. 2**. En este caso, el cronómetro **44** se usa para hacer funcionar puntualmente la válvula **37'''** de control del flujo, dependiendo del valor temporal predeterminado introducido.

La **Fig. 5** muestra las posiciones preferidas para los dispositivos de control del flujo de las **Figs. 2 y 3**, respectivamente un analizador **41** de sólidos suspendidos o un caudalímetro **43**. En este caso, se ha omitido la cámara **34'''** de sedimentación de arena superflua por claridad de la vista. Los dispositivos todavía se usan para manejar la válvula **37'''** de control del flujo, aunque las diferentes posiciones mostradas tienen cada una sus ventajas particulares dependiendo del uso pretendido del sistema de recirculación de lodo. La posición **45a** del dispositivo de control del flujo está conectada al canal **32'''** de salida de rebose del hidrociclón **30'''** y está situado aguas abajo de la unión **46'''** entre el canal **40'''** de reinserción y el canal **35'''** de eliminación. En la posición **45a**, el dispositivo de control de flujo cambia eficazmente la configuración de la válvula **37'''** de control del flujo antes de que la concentración deseada cruce la unión **46'''** en Y. Esta posición **45a** permite que el sistema de recirculación de lodo reinserte solamente lodo con concentraciones inferiores que el valor límítar dentro de la cavidad **19'''** de recuperación de lodo, lo que a su vez permite un cierto ahorro de tiempo.

Realmente, si el dispositivo de control del flujo está situado en la posición **45b**, solo se eliminará del sistema lodo con una concentración igual a o mayor que el valor límítar, asegurando así una eficacia mínima. Sin embargo, el lodo con una concentración suficientemente alta que se ha de eliminar a través del canal **35'''** de eliminación se reinsertará dentro de la cavidad **19'''** de recuperación de lodo debido a su posición aguas arriba de la unión **46'''** en Y, requiriendo así una recirculación del lodo innecesaria y a su vez más tiempo para tratarlo. Sin embargo, una combinación de los dos sistemas **45a** y **45b** de dispositivos de control del flujo permite que las calidades de ambos se usen para maximizar la eficacia del sistema. Un dispositivo de control del flujo situado en la posición **45c** podría usarse además en combinación bien con un dispositivo de control del flujo en la posición **45a** o **45b** o bien tanto con **45a** como con **45b** a fin de detener la salida de lodo concentrado en el caso de una rotura o un fallo del sistema que pudiera enviar lodo diluido accidentalmente hacia el canal **35'''** de eliminación aun cuando no cumpla los requisitos de concentración del valor límítar predeterminado.

La instalación de tratamiento de agua de la **Fig. 6** comprende un analizador **48** de sólidos suspendidos montado en el canal **47** de entrada que lleva agua a la zona **10'''** de coagulación que maneja la válvula **37'''** de control del flujo del sistema de recirculación de lodo de tal modo que la concentración del lodo que sale del sistema de recirculación de lodo a través del canal **40'''** de eliminación se concentre suficientemente basándose en la concentración de entrada del agua. Este sistema se puede usar en combinación con los de las figuras precedentes a fin de optimizar adicionalmente la eficacia de tratamiento del lodo extraído.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de recirculación de lodo para ser añadido a una zona (16, 16') de sedimentación de una instalación de tratamiento de agua que usa al menos un método de purificación seleccionado del grupo que consiste en floculación, sedimentación, coagulación y floculación lastrada, dicho sistema de recirculación de lodo para ciclación repetida de dicho lodo en un modo de purga progresiva de agua, comprendiendo dicho sistema:
- un recipiente (112, 112') de recuperación de lodo aguas abajo, que incluye una cavidad (19, 19') de recuperación de lodo situada en una porción inferior de dicho recipiente, definiendo dicha cavidad un cierto volumen de dicha zona de sedimentación para acumular un lodo diluido bajo la influencia de la gravedad;
 - un aparato de recirculación, que comprende:
 - i. medios (30, 30') de separación de líquidos y sólidos que permiten la purificación de una solución líquida al retirar contaminantes sólidos situados en la misma, para obtener un lodo resultante, del que se han retirado partículas de densidad superior;
 - ii. medios de recirculación, que comprenden:
 1. un canal (39, 39') de recirculación conectado en un extremo del mismo a dicha cavidad (19, 19') de recuperación de lodo y conectado a dichos medios (30, 30') de separación de líquidos y sólidos en un extremo de salida del mismo, para recircular el lodo resultante;
 2. un canal (40, 40') de reinserción conectado operativamente en un extremo del mismo a dichos medios (30, 30') de separación de líquidos y sólidos y a dicho recipiente (112, 112') de recuperación de lodo en un extremo de salida del mismo; and
 3. un canal (35, 35') de eliminación conectado en un extremo de entrada del mismo a dicho canal (40, 40') de reinserción para rechazar lodo de alta densidad de dicha instalación de tratamiento de agua en un extremo de salida del mismo aguas abajo;
 - iii. medios activos durante dicha ciclación repetida de dicho lodo a través del sistema de recirculación de lodo para eliminar progresivamente dicho lodo de dicho sistema de recirculación de lodo a través de dicho canal de eliminación; y
 - iv. medios para conducir dicho lodo a dicho aparato de recirculación durante dicha ciclación repetida; en donde dichos medios para conducir dicho lodo a dicho aparato de recirculación es una bomba (38, 38') situada aguas abajo en dicho canal (39, 39') de recirculación;
2. en donde dichos medios de separación de líquidos y sólidos son un hidrociclón (30, 30') montado aguas abajo de dicho canal de recirculación con relación a dicha bomba, que comprende una salida de rebose y una salida inferior, dicha salida de rebose conectada a dichos medios de recirculación y vertiendo dicha salida inferior fondo dentro de una zona de floculación;
3. en donde medios de control que son medios de control del flujo se proporcionan adicionalmente para regular el flujo de dicha solución líquida que fluye a través de dicho aparato de recirculación de tal modo que se optimice la eficacia de dicho hidrociclón;
4. en donde dichos medios para eliminar progresivamente dicho lodo de dicho sistema de recirculación de lodo a través de dicho canal de eliminación son un analizador (36, 41) de sólidos suspendidos que trabaja junto con dichos medios de control del flujo para optimizar adicionalmente la eficacia de dicho hidrociclón al ajustar la velocidad de flujo a dicha concentración de constituyentes sólidos de dicho lodo;
5. en donde dicha zona (16, 16') de sedimentación comprende un rascador (20, 20') giratorio que comprende una parte superior y una parte inferior con relación al plano de dicha zona de sedimentación y que gira en dicho plano, que guía dicho lodo depositado en dicho fondo de dicha zona de sedimentación hacia dicha cavidad (19, 19') de recuperación de lodo de tal modo que se mantenga asentado y separe eficazmente dicha zona de sedimentación en una primera sección superior y una segunda sección inferior con relación al plano del rascador, aislando así dicha cavidad (90, 90') de recuperación de lodo, dicho extremo de entrada (39, 39') del canal de recirculación y dicho extremo de salida (40, 40') del canal de reinserción situado dentro de dicha segunda parte inferior de dicha primera parte superior de dicha zona de sedimentación.

2. Un sistema de recirculación de lodo según la reivindicación 1, en el que dicho rascador giratorio tiene centro hueco formando un eje hueco y coincide con una porción extrema aguas abajo de dicho canal de reinserción de dicho aparato de recirculación que vierte dentro de dicha cavidad de recuperación de lodo.
- 5 3. Un sistema de recirculación de lodo según la reivindicación 2, en el que un cono invertido está estampado en dicha parte inferior de dicho rascador coaxialmente a dicho eje hueco, evitando sustancialmente que dicha solución líquida situada en dicha cavidad de recuperación de lodo refluja dinámicamente a dicho canal de reinserción y maximizando el flujo a través de dicho canal de recirculación.
- 10 4. Un sistema de recirculación de lodo según la reivindicación 1, en el que dicho aparato de recirculación se extiende externamente a dicho recipiente de recuperación de lodo.
- 15 5. Un sistema de recirculación de lodo según la reivindicación 1, en el que dicha salida del canal de reinserción de dicho aparato de recirculación se abre dentro de dicha cavidad de recuperación de lodo.
- 15 6. Un sistema de recirculación de lodo según la reivindicación 2, en el que una cámara de sedimentación de arena se incluye adicionalmente en dicho aparato de recirculación y se monta aguas arriba de dicho canal de reinserción y de dicho canal de eliminación y aguas abajo de dicho hidrociclón, permitiendo la recuperación de material granular arenoso dentro de dicho aparato de recirculación cuando el lodo contenga material arenoso.
- 20 7. Un sistema de recirculación de lodo según la reivindicación 2, en el que dicho aparato de recirculación comprende una válvula (37, 37') de control del flujo de recirculación montada en dicho canal de reinserción y un analizador de sólidos suspendidos también montado en dicho canal de reinserción, que controla la apertura y el cierre de dicha válvula de control del flujo dependiendo de la concentración de dicho lodo dentro de dicho aparato de recirculación.
- 25 8. Un sistema de recirculación de lodo según la reivindicación 1, en el que un analizador de sólidos suspendidos se instala en un tubo de entrada que alimenta dicha instalación de tratamiento de agua con agua, permitiendo así que el flujo de agua a través de dicho aparato de recirculación se controle dependiendo de la concentración de contaminantes coloidales dentro del agua.
- 30 9. Un sistema de recirculación de lodo según la reivindicación 7, en el que dicho hidrociclón rechaza lodo recirculado en el sistema de recirculación de lodo.
- 35 10. Un sistema de recirculación de lodo según la reivindicación 1, en el que dichos medios para eliminar progresivamente dicho lodo de dicho sistema de recirculación de lodo incluyen medios para comprobar la concentración de constituyentes sólidos de dicho lodo.
- 40 11. Un método para crear un comportamiento de flujo de fluidos particular haciendo uso de un sistema de recirculación de lodo según la reivindicación 1, evitando que el lodo situado en dicha segunda sección inferior de dicha zona de sedimentación refluja a dicha primera sección superior de la zona de sedimentación así como maximizando el flujo desde dicho canal de reinserción a dicho canal de recirculación, que comprende las siguientes etapas:
- 45 a) una mezcla de agua y flóculos de contaminantes entra en la zona de sedimentación;
- 45 b) a continuación, los flóculos caen a un recipiente de recuperación de lodo aguas abajo, que incluye una cavidad de recuperación de lodo, situada en una porción inferior de dicho recipiente, definiendo dicha cavidad un cierto volumen de dicha zona de sedimentación bajo la influencia de la gravedad, formando lodo;
- 50 c) un rascador giratorio, que comprende un extremo inferior y un centro hueco, guía dicho lodo depositado en dicho fondo de dicho recipiente hacia dicha cavidad de recuperación de lodo de tal modo que se mantenga asentado;
- 50 d) un canal de recirculación que tiene una boca de entrada del mismo situada dentro de dicha cavidad de recuperación de lodo y conectado operativamente a una bomba conduce el lodo a dicho aparato de recirculación;
- 55 e) una cierta cantidad de lodo se reinsera dentro de dicha cavidad de recuperación de lodo a través de un canal de reinserción que tiene un extremo de salida del mismo situado dentro de dicho centro hueco de dicho rascador;
- 55 f) la corriente de lodo resultante refluje hacia dicho canal de recirculación sin reflujo dentro del canal de reinserción debido a la combinación específica de:

i. dicho rascador giratorio;

ii. dicha cavidad de recuperación de lodo;

iii. dicho aparato de recirculación;

iv. dicho canal de recirculación; y

5 v. dicho canal de reinserción de dicho aparato de recirculación situado dentro de dicho centro hueco de dicho rascador giratorio y que vierte a dicha cavidad de recuperación de lodo.

10 12. Un método para crear un comportamiento de flujo de fluidos particular según la reivindicación 11, en el que se añade un cono invertido a dicho extremo inferior de dicho rascador, permitiendo además el flujo de dicho lodo que vierte desde dicho canal de reinserción a través de dicho canal de recirculación sin reflujo dentro de dicho canal de reinserción.

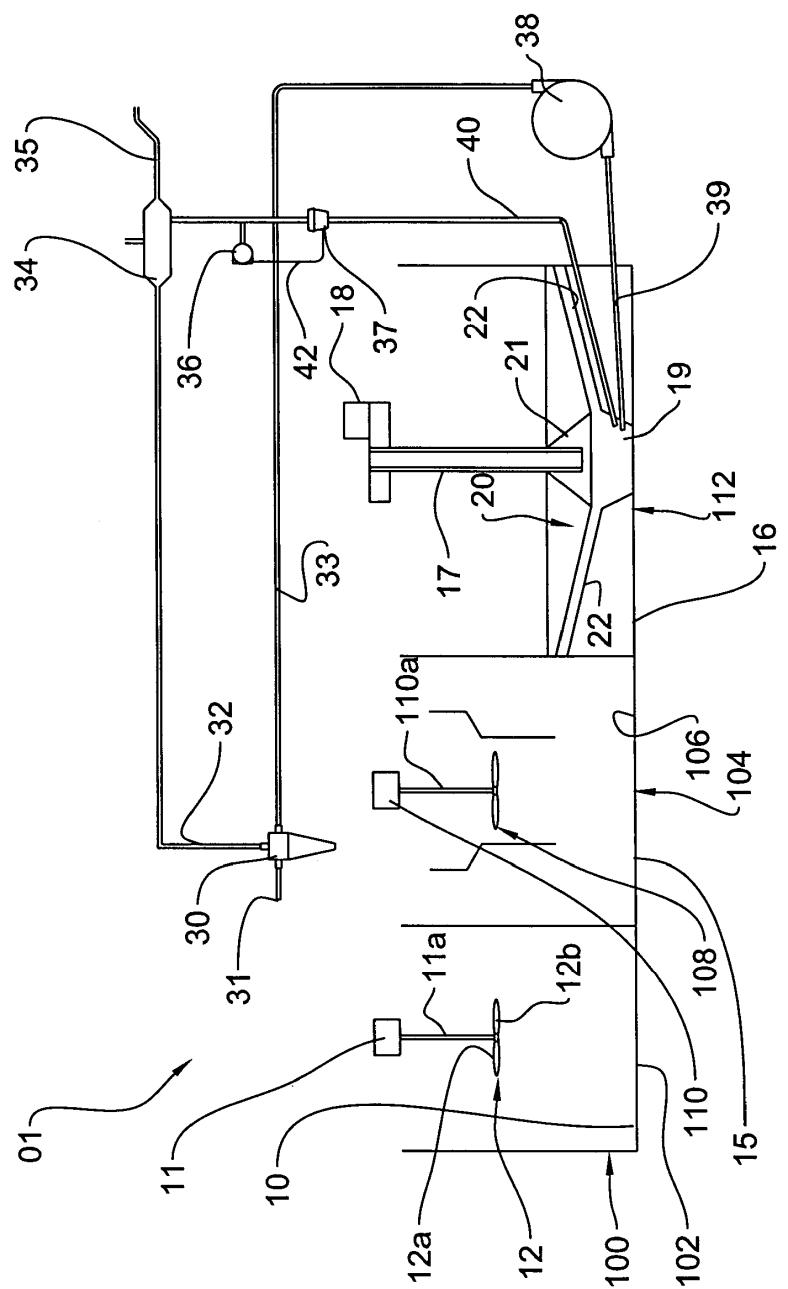


Fig. 1

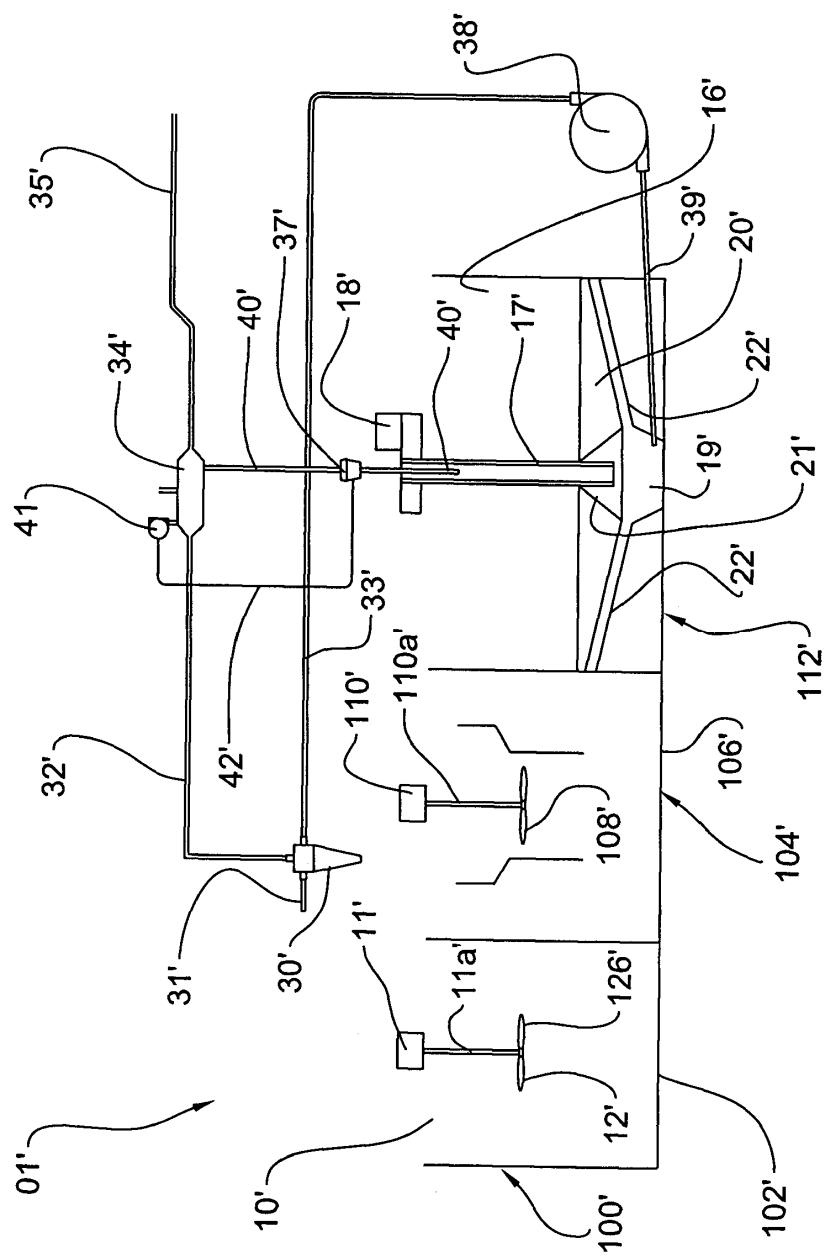


Fig. 2

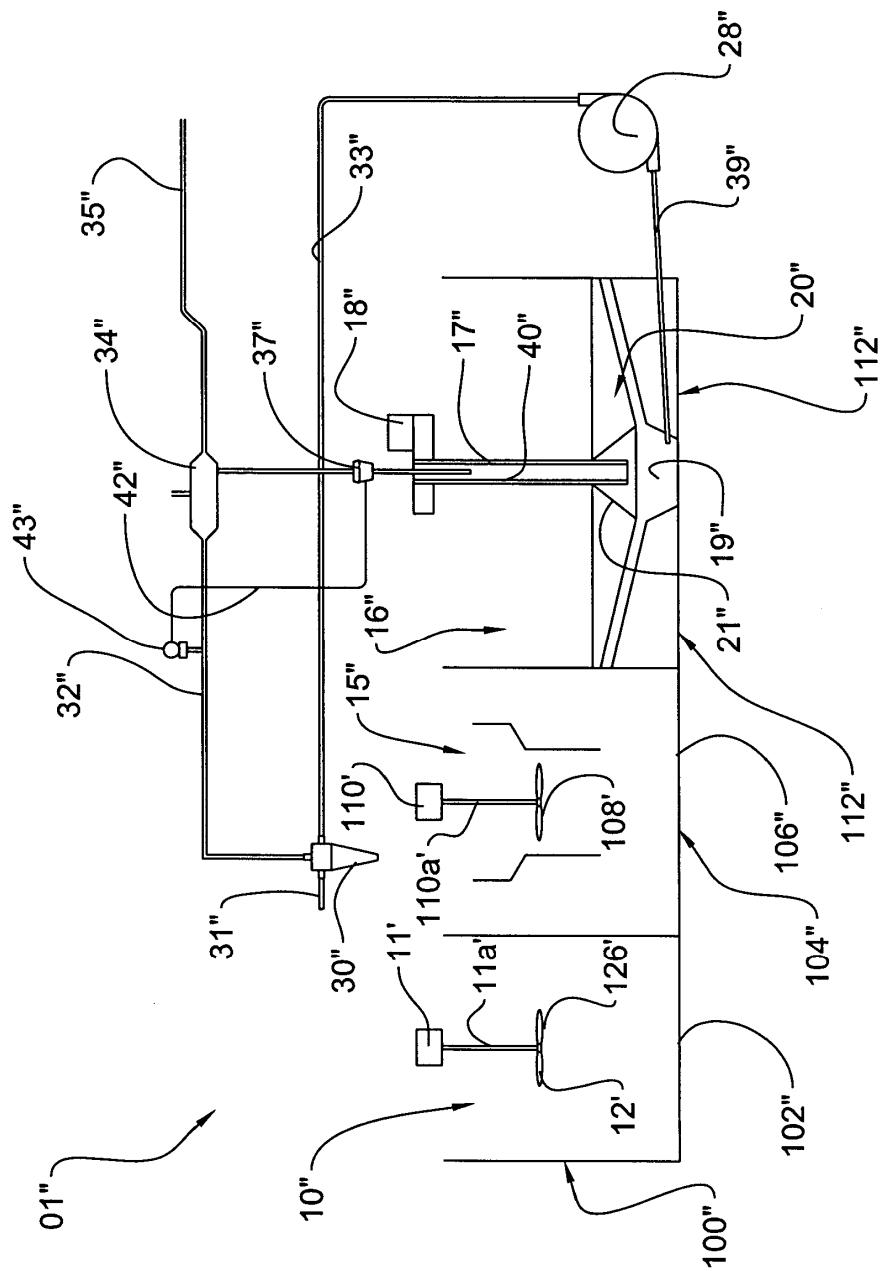


Fig. 3

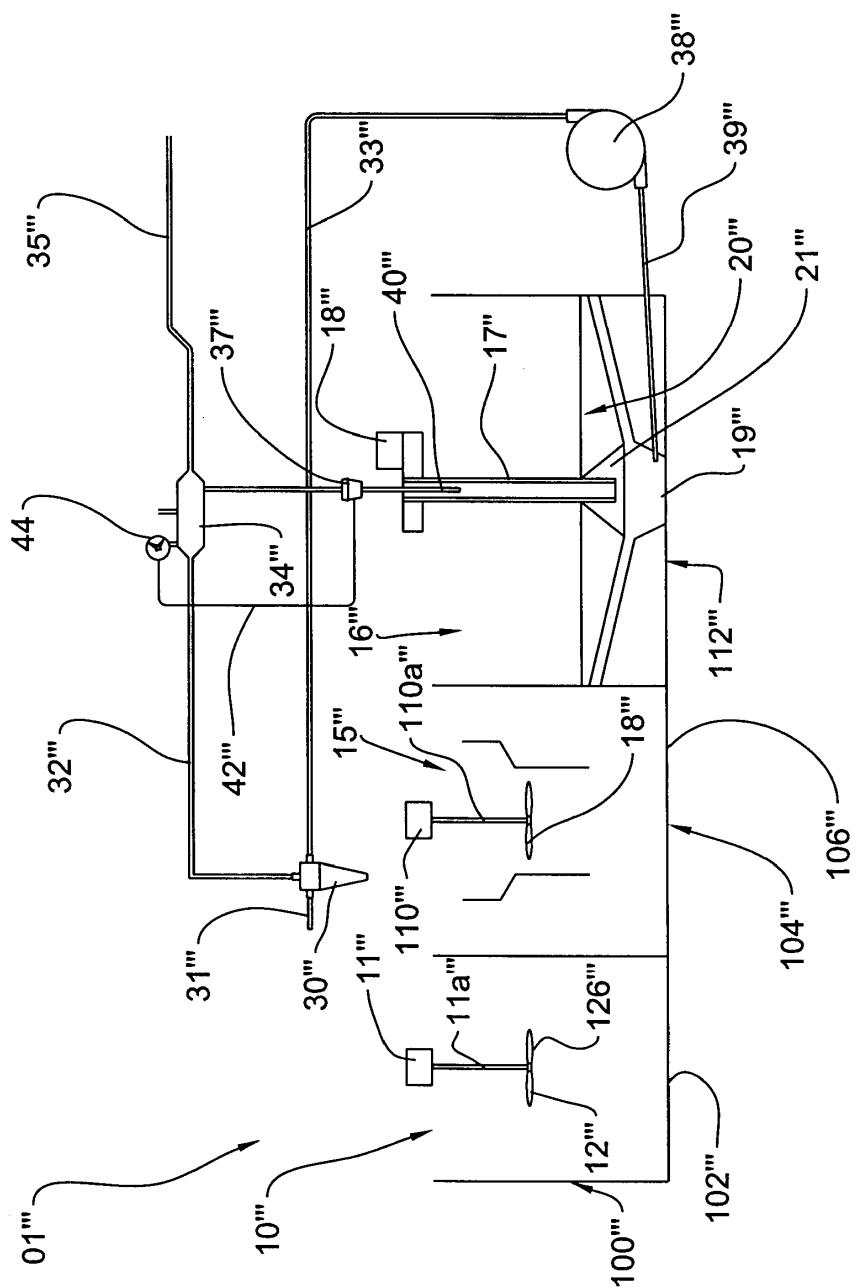


Fig. 4

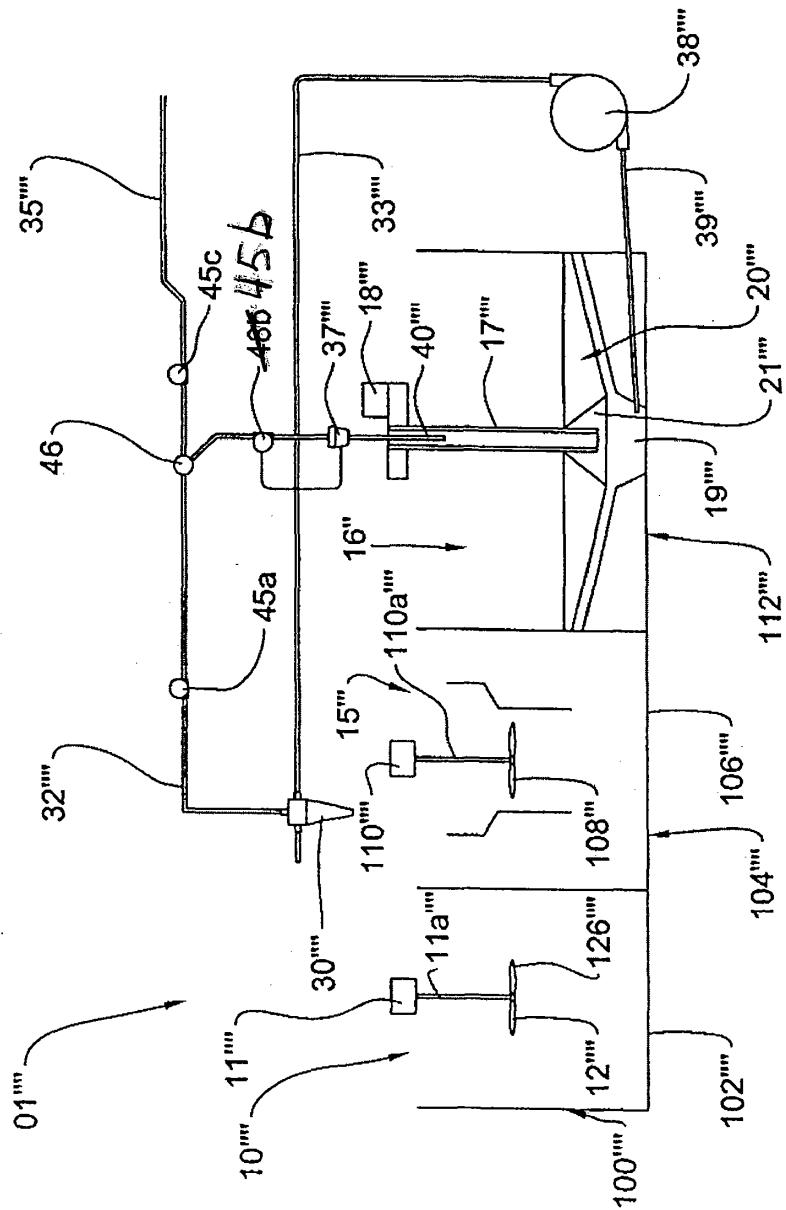


Fig. 5

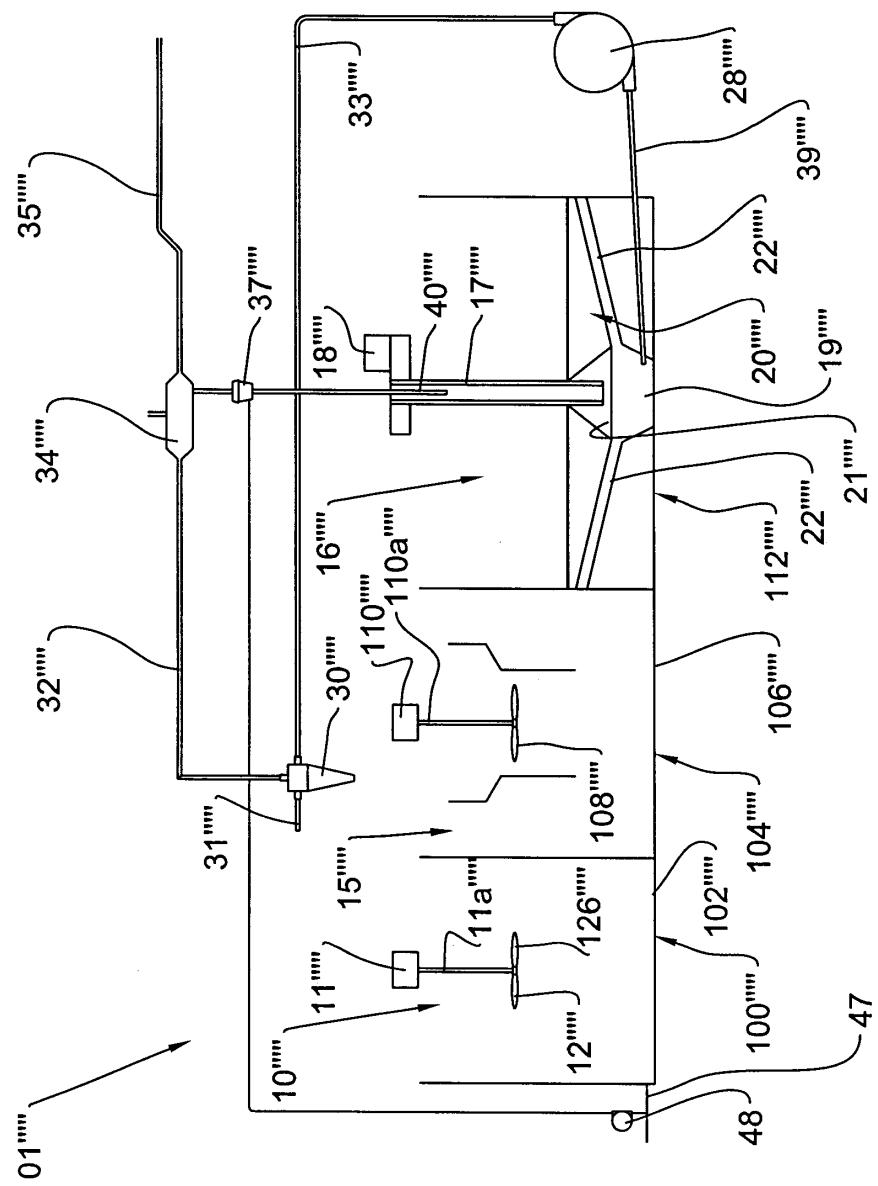


Fig. 6

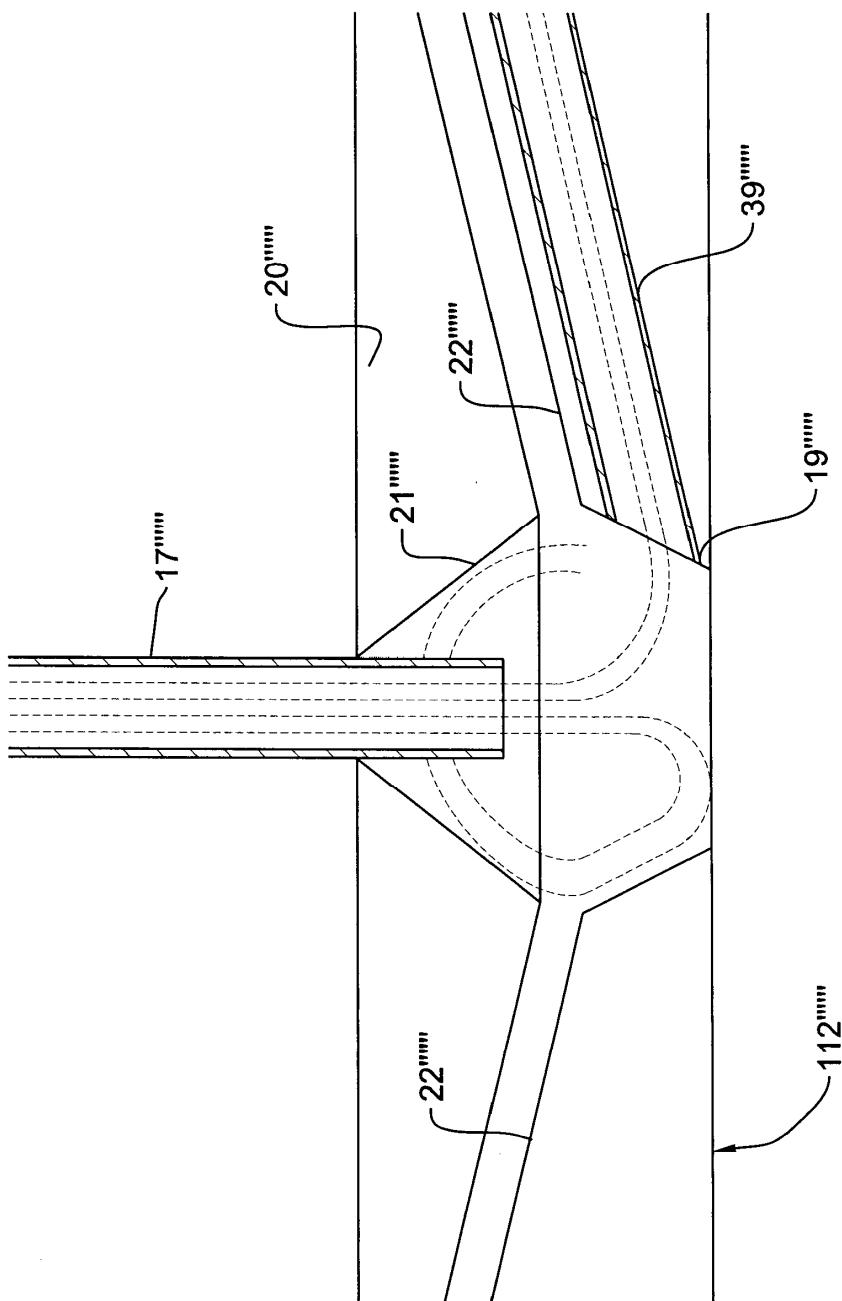


Fig. 7