

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 526 317**

51 Int. Cl.:

C02F 3/28

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.04.2011 E 11716235 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.10.2014 EP 2560923**

54 Título: **Reactor de purificación anaerobia de aguas residuales de flujo ascendente y procedimiento de puesta en práctica**

30 Prioridad:

20.04.2010 FR 1052967

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

09.01.2015

73 Titular/es:

**VALBIO (100.0%)
2 avenue Gutenberg
31120 Portet Sur Garonne, FR**

72 Inventor/es:

BUGAY, STEPHAN

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 526 317 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

Reactor de purificación anaerobia de aguas residuales de flujo ascendente y procedimiento de puesta en práctica

La presente invención se refiere a un reactor de purificación anaerobia de aguas residuales del tipo de lodos granulares o granulados y de flujo ascendente, y a un procedimiento de purificación que lo pone en práctica.

5 Los reactores de purificación anaerobia de flujo ascendente, que también reciben el nombre de reactores de metanización, o metanizadores, son utilizados corrientemente para realizar una depuración biológica natural de las aguas residuales por medio de bacterias anaerobias que transforman los contaminantes, sustancias orgánicas, en componentes exentos de nocividad.

10 Tales reactores incluyen convencionalmente un tanque donde se ubica un lecho de lodos, formado por bacterias anaerobias que en él se multiplican en agregados, constituyendo lo que corrientemente se denomina una biomasa granular o granulosa, en expansión en agua. El producto de entrada que ha de tratarse, generalmente aguas residuales, se inyecta en la parte inferior del tanque, con distribución uniforme bajo el lecho de lodos. Conforme va ascendiendo hacia la parte superior opuesta del tanque, este es tratado por las bacterias, que transforman los contaminantes que contiene en biogás constituido principalmente a partir de metano y de dióxido de carbono. La mezcla biogás - lodos - agua así formada asciende, arrastrada por las burbujas de gas, hacia la parte superior del tanque, parte superior en la que se halla dispuesto un separador trifásico. Este separador trifásico convencionalmente incluye medios deflectores de gas dispuestos bajo una zona de decantación sólido - líquido. Este realiza en primer lugar la desgasificación de la mezcla, con posterior separación por decantación de la mezcla sólido - líquido así despojada de la fracción gaseosa. Las partículas de lodo decantadas vuelven a caer hacia el fondo del tanque. En la cima del reactor, a la salida del separador trifásico, se recoge, por una parte, el biogás y, por otra, un efluente formado por el líquido tratado y por finas partículas de lodo que no han podido ser separadas por decantación. Parte de este efluente es recirculado, es decir, reinyectado en la parte inferior del tanque al objeto de participar en la fluidización del lecho de lodos contenido en el tanque.

25 La presente invención pretende mejorar los sistemas de tratamiento por purificación anaerobia de aguas residuales, proponiendo un reactor de purificación anaerobia de flujo ascendente que presenta en particular un rendimiento depurativo superior al de estos reactores existentes, y que proporciona un efluente líquido tratado ampliamente despojado de partículas sólidas de lodo.

30 A tal efecto, de acuerdo con la invención se propone un reactor de purificación anaerobia de aguas residuales de flujo ascendente, que incluye un tanque contenedor de gránulos de biomasa, más concretamente en forma de un lecho expandido de lodos, medios de inyección de producto residual de entrada en una parte inferior de este tanque, al objeto de formar en este último un flujo de líquido ascendente al lecho de lodos, un separador trifásico de separación de gas, líquido y sólido, que se halla dispuesto en una parte superior opuesta del tanque, y medios de recogida de efluente fuera de una parte superior del separador trifásico. Este reactor se caracteriza por que el separador trifásico incluye dos zonas de decantación sólido - líquido, dispuestas una por encima de la otra en la dirección del flujo ascendente, por encima de una zona llamada inferior, provista de medios de separación de gas, y por que incluye medios de recirculación de efluente que incluyen medios de extracción de efluente fuera del tanque entre las dos zonas de decantación, y medios de reinyección del efluente así extraído en una parte inferior del tanque.

40 En toda la presente memoria descriptiva, los términos inferior y superior, por encima y por debajo, alto y bajo, etc. están definidos con relación a la dirección del flujo ascendente de líquido en el reactor, siendo este flujo sensiblemente vertical y dirigido de abajo hacia arriba.

45 Los medios de separación de gas del separador trifásico según la invención son en sí mismos convencionales. Se trata en particular de deflectores, en forma de placas anulares inclinadas, que realizan la separación del biogás que se ha formado en el tanque por la acción de las bacterias anaerobias sobre el producto residual de entrada, y de la mezcla agua tratada - lodos granulares, orientando el gas a distancia de las zonas de decantación que se hallan dispuestas por encima de la zona inferior de separación de gas. Estos deflectores de gas pueden presentar cualquier forma, en particular ser de sección circular o rectangular.

En el separador trifásico según la invención, ventajosamente se producen tres efectos sucesivos de decantación sólido - líquido, según la dirección del flujo ascendente.

50 Se produce, en primer lugar, un primer efecto de decantación en la zona inferior de separación del gas, a cuyo nivel se decantan las partículas de lodos de mayor tamaño presentes en la mezcla trifásica. Estas partículas más pesadas que han sido decantadas vuelven a caer naturalmente en el manto de lodos contenido en el tanque, bajo el separador.

55 Por encima de estos deflectores, siempre en la dirección del flujo ascendente, se producen en el separador trifásico dos efectos de decantación suplementarios, el primero en una zona de decantación llamada intercalar y luego, el segundo, en una zona de decantación llamada superior.

- De acuerdo con la invención, una parte del efluente tratado que llega al separador trifásico es extraída fuera del mismo entre las dos zonas de decantación, por encima de la zona de decantación intercalar. El resultado de ello es, ventajosamente, que se ralentiza la velocidad de paso del efluente a la zona de decantación superior respecto a la velocidad de paso a la zona de decantación intercalar. En consecuencia, en esta zona de decantación superior se efectúa la decantación de partículas de lodo más finas que en la zona de decantación intercalar, partículas más finas que habitualmente no son separadas de la fase líquida por los separadores trifásicos de la técnica anterior. La consecuencia es una limpieza, una claridad y una calidad del efluente tratado que por último se recoge en la parte alta del separador que son claramente mejoradas respecto a los reactores de la técnica anterior.
- El efluente recogido entre las zonas de decantación intercalar y superior ventajosamente se recircula adicionalmente en el tanque, de tal modo que en él participa en fluidificar el lecho granular. Los gránulos, o partículas, de lodo que este contiene contribuyen adicionalmente a mantener el peso de lodos en el tanque en un nivel sensiblemente constante en el tiempo. Estos gránulos presentan adicionalmente un tamaño relativamente reducido, ya que la mezcla sólido - líquido que llega arriba de la zona de decantación intercalar ya se ha visto sometida ventajosamente a dos efectos sucesivos de decantación, cuyo efecto ha sido el de eliminar los gránulos más pesados. La ganancia de rendimiento depurativo del reactor según la invención se puede estimar superior del 5 al 10 % con relación a los reactores de la técnica anterior.
- La elección, de acuerdo con la invención, de una recirculación externa al tanque de una parte del efluente tratado resulta además ser en todo ventajosa, especialmente porque permite efectuar, de ser necesario, fuera del tanque, un control continuo de los parámetros físico-químicos de los parámetros del efluente recirculado.
- Superiormente al separador, el efluente tratado final se recupera de manera en sí misma convencional, por rebose o por aspiración.
- Según unos modos preferidos de realización, la invención obedece además a las siguientes características, puestas en práctica por separado o en cada una de sus combinaciones técnicamente operativas.
- En unos modos de realización preferidos de la invención, el reactor incluye medios de parada de la recirculación de efluente.
- Según una característica ventajosa de la invención, la altura, medida según la dirección del flujo de líquido ascendente, de la zona de decantación intercalar es menor o igual que la altura de la zona de decantación superior. Preferentemente, las dos zonas de decantación sólido - líquido presentan respectivas alturas sensiblemente iguales.
- En unos modos de realización preferidos de la invención, los medios de extracción de efluente entre las dos zonas de decantación incluyen una tubería periférica dispuesta dentro del separador, entre las dos zonas de decantación, con una pared periférica que está perforada y que está relacionada con unos medios de aspiración de efluente.
- Igualmente, los medios de recogida de efluente fuera de una parte superior del separador trifásico, por encima de la zona de decantación superior, incluyen preferentemente una tubería periférica dispuesta dentro del separador por encima de la zona de decantación superior, con una pared periférica que está perforada y que está relacionada con unos medios de aspiración de efluente.
- Tanto para una como otra de las dos zonas de decantación, esta tubería periférica puede, según unas características ventajosas de la invención, estar asociada con, o sustituida por, una canalización central conformada de manera similar.
- En unos modos de realización preferidos de la invención, las zonas de decantación intercalar y superior quedan respectivamente delimitadas por paredes periféricas que pueden ser de contornos sensiblemente de igual forma o de formas diferentes. Estas paredes periféricas pueden presentar una forma cilíndrica, cónica, una sección sensiblemente rectangular, cuadrada, etc.
- Según una característica ventajosa de la invención, dispuestas en al menos una zona de decantación, preferentemente en las dos zonas de decantación, se hallan unas láminas inclinadas. Tales láminas, que son en sí mismas convencionales, tienen por efecto el de aumentar la superficie de decantación en el interior de cada zona de decantación y, consiguientemente, el de mejorar la calidad del efluente tratado final.
- En unos modos de realización preferidos de la invención, los medios de inyección de producto residual de entrada incluyen una canalización que discurre por una parte inferior del tanque y elementos de soporte de la canalización que descansan sobre una pared inferior del tanque.
- Preferiblemente, la canalización presenta una pared periférica continua, es decir, no lleva taladradas perforaciones. Los elementos de soporte de la canalización son tubos huecos que, comunicados hidráulicamente con la canalización, incluyen sendas aberturas dirigidas hacia la pared inferior del tanque, preferentemente en un extremo opuesto a la canalización. Estos elementos realizan así ventajosamente, al mismo tiempo, el soporte de la canalización en el interior del tanque y la inyección de producto residual de entrada en este último, directamente en el fondo del tanque, de tal modo que, ventajosamente, se aprovechan los lodos granulares presentes bajo la

canalización principal para encargarse del tratamiento del producto residual de entrada. En los reactores propuestos por la técnica anterior, no se hace uso de estos lodos.

5 La invención se refiere asimismo a un procedimiento de purificación anaerobia de aguas residuales, por medio de un reactor según la invención, según el cual se inyectan las aguas residuales en una parte inferior del tanque, se realiza la recirculación de un primer volumen de efluente mediante extracción fuera del tanque entre las dos zonas de decantación y reinyección en una parte inferior del tanque, y se recoge un segundo volumen de efluente fuera de una parte superior del separador trifásico, por encima de la zona de decantación superior.

10 En unos modos de puesta en práctica preferidos de la invención, se realizan paradas secuenciales de la recirculación, lo cual ventajosamente permite asegurarse de que las partículas de lodos que han podido acumularse en la zona inferior de separación de gas del separador vuelven a caer en el tanque.

Finalmente, la invención se refiere a un separador trifásico para un reactor de purificación anaerobia de aguas residuales, que presenta las anteriores características.

La invención se describirá ahora más precisamente en el contexto de modos preferidos de realización, que carecen de carácter limitativo alguno de la misma, representados en las figuras 1 a 4, en las cuales:

15 La figura 1 representa de manera esquemática un reactor de purificación anaerobia de aguas residuales según la invención;

la figura 2 muestra, en vista en despiece ordenado, un modo de realización de un separador trifásico según la invención;

la figura 3 ilustra, en vista en despiece ordenado, otra variante de un separador trifásico según la invención; y

20 la figura 4 representa la parte inferior del reactor de la figura 1, en sección por el plano A-A.

En la figura 1 se representa un reactor de purificación anaerobia de aguas residuales según la invención.

Este reactor incluye un tanque 1, delimitado en su fondo por una pared inferior 2, también denominada solera. En su parte inferior opuesta, se halla dispuesto un separador trifásico 3, diseñado para permitir la separación de gas, líquido y sólido.

25 En el interior del tanque 1, en la parte inferior del mismo, se halla dispuesto un lecho de lodos granulares 4, formado por agregados de bacterias anaerobias mezclados en el agua. Por encima de este lecho de lodos se forma naturalmente un manto de lodos 5, por efecto de la formación de biogás en el tanque, biogás este que origina un sector más turbulento por encima del lecho de lodos.

30 El reactor incluye unos medios de inyección y de distribución de producto residual líquido de entrada que ha de tratarse, aguas residuales por regla general, en una parte inferior del tanque 1, bajo el lecho de lodos 4. Estos medios incluyen principalmente una canalización 6, que discurre en el interior del tanque 1, preferentemente de manera sensiblemente paralela a la pared de fondo 2, y que está delimitada por una pared periférica, preferentemente continua. Esta canalización 6 está relacionada con una bomba de inyección que la alimenta con producto residual de entrada, según la dirección indicada en 7 en la figura.

35 La canalización 6 se soporta, en el interior del tanque, en unos elementos de soporte 8 que descansan sobre la pared de fondo 2 del tanque y que se hallan repartidos a intervalos regulares, preferentemente a todo lo largo de la canalización. Estos elementos de soporte 8 preferentemente están comunicados hidráulicamente con la canalización 6 y llevan perforada al menos una abertura para la introducción en el tanque 1 del líquido llevado por la canalización 6. Más adelante en la presente descripción se describirán estos más detalladamente.

40 El producto residual de entrada, cuando, de conformidad con un procedimiento de puesta en práctica del reactor según la invención, se inyecta en el tanque 1, en el fondo de este último, es arrastrado a través del lecho de lodos 4 en un flujo ascendente, dirigido del fondo del tanque hacia su parte superior opuesta, según la dirección 9 indicada en la figura, sensiblemente verticalmente. Las materias contaminantes que contiene son ahí convertidas, por las bacterias anaerobias, en un gas rico en metano, denominado corrientemente biogás. La mezcla biogás - líquido tratado - partículas de lodos así formada prosigue su ascensión hacia la opuesta cima del tanque 1, arrastrada especialmente por el gas el cual origina una turbulencia por encima del lecho de lodos 4, formando el manto de lodos 5.

45 La mezcla trifásica llega, en la parte superior del tanque, al separador trifásico 3.

50 Este separador trifásico 3 incluye una zona inferior llamada zona deflectora, que está provista de medios de separación del gas y de la mezcla líquido - sólido. Estos medios de separación se materializan preferentemente en forma de placas anulares inclinadas, o deflectores 10. Los deflectores de gas 10 son en sí mismos convencionales y pueden adoptar cualquier forma conocida por un experto en la materia. Concretamente, cualquier número y

cualquier disposición de deflectores entran dentro del ámbito de la invención, siempre que ese número y esa disposición permitan una separación eficaz del biogás y de la mezcla líquido - sólido. En el ejemplo de realización preferido objeto de la figura 1, se han representado a título de ejemplo tres deflectores 10 establecidos paralelamente entre sí.

- 5 El biogás así separado prosigue su movimiento ascensional hasta la cima del tanque 1, donde se hallan dispuestos unos medios para su recogida, según la dirección 11 indicada en la figura. Estos medios de recogida son convencionales en sí mismos.

10 En la zona deflector inferior, a nivel de las placas deflectoras 10, se produce adicionalmente un primer efecto de decantación sólido - líquido, que permite despojar la mezcla sólido - líquido de las partículas de lodo del mayor tamaño. Estas partículas vuelven a caer naturalmente en el tanque. Por encima de los deflectores 10, decrece la velocidad del flujo ascendente de la mezcla líquido - sólido despojada de la fracción gaseosa.

15 El separador trifásico 3 según la invención incluye, por encima de los deflectores 10, en la dirección del flujo ascendente 9, dos zonas de decantación diferenciadas dispuestas una por encima de la otra, a saber, una zona de decantación llamada intercalar 12 y una zona de decantación llamada superior 13. En cada una de estas zonas de decantación se produce una separación por decantación de líquido tratado y de partículas de lodo.

En unos modos de realización preferidos de la invención, las respectivas alturas, llamadas h_a y h_b , de las zonas de decantación intercalar 12 y superior 13 son sensiblemente idénticas. Aun siendo particularmente ventajoso, tal dimensionamiento relativo no es, sin embargo, restrictivo de la invención. La altura de la zona de decantación intercalar 12 es preferentemente mayor o igual que 50 cm.

20 En la zona de decantación intercalar 12, por ser la turbulencia más reducida que en la parte inferior del tanque 1, por motivo de la ausencia de gas en la mezcla líquido - sólido, las partículas de lodos más pesadas empiezan a decantar. Estas vuelven a caer en la zona inferior deflector, donde se acumulan. El líquido, por su parte, prosigue su subida hacia la cima del separador. De él han sido separadas por decantación las partículas de lodos más gruesas.

25 El reactor incluye medios de extracción de efluente tratado entre las dos zonas de decantación 12 y 13. Estos medios están determinados preferentemente a partir de una tubería periférica 14, dispuesta dentro del separador 3, entre la zona de decantación intercalar 12 y la zona de decantación superior 13. La pared periférica de esta tubería lleva taladrados orificios. Esta tubería 14 está asociada a unos medios de aspiración, por ejemplo de una bomba de recirculación 18 asociada a un caudalímetro 19, que son en sí mismos convencionales y que están configurados al
30 objeto de provocar la aspiración de efluente a través de los orificios de la tubería, fuera del separador trifásico.

El efluente así extraído, compuesto por líquido y por partículas finas de lodo, es dirigido, por un circuito de recirculación del reactor externo al tanque, hacia unos medios de reinyección en la parte inferior del tanque 1, según la dirección indicada en 15 en la figura. Preferentemente, la reinyección se realiza por mediación de la canalización de inyección 6 y de los elementos de soporte 8, a la par que el producto residual de entrada que ha de tratarse. El
35 circuito de recirculación puede ir asociado, en su caso, a un sistema de regulación de los parámetros físico-químicos, en particular de la temperatura y del pH, del efluente recirculado antes de su nueva introducción en el tanque 1.

40 El caudal de efluente recirculado se determina mediante cálculos de la competencia de un experto en la materia, en función de las características particulares del reactor, de los lodos granulares, del producto residual de entrada, así como de la calidad que interesa para el efluente tratado final.

45 De manera completamente ventajosa, en virtud de la presencia, en el reactor según la invención, de dos etapas de decantación diferenciadas recorridas por la mezcla efluente - partículas de lodos antes de alcanzar la cima de la zona de decantación intercalar 12, las partículas de lodos contenidas en el efluente recirculado presentan un reducido tamaño, de tal modo que, en el seno de la bomba aspirante 18, no presentan, o muy escasamente, cizalladura mecánica y que hay un limitado riesgo de disgregación de estas partículas. Estas partículas son reinyectadas en el tanque 1, donde son aptas para participar nuevamente de manera eficaz en el tratamiento del producto residual de entrada.

50 En la zona de decantación superior 13, el caudal de efluente se encuentra más reducido que en la zona de decantación intercalar 12. En ella se produce una mayor captura de los gránulos sólidos. Ahí se separan del líquido tratado, por decantación, partículas de lodo más finas.

55 En la parte superior del separador 3, por encima de la zona de decantación superior 13, el reactor está provisto de medios de recogida de efluente. Estos medios de recogida se materializan por ejemplo, según se representa en la figura 1, en forma de una tubería periférica 16 con una pared periférica que lleva orificios taladrados para la aspiración de efluente. La tubería 16 está asociada a unos medios, en sí mismos convencionales, de aspiración del efluente tratado final fuera del reactor, según la dirección 17 indicada en la figura.

El efluente tratado final se puede recuperar asimismo por rebose o, en variantes de la invención, mediante uno o unos tubos de recogida dispuesto(s) en una parte central del separador.

5 El efluente tratado, así recuperado, ha quedado ampliamente despojado de partículas de lodo, incluso finas. Contiene así tan sólo muy pocas partículas y, en consecuencia, presenta un alto grado de limpieza y de claridad. El reactor según la invención presenta así una elevada acción de depuración, mejorada respecto a los reactores de la técnica anterior.

10 Con objeto de permitir que las partículas de lodo que se acumulan en la zona inferior deflectora vuelvan a caer en el manto de lodos situado en el tanque, bajo el separador trifásico, un procedimiento de puesta en práctica del reactor según la invención prevé ventajosamente que, periódicamente, se realicen interrupciones de la recirculación de efluente, en particular mediante parada de la bomba 18. En estas fases de parada secuencial de la recirculación, al ser más reducido el caudal de efluente en la zona deflectora, las partículas que se hallaban bloqueadas en esta zona vuelven a caer en el manto de lodos. En modos de puesta en práctica preferidos de la invención, la fracción horaria de parada de la recirculación está comprendida entre el 5 y el 50 %, preferentemente entre el 20 y el 40 %. Tal elección de margen de valores de esta fracción horaria asegura ventajosamente la eliminación y el retorno hacia el manto de lodos 5 de cualesquiera partículas de lodo que pudieran estancarse en la zona deflectora inferior.

15 En las figuras 2 y 3 se ilustran respectivamente dos variantes de realización del separador trifásico según la invención.

De manera general, cada zona de decantación 12, 13 está delimitada por una pared periférica que puede presentar cualquier forma.

20 En el ejemplo de realización ilustrado en la figura 2, cada zona de decantación 12, 13 presenta una sección sensiblemente rectangular. Cada una de las asociadas tuberías 14, 16 presenta un contorno externo de forma sensiblemente similar al de la zona de decantación sobre la que se extiende.

En el ejemplo de realización representado en la figura 3, cada zona de decantación 12', 13', presenta una sección sensiblemente circular.

25 No por eso la invención excluye cualquier otra configuración de las zonas de decantación y, en particular, configuraciones en las que la zona de decantación intercalar 12 y la zona de decantación superior 13 quedan delimitadas por paredes periféricas de formas diferentes.

En la figura 4 se representa más detalladamente un ejemplo de realización de los medios de inyección de producto residual de entrada en el tanque, particularmente preferido dentro del ámbito de la invención.

30 En este modo de realización preferido de la invención, los elementos de soporte 8 de la canalización 6 son tubos huecos que, comunicados hidráulicamente con la canalización 6 por un extremo, descansan, por su extremo opuesto, sobre la pared de fondo 2 del tanque. Estos tubos 8 presentan preferentemente, en ese extremo que descansa sobre la pared de fondo del tanque, una abertura 20 dirigida en dirección a la pared de fondo 2, de modo que se encargan de la inyección de producto residual de entrada en el tanque 1, en dirección a esa pared de fondo. Cada abertura 20 se inscribe preferentemente en un plano sensiblemente perpendicular a la pared de fondo 2 del tanque, de tal modo que la inyección se realiza oblicuamente con relación a esta pared de fondo y lo más cerca posible de ella.

35 Preferiblemente, a uno y otro lado de un eje longitudinal de la canalización 6 se hallan dispuestos unos tubos 8, 8', que parten de esta última formando un ángulo de aproximadamente 45 grados con ese eje longitudinal, al objeto de constituir un apoyo estable sobre la pared de fondo 2 del tanque, tal y como se ilustra en la figura 4. En el modo de realización representado en esta figura, los tubos 8, 8' están asociados por parejas, dispuestas cada una de ellas en un mismo plano transversal a la canalización 6, no siendo, sin embargo, tal modo de realización restrictivo en modo alguno de la invención.

40 Los parámetros característicos del reactor según la invención son definidos de manera general según cálculos de la competencia de un experto en la materia. En concreto, el caudal pasante viene determinado en función de la superficie del tanque y de la carga másica aplicada sobre las bacterias. El caudal de recirculación de efluente viene determinado de manera tal que el caudal pasante, que es igual a la suma del caudal de alimentación de producto residual de entrada y del caudal de recirculación, permanezca constante en el tiempo (al margen de las fases de parada de la recirculación).

45 En la puesta en práctica del procedimiento de purificación según la invención, se producen, en el separador trifásico 3, tres niveles sucesivos de decantación.

Una primera parte de las partículas de lodo contenidas en la mezcla que llega al separador trifásico 3, cuyo diámetro es superior a un valor llamado DP_0 , es separada en la zona deflectora inferior. Estas partículas vuelven a caer en el tanque, en el manto de lodos 5.

Las partículas de diámetro inferior a DP_o llegan a la zona de decantación intercalar 12. En esta última, se decantan las partículas de diámetro superior a un valor llamado DP_a . Estas partículas vuelven a caer en la zona inferior deflectora, donde se acumulan hasta la siguiente parada de la recirculación. En tal parada, estas vuelven a caer entonces en el manto de lodos 5.

- 5 Las partículas de diámetro inferior a DP_a , se extraen, en parte, del separador con el efluente recirculado y, en parte, alcanzan la zona de decantación superior 13. En esta zona, nuevamente, se decantan las partículas más gruesas, de diámetro superior a un valor llamado DP_b .

Las partículas de diámetro inferior a DP_b se recogen con el efluente tratado final.

- 10 De manera general, los valores DP_o , DP_a , DP_b están ligados, según la ley de Stokes, que es conocida por un experto en la materia, a los diferentes parámetros del reactor, del procedimiento para su puesta en práctica, de los gránulos de lodo y del efluente.

A continuación vienen dados, a mero título ilustrativo, dos ejemplos de configuración del reactor según la invención y del procedimiento para su puesta en práctica.

- 15 Los valores de los diferentes parámetros del reactor y del procedimiento para su puesta en práctica, para cada cual de estos Ejemplos 1 y 2, vienen indicados en la tabla 1 que sigue.

Parámetro	Ejemplo 1	Ejemplo 2
Perímetro de la zona deflectora (m)	15	15
Altura h_o de la zona deflectora (m)	1	0,7
Número de placas deflectoras 10	3	6
Superficie de decantación de la zona intercalar 12 (m^2)	75	75
Altura h_a de la zona de decantación intercalar 12 (m)	0,7	0,7
Superficie de decantación de la zona superior 13 (m^2)	12	12
Altura h_b de la zona de decantación superior 13 (m)	0,7	0,7
Diferencia de densidad entre las partículas de lodos y el efluente (kg/m^3)	10	10
Viscosidad del efluente (Pa.s)	0,001	0,001
Caudal pasante (m^3/h)	75	75
Caudal de alimentación (m^3/h)	5	40
Caudal de recirculación (m^3/h)	70	35
Fracción horaria de parada de la recirculación	37,5%	32%

Tabla 1 - Parámetros del reactor y del procedimiento para su puesta en práctica

En la tabla 2 que sigue vienen indicados, para cada uno de los ejemplos 1 y 2, el diámetro máximo de las partículas de lodos, tal y como se obtiene en la cima de cada una de las tres zonas del separador trifásico.

Diámetro máximo de las partículas	Ejemplo 1	Ejemplo 2
DP_o (μm)	291	246
DP_a (μm)	225	225
DP_b (μm)	142	164

Tabla 2 - Diámetro máximo de las partículas en la cima de cada zona del separador trifásico según la invención

5 Los resultados expuestos en la anterior tabla 2 muestran claramente que las partículas a la salida de la zona de decantación superior 13, es decir, las partículas que son descargadas en el efluente tratado final, presentan un tamaño ventajosamente muy reducido. El efluente tratado final presenta así un elevado grado de limpieza. Las partículas a la salida de la zona de decantación intercalar 12, es decir, las partículas que son susceptibles de ser descargadas en el efluente recirculado, igualmente presentan un tamaño máximo reducido. Las partículas más gruesas se han decantado en la zona inferior deflectora del separador.

10 Por otro lado, se ha observado, tanto para uno como otro de estos ejemplos de puesta en práctica, que la aplicación de etapas de parada secuencial de la recirculación permite evitar eficazmente cualquier acumulación prolongada de partículas de lodo en la zona inferior deflectora. Las partículas decantadas en la zona deflectora y en la zona de decantación intercalar 12 vuelven a caer integralmente en el tanque 1, en el cual participan, con las partículas contenidas en el efluente recirculado, a mantener en el tanque un peso de lodos operantes sensiblemente constante en el tiempo. Son pocas las partículas de lodo, las más finas, que se extraen finalmente del reactor con el efluente final tratado que se recoge superiormente al separador trifásico. Consecuencia de ello es un rendimiento depurativo mejorado del reactor respecto a los dispositivos propuestos por la técnica anterior.

15 La descripción que antecede ilustra claramente que, por sus diferentes características y sus ventajas, la presente invención logra los objetivos que se había fijado. En concreto, esta provee un reactor de purificación anaerobia de aguas residuales con lodos granulares o granulados de flujo ascendente, que incluye un separador trifásico para la separación biogás - lodos granulares - efluente tratado, de triple efecto de decantación y doble devolución de los
 20 granulos de lodo al tanque, por el efluente recirculado, mediante un circuito externo al tanque, por una parte y, por otra, directamente desde la zona inferior de separación de gas. Este reactor y el procedimiento para su puesta en práctica permiten obtener un efluente líquido tratado de alto grado de limpieza, ampliamente despojado de partículas de lodos, partículas de fina granulometría inclusive, y con un elevado rendimiento depurativo. En efecto, estos aseguran en particular que las partículas devueltas al tanque, tanto por la vía de la recirculación como por aquella de
 25 la devolución directa desde la zona deflectora inferior, conserven su integridad y su eficacia de acción de depuración.

REIVINDICACIONES

1. Reactor de purificación anaerobia de aguas residuales de flujo ascendente, que incluye un tanque (1) contenedor de gránulos de biomasa, medios de inyección de producto residual de entrada en una parte inferior de dicho tanque, un separador trifásico (3) de separación de gas, líquido y sólido, dispuesto en una parte superior opuesta de dicho tanque, y medios de recogida de efluente tratado fuera de una parte superior de dicho separador trifásico, caracterizado por que el separador trifásico incluye dos zonas de decantación sólido - líquido (12, 13) dispuestas una por encima de la otra en la dirección del flujo ascendente (9), por encima de una zona inferior provista de medios de separación de gas (10), y por que incluye medios de recirculación de efluente que incluyen medios de extracción de efluente fuera de dicho tanque entre dichas dos zonas de decantación, y medios de reinyección del efluente extraído en una parte inferior del tanque (1).
2. Reactor según la reivindicación 1, caracterizado por que incluye medios de parada de la recirculación de efluente.
3. Reactor según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que las dos zonas de decantación sólido - líquido (12, 13) presentan respectivas alturas sensiblemente iguales.
4. Reactor según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que los medios de separación de gas incluyen placas deflectoras (10).
5. Reactor según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que los medios de extracción de efluente entre las dos zonas de decantación (12, 13) incluyen una tubería periférica (14) dispuesta dentro del separador (3), entre dichas dos zonas de decantación, con una pared periférica que está perforada y que está relacionada con unos medios de aspiración de efluente.
6. Reactor según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que en al menos una zona de decantación, preferentemente en las dos zonas de decantación (12, 13), se hallan dispuestas unas láminas inclinadas.
7. Reactor según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que los medios de inyección de producto residual de entrada incluyen una canalización (6) que discurre por una parte inferior del tanque (1) y elementos de soporte (8) de dicha canalización que descansan sobre una pared inferior (2) del tanque (1).
8. Reactor según la reivindicación 7, caracterizado por que los elementos de soporte (8) de la canalización (6) son tubos huecos que, comunicados hidráulicamente con dicha canalización, incluyen una abertura (20) dirigida hacia la pared inferior (2) del tanque (1).
9. Procedimiento de purificación anaerobia de aguas residuales por medio de un reactor según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que se inyectan las aguas residuales en una parte inferior del tanque (1), se realiza la recirculación de un primer volumen de efluente mediante extracción fuera de dicho tanque entre las dos zonas de decantación (12, 13) y reinyección en una parte inferior del tanque (1), y se recoge un segundo volumen de efluente fuera de una parte superior del separador trifásico (3).
10. Procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado por que se realizan paradas secuenciales de la recirculación.

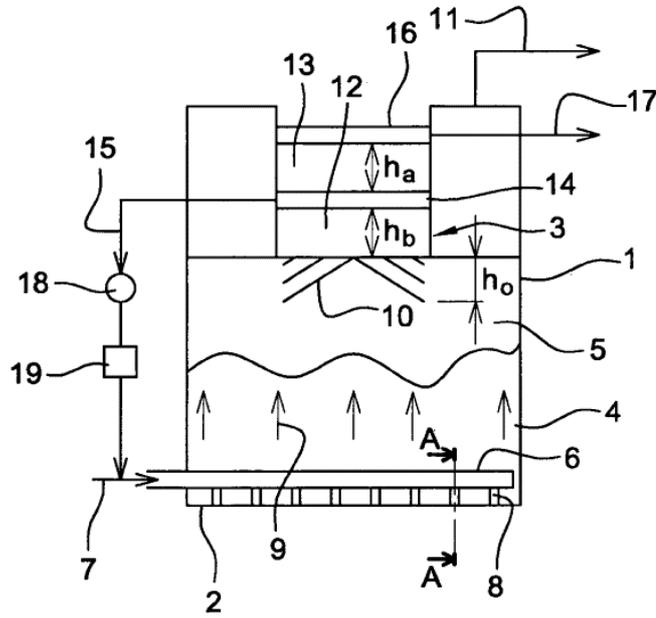


Fig. 1

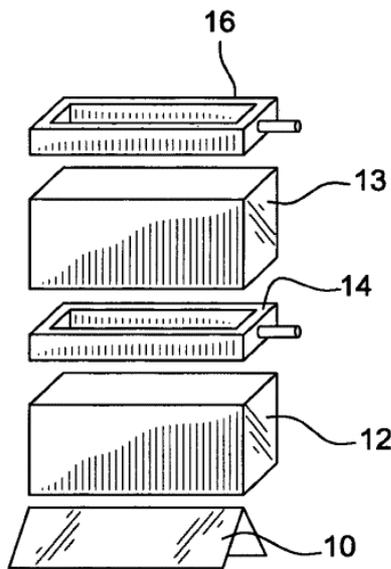


Fig. 2

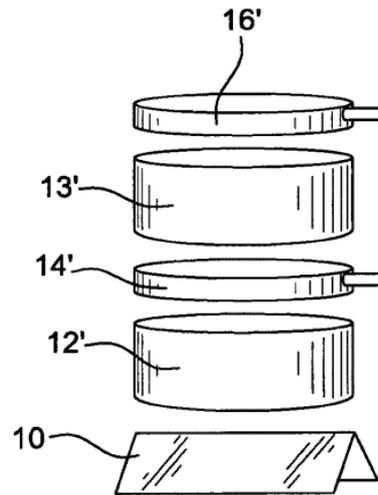


Fig. 3

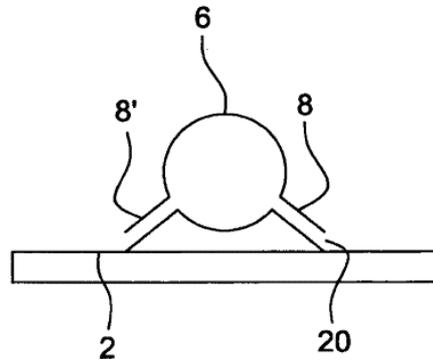


Fig. 4