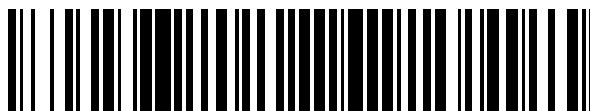


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 532 488**

51 Int. Cl.:

**C02F 3/06** (2006.01)

**C02F 3/10** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.05.2012** **E 12721481 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.12.2014** **EP 2601145**

54 Título: **Reactor de lecho fijo con dos capas y procedimiento para operarlo**

30 Prioridad:

**12.05.2011 CH 803112011**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**27.03.2015**

73 Titular/es:

**WABAG WASSERTECHNIK AG (100.0%)**  
**Bürglistrasse 31**  
**8401 Winterthur, CH**

72 Inventor/es:

**BAGGENSTOS, MARTIN y**  
**RYHINER, GERHARD**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

### Observaciones :

**Véase nota informativa (Remarks) en el folleto original publicado por la Oficina Europea de Patentes**

ES 2 532 488 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 lecho fijo con dos capas y procedimiento para operarlo

5 La invención se refiere a un reactor de lecho fijo para la purificación biológica de aguas residuales, que incluye al menos:

- una primera capa compuesta por un primer material de sustrato granular, así como

10 - una segunda capa que se encuentra sobre la anterior, compuesta por un segundo material de sustrato granular, que presenta una densidad inferior a la del primer material de sustrato, pero que es más pesado que el agua,

- una acometida de agua para aguas residuales, próxima al fondo del reactor de lecho fijo,

15 - un fondo intermedio con un volumen que se puede llenar y que se encuentra encima, para el material de sustrato,

- una cámara distribuidora, que está separada mediante el fondo intermedio horizontal del volumen para el material de sustrato que puede llenarse y que se encuentra encima, así como un procedimiento para operar un tal reactor de lecho fijo.

20 Un reactor de lecho fijo se caracteriza porque un fluido, en el caso presente aguas residuales, fluye a través de un apilamiento o empaquetamiento fijo de material de sustrato. Este material de sustrato sirve entonces para fijar microorganismos, que descomponen determinados componentes orgánicos de las aguas residuales, así como para que se filtren sustancias particulares, es decir, no disueltas. Los microorganismos, en gran parte bacterias, forman sobre el material de sustrato que establece el apilamiento o empaquetamiento del lecho fijo, una biopelícula o césped. En función del proceso biológico de purificación que deba correr, se ventila el reactor de lecho fijo.

Mediante el proceso de purificación aumenta la cantidad de microorganismos y sustancias particulares retenidas. Aquella cantidad que sobrepase la cantidad necesaria para el proceso de purificación y que obstruiría el reactor de lecho fijo, se elimina mediante aclarado periódico como lodo excedente, junto con las sustancias particulares, del reactor de lecho fijo. Al realizar el aclarado, se conduce por lo general el agua previamente purificada en el reactor de lecho fijo como agua de aclarado desde arriba o desde abajo a través del reactor de lecho fijo, añadiéndose desde abajo aire de barrido, por lo general a través del equipo de ventilación que existe de todos modos.

30 Los reactores de lecho fijo para purificar aguas residuales operan por lo general durante el funcionamiento en flujo ascendente con aguas residuales, es decir, el agua residual se introduce a través de una acometida y dado el caso a través de dispositivos distribuidores situados a continuación a través del fondo o en las proximidades del fondo en el reactor de lecho fijo y se conduce desde abajo hacia arriba a través del reactor de lecho fijo. Mediante la conducción del agua residual, dado el caso en la misma dirección de flujo que el aire de proceso de los equipos de ventilación, resultan condiciones hidráulicas más favorables que cuando el agua residual se condujese desde arriba hacia abajo.

Los materiales de sustrato utilizados en reactores de lecho fijo pueden ser básicamente más ligeros o más pesados que el agua, siendo para la aplicación que nos ocupa más pesados que el agua. Los mismos pueden estar compuestos por diversos materiales, por ejemplo estar fabricados de plástico o materiales minerales. Los distintos cuerpos de un material de sustrato son iguales en forma y tamaño. La mayoría de las veces se utiliza también un único material de sustrato como medio filtrante, que ciertamente puede variar ligeramente en forma y tamaño, en particular cuando el origen es mineral, pudiendo presentar por ejemplo una distribución de tamaños de grano, pero que en el reactor se encuentra como apilamiento uniforme.

45 Por "material de sustrato granular" se entiende material de sustrato que se introduce en el reactor como apilamiento suelto, contrariamente a mallas de material de sustrato unidas fijamente con el reactor de lecho fijo y/o entre sí. Por ejemplo arcilla expansiva, arena, piedra pómez, antracita (carbón de antracita), carbón activo o pizarra expansiva son material de sustrato granular.

50 En cuanto al granulado, es decir, al tamaño de grano correspondiente a los granos individuales y/o cuerpos del material de sustrato, es ventajoso por una parte un tamaño de grano lo más pequeño posible, ya que con ello se dispone de la mayor superficie posible disponible para los microorganismos para la degradación biológica. No obstante, debido al pequeño intersticio entre los distintos granos y/o cuerpos del material de sustrato, puede obstruirse el lecho fijo más fácilmente. Un tamaño de grano lo más grande posible provoca por el contrario que pueda retenerse una mayor cantidad de sólidos en el reactor de lecho fijo. Debido al mayor volumen intermedio entre los granos y/o cuerpos, se reduce el peligro de una obstrucción del lecho fijo, aumentando así el tiempo del funcionamiento posible entre dos aclarados.

**Estado de la técnica**

65 El documento FR 2760738 muestra un filtro de lecho fijo operado ascendentemente, para la purificación biológica de

aguas residuales, en el que sobre una placa están dispuestas varias capas de material granular, con una ventilación. Ambas capas más inferiores de guijarros con diámetros de hasta 80 mm, sirven como capas de apoyo.

5 El documento EP 0430886 A1 se refiere a un procedimiento para la purificación de agua, en el que se conduce el agua cargada con hidrocarburos halogenados a través de uno o varios reactores de lecho fijo o de lecho fluido, llenos de un material de adsorción, por ejemplo de pizarra expansiva, arcilla expansiva o carbón activo.

10 El documento DE-C1-19717854 describe un procedimiento y una instalación depuradora para la purificación biológica de aguas residuales cargadas con contenido orgánico. En la instalación depuradora se realizan tres etapas de purificación, un equipo de decantación y compostaje, un primer lecho filtrante poblado y un segundo lecho filtrante poblado. El filtro del primer lecho filtrante poblado está compuesto por un granulado mineral de grano determinado, que presenta determinadas características químicas para la adsorción de las sustancias disueltas en agua.

15 El documento DE 19512907 C1 muestra un procedimiento para la purificación de aguas residuales con un material de reactor con forma de bolitas (pellets), en el que una de las posibles etapas del procedimiento incluye un lecho fijo, en el que se utilizan dos capas de material de sustrato con distinta densidad y tamaño de grano, que son una primera capa (inferior) con una densidad mayor y un tamaño de grano menor que los de la segunda capa (superior). Puesto que el agua residual a purificar llega primeramente a la capa inferior, con un tamaño de grano menor, tiende  
20 la misma a obstruir la sección del reactor.

Al atravesar un lecho fijo desde abajo hacia arriba, tienen lugar distintos procesos de descomposición a lo largo de la altura del lecho. Se sedimentan en diversas capas del lecho fijo microorganismos especializados, que pueden descomponer distintos contenidos de las aguas residuales. Al enjuagar el reactor de lecho fijo, en particular con la  
25 ayuda de aire de barrido, se realiza por lo general la mezcla en un cierto grado en el lecho fijo, con lo que se pierde de nuevo esta especialización.

Es objetivo de la presente invención proporcionar un reactor de lecho fijo y el correspondiente procedimiento para operarlo, según los cuales la especialización de distintas capas del lecho fijo se mantiene mejor tras el enjuagado y  
30 puede reducirse a la vez el tiempo hasta el siguiente enjuagado.

### Presentación de la invención

35 Este objetivo se logra mediante un reactor de lecho fijo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el primer material de sustrato presenta un tamaño de grano mayor que el segundo material de sustrato y sólo estas dos capas de material de sustrato están colocadas en el volumen que puede llenarse.

Debido a que el primer material de sustrato (inferior) presenta un diámetro de grano mayor que el segundo material de sustrato (superior), pueden retenerse en la primera capa (inferior) más sustancias sólidas que las que se  
40 encuentran en la acometida y/o se han formado como lodo excedente y no obstruyen así los intersticios relativamente pequeños entre los granos de la segunda capa (superior). Con ello tardan más tiempo en obstruirse los intersticios más pequeños en la segunda capa, alargándose el tiempo hasta el siguiente enjuagado más que con una primera capa (inferior) con un menor diámetro de granos, como por ejemplo en el documento DE 19512907 C1.

45 Debido a que el primer material de sustrato (inferior) presenta una densidad mayor que el segundo material de sustrato (superior), se depositan también después de un enjuagado del reactor de lecho fijo y de las turbulencias que ello implica en el material del lecho los granos más gruesos esencialmente de nuevo como primera capa (inferior) y los granos más finos de nuevo como segunda capa (superior) sobre la primera capa, con lo que también los microorganismos especializados se asientan de nuevo en su lugar anterior, es decir, en una zona correspondiente a  
50 una determinada altura del reactor de lecho fijo y pueden continuar con su actividad, ya que también la oferta de nutrientes procedentes de las aguas residuales corresponderá de nuevo aproximadamente a la que había antes del enjuagado.

El material de sustrato más grueso de la primera capa (inferior) retiene sustancias sólidas y se asientan  
55 microorganismos aerobios, que descomponen predominantemente compuestos orgánicos (compuestos del carbono). En el material de sustrato fino de la segunda capa (superior) se asientan igualmente microorganismos aerobios, que predominantemente descomponen compuestos de nitrógeno, teniendo lugar por lo tanto una nitrificación. No obstante también tiene lugar una nitrificación en la primera capa (inferior), aún cuando con coeficientes de descomposición inferiores a en la segunda capa (superior).

60 Debido a la superficie específica comparativamente mayor en la segunda capa (superior) puede lograrse allí una mayor nitrificación. Puesto que la producción de lodos excedentes de estas bacterias de nitrificación es muy reducida, puede retenerse el lodo excedente formado en el material de sustrato fino.

65 Finalmente pueden asentarse en la segunda capa (superior), debido a la ausencia de compuestos orgánicos que ya se han descompuesto en la primera capa (inferior), microorganismos especializados, que pueden descomponer las

llamadas microimpurezas y también sustancias difícilmente degradables.

Las microimpurezas son oligoelementos orgánicos cuya existencia en concentraciones muy bajas (de milmillonésimas a millonésimas de gramo por litro) se comprueba en las aguas. Estas sustancias son productos fitosanitarios, medicamentos, biocidas, ingredientes de productos para el cuidado del cuerpo, impregnaciones, detergentes, colorantes, etc., que llegan a las aguas desde las más diversas fuentes como la agricultura, el ámbito doméstico, la construcción y el tráfico.

Como sustancias difícilmente degradables se tienen por ejemplo los hidrocarburos halogenados (como hidrocarburos clorados), hidrocarburos aromáticos policondensados (PAK) y agentes tensoactivos. Las sustancias difícilmente degradables se presentan, contrariamente a las microimpurezas, en mayores concentraciones.

Un equipo de ventilación se utiliza entonces cuando se utilizan microorganismos que necesitan oxígeno para degradar impurezas. Pero si debe utilizarse el lecho fijo correspondiente a la invención para filtrar y adsorber aguas residuales, no es necesario un equipo de ventilación y/o no se utiliza un equipo de ventilación eventualmente existente.

El material de sustrato de la primera capa (inferior) debe presentar en el mejor caso un tamaño de grano de 1-6 mm, preferiblemente de 2-5 mm y el de la segunda capa (superior) un tamaño de grano de 1-4 mm preferiblemente de 1,5-3 mm. La diferencia absoluta de tamaños de grano entre la primera y la segunda capa, es decir, primer y segundo material de sustrato, debe ser entonces de al menos 0,5 mm.

El material de sustrato de la primera capa (inferior) presenta según la invención una densidad de 1200 a 1600 g/l y preferiblemente de 1200 a 1500 g/l y el de la segunda capa (superior) una densidad de 1100 a 1400 g/l, preferiblemente de 1200 a 1300 g/l. Bajo "densidad" se entiende aquí la densidad aparente en húmedo del grano. La diferencia absoluta entre densidades de la primera y la segunda capa, es decir, primer y segundo material de sustrato, es aquí de al menos 100 g/l.

El material de sustrato de la primera capa (inferior) puede ser pizarra expansiva. La pizarra expansiva se fabrica a partir de arcilla esquistosa triturada, hinchándose la misma al quemarse perpendicularmente al plano de estratificación. Contrariamente a en la arcilla expansiva, poseen los granos una estructura compacta, angulosa. La pizarra expansiva puede obtenerse con superficie cerrada o de poros abiertos según tenga lugar un proceso de fraccionamiento o no tras el fuego. Para la aplicación correspondiente a la invención se utiliza pizarra expansiva con superficie de poros abiertos. Pero también puede utilizarse como material de sustrato de la primera capa (inferior) arcilla expansiva y antracita.

En la cámara distribuidora desemboca una tubería de agua de aclarado, a través de la cual puede introducirse el agua necesaria para el aclarado de retorno mediante una bomba en el reactor de lecho fijo.

Incluso cuando el lecho fijo correspondiente a la invención se utilice sin ventilar para el filtrado y la adsorción, se utilizan los mismos materiales de sustrato para la primera capa (inferior), que sirve entonces para el filtrado mecánico de sólidos.

El material de sustrato de la segunda capa (superior) puede ser arcilla expansiva. Como materia prima para arcilla expansiva se utiliza arcilla pobre en cal con componentes orgánicos finamente distribuidos. La misma se muele, granula y se quema en el horno tubular giratorio a unos 1200°C. Entonces se queman los aditivos orgánicos y el material se hincha con forma de esfera. La arcilla expansiva alcanza entonces entre cuatro y cinco veces el volumen inicial. El núcleo es de poros cerrados y la superficie sinterizada. Tras el proceso de fragmentación, presenta el mismo una superficie de poros abiertos, que es necesaria para la aplicación correspondiente a la invención. Pero en lugar de arcilla expansiva puede utilizarse también pizarra expansiva.

Si se utiliza el reactor de lecho fijo para el filtrado y adsorción, entonces se utiliza como material de sustrato de la segunda capa (superior) carbón activo y/o antracita, que sirven entonces predominantemente para la adsorción física. Debido a que las aguas residuales llegan primeramente a la primera capa (inferior), queda protegida la segunda capa (superior) mediante la primera capa (inferior) y queda menos cargada que si se utilizase en un lecho fijo monocapa de carbón activo y/o antracita. Debido a ello puede utilizarse durante más tiempo el material de sustrato de la segunda capa (superior), alargándose el tiempo de funcionamiento del absorbente.

Básicamente puede utilizarse para la primera capa (inferior) y segunda (superior) la misma clase de material de sustrato, es decir, por ejemplo para ambas capas arcilla expansiva o para ambas capas pizarra expansiva. Ambas capas se diferencian entonces en cualquier caso mediante la densidad y el tamaño del grano.

Evidentemente pueden utilizarse también para una capa mezclas de distintos materiales de sustrato, siempre que sólo las características hidráulicas esenciales, es decir, densidad y tamaño del grano, respondan a las exigencias de la primera y/o segunda capa.

El procedimiento para operar un reactor de lecho fijo correspondiente a la invención prevé que se conduzcan aguas residuales desde abajo hacia arriba a través de una primera y una segunda capa y a continuación se retiren del reactor de lecho fijo, eligiéndose la carga de las aguas residuales tal que no se produzca ninguna mezcla importante entre ambas capas. Evidentemente puede producirse siempre en el límite entre la primera y la segunda capa una ligera mezcla de ambos materiales de sustrato distintos, pero debe permanecer la mayor parte del material de sustrato de la primera capa bajo el material de sustrato de la segunda capa. Por lo general apenas se producirá o no se producirá en absoluto una expansión de ambas capas, es decir, que durante el funcionamiento del reactor de lecho fijo por lo general están en contacto los granos de la primera y de la segunda capa entre sí, no pudiendo moverse.

Además puede estar previsto que la limpieza del lecho fijo, compuesto por primera y segunda capa, se realice mediante enjuagado de retorno, conduciendo agua desde abajo hacia arriba a través de reactor de lecho fijo y eligiéndose la velocidad del agua tal que ambas capas se fluidifiquen al menos parcialmente y a continuación se reduzca la aportación de agua, con lo que el lecho fijo se asienta en forma de ambas capas separadas. En el enjuagado de retorno se fluidifica al menos una parte de los granos de la primera y segunda capa en el agua del aclarado de retorno, es decir, que pueden moverse libremente. Al respecto y durante el enjuagado de retorno, en al menos una primera etapa, se elige la velocidad del agua y/o la velocidad del aire de barrido tal que se produce un contacto relativamente intenso del material de sustrato con agua y/o aire y debido a ello una mezcla al menos parcial de ambas capas, sólo en una última etapa, en la que ya no se aporta aire de barrido, y se elige la velocidad del agua tal que ciertamente se realiza aún una fluidificación, manteniéndose el material de sustrato en suspensión, pero ya no tiene lugar una turbulencia intensa, con lo que debido a sus distintas características hidráulicas se realiza una separación entre el primer y el segundo material de sustrato. A continuación como mínimo se reduce la aportación de agua para el enjuagado de retorno, pero por lo general se detiene por completo. Se espera hasta que los granos se hayan depositado de nuevo en el fondo y/o fondo intermedio del reactor de lecho fijo. El primer y el segundo material de sustrato se asientan en consecuencia de nuevo uno sobre otro como primera y segunda capa. Sólo entonces se elimina el resto del agua de aclarado de retorno y/o se conduce nueva agua residual al reactor de lecho fijo y el funcionamiento comienza de nuevo.

### Formas de realización de la invención

En la figura se representa esquemáticamente en sección longitudinal un reactor de lecho fijo 7 correspondiente a la invención. El mismo presenta por lo general una sección rectangular con una superficie de filtro (la sección que efectivamente está llena con el material de sustrato) de 5-150 m<sup>2</sup> y se realiza como pileta de hormigón, en la que se apila el material de sustrato con una altura de 2-5 m. No obstante, el reactor de lecho fijo 7 podría estar realizado también como tanque con una sección cilíndrica y un diámetro interior de 1 a 6 m, siendo la altura de llenado del material de sustrato, como en la sección rectangular, de 2-5 m.

En el reactor de lecho fijo 7 está dispuesta una primera capa (inferior) 1 de pizarra expansiva con un tamaño de grano de 2,5 a 4 mm y una densidad aparente del grano de 1430 g/l en estado húmedo. Directamente encima se apila la segunda capa (superior) 2, la cual está compuesta por arcilla expansiva fragmentada con un tamaño de grano en el intervalo de 1,6 a 2,5 mm y una densidad aparente del grano de 1220 g/l en estado húmedo. La primera capa (inferior) tiene una altura de 0,5 a 3 m y la segunda capa (superior) tiene una altura de 2 a 3 m.

La acometida 3 para aguas residuales se encuentra en el reactor de lecho fijo de que se trata próxima al fondo, con lo que las aguas residuales a purificar fluyen desde abajo hacia arriba a través del reactor de lecho fijo. La acometida 3 desemboca aquí lateralmente sobre el fondo en una cámara distribuidora 4 que se extiende por toda la sección del reactor, que mediante un fondo intermedio horizontal 5 está separada del volumen que puede llenarse 6 que se encuentra encima para el material de sustrato. Mediante toberas no representadas en el fondo intermedio 5 se introducen las aguas residuales en el volumen que pueden rellenarse 6.

El equipo de ventilación para el aire de proceso incluye una tubería de aire 8 que igualmente desemboca en la cámara distribuidora 4. La tubería de aire 8 es alimentada con aire mediante un compresor 9. El aire llega a través de las mismas toberas en el fondo intermedio 5 al volumen que puede llenarse 6 y con ello a ambas capas 1, 2.

Por encima de la segunda capa 2 se prevé adicionalmente un espacio libre, para que el material de sustrato de ambas capas 1, 2 tenga el suficiente espacio durante el enjuagado de retorno para fluidificarse. Este espacio libre, denominado también represa, tiene una altura de 0,5 a 1,5 m.

En la cámara distribuidora 4 desemboca también otra tubería de aire 10, a través de la cual puede introducirse mediante otro compresor 11 aire de barrido de retorno en el reactor de lecho fijo 7. El agua necesaria para el aclarado de retorno se introduce a través de una tubería de agua de aclarado 12, que igualmente desemboca en la cámara distribuidora 4, mediante una bomba 13 en el reactor de lecho fijo 7. La tubería de agua de aclarado deriva de la pileta de agua de aclarado 14, en la que se acumula el agua purificada en el reactor de lecho fijo 7. La pileta de agua de lodos 15 aloja el agua de lodos lavada durante el aclarado de retorno procedente del reactor de lecho fijo 7.

### Forma de funcionamiento de la invención

En el estado de servicio del reactor de lecho fijo 7 se conduce a través de la acometida 3 agua residual y dado el caso a través de la tubería de aire 8 aire desde abajo hacia arriba a través de la primera y segunda capa 1, 2, extrayéndose el agua así purificada por encima de ambas capas 1, 2 del reactor de lecho fijo 7, mediante la pileta de agua de enjuagado 14. La ventilación puede realizarse entonces tanto de forma continua, es decir, durante todo el funcionamiento, como también intermitentemente, es decir, sólo conectando y desconectando periódicamente, o bien no conectarse en absoluto. La carga de las aguas residuales y también la ventilación, caso necesario, se eligen en cualquier caso tal que no se realiza mezcla alguna y por lo general tampoco ninguna expansión de ambas capas 1, 2. La velocidad con la que el agua residual se introduce a través de la acometida (y por lo tanto también la carga de las aguas residuales) se encuentra por ejemplo en el intervalo de 5-15 m/h, es decir, 5-15 m<sup>3</sup> de agua por m<sup>2</sup> de superficie en sección del volumen que puede llenarse 6 y por hora.

Tras un determinado tiempo de funcionamiento, se enjuaga el reactor de lecho fijo 7, lo que se denomina también aclarado de retorno, aún cuando en el ejemplo de ejecución presente se realiza el aclarado durante el funcionamiento con agua purificada en la dirección del flujo del agua residual. Adicionalmente a ello o alternativamente al aclarado de retorno con agua, puede introducirse aire a través del equipo de ventilación 8, 9 dado el caso existente, pero la mayoría de las veces mediante un equipo de ventilación propio 10, 11, para lograr un contacto más intenso entre ambos materiales de sustrato, tal que el mismo se purifique parcialmente de depósitos que se adhieran. Para ello se introduce aire por ejemplo con una velocidad de unos 50-100 m/h, mientras que a diferencia de ello esta velocidad se encuentra durante el servicio de ventilación dado el caso en el intervalo de aprox. 5-20 m/h.

Tras la aportación de aire para apoyar el aclarado de retorno, tiene lugar como última etapa de la purificación del lecho fijo un aclarado de retorno con agua a través de la tubería de agua de enjuagado 12. La velocidad del agua se elige entonces tal que ambas capas se fluidifiquen al menos parcialmente, realizándose una separación de los granos de ambas capas 1, 2, que ya no se mezclan. Entonces se expande la primera capa (inferior) en un 5 al 20% y la segunda capa (superior) puede expandirse incluso en un 30 al 50%. Las velocidades típicas con las que el agua de enjuagado se introduce en el reactor de lecho fijo 7 se encuentran en el intervalo de 20-80 m/h, es decir, 20-80 m<sup>3</sup> de agua por m<sup>2</sup> de superficie de sección del volumen que puede llenarse 6 y por hora, preferiblemente en el intervalo de 40-60 m/h. De esta manera se separan ambos materiales de sustrato debido a sus diferentes características hidráulicas de nuevo en dos capas, cada una homogénea, el material de sustrato más pesado y más grueso en la capa inferior y el material más ligero y más fino en la capa superior. Tras la desconexión – dentro de usualmente 10 a 30 segundos – se asientan de nuevo ambas capas correspondientemente y a continuación puede pasar de nuevo el reactor de lecho fijo al estado de servicio.

La distancia entre filtrados, es decir, el tiempo que transcurre entre dos enjuagados, depende de la carga orgánica, así como de la carga de sustancias sólidas. Para la aplicación en aguas comunitarias, se enjuaga el lecho fijo usualmente cada día.

#### Lista de referencias

- 1 primera capa (inferior)
- 2 segunda capa (superior)
- 3 acometida para aguas residuales
- 4 cámara distribuidora
- 5 fondo intermedio
- 6 volumen que puede llenarse
- 7 reactor de lecho fijo
- 8 tubería de aire
- 9 compresor para la tubería de aire 8
- 10 otra tubería de aire
- 11 otro compresor para la tubería de aire 10
- 12 tubería para agua de aclarado
- 13 bomba para la tubería de agua de aclarado 12
- 14 pileta de agua de aclarado
- 15 pileta de agua de lodos

## REIVINDICACIONES

1. Reactor de lecho fijo (7) para la purificación biológica de aguas residuales, que incluye al menos:

- 5 - una primera capa (1) compuesta por un primer material de sustrato granular, así como
- una segunda capa (2) que se encuentra sobre la anterior, compuesta por un segundo material de sustrato granular, que presenta una densidad inferior a la del primer material de sustrato, pero que es más pesado que el agua,
- 10 - una acometida (3) para aguas residuales próxima al fondo del reactor de lecho fijo (7),
- un fondo intermedio (5) con un volumen que se puede llenar (6) y que se encuentra encima para el material de sustrato,
- 15 - una cámara distribuidora (4), que está separada mediante el fondo intermedio horizontal (5) del volumen que puede llenarse (6) y que se encuentra encima para el material de sustrato;
- caracterizado porque sólo estas dos capas (1, 2) de material de sustrato están colocadas en el volumen que puede llenarse (6),
- 20 porque el primer material de sustrato presenta un tamaño de grano mayor que el del segundo material de sustrato,
- porque el primer material de sustrato presenta una densidad aparente del grano en húmedo de 1200 a 1600 g/l, preferiblemente de 1200 a 1500 g/l, y
- 25 porque el segundo material de sustrato presenta una densidad aparente del grano en húmedo de 1100 a 1400 g/l, preferiblemente de 1200 a 1300 g/l,
- en el que la diferencia absoluta de densidades entre el primer y el segundo material de sustrato es de al menos 100 g/l, y
- 30 porque en la cámara distribuidora (4) desemboca una tubería de agua de aclarado (12) a través de la cual puede introducirse el agua necesaria para el aclarado de retorno mediante una bomba (13) en el reactor de lecho fijo (7).
- 35 2. Reactor de lecho fijo (7) según la reivindicación 1, caracterizado porque el mismo presenta un equipo de ventilación (8, 9).
3. Reactor de lecho fijo (7) según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque el primer material de sustrato presenta un tamaño de grano de 1-6 mm, preferiblemente de 2-5 mm.
- 40 4. Reactor de lecho fijo (7) según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque el segundo material de sustrato presenta un tamaño de grano de 1-4 mm, preferiblemente de 1,5-3 mm.
5. Reactor de lecho fijo (7) según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque el primer material de sustrato es pizarra expansiva, arcilla expansiva o antracita.
- 45 6. Reactor de lecho fijo (7) según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque el segundo material de sustrato es arcilla expansiva o pizarra expansiva.
- 50 7. Reactor de lecho fijo (7) según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque el segundo material de sustrato es carbón activo y/o antracita.
8. Procedimiento para operar un reactor de lecho fijo (7) según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque las aguas residuales se conducen desde abajo hacia arriba a través de una primera (1) y una segunda capa (2) y a continuación se retiran del reactor de lecho fijo (7), en el que la carga de aguas residuales se elige con 5-15 m/h tal que no se produzca ninguna mezcla importante entre ambas capas (1, 2), permaneciendo la mayor parte del material de sustrato de la primera capa (1) bajo el material de sustrato de la segunda capa (2), y realizándose la limpieza de lecho fijo, compuesto por primera (1) y segunda capa (2), mediante aclarado de retorno, en el que se conduce agua desde abajo hacia arriba a través del reactor de lecho fijo (7) y eligiéndose la velocidad del agua con
- 55 20-80 m/h, preferiblemente con 40-60 m/h, tal que ambas capas se fluidifiquen al menos parcialmente y a continuación se reduzca la aportación de agua, con lo que el lecho fijo se asienta en forma de ambas capas separadas (1, 2).
- 60

