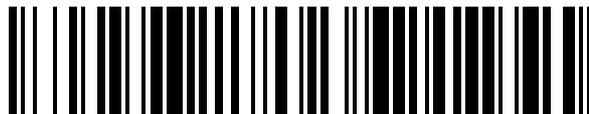


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 156 783**

21 Número de solicitud: 201630525

51 Int. Cl.:

**B01J 19/18** (2006.01)

**C02F 1/00** (2006.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

**27.04.2016**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**20.05.2016**

71 Solicitantes:

**DEPURACIÓN DE AGUAS DEL MEDITERRANEO,  
S.L. (33.3%)**

**Avda. Benjamin Franklin, 21  
46980 Paterna (Valencia) ES;**

**UNIVERSIDAD CLAUDE BERNARD LYON  
(33.3%);**

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  
(16.7%) y**

**UNIVERSITAT DE VALÈNCIA (16.7%)**

72 Inventor/es:

**FERRER POLO, José;**

**SECO TORRECILLAS, María Aurora;**

**BOUZAS BLANCO, Alberto;**

**BARAT BAVIERA, Ramón;**

**BORRÁS FALOMIR, Luis;**

**MARTÍ ORTEGA, Nuria;**

**PASTOR ALCANIZ, Laura;**

**MORALES CAVERO, Eduardo;**

**DOÑATE HERNÁNDEZ, Silvia;**

**GRAU GONZÁLEZ, Sofía;**

**MANGIN, Denis;**

**COGNÉ, Claudia;**

**LABOURET, Stéphane y**

**GAGNIÈRE, Emilie**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

54 Título: **REACTOR DE CRISTALIZACIÓN**

ES 1 156 783 U

## REACTOR DE CRISTALIZACIÓN

### Descripción

#### Objeto y Campo de la invención

La presente invención se refiere a un reactor de cristalización.

5

El campo técnico en el que está comprendido el presente reactor es el tratamiento de aguas residuales y lodos.

#### Antecedentes de la invención.

10 La cristalización de estruvita es actualmente una de las técnicas más prometedoras para recuperar nutrientes de las aguas residuales.

Los reactores de cristalización más utilizados son los Reactores de Lecho Fluidizado (Fluidised Bed Reactors, FBR) o los Reactores Continuos de Tanque Agitado (RCTA). Las principales ventajas que presentan los RTCA frente a los FBR son la mayor simplicidad y flexibilidad de operación, la mayor capacidad de absorber fluctuaciones en las condiciones de operación y el menor consumo energético, por lo que son mayormente utilizados a escala industrial.

20 Sin embargo, el diseño de los RCTA utilizados como reactores de cristalización es complejo dado que son numerosos los procesos que intervienen en la cristalización de estruvita (distribución de la sobresaturación en el reactor, mecanismos de nucleación, termodinámica y química de la reacción, entre otros).

25 El diseño del reactor que se presenta se ha basado en un modelo computacional de dinámica de fluidos (Computation Fluid Dynamics, CFD). La optimización del diseño del reactor se basa en 4 elementos clave:

30 1º) Posición de las conducciones de entrada de reactivos al sistema para evitar puntos de elevada sobresaturación

2º) Agitador que favorezca la mezcla en la zona de reacción

3º) Deflectores que eviten la formación de un vórtex

4º) Doble pendiente de la zona de sedimentación para impedir la pérdida de sólidos finos.

Descripción de la invención

Considerando lo expuesto antes, el reactor de la presente solicitud se ha optimizado para potenciar la recuperación de fósforo como estruvita mediante cristalización en Estaciones  
5 Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) a partir de los sobrenadantes obtenidos en la línea de tratamiento de fangos.

El reactor de cristalización de la presente solicitud consiste en un reactor de tanque agitado, que funciona en continuo (RCTA) y está compuesto por dos partes fundamentales para  
10 lograr el objetivo para el que está destinado: una zona de reacción y una zona de sedimentación, las cuales están limitadas, por arriba, es decir, por la parte superior extrema del reactor, por una zona de alimentación, por la que entran los fluidos de trabajo y, por abajo, es decir, por el extremo inferior del reactor, una zona de descarga.

15 Los fluidos de trabajo pueden ser los reactivos utilizados en la cristalización, tales como  $MgCl_2$ , como fuente de magnesio y  $NaOH$ , utilizado para el ajuste del pH de operación. El reactor comprende una conducción de entrada para cada uno de estos reactivos y una conducción o entrada para la corriente o fluido alimento. Los cristales, una vez formados, son extraídos por la parte inferior del reactor o zona de descarga. El efluente sale por la  
20 parte superior de la zona de sedimentación a través de un rebosadero.

Los elementos novedosos que presenta el reactor de cristalización de la presente solicitud frente a otros reactores existentes son los siguientes elementos estructurales:

25 a- Conductos dosificadores o lanzas laterales para la introducción de materiales reactivos, según un ángulo de separación de  $120^\circ$ : La posición de estas conducciones de entrada de reactivos y entrada de fluido de alimentación en el reactor es de gran importancia para el proceso de cristalización. En la presente invención se evita que esas conducciones estén próximas entre sí para impedir la formación de zonas puntuales de sobresaturación, que  
30 provocarían un aumento de la velocidad de nucleación y, por tanto, de la formación de cristales finos que podrían perderse con el efluente. Para evitar este problema el reactor de la presente invención incluye tres conductos dosificadores o lanzas laterales desplazados entre sí  $120^\circ$ , que introducen las tres corrientes o fluidos de trabajo (fluido de alimentación,  $NaOH$ ,  $MgCl_2$ ) en la zona de reacción, justo por debajo del agitador. De esta forma, los

fluidos de materiales reactivos y de alimentación se mezclan antes con la solución global y disminuye el valor de la sobresaturación.

5 b- Agitador: Para la adecuada mezcla de la zona de reacción se ha diseñado un agitador de hélices compuesto de tres álabes. Se trata de un agitador de flujo axial que produce un bajo rozamiento y favorece el crecimiento de los cristales. En el extremo del eje de agitación, cercano a la zona de descarga del reactor, se ha añadido un segundo agitador que consiste en una pequeña turbina. Su función es evitar la deposición de sólidos en la salida que existe en la parte inferior del reactor destinada a la extracción de cristales.

10

c- Deflectores: el reactor cuenta con tres deflectores en la zona de reacción para optimizar el mezclado y evitar la aparición de “zonas muertas”. Existe un espaciado entre los deflectores y las paredes del reactor para prevenir la deposición de partículas sólidas en los deflectores.

15 d- Doble pendiente en la zona de sedimentación: la zona de sedimentación del reactor debe evitar la pérdida de los sólidos más finos por el efluente, lo que reduciría la eficiencia de recuperación de fósforo. Para optimizar la sedimentación de los sólidos formados y evitar su deposición en las paredes se ha dotado de una doble pendiente a la zona de sedimentación. La primera mitad de la zona de sedimentación se ha diseñado con un inclinación de 60°  
20 respecto a la horizontal y la segunda mitad con una inclinación de 45°.

#### Breve descripción de los dibujos

Figura 1: representa una vista frontal del reactor de cristalización.

Figura 2: representa una vista superior del reactor de cristalización.

25

#### Descripción detallada de un modo de realización

Se lleva a cabo la recuperación de fósforo como estruvita en una Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR), que trata un caudal de 23.000 m<sup>3</sup>/d y dispone de eliminación biológica de materia orgánica, nitrógeno y fósforo (Esquema A<sup>2</sup>/O). El sobrenadante generado en el espesador primario en el que se dispone de un sistema de elutriación para favorecer la extracción de fósforo. El caudal alimentado al reactor de cristalización fue de 12,5 m<sup>3</sup>/d y las concentraciones de fosfato y nitrógeno amoniacal de 974 mgP/l y 98 mgN/L,

30

respectivamente. La relación Mg/P en la corriente alimento era baja (0,4) por lo que se adicionó  $MgCl_2$ . Para el control del pH se utilizó NaOH.

5 El reactor de cristalización (1) es un reactor vertical de  $5,12\text{ m}^3$  de volumen y 3 m de altura que comprende, por un lado, una zona de reacción (1b) de configuración cilíndrica y con un volumen de  $2,11\text{ m}^3$ . Esta zona de reacción (1b) está dotada de un medio de agitación (3) axial que es activado por medios de accionamiento eléctrico. El medio de agitación (3) comprende una hélice (3a) y una turbina (3b), situados hacia el extremo correspondiente a una zona de descarga (1d) del reactor. El otro extremo del medio de agitación (3) está  
10 conectado a medios de accionamiento eléctrico (6). De esta forma, se evitan zonas "muertas" en el reactor. El reactor, en las paredes interiores de la zona de reacción (1b), comprende tres deflectores (4) que están fijados a aquéllas en toda su altura, y tres conductos para la alimentación de fluidos (2a) y de materiales reactivos (2b) separados entre sí según un ángulo de  $120^\circ$ , para la entrada de fluidos y dosificación de los reactivos.

15 Por otro lado, el reactor (1) comprende una zona de sedimentación (1a) con un volumen de  $3,01\text{ m}^3$ , la cual está limitada por una zona de salida de efluente (2). La zona de sedimentación (1a) está diseñada con una doble pendiente (5) a base de una pendiente de mayor inclinación (5a) y, seguidamente, una pendiente de menor inclinación (5b) para  
20 mejorar la eficiencia de recuperación de fósforo. Así, la configuración cilíndrica de la zona de reacción (1b) está limitada por dos configuraciones troncocónicas correspondientes a la zona de sedimentación (1a), a partir del diseño de doble pendiente. El reactor (1), al finalizar la configuración troncocónica que tiene una inclinación menor, vuelve a tomar una configuración cilíndrica en la zona de salida de efluente (2), con un diámetro mayor que el  
25 de la zona de reacción (1b).

La eficiencia de recuperación de fósforo fue de un 70%, siendo la concentración de fósforo en el efluente  $7\text{ mg/L}$ , y la producción de estruvita en el sistema  $8\text{ kg/d}$ .

**REIVINDICACIONES**

1. Reactor (1) de cristalización que comprende una zona (1b) de reacción, con una configuración cilíndrica, la cual se encuentra entre una zona (1a) de sedimentación, con configuración troncocónica, y una zona de descarga (1d) situada en la base inferior del reactor; una zona de salida de efluente (2) de configuración cilíndrica, situada en la base superior del reactor, unos medios de accionamiento eléctrico (6) y medios de transporte y dosificación de fluidos, **caracterizado** por que las paredes de la zona (1a) de sedimentación del reactor (1) presentan una doble pendiente (5), siendo una pendiente de mayor inclinación (5a) y otra de menor inclinación (5b); las paredes interiores de la zona de reacción (1b) presentan unos deflectores (4), los cuales van fijados a las mismas, en toda su altura, y un medio de agitación (3), activado por los medios de accionamiento (6), que discurre axialmente entre las bases superior e inferior del reactor (1) y por que además los fluidos de alimentación y materiales reactivos son introducidos en el reactor a través de unos conductos dosificadores (2a, 2b) separados entre sí, los cuales atraviesan la zona de reacción (1b) hasta el interior y centro del reactor (1).

2. Reactor de cristalización según la reivindicación 1, caracterizado por que el medio de agitación (3) comprende, por su extremo correspondiente a la zona de descarga (1d), una turbina (3b) y una hélice (3a).

20

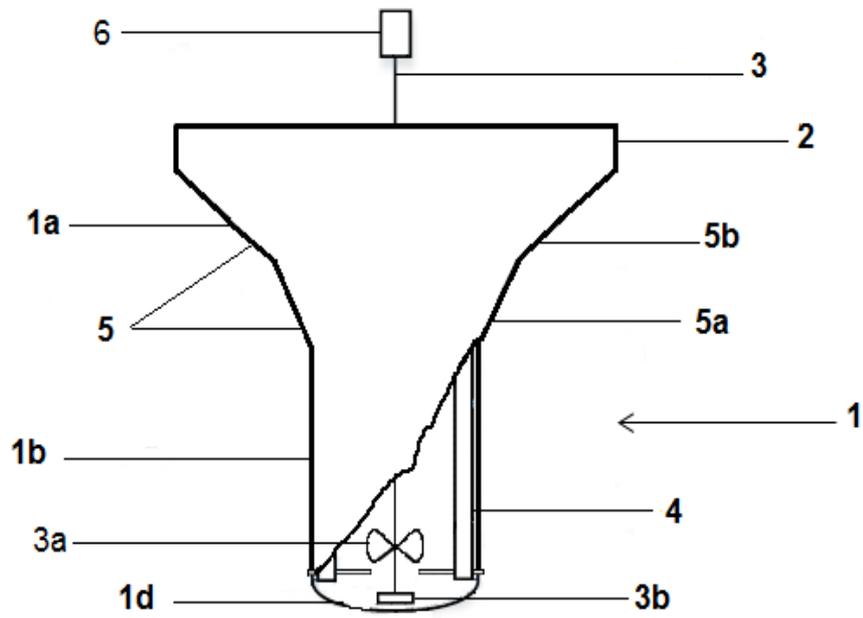


FIG. 1

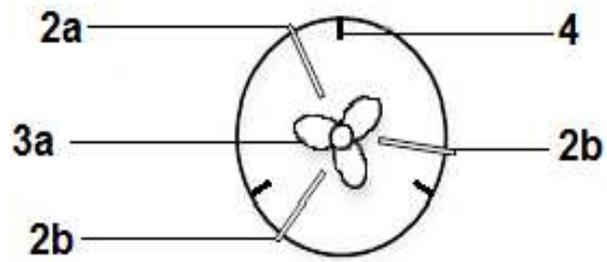


FIG. 2