

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 587 888**

51 Int. Cl.:

B03D 1/16 (2006.01)

B01D 21/00 (2006.01)

B01D 21/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.12.2004** **PCT/FR2004/003323**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.07.2005** **WO05065832**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2004** **E 04816455 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.05.2016** **EP 1697053**

54 Título: **Procedimiento y reactor de tratamiento por floculación**

30 Prioridad:

22.12.2003 FR 0315161

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

27.10.2016

73 Titular/es:

**VEOLIA WATER SOLUTIONS & TECHNOLOGIES
SUPPORT (100.0%)
1 Place Montgolfier, Immeuble L'Aquarène
94410 Saint-Maurice, FR**

72 Inventor/es:

**ESSEMIANI, KARIM y
URSEL, VALÉRY**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 587 888 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 reactor de tratamiento por floculación

I – Ámbito técnico de la invención

- 5 La invención concierne a un procedimiento y a un reactor para el tratamiento por floculación de un fluido bruto que haya que tratar, especialmente utilizable en el ámbito del tratamiento del agua de procesos industriales, el del agua potable y el de las aguas residuales municipales o industriales.

II – Estado de la técnica anterior

- 10 Diversos tratamientos de fluido, especialmente en el ámbito del tratamiento del agua, implican la mezcla de un fluido bruto que haya que tratar con un fluido o flujo secundario, con miras a hacer reaccionar el flujo secundario con componentes del fluido principal; este fluido secundario comprende en la práctica un floculante y casi siempre un material granular sobre el cual se formarán los copos resultantes de la acción del floculante con las impurezas del fluido bruto que haya que tratar; se habla en la práctica de tratamiento fisicoquímico de copos lastrados; estas mezclas y reacciones entre los fluidos son realizadas habitualmente en reactores abiertos de mezcla integral equipados con agitadores de árbol vertical y flujo axial.

- 15 Un tratamiento de reacción fisicoquímica implica en principio la dispersión del o de los fluidos secundarios en el fluido bruto que haya que tratar, su mezcla intensiva, después una duración de reacción (tan pequeña como sea posible) con una intensidad de remoción baja (con respecto a la etapa de mezcla intensiva), etapas que conducen generalmente a la utilización de varias cubas o reactores en serie.

- 20 La existencia de posibles cortocircuitos (« baipases ») entre la entrada y la salida de las cubas, así como la utilización incompleta en la práctica del volumen de las mismas, fácilmente puesta en evidencia por una modelización matemática acoplada a modelos físicos, conducen habitualmente al aumento del tamaño de estos reactores y/o a la puesta en práctica de potencias de agitación suplementarias. Pero esto induce un aumento del coste de inversión igual que el de funcionamiento. De manera clásica, es además habitual buscar disponer la entrada y la salida de una cuba dada a la mayor distancia posible una de la otra, por ejemplo una entrada en posición baja en una extremidad de la cuba, y la salida en posición alta en otra extremidad, pero esto se revela molesto cuando hay que montar varias cubas en serie.

- 30 Por otra parte, a fin de evitar la puesta en rotación de la masa líquida, denominada habitualmente vórtice, reconocida como nefasta para las características de la mezcla, se ha propuesto ya disponer tabiques verticales (baffles) contra las paredes laterales (véase el libro « Mixing in the chemical industry » - Sterbacek et Taust, Pergamon Press, 1965, páginas 278-301). De acuerdo con este documento, la adición de tabiques verticales permite aumentar la turbulencia (y por tanto la mezcla) a condición de que la anchura de los pasos en zigzag esté comprendida entre 0,056 y 0,12 del diámetro del agitador y es preferible que estos tabiques estén en el flujo más bien que contra las paredes. En efecto, este documento menciona también por razones históricas, una cruceta formada por dos paredes verticales montadas sobre el fondo, en la proximidad del agitador, pero se indica que el proceso es entonces difícil de controlar y que rápidamente se produce un atascamiento con las partículas sólidas del líquido en circulación. Se indica también que estas paredes inducen un aumento del consumo de energía.

- 40 En el caso de cubas de gran profundidad, es conocido disponer varios móviles en el volumen de la cuba, a lo largo de árboles de agitación, para aumentar la fracción del volumen puesto en turbulencia; sin embargo, se ha reconocido que se podía evitar la adición de tales móviles superpuestos disponiendo un tubo concéntrico (guía de flujo) alrededor del móvil, estando éste montado a la salida de este tubo (véase el libro antes citado de 1965). Tal guía de flujo actúa a la manera de un tubo de aspiración que contribuye a aumentar la fracción del volumen que es removida, y tiene la ventaja de permitir una recirculación interna. Pero este efecto de aspiración está asociado generalmente a un movimiento de rotación de tipo vórtice.

- 45 En el ámbito del tratamiento de las aguas, especialmente en lo que concierne a la etapa de floculación, se ha propuesto ya, por ejemplo en el documento FR-2 553 082, realizar una cámara de reacción con una zona central provista de una hélice de flujo axial ascendente y una zona periférica alrededor de esta zona central. El agua que haya que tratar, eventualmente adicionada con los reactivos necesarios, y a la cual son mezclados lodos obtenidos anteriormente durante el tratamiento, es introducida en la base de la zona central mientras que un coadyuvante tal como un polímero es introducido en esta zona. Se crea una recirculación interna, constituyendo la zona periférica una zona de floculación lenta. Esta zona central está delimitada por un tubo vertical dispuesto en un recinto paralelepípedo de modo que se puede decir que esta zona central es doble. La mezcla pasa a continuación a un recinto intermedio antes de pasar a una zona de separación. Se puede observar que tal arquitectura hace intervenir un gran número de zonas.

- 55 Se conoce, además, de acuerdo con el documento WO-98/14258, una instalación en la cual un recinto central de recirculación interna comprende un tubo central en el interior del cual están dispuestas una o varias hélices de movimiento axial ascendente, una llegada de material granular y una llegada de floculante. El fluido bruto que haya que tratar es introducido en la base de este tubo, pasa por rebosamiento a la zona anular de la zona central y

después, según el tamaño de los copos, asciende en el interior del tubo para ser recirculado o pasa a la zona periférica de aclarado. La hélice aporta justo bastantes turbulencias para mantener los sólidos en suspensión sin cizallarles, lo que puede conducir a una mezcla lenta y por tanto a perjudicar las características.

El documento FR 2 380 056 se refiere a técnicas de decantación y en particular a un decantador mecánico destinado a separar en continuo sólidos contenidos en una solución, especialmente por mezcla con agentes de floculación. El decantador mecánico está destinado a tratar lodos minerales, residuos industriales y aguas residuales. El decantador mecánico comprende una cuba destinada a contener una masa de líquido tranquila; una columna tubular montada verticalmente en el interior de esta cuba; un dispositivo que, montado en la extremidad superior de esta columna, vierte en la misma una corriente de la solución primitiva; compartimientos que, superpuestos en el interior de la columna, están destinados a recoger sucesivamente la solución que se mezcla en la misma con los agentes de floculación; órganos que, montados en el interior de cada uno de estos compartimientos, están destinados a remover el líquido que los mismos contienen; tuberías que, montadas en el interior de cada uno de los compartimientos, están destinadas a dispersar en la solución que los mismos contienen un reactivo químico a fin de hacer flocular más los sólidos que la misma contiene en suspensión; un conducto que, comunicando por una parte con el más bajo de los compartimientos y por otra con la cuba, está destinado a sacar la solución tratada por los agentes de floculación hacia la capa de lodo gruesa que está en el fondo de la cuba; un mecanismo que, montado en el interior de la cuba y que comprende brazos rascadores, lleva el contenido sólido de la capa antes citada hacia un conducto que le evacua por su parte inferior; y un desagüe que, montado en la cuba, evacua el líquido aclarado que sobrenada en su parte superior.

III – Problemas técnicos y soluciones de acuerdo con la invención

La invención tiene por objeto una combinación mejorada de compacidad, de eficacia y de coste moderado, ya sea desde el punto de vista del equipo o desde el punto de vista del funcionamiento.

Así, un objeto de la invención es un reactor de floculación en el cual, gracias a uno (o varios) agitadores y a la delimitación de zonas de niveles de agitación diferentes, se mejora la cinética de reacción entre un fluido bruto que haya que tratar y un floculante (y eventualmente un material granular que forma balasto de floculación), aumenta la fracción útil del volumen del reactor al tiempo que se reducen los riesgos de baipás (es decir de no circulación en las diversas zonas de niveles de agitación diferentes), con un nivel moderado de la potencia consagrada a los niveles de agitación.

Otro objeto de la invención es un procedimiento de tratamiento por floculación-separación de un fluido bruto que haya que tratar que combine, en el volumen de una cuba única, dos zonas de niveles de agitación diferente, maximizando las turbulencias para un nivel de energía dado y para un tiempo dado de puesta en contacto.

Otro objeto, subsidiario, de la invención es facilitar el encadenamiento de varios reactores, del mismo tipo o no, en el momento de la construcción o posteriormente, que tengan un tamaño idéntico o no.

A tal efecto, la invención propone, en primer lugar, un procedimiento de tratamiento por floculación de un fluido bruto que haya que tratar cargado de impurezas en suspensión, coloidales o disueltas, según el cual:

- se hace circular el fluido bruto que haya que tratar con un reactivo floculante en el interior de una cuba de floculación de modo que se obtenga una mezcla floculada en la cual las impurezas formen copos,

- se hace circular esta mezcla floculada hacia una zona de separación en la que se separa esta mezcla floculada en un efluente aclarado y en lodos que comprenden estos copos,

caracterizado por que:

- * se delimita en la cuba de floculación, por medio de un tubo guía de flujo completamente sumergido, una zona central en la cual se provoca, por agitación (8), un flujo axial turbulento de la mezcla del fluido bruto que haya que tratar y del floculante en una dirección axial de este tubo guía de flujo,

- * se reparte (5) angularmente este flujo, por medio de un dispositivo estático que se opone a la rotación de este flujo y dispuesto a la salida de este tubo guía de flujo.

- * se deja circular esta mezcla hacia una zona periférica (3) que rodea a esta zona central, en un sentido opuesto, hasta la entrada de la zona central, y

- * se hace pasar una fracción de esta mezcla hacia la zona de separación.

Puede observarse de esta manera que la invención preconiza combinar una delimitación de una zona central, de elevado nivel de agitación, con respecto a una zona periférica de menor nivel de agitación, con una distribución angular del flujo axial que sale de la zona central, gracias a un dispositivo estático que se opone a la rotación del fluido a la salida del tubo guía de flujo, de manera que se maximizan las turbulencias y se minimizan las zonas muertas que escapan a la circulación inducida en el volumen de las zonas central y periférica. Ahora bien, se ha expuesto anteriormente que la utilización de un dispositivo estático para impedir girar a un flujo había sido

abandonada como siendo difícil de controlar, y solamente había sido propuesto en combinación con un agitador; el especialista en la materia no tenía por tanto ninguna razón para pensar que tal elemento estático podía contribuir a resolver el problema técnico. Y nada podía hacer pensar que podía haber aquí un interés en utilizar un dispositivo estático de este tipo en combinación con un guía de flujo, incluso inspirándose en soluciones conocidas que ponen en práctica un guía de flujo en una zona de floculación.

De acuerdo con disposiciones de la invención, eventualmente combinadas:

- se mantiene el flujo en la zona central con un caudal que vale entre 1 vez y 20 veces el caudal de entrada del fluido bruto que haya que tratar, lo que corresponde a una recirculación suficiente para reducir los riesgos de cortocircuito (bajapás) e inducir turbulencias suficientes para asegurar una buena mezcla sin necesitar un consumo demasiado importante de energía.

- se divide la zona periférica en al menos una zona periférica aguas arriba que comunica con la entrada del fluido bruto que haya que tratar en la cuba de floculación, y una zona periférica aguas abajo que comunica con la salida de la mezcla floculada, de modo que se imponga al fluido bruto que haya que tratar que entra en la cuba de floculación pasar al menos una vez por la zona central antes de pasar hacia la zona de separación; esto naturalmente contribuye a evitar los cortocircuitos, sin consumo significativo de energía y sin implicar un gran número de ciclos de recirculación,

- se provoca el flujo axial turbulento de la mezcla según una dirección vertical; esto corresponde a una configuración clásica en sí, bien controlada,

- se provoca el flujo axial turbulento vertical por agitación a media altura de la zona central, lo que contribuye a obtener un buen movimiento de aspiración en la entrada de la zona central y una buena impulsión en la salida de la misma, por tanto con una distribución angular en esta salida, sin por ello exigir más de un solo agitador,

- se provoca el flujo axial turbulento de la mezcla en un movimiento descendente, y se reparte angularmente la mezcla sensiblemente en al menos los dos tercios de la altura entre el nivel de salida de la zona central y el nivel del fondo de la cuba de floculación; merece observarse que éste es el inverso del sentido utilizado actualmente, cuando hay una recirculación interna hacia una zona de floculación; pero estudios de modelación recientes han demostrado que, contrariamente a lo que podía pensar el especialista en la materia, es perfectamente realista prever un movimiento descendente, en combinación con un dispositivo estático de repartición angular, sin por ello inducir obstrucción intempestiva de este último por los copos en curso de formación o de crecimiento; ahora bien, el hecho de elegir un sentido descendente evita provocar olas en superficie como consecuencia de las turbulencias inducidas, al tiempo que se aprovecha el fondo de la cuba para provocar un rápido cambio de sentido del flujo de la mezcla entre la zona central y la zona periférica.

En este caso de movimiento descendente, de manera preferida:

- se reparte angularmente la mezcla sensiblemente en toda la altura entre el nivel de la zona central y el nivel del fondo de la cuba de floculación, lo que garantiza una repartición angular de todo el flujo que sale del tubo guía de flujo,

- se dispone el tubo guía de flujo que delimita la zona central de tal manera que su extremidad inferior que forma salida esté situada con respecto al fondo de la cuba de floculación a una distancia comprendida entre 1/3 y 2/3 de la anchura media de este tubo; esto contribuye a obtener una inversión del sentido de flujo sin gran riesgo de ralentización intempestiva de este flujo,

- se dispone el tubo guía de flujo que delimita la zona central de tal manera que su extremidad superior que forma entrada esté situada con respecto al nivel de la superficie libre del contenido de la cuba de floculación a una distancia comprendida entre 1/3 y 2/3 de la anchura media de este tubo, lo que contribuye a asegurar una alimentación eficaz del tubo guía de flujo sin inducir movimientos de superficie intempestivos,

- se divide esta zona periférica en una parte superior de su altura en al menos una zona periférica aguas arriba que comunica con la entrada del fluido bruto que haya que tratar en la cuba de floculación, y una zona periférica aguas abajo que comunica con la salida de la mezcla floculada, de modo que se imponga al fluido bruto que haya que tratar que entra en la cuba de floculación pasar al menos una vez por la zona central antes de pasar hacia la zona de separación, lo que permite obtener de una manera particularmente simple las ventajas antes citadas a propósito de la utilización, de manera general, de tal división,

- se realiza esta división sensiblemente en la mitad superior de esta altura, lo que corresponde a una altura suficiente para minimizar los riesgos de contorneo de la zona central.

De acuerdo con otras características preferidas del procedimiento de la invención:

- se hace entrar el fluido bruto que haya que tratar y se hace salir mezcla floculada sensiblemente a nivel de la zona de entrada del tubo guía de flujo; esto contribuye a permitir el montaje en serie de instalaciones para la puesta en

práctica del procedimiento, y participa en un guiado eficaz del fluido que haya que tratar hacia la zona central así como de la mezcla que haya circulado hacia la zona periférica,

- el floculante es un polímero natural, mineral o de síntesis,

5 - el reactivo floculante con el cual se mezcla el fluido bruto que haya que tratar en la cuba de floculación ha sido introducido en el fluido que haya que tratar aguas arriba de esta cuba,

10 - en variante, el reactivo floculante con el cual se mezcla el fluido bruto que haya que tratar es introducido en la cuba de floculación, por ejemplo entre la entrada de la cuba de floculación y la entrada de tubo guía de flujo; pero se recomienda que el reactivo floculante sea introducido en la zona central, preferentemente en el límite de esta zona central, lo que asegura una mezcla muy rápida con el fluido que haya que tratar; este efecto resulta reforzado cuando se inyecta al menos una fracción del reactivo floculante de modo anular en la periferia de la entrada de la zona central, coaxialmente con el tubo guía de flujo,

15 - se mezcla además con el fluido bruto que haya que tratar, en la cuba de floculación, un material pulverulento, que preferentemente es un balasto constituido de un material granular insoluble más pesado que el fluido bruto que haya que tratar, de manera que sirva de lastre para los copos en formación o en curso de crecimiento, se trata ventajosamente de una arena fina de granulometría comprendida entre 20 micras y 300 micras, cuyo precio de coste es particularmente moderado,

- se tratan los lodos obtenidos a la salida de la zona de separación, se recupera en los mismos balasto que se le recicla hacia la cuba de floculación, lo que permite no perder el material pulverulento en los lodos desechados a la salida de la zona de separación, al tiempo que se reduce el volumen de estos residuos,

20 - el fluido bruto que haya que tratar, previamente a su introducción en la cuba de floculación, ha sido mezclado con un coagulante, lo que contribuye tanto más a la eficacia de la separación final cuanto que el fluido bruto que haya que tratar sea agua que haya que tratar; en este caso, de manera preferida, el agua que haya que tratar, previamente a su introducción en la cuba de floculación, ha sido mezclada con un coagulante que comprenda una sal mineral, tal como una sal de hierro o de aluminio,

25 - la separación es realizada por decantación o, de acuerdo con una variante, por flotación, ventajosamente con la ayuda de órganos de ayuda a la separación tales como placas, láminas, o tubos inclinados o verticales; de manera completamente ventajosa, la mezcla floculada es introducida de manera tangencial en la zona de separación de modo que se añade un efecto de vórtice que se añade al efecto de decantación; la separación resulta mejorada, para un tiempo de tratamiento dado, o resulta acelerada, para un nivel de separación dado,

30 De acuerdo con otro aspecto de la invención, la misma propone, para la puesta en práctica del procedimiento de acuerdo con un modo preferido de puesta en práctica, un reactor destinado al tratamiento por floculación de un fluido bruto que haya que tratar cargado de impurezas en suspensión, coloidales o disueltas, que comprende una cuba provista de al menos una entrada de fluido y de al menos una salida de fluido, y al menos una zona de floculación en el seno de un baño en el que el fluido que haya que tratar es mezclado con un floculante para formar copos, que comprende:

35 - un tubo guía de flujo, abierto en sus dos extremidades y dispuesto verticalmente de modo que quede completamente sumergido en el baño de la cuba al tiempo que se mantenga a distancia del fondo de esta cuba, delimitando una zona central con respecto a una zona periférica, comunicando estas zonas central y periférica una con la otra en las extremidades de este tubo, comunicando la zona periférica con la entrada y la salida de fluido,

40 - un agitador de árbol vertical dispuesto en el interior de este tubo de modo que genere en el mismo un movimiento axial turbulento según una dirección vertical,

- una cruceta formada por varias paredes verticales que se extienden horizontalmente a partir de una arista común situada sensiblemente en la prolongación del eje del agitador, aguas abajo del mismo, de modo que se reparta angularmente el flujo que sale del tubo hacia la zona periférica.

45 Tal reactor presenta las ventajas presentadas anteriormente en el caso de una puesta en práctica del procedimiento con un movimiento turbulento vertical descendente.

De acuerdo con disposiciones preferidas de la invención, a veces análogas a las mencionadas anteriormente a propósito del procedimiento de la invención:

* el tubo guía de flujo tiene una sección constante, lo que contribuye a asegurar un flujo rápido de la mezcla,

50 * el tubo guía de flujo tiene una forma cilíndrica (en el sentido restrictivo del término, a saber que su sección es un círculo), lo que corresponde a una estructura particularmente simple; en variante, la sección es poligonal regular, etc...

* el agitador está dispuesto sensiblemente a media altura en el interior del tubo,

- * el tubo guía de flujo tiene un diámetro comprendido entre el 102% y el 120% del diámetro del agitador, lo que asegura una buena agitación en toda la sección del tubo guía de flujo,
- * el diámetro hidráulico de la zona central está comprendido entre el 40% y el 60% de la anchura media de la zona de floculación formada por la zona central y la zona periférica,
- 5 * el agitador está dispuesto y es mandado en movimiento de modo que se genere un movimiento vertical descendente en el interior del tubo, estando dispuesta la cruceta entre la parte inferior del guía de flujo y el fondo de la cuba,
- * el tubo tiene una extremidad inferior situada con respecto al fondo de la cuba a una distancia comprendida entre 1/3 y 2/3 de su diámetro,
- 10 * el tubo tiene una extremidad superior situada con respecto al nivel de la superficie del baño contenido en la cuba a una distancia comprendida entre 1/3 y 2/3 de su diámetro,
- * la distancia entre la extremidad inferior del tubo y el fondo de la cuba, y la distancia entre la extremidad superior del tubo y el nivel del baño valen al menos aproximadamente el 50% del diámetro del tubo,
- 15 * la cruceta tiene una altura sensiblemente igual al menos a 2/3 de la distancia entre la extremidad inferior del tubo y el fondo de la cuba,
- * la cruceta tiene una altura sensiblemente igual a la distancia entre la extremidad inferior del tubo y el fondo del tubo,
- 20 * las paredes verticales de la cruceta se extienden horizontalmente en una distancia comprendida sensiblemente entre 3/4 y 5/4 del radio del tubo, lo que asegura que la totalidad, o casi, de la mezcla floculada sea repartida angularmente; de manera preferida, las paredes verticales de la cruceta se extienden horizontalmente en una distancia sensiblemente igual al radio del tubo guía de flujo,
- * la cruceta comprende cuatro paredes desplazadas 90° alrededor del eje del tubo guía de flujo, lo que corresponde a una estructura particularmente simple (dos placas que se cruzan en ángulo recto),
- 25 * dos de las paredes están dispuestas transversalmente a la dirección según la cual el fluido bruto que haya que tratar llega a la cuba de floculación, lo que contribuye a una buena repartición del flujo,
- * paredes verticales dividen la zona periférica, entre zonas de entrada y de salida, al menos en una parte de la altura total que separa el fondo de la cuba y la superficie del baño, lo que contribuye a garantizar que el fluido bruto que haya que tratar pase al menos una vez por el tubo guía de flujo,
- 30 * estas paredes verticales se extienden en una distancia que vale entre el 40% y el 60% de esta altura total, lo que es un buen compromiso con respecto a la altura, para asegurar una buena eficacia, sin por ello consumir demasiada superficie de tabique,
- * el reactor comprende al menos dos tabiques verticales que se extienden sensiblemente en la mitad superior de la cuba, entre el tubo guía de flujo y la entrada de fluido y la salida de fluido, respectivamente, de modo que se imponga al fluido que haya que tratar pasar al menos una vez por la zona central entre la entrada de fluido y la salida de fluido; es en efecto en la parte superior, a nivel de la entrada del tubo guía de flujo, en la que estas paredes son las más eficaces,
- 35 * estas paredes verticales se extienden en una altura comprendida entre el nivel de la entrada de fluido principal y el nivel del agitador,
- 40 * las paredes verticales se extienden desde la periferia de la zona periférica hasta el tubo, lo que asegura un buen posicionamiento de la zona periférica,
- * las zonas de entrada y de salida están dispuestas en la proximidad del nivel de la superficie y están provistas cada una de una placa dispuesta transversalmente enfrente de la entrada y de la salida, respectivamente, de modo que forman un sifón, lo que contribuye a asegurar una llegada regular de fluido que haya que tratar, y a evitar movimientos intempestivos en la superficie del baño,
- 45 * el mismo comprende además una tubería de inyección de reactivo floculante conectada a una fuente de reactivo floculante,
- * esta tubería de inyección de reactivo floculante está situada entre la entrada de fluido bruto que haya que tratar y la entrada del tubo guía de flujo; de manera preferida, este reactor comprende una tubería anular de inyección de reactivo floculante dispuesta coaxialmente con la entrada del tubo guía de flujo,

* el mismo comprende además una tubería de inyección de material pulverulento, conectada a una fuente de material pulverulento,

* esta fuente de material pulverulento es una fuente de arena fina,

5 * la cuba comprende una sola zona que comprende un tubo, pero la invención cubre también casos en que una misma cuba comprenda varias zonas de floculación yuxtapuestas.

La invención cubre igualmente una instalación para el tratamiento de un fluido, que comprenda un reactor del tipo antes citado y una zona de separación conectada a la salida de la cuba de este reactor.

De manera preferida:

10 * este reactor comprende una tubería de inyección de material pulverulento, conectada a una fuente de material pulverulento, y la zona de separación comprende una salida adaptada para recoger lodos que comprendan copos y conectada a un dispositivo de recuperación de material pulverulento, estando la citada fuente de material pulverulento conectada a este dispositivo de recuperación,

* la zona de separación es un decantador dispuesto aguas abajo de la cuba,

* la zona de separación es un decantador dispuesto alrededor de la cuba.

15 Así, de acuerdo con una combinación muy particularmente interesante de acuerdo con la invención, el tubo guía de flujo está dispuesto por encima de una cruceta, teniendo ventajosamente los dos dispositivos el mismo diámetro, al menos de modo aproximado. El sentido de bombeo preconizado es descendente a fin de permitir la introducción de uno o varios flujos o fluidos secundarios en superficie, asegurando así un control permanente de su inyección. Los
20 elevados gradientes de velocidad formados en la parte inferior de la cuba (producción de energía cinética turbulenta) gracias a la cruceta presentan la ventaja de evitar la formación de zonas de depósito, a pesar de que el especialista en la materia estimaba que se deberían excluir tales paredes horizontales de fondo para evitar tales zonas de depósito.

25 El efecto combinado de estos dispositivos conduce a convertir una parte importante de la componente radial de la hélice del agitador en componente axial, aumentando así significativamente el caudal de bombeo para la misma potencia absorbida,

Diversas observaciones merecen ser formuladas a propósito de ejemplos preferidos de realización de la invención:

• La presencia de dos zonas perfectamente delimitadas y que tienen intensidades de mezcla radicalmente diferentes, permite realizar en la misma cuba las funciones que necesitan habitualmente dos cubas de intensidad de mezcla diferente,

30 • La utilización de una sola cuba, que comprende estas dos zonas de intensidades de mezcla diferentes, permite realizar las dos funciones con un solo agitador en lugar de dos,

• A volumen útil idéntico, el volumen total de la cuba única puede ser significativamente menor que el de las 2 cubas unidas, por la reducción de las zonas muertas debido a un mejor control de la intensidad de mezcla y de su buena homogeneidad,

35 • A igual eficacia de tratamiento, para un mismo consumo de reactivo y un mismo caudal de bombeo, el consumo energético puede ser disminuido por la conversión de una parte importante del flujo radial en flujo axial,

40 • En las cubas de gran profundidad que utilizan normalmente varios móviles superpuestos, la presencia del guía de flujo asociado a su cruceta permite obtener el mismo efecto hidráulico con un solo móvil y una menor potencia eléctrica, tanto por la supresión del consumo propio de los móviles suplementarios como por la ganancia en eficacia obtenida gracias a la nueva concepción,

• Los tabiques verticales pueden ser simplemente en número de dos, cubrir completamente el espacio comprendido entre el guía de flujo y la cuba, y estar dispuestos únicamente en la mitad superior de la altura líquida; en este caso los mismos son por tanto más anchos y más cortos que los indicados en la literatura. En el plano horizontal, las mismos son paralelos a las paredes de entrada y por tanto de salida,

45 • Las crucetas tienen preferentemente un diámetro igual al del guía de flujo y una altura comprendida entre el guía de flujo y el fondo de la cuba,

• Puede obtenerse una ganancia óptima de características por el presente reactor, fundado en el ensamblaje ventajoso de los guía de flujo, tabiques de superficie y crucetas, zonas de alimentación y de salida, del posicionamiento del agitador y del modo de inyección de los fluidos secundarios.

50

IV – Descripción de la invención

Objetos, características y ventajas de la invención se deducirán de la descripción que sigue, dada a título ilustrativo no limitativo, en relación con los dibujos anejos, en los cuales:

- 5 - la figura 1 es un esquema de principio, en perspectiva, de un reactor de acuerdo con un modo preferido de realización de la invención,
- la figura 2 es un esquema de este reactor en vista desde arriba,
- la figura 3 es un esquema de principio de una instalación de tratamiento de agua, que utiliza un reactor de acuerdo con las figuras 1 y 2,
- 10 - la figura 4 es un esquema de principio en vista desde arriba de otro reactor, según una variante del reactor de las figuras 1 y 2,
- la figura 5 es un esquema de principio, en vista desde arriba, de todavía otro reactor, según todavía otra variante del reactor de las figuras 1 y 2,
- la figura 6 es una vista esquemática de un ejemplo de realización de una instalación según la figura 3, y
- la figura 7 es una vista esquemática de otro ejemplo de realización de una instalación según la figura 3.

15 Forma del reactor

El reactor representado en las figuras 1 y 2 con la referencia 10 es de forma rectangular a fin de facilitar la disposición en serie de varios reactores del mismo tipo. En variante no representada, este reactor puede ser cuadrado, lo que puede ser favorable habida cuenta de la simetría que tiene la zona central (véase lo anterior).

- 20 Conviene observar que la mayoría de las disposiciones descritas en lo que sigue son aplicables igualmente a reactores circulares (véase la figura 5), cubiertos igualmente por la invención, siendo los resultados obtenidos prácticamente idénticos.

De manera general, el reactor 10 comprende, en el ejemplo preferido aquí considerado:

- 25 • Una zona de entrada de fluido 1 por la cual llega, generalmente según un flujo turbulento, un fluido bruto que haya que tratar en el cual puede haber sido inyectado un primer reactivo, tal como un reactivo coagulante apropiado de cualquier tipo conocido,
- Una zona central 2, en el interior de un tubo 2A que sirve de guía de flujo, de fuerte energía disipada, generada por un agitador 8, y en la que tiene lugar la dispersión así como la mezcla integral del fluido bruto que haya que tratar con al menos un reactivo floculante; en la prolongación de este tubo está dispuesta una cruceta 5,
- Una zona periférica 3 (al exterior del guía de flujo) de baja energía en la que se finaliza la floculación deseada,
- 30 • Una zona de salida de fluido 4 que permite ventajosamente la disipación de la energía de remoción y la equirrepartición del fluido mezclado floculado, que sale aquí en toda la anchura de la cuba, a fin de favorecer la separación sólido-líquido en un eventual reactor aguas abajo de separación,
- Un conjunto de tabiques verticales 6A y 6B que forman deflectores que minimizan los baipases entre la entrada y la salida y que mejoran la eficacia de la mezcla.

- 35 A fin de facilitar el encadenamiento (inicial o posterior) de varias etapas de tratamiento basadas en este mismo principio, la entrada y la salida de cada reactor están dispuestas sensiblemente en un mismo nivel, preferentemente en la parte superior, sensiblemente a nivel de la entrada del tubo, aquí en superficie; esta disposición por otra parte permite minimizar el baipás dinámico y permite la evacuación de los eventuales flotantes hacia aguas abajo, por ejemplo por subida del nivel del baño por encima de los desagües que comprende la salida de fluido o por
- 40 modificación de la posición de estos desagües.

Zona de admisión 1

- 45 El fluido bruto que haya que tratar, denominado también efluente, es introducido en cada reactor, ya sea en la superficie (como está representado en la figura 1), repartido en toda la anchura (por un desagüe 1A sumergido o no, formado en la práctica por el borde superior de la ranura que define la entrada en la pared del reactor) o (en variante no representada) en subdesbordamiento, o bien puntualmente (en la superficie libre o en carga).

De manera general, la introducción puntual puede ser elegida en el caso de un reactor único o en el caso del primer reactor de una serie, siendo realizada la comunicación entre 2 reactores sucesivos preferentemente por derramamiento.

Un tabique en forma de sifón 1B (o placa reguladora de chorro, que provoca un efecto de sifón) puede delimitar la zona de entrada o de admisión con respecto al resto del reactor. Este tabique en forma de sifón permite disipar la energía cinética turbulenta aguas arriba, esencialmente en caso de entrada puntual, así como cambiar la dirección de flujo (vertical en lugar de horizontal).

- 5 Un primer reactivo, por ejemplo un coagulante (por ejemplo una sal mineral, tal como una sal de hierro o de aluminio) puede ser introducido en esta zona de fuerte turbulencia a fin de facilitar su dispersión. Las modalidades de introducción de este reactivo (o de otros eventuales reactivos) dependen del modo de introducción del fluido bruto que haya que tratar: inyección puntual o en varios puntos en toda la anchura de la zona de admisión.

Zona central 2

- 10 Se trata de la zona de turbulencia máxima situada en el interior del guía de flujo en el que se realiza la mezcla íntima de los diferentes componentes.

La utilización del guía de flujo permite utilizar solamente un único agitador 8 por árbol, independientemente de la profundidad líquida.

- 15 El tubo tiene un eje z-z de simetría, y preferentemente tiene una sección constante, ventajosamente cilíndrica, aquí de forma circular (es decir cilíndrica en el sentido habitual del término), pero puede tener otras formas, por ejemplo poligonales.

Este tubo completamente sumergido en el baño es preferentemente vertical (z-z es por tanto vertical), aunque son posibles direcciones inclinadas (o incluso horizontales), si la configuración general del conjunto del reactor, incluidas sus entrada/salida, lo hace deseable.

- 20 Como está representado en la figura 4, pueden ser instalados en el interior de la misma cuba varios agitadores equipados con guía de flujo, en función de las necesidades y si las dimensiones longitudinal y transversal de la misma lo permiten. La elección del número de agitadores que haya que disponer en cada una de las direcciones (longitudinal y transversal) depende de la relación entre el diámetro de los móviles de estos agitadores y los lados correspondientes, siendo a su vez el diámetro máximo función de la altura del líquido.

- 25 De manera particularmente ventajosa, este agitador es mandado de modo que provoque un flujo vertical descendente.

- 30 El caudal bombeado por el conjunto de los agitadores, que ventajosamente representa de 1 vez a 20 veces el caudal transversal (entre la entrada y la salida), es aspirado en la parte superior del tubo 2A (o vaina tubular) e impulsado hacia el fondo del reactor, por tanto según un sentido descendente. Esta disposición permite inyectar el/los reactivos en superficie, puntualmente o a través de un tubo perforado anular, coaxial con el tubo, dispuesto en la entrada superior del mismo, esquematizado con la referencia 14. Por este tubo perforado es por el que es inyectado un reactivo floculante, pero en variante esta inyección puede ser realizada, en la entrada, entre la entrada y la zona central, o también en la entrada del tubo.

- 35 El agitador 8 está dispuesto ventajosamente a media altura en el interior del tubo, y este último tiene preferentemente un diámetro comprendido entre el 102% y el 120% del diámetro del agitador.

Ventajosamente, el diámetro es como mucho igual al 60% y al menos igual al 40% de la mayor dimensión horizontal de la zona periférica, preferentemente del orden del 50%. El diámetro hidráulico de esta zona central está comprendido entre el 40% y el 60% del lado medio de la cuba.

- 40 Su extremidad inferior está situada ventajosamente con respecto al fondo a una distancia comprendida entre 1/3 y 2/3 del diámetro del tubo, y lo mismo ocurre con la distancia entre la superficie y el nivel de la extremidad superior del tubo. Estas distancias son ventajosamente del orden del 50% del diámetro del tubo.

- 45 La cruceta 5 dispuesta debajo del guía de flujo está formada por varias paredes verticales 5A que se extienden a partir de una arista común 7 situada sensiblemente en la prolongación del eje Z-Z del agitador. Éste es un dispositivo estático que se opone al mantenimiento de la rotación del flujo que sale del tubo guía de flujo; el mismo permite canalizar el flujo, dividirlo angularmente en varias partes iguales e impedirá la formación de una corriente circular en el fondo del aparato. La supresión del efecto radial que es la causa de esto conduce paralelamente al aumento del efecto axial por tanto del caudal de bombeo sin aumento de la potencia consumida. Esto evita también que haya acumulación de partículas en las esquinas formadas por la cruceta.

- 50 La cruceta tiene ventajosamente un diámetro comprendido entre el 75% y el 125% del diámetro del tubo. Sus paredes se extienden en una fracción sustancial (al menos los 2/3) de la altura entre el fondo de la cuba y la salida del tubo, preferentemente sensiblemente en la totalidad de esta altura.

La cruceta está formada aquí por cuatro paredes que se unen en ángulo recto (por tanto a 90°) de las cuales dos están preferentemente dispuestas transversalmente al sentido del flujo entre entrada y salida de la cuba. En

variante, no representada, esta cruceta puede comprender un número diferente de tabiques, tres solamente o por el contrario, cinco tabiques, o más,

Zona periférica 3

5 Situada al exterior del tubo guía de flujo, la misma está caracterizada por el movimiento ascensional del líquido bombeado (bien mezclado pero solamente en curso de floculación), de bajas velocidad y turbulencia, así como de una fuerte homogeneidad, lo que permite llevar a cabo el proceso deseado durante una duración minimizada.

10 La disposición de los tabiques 6A y 6B (deflectores, o « baffles » en inglés) en superficie, transversalmente al flujo transversal, conduce a la supresión del movimiento rotacional formado en superficie así como al encaminamiento preferente de la totalidad del fluido entrante hacia el tubo guía de flujo, garantizando que el fluido bruto que haya que tratar pase al menos una vez por el interior de este tubo a fin de ser mezclado con flujo recirculado y los reactivos inyectados.

15 Estos tabiques verticales se extienden en una parte solamente de la altura de la zona central, por tanto de la altura del baño, preferentemente en el 40% al 60% de la misma, ventajosamente en una mitad superior del baño (sobre todo cuando, como en el caso representado, las entrada y salida están en la parte superior). Los mismos se extienden ventajosamente entre la superficie y el nivel al cual está dispuesto el agitador en el interior del tubo.

En variante no representada, estas paredes pueden ser más numerosas, por ejemplo en número de tres (o cuatro (incluso más)) paredes dispuestas, repartidas angularmente de modo regular o no entre la entrada y la salida.

Zona de salida 4

20 Esta zona está situada en el lado opuesto de la zona de entrada, preferentemente a la misma altura y la misma comprende ventajosamente un tabique en forma de sifón 4B y un desagüe 4A sumergido que cubre en general toda la anchura del reactor.

Estos dos dispositivos, dispuestos a una distancia óptima y a una profundidad de inmersión apropiada, permiten, por la adopción de una velocidad ascensional apropiada, minimizar el baipás y disipar las turbulencias desfavorables para el tratamiento aguas abajo del reactor (por ejemplo cuando se desee una separación de fase).

25 Un posicionamiento apropiado del espacio comprendido entre el tabique en forma de sifón y la pared aguas abajo (no representado) permite asegurar un caudal distribuido igualmente sobre toda la longitud del desagüe.

Configuraciones específicas

El reactor de las figuras 1 y 2 va seguido ventajosamente de una zona de separación. Son posibles diversas configuraciones de utilización.

30 La figura 3 representa el reactor 10 seguido de tal zona de separación esquematizada con la referencia 100.

Hay que comprender bien que, de acuerdo con las necesidades, es posible montar en serie varios reactores tales como el de las figuras 1 y 2.

35 En esta figura 3, la entrada se hace por la izquierda, después de una eventual línea 11 de inyección de reactivo coagulante, en una zona representada en gris, que esquematiza la porción de la zona periférica en la que tiene lugar la circulación ascendente que está confinada angularmente por los tabiques 6A y 6B y en la que tiene lugar la mezcla con el fluido bruto que llegue para ser tratado. En la zona clara central está esquematizada, con la referencia 14 la inyección de reactivo floculante (a partir de una fuente de floculante 14A), y con la referencia 15 la inyección de un eventual material pulverulento (a partir de una fuente 15A de material granular). Después de la floculación, fluido que sale de la porción derecha de la zona periférica que está representada en gris sale y entra en la zona de separación. En esta zona de separación, el fluido floculado es separado en un efluente aclarado y en lodos que contienen copos formados en el reactor 10.

El líquido bruto es preferentemente agua, y esta agua es en principio precoagulada por inyección, por la línea 11 o en una cuba aguas arriba, de un reactivo coagulante tal como una sal de hierro o de aluminio. La alimentación en la cuba se efectúa por rebosamiento o subdesbordamiento.

45 De manera ventajosa, el material pulverulento es inyectado para favorecer la formación de copos a partir de las impurezas, en suspensión, coloidales o disueltas contenidas en el fluido bruto que haya que tratar. Este material es preferentemente balasto constituido de un material granular insoluble (o muy poco soluble) en el agua y más pesado que el fluido bruto que haya que tratar. De manera preferida, este material es arena, de granulometría comprendida ventajosamente entre 20 micras y 300 micras.

50 La figura 4 representa otro reactor 10' que comprende, en una misma cuba, no uno, sino tres tubos guías de flujo combinados con un dispositivo estático tal como la cruceta de las figuras 1 y 2. Designando por « zona de floculación » la zona formada conjuntamente por cada zona central definida por un tubo y la zona periférica que le

rodea, se puede decir por tanto que el reactor de la figura 4 comprende varias zonas de floculación, dispuestas en paralelo entre la entrada (en la parte superior, en el dibujo) y la salida (en la parte inferior, en este mismo dibujo).

La figura 5 representa otro reactor 10", similar al de las figuras 1 y 2, salvo que la pared de la cuba es cilíndrica, y que el fluido floculado sale de esta cuba por rebosamiento en una fracción importante de su periferia. Los tabiques laterales de deflexión son aquí en número de 4, indicados por 6"A a 6"D, que delimitan en la parte superior de la zona periférica cuatro cuartos de los cuales uno (el situado en la parte superior en el dibujo) está reservado para la entrada del fluido bruto que haya que tratar, y los otros tres permiten una salida de fluido floculado.

De manera general, los copos formados debido a la mezcla intensiva crecen en la zona periférica, menos agitada, con reciclaje parcial hacia el guía de flujo antes del envío hacia la zona de decantación.

En el ejemplo de realización de la figura 6, la zona de decantación es una cuba de separación 100' independiente del reactor de floculación 10; por otra parte, esta cuba comprende órganos de ayuda a la decantación esquematizados con la referencia 110, y constituidos aquí por láminas inclinadas (en variante, estos órganos están omitidos); finalmente, los lodos, separados del efluente aclarado que en la práctica salen por rebosamiento de la cuba de separación, son aquí bombeados por una bomba 112 conectada por una línea a un elemento 113, en la práctica un hidrociclón o cualquier otro sistema capaz de asegurar la separación, capaz de recuperar una parte significativa del material granular contenido en estos lodos, en cuyo caso este elemento 113 forma parte de la fuente de material pulverulento (naturalmente, el material inyectado en el reactor de floculación está en parte constituido por este material recuperado, en parte constituido por material nuevo).

Este material pulverulento que forma balasto es completamente inerte (tal como arena, granate, etc...), o un material activo (tal como carbón activo en polvo, o resina), lo que explica que a veces se le mencione entre los « reactivos » de tratamiento de las aguas incluso cuando se trate de arena. Como se indicó anteriormente, el mismo puede ser inyectado, ya sea en la entrada con el fluido precoagulado, o en la zona aguas arriba del móvil de agitación, preferentemente en la parte superior de un guía de flujo coaxial con este móvil. La inyección de un balasto permite realizar en una sola cuba con dos zonas eficaces, por ejemplo, el tratamiento de floculación con balasto preconizado por ejemplo por las patentes francesas FR 2627704 y FR 2719234 correspondientes a un procedimiento denominado a veces « Actiflo » (con, o sin láminas), disminuyendo así el coste global de realización, al tiempo que se minimizan las necesidades en energía de agitación. La cruceta preconizada en la presente invención permite igualmente, de acuerdo con los ensayos realizados por la depositante y contrariamente a lo que habría podido prever el especialista en la materia, minimizar, gracias a una mejor eficacia de la agitación, los depósitos de arena de balasto en el fondo de la cuba de agitación.

La figura 7 representa otra instalación de tratamiento de fluido bruto que haya que tratar, típicamente de tratamiento de agua. Esta instalación se distingue esencialmente de la figura 6 por el hecho de que la zona de separación es aquí una cuba 100" que no está aguas abajo, sino alrededor de la cuba de floculación 10; la configuración del reactor 10 es la misma que en la figura 6, y la inyección de material pulverulento utiliza, como en la figura 6, material recuperado en los lodos bombeados hacia el fondo de esta cuba 100". En este ejemplo, no hay órgano de ayuda a la decantación, tales como láminas pero puede disponerse del mismo.

En variante no representada, la zona de separación pone en práctica, no una decantación (en la que el efluente aclarado es más ligero que los lodos desechados) sino un principio de flotación, en el que los residuos flotan en la superficie del efluente aclarado; puede haber aquí también órganos de ayuda a la separación.

La entrada de fluido floculado en la zona de separación puede ser también ventajosamente tangencial con el fin de beneficiarse de un efecto de vórtice que se añade al efecto de decantación.

Estudio comparativo de la nueva configuración con respecto a la configuración clásica por modelación

Se ha realizado una evaluación de las ventajas de la invención gracias al estudio de campos de velocidad, del gradiente turbulento y de las distribuciones de tiempo de estancia, con la ayuda del software de simulación de mecánica de los fluidos Fluent (v.5, Fluent Inc.)

Se han estudiado dos configuraciones en base a las mismas condiciones operatorias, que se diferencian como se indica a continuación:

1- Exposición de la ventaja de una entrada/salida en superficie, de la utilización de un árbol de rotación más corto y de una cruceta

La tabla 1 muestra las ventajas obtenidas al pasar de una configuración A clásica, con entrada y salida del efluente por subdesbordamiento y/o rebosamiento, a una configuración B de acuerdo con ciertos aspectos de la invención, a saber, entrada y salida a la misma altura, presencia de una placa reguladora de chorro y de un tabique en forma de sifón, árbol de rotación más corto y cruceta colocada en el fondo de la cuba; se observa que los valores máximos y medios de los campos de velocidad y del gradiente turbulento son más importantes y más homogéneos con la nueva configuración B.

Interés de la nueva configuración:

- aumento de la eficacia de mezcla a igual consumo energético;
- explotación máxima del volumen de la cuba;
- reducción del baipás;
- facilidad de la disposición en serie;
- eliminación de los problemas de vibración del árbol de rotación por reducción de su longitud;
- reducción del tiempo de estancia;
- eliminación del riesgo de camino preferente en la cuba por la creación de una zona de disipación de la energía cinética a la salida.

10 2 – Exposición de la ventaja del acoplamiento cruceta, guía de flujo y pasos en zigzag

La tabla 2 muestra las ventajas que hay al pasar, en funcionamiento continuo, de una configuración C clásica con un simple agitador a una configuración D con un cuba provista de un móvil, de una cruceta, de un guía de flujo que reposa sobre la cruceta y de dos pasos en zigzag que sostienen el guía de flujo.

15 El análisis de los campos de velocidad y de gradiente turbulento con la ayuda del software de simulación de mecánica de los fluidos FLuent muestra que para las mismas condiciones operativas:

- los valores máximos y medios de los campos de velocidad y del gradiente turbulento son más importantes y más homogéneos con la nueva configuración D.
- se crean dos zonas bien distintas: una zona fuertemente agitada con niveles de velocidad y de gradiente de velocidad muy importantes en el interior del guía de flujo y a nivel de las crucetas. Y una zona más débilmente agitada fuera del guía de flujo.

Interés de la nueva configuración:

- aumento de la eficacia de mezcla para el mismo consumo energético;
- creación de dos zonas de mezcla distintas en términos de nivel de mezcla. Esto permitiría asegurar una mezcla rápida y eficaz de un reactivo y del fluido en la zona fuertemente agitada, y un tiempo de circulación óptimo en la zona menos agitada para la acción del reactivo.
- creación de una zona fuertemente agitada a nivel de las crucetas. Esto permite poner en suspensión partículas sólidas que hayan decantado, o aumentar el área interfacial en el caso de un flujo gas-líquido.
- reducción del baipás.
- reducción del tiempo de estancia.

30 3 – Exposición de la ventaja de la adición del reactivo por inyección toroidal alrededor del guía de flujo (véase la referencia 14 de la figura 3)

Una simulación gráfica de la distribución de un reactivo muestra que la dispersión es mejor y más rápida con una inyección anular que con una inyección puntual.

TABLA 1

Parámetros	Relación entre A y B	Ganancia de B
Tiempo de estancia/Tiempo medio de estancia	0,9	+9%
Tiempo de mezcla/ Tiempo medio de estancia	0,79	+20%
Tasa de mezcla en 1 minuto	0,62	+40%
Velocidad media (m/s)	0,42	+60%
Gradiente turbulento medio (s^{-1})	0,21	+80%

TABLA 2

Parámetros	Relación entre C y D	Ganancia de D
Tiempo de estancia/tiempo medio de estancia	0,956	+4%
Tiempo de mezcla/ Tiempo medio de estancia	0,861	+14%
Tasa de mezcla en 15 minutos	1	0%
Velocidad media (m/s^{-1})	0,17	+83%
Gradiente turbulento medio (s^{-1})	0,044	+96%

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de tratamiento por floculación y separación de un fluido bruto que haya que tratar cargado de impurezas en suspensión, coloidales o disueltas, según el cual:
 - se hace circular el fluido bruto que haya que tratar con un reactivo floculante de modo que se obtenga una mezcla floculada en la cual las impurezas formen copos,
 - se hace circular esta mezcla floculada hacia una zona de separación en la que esta mezcla floculada se separa en un efluente aclarado y en lodos que comprenden estos copos,caracterizado por que:
 - * se delimita en la cuba de floculación, por medio de un tubo guía de flujo completamente sumergido, una zona central en la cual se provoca, por agitación (8), un flujo axial turbulento de la mezcla del fluido bruto que haya que tratar y del floculante en una dirección axial de este tubo guía de flujo,
 - * se reparte (5) angularmente este flujo, por medio de un dispositivo estático que se opone a la rotación de este flujo y dispuesto a la salida de este tubo guía de flujo.
 - * se deja circular esta mezcla hacia una zona periférica (3) que rodea a esta zona central, en un sentido opuesto, hasta la entrada de la zona central, y
 - * se hace pasar una fracción de esta mezcla hacia la zona de separación.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que se mantiene el flujo en la zona central con un caudal que vale entre 1 vez y 20 veces el caudal de entrada del fluido bruto que haya que tratar.
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, caracterizado por que la zona periférica se divide en al menos una zona periférica aguas arriba que comunica con la entrada del fluido bruto que haya que tratar en la cuba de floculación, y una zona periférica aguas abajo que comunica con la salida de la mezcla floculada, de modo que imponga al fluido que haya que tratar que entra en la cuba de floculación pasar al menos una vez por la zona central antes de pasar hacia la zona de separación.
4. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que se provoca el flujo axial turbulento de la mezcla según una dirección vertical.
5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado por que se provoca el flujo axial turbulento vertical por agitación (8) a media altura de la zona central.
6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado por que se provoca el flujo axial turbulento de la mezcla en un movimiento descendente, y se reparte angularmente la mezcla sensiblemente en al menos los dos tercios de la altura entre el nivel de salida de la zona central y el nivel del fondo de la cuba de floculación.
7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado por que se reparte angularmente la mezcla sensiblemente en toda la altura entre el nivel de la zona central y el nivel del fondo de la cuba de floculación.
8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6 o la reivindicación 7, caracterizado por que se dispone el tubo guía de flujo que delimita la zona central de tal manera que su extremidad inferior que forma salida esté situada con respecto al fondo de la cuba de floculación a una distancia comprendida entre 1/3 y 2/3 de la anchura media de este tubo.
9. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado por que se dispone el tubo guía de flujo que delimita la zona central de tal manera que su extremidad superior que forma entrada esté situada con respecto al nivel de la superficie libre del contenido de la cuba de floculación a una distancia comprendida entre 1/3 y 2/3 de la anchura media de este tubo.
10. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, caracterizado por que esta zona periférica se divide en una parte superior de su altura en al menos una zona periférica aguas arriba que comunica con la entrada del fluido bruto que haya que tratar en la cuba de floculación, y una zona periférica aguas abajo que comunica con la salida de la mezcla floculada, de modo que se imponga al fluido bruto que haya que tratar que entra en la cuba de floculación pasar al menos una vez por la zona central antes de pasar hacia la zona de separación.
11. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado por que esta división se realiza sensiblemente en la mitad superior de esta altura.
12. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 11, caracterizado por que se hace entrar el fluido bruto que haya que tratar y se hace salir mezcla floculada sensiblemente a nivel de la zona de entrada del tubo guía de flujo.

13. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado por que el floculante es un polímero natural, mineral o de síntesis.
14. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado por que el reactivo floculante con el cual se mezcla el fluido bruto que haya que tratar en la cuba de floculación ha sido introducido en el fluido que haya que tratar aguas arriba de esta cuba.
15. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado por que el reactivo floculante con el cual se mezcla el fluido bruto que haya que tratar es introducido en la cuba de floculación.
16. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 15, caracterizado por que el reactivo floculante es introducido entre la entrada de la cuba de floculación y la entrada del tubo guía de flujo.
17. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 15, caracterizado por que el reactivo floculante es introducido en la zona central.
18. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 15, caracterizado por que el reactivo floculante es introducido en el límite de la zona central.
19. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 18, caracterizado por que se inyecta al menos una fracción del reactivo floculante de modo anular en la periferia de la entrada de la zona central, coaxialmente con el tubo guía de flujo.
20. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 19, caracterizado por que se mezcla además el fluido bruto que haya que tratar, en la cuba de floculación, con un material pulverulento.
21. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 20, caracterizado por que el material pulverulento es un balasto constituido de un material granular insoluble más pesado que el fluido que haya que tratar.
22. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 21, caracterizado por que el balasto está constituido de una arena fina de granulometría comprendida entre 20 micras y 300 micras.
23. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 21 o la reivindicación 22, caracterizado por que se tratan los lodos obtenidos a la salida de la zona de separación, se recupera balasto en los mismos que se recicla hacia la cuba de floculación.
24. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 23, caracterizado por que el fluido bruto que haya que tratar, previamente a su introducción en la cuba de floculación, ha sido mezclado con un coagulante.
25. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 24, caracterizado por que el fluido principal es agua que haya que tratar.
26. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 25, caracterizado por que el agua que haya que tratar, previamente a su introducción en la cuba de floculación, ha sido mezclada con un coagulante que comprenda una sal mineral, tal como una sal de hierro o de aluminio.
27. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 26, caracterizado por que la separación es realizada por decantación.
28. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 26, caracterizado por que la separación es realizada por flotación.
29. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 27 o la reivindicación 28, caracterizado por que la separación es realizada con la ayuda de órganos de ayuda a la separación tales como placas, láminas, o tubos inclinados o verticales.
30. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 27 a 29, caracterizado por que la mezcla floculada es introducida de manera tangencial en la zona de separación con el fin de añadir un efecto de vórtice que se añade al efecto de decantación.
31. Reactor destinado al tratamiento por floculación de un fluido bruto que haya que tratar cargado de impurezas en suspensión, coloidales o disueltas, que comprende una cuba (10, 10', 10'') provista de al menos una entrada de fluido y de al menos una salida de fluido y al menos una zona de floculación en el seno de un baño en el que el fluido es mezclado con un floculante, que comprende:
 - un tubo guía de flujo (2A), abierto en sus dos extremidades y dispuesto verticalmente de modo que quede completamente sumergido en el baño de la cuba al tiempo que se mantenga a distancia del fondo de esta cuba, delimitando una zona central (2) con respecto a una zona periférica (3), comunicando estas zonas central y

periférica una con la otra en las dos extremidades de este tubo, comunicando la zona periférica con la entrada y la salida de fluido,

- un agitador (8) de árbol vertical dispuesto en el interior de este tubo de modo que se genere en el mismo un movimiento axial turbulento según una dirección vertical,

- 5 - una cruceta (5) formada por varias paredes verticales que se extienden horizontalmente a partir de una arista (7) común situada sensiblemente en la prolongación del eje del agitador, aguas abajo del mismo, con el fin de repartir angularmente el flujo que sale del tubo hacia la zona periférica.

32. Reactor de acuerdo con la reivindicación 31, caracterizado por que el tubo guía de flujo tiene una sección constante.

- 10 33. Reactor de acuerdo con la reivindicación 32, caracterizado por que el tubo guía de flujo tiene una forma cilíndrica.

34. Reactor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 31 a 33, caracterizado por que el agitador está dispuesto sensiblemente a media altura en el interior del tubo.

- 15 35. Reactor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 31 a 34, caracterizado por que el tubo guía de flujo tiene un diámetro comprendido entre el 102% y el 120% del diámetro del agitador.

36. Reactor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 31 a 35, caracterizado por que el diámetro hidráulico de la zona central está comprendido entre el 40% y el 60% de la anchura media de la zona de floculación formada por la zona central y la zona periférica.

- 20 37. Reactor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 31 a 36, caracterizado por que el agitador está dispuesto y es mandado en movimiento de modo que genere un movimiento vertical descendente en el interior del tubo, estando dispuesta la cruceta entre la parte inferior del guía de flujo y el fondo de la cuba.

38. Reactor de acuerdo con la reivindicación 37, caracterizado por que el tubo tiene una extremidad inferior situada con respecto al fondo de la cuba a una distancia comprendida entre 1/3 y 2/3 de su diámetro.

- 25 39. Reactor de acuerdo con la reivindicación 38, caracterizado por que el tubo tiene una extremidad superior situada con respecto al nivel de la superficie del baño contenido en la cuba a una distancia comprendida entre 1/3 y 2/3 de su diámetro.

40. Reactor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 37 a 39, caracterizado por que la distancia entre la extremidad inferior del tubo y el fondo de la cuba, y la distancia entre la extremidad superior del tubo y el nivel del baño valen al menos aproximadamente el 50% del diámetro del tubo.

- 30 41. Reactor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 37 a 40, caracterizado por que la cruceta tiene una altura sensiblemente igual al menos a 2/3 de la distancia entre la extremidad inferior del tubo y el fondo de la cuba.

42. Reactor de acuerdo con la reivindicación 41, caracterizado por que la cruceta tiene una altura sensiblemente igual a la distancia entre la extremidad inferior del tubo y el fondo del tubo.

- 35 43. Reactor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 37 a 42, caracterizado por que las paredes verticales de la cruceta se extienden horizontalmente en una distancia comprendida entre 3/4 y 5/4 del radio del tubo.

44. Reactor de acuerdo con la reivindicación 43, caracterizado por que las paredes verticales de la cruceta se extienden horizontalmente en una distancia sensiblemente igual al radio del tubo guía de flujo.

- 40 45. Reactor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 37 a 44, caracterizado por que la cruceta comprende cuatro paredes desplazadas 90° alrededor del tubo guía de flujo.

46. Reactor de acuerdo con la reivindicación 45, caracterizado por que dos de las paredes están dispuestas transversalmente a la dirección según la cual el fluido bruto que haya que tratar llega a la cuba de floculación.

- 45 47. Reactor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 37 a 46, caracterizado por que paredes verticales dividen la zona periférica, entre zonas de entrada y de salida, en al menos una parte de la altura total que separa el fondo de la cuba y la superficie del baño.

48. Reactor de acuerdo con la reivindicación 47, caracterizado por que estas paredes verticales se extienden en una distancia vertical que vale entre el 40% y el 60% de esta altura total.

- 50 49. Reactor de acuerdo con la reivindicación 47 o la reivindicación 48, caracterizado por que el reactor comprende al menos dos tabiques verticales que se extienden sensiblemente en la mitad superior de la cuba, entre el tubo guía de

flujo y la entrada de fluido y la salida de fluido, respectivamente, de modo que se imponga al fluido que haya que tratar pasar al menos una vez por la zona central entre la entrada de fluido y la salida de fluido.

50. Reactor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 47 a 49, caracterizado por que estas paredes verticales se extienden en una altura comprendida entre el nivel de la entrada de fluido principal y el nivel del agitador.
51. Reactor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 47 a 50, caracterizado por que las paredes verticales se extienden desde la periferia de la zona periférica hasta el tubo.
52. Reactor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 37 a 51, caracterizado por que las zonas de entrada y de salida están dispuestas en la proximidad del nivel de la superficie y están provistas cada una de una placa dispuesta transversalmente enfrente de la entrada y de la salida, respectivamente de modo que forman un sifón.
53. Reactor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 31 a 52, caracterizado por que el mismo comprende además una tubería de inyección de reactivo floculante, conectada a una fuente de reactivo floculante.
54. Reactor de acuerdo con la reivindicación 53, caracterizado por que esta tubería de inyección de reactivo floculante está situada entre la entrada de fluido bruto que haya que tratar y la entrada del tubo guía de flujo.
55. Reactor de acuerdo con la reivindicación 53, caracterizado por que el mismo comprende una tubería anular de inyección de reactivo floculante dispuesta coaxialmente con la entrada del tubo guía de flujo.
56. Reactor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 31 a 55, caracterizado por que el mismo comprende además una tubería de inyección de material pulverulento, conectada a una fuente de material pulverulento.
57. Reactor de acuerdo con la reivindicación 56, caracterizado por que esta fuente de material pulverulento es una fuente de arena fina.
58. Reactor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 31 a 57, caracterizado por que la cuba comprende una sola zona de floculación, que comprende un tubo guía de flujo.
59. Instalación de tratamiento de fluido que comprende un reactor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 31 a 57 y una zona de separación conectada a la salida de la cuba del reactor.
60. Instalación de acuerdo con la reivindicación 59, caracterizada por que el reactor comprende una tubería de inyección de material pulverulento, conectada a una fuente de material pulverulento, y la zona de separación comprende una salida adaptada para recoger lodos que comprenden copos y conectada a un dispositivo de recuperación de material pulverulento, estando la citada fuente de material pulverulento conectada a este dispositivo de recuperación.
61. Instalación de acuerdo con la reivindicación 59 o la reivindicación 60, caracterizada por que la zona de separación es un decantador dispuesto aguas abajo de la cuba.
62. Instalación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 59 a 61 caracterizada por que la zona de separación es un decantador que está dispuesto alrededor de la cuba.



