

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 239 814**

21 Número de solicitud: 201900257

51 Int. Cl.:

B01D 63/02 (2006.01)

C02F 3/08 (2006.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

13.11.2017

43 Fecha de publicación de la solicitud:

21.01.2020

71 Solicitantes:

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (100.0%)

OTRI. Universidad de La Laguna (edif central)

C/ Pedro Zero, s/n. Apartado 456

38200 La Laguna, Santa Cruz de Tenerife, ES

72 Inventor/es:

SEMPERE RUIGÓMEZ, Ignacio;

GONZÁLEZ CABRERA, Enrique y

VERA PEÑA, Luisa María

54 Título: **Membrana de fibra hueca sumergida rotativa**

ES 1 239 814 U

DESCRIPCIÓN**MEMBRANA DE FIBRA HUECA SUMERGIDA ROTATIVA****5 OBJETO DE LA INVENCION**

La invención se encuentra enmarcada en el sector medioambiental, concretamente en la técnica de filtración tangencial para el tratamiento y regeneración de aguas residuales, aplicada a la operación de biorreactores de membrana sumergida.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

El termino biorreactor de membrana (en inglés, membrane bioreactor, MBR) es usado para designar al proceso de tratamiento de aguas residuales que integra a una membrana perme-selectiva con un proceso biológico. Esta tecnología modifica los sistemas de lodos activados sustituyendo al clarificador o sedimentador secundario por una membrana, generalmente de ultrafiltración.

La eficiencia de los procesos biológicos depende principalmente de la concentración de biomasa en el reactor y de la transformación biológica, de ahí la importancia de mantener la concentración de microorganismos relativamente alta en el reactor. Por este motivo casi todos los sistemas biológicos poseen dos etapas: la primera consiste en un reactor y la segunda es un sistema de separación sólido-líquido que permita recircular parcialmente la biomasa al reactor (solidos sedimentados). Una de las ventajas de los MBR es su capacidad de retención total de la biomasa en el reactor biológico que permite operar con tiempos de retención o edad de lodos (SRT) independientes de los tiempos de retención hidráulicos (HRT), lo que permite concentraciones de biomasa elevadas en el reactor que favorecen el proceso biológico de degradación [1]. Se trata por tanto, de una opción ideal para la ampliación o instalación de estaciones depuradoras en zonas con limitaciones de espacio, operados con producciones muy bajas de lodos.

Si bien la tecnología MBR está ampliamente reconocida y aceptada para lograr aguas regeneradas de alta calidad físico-química y microbiológica, su aplicación se ve limitada por sus elevados costes de operación, principalmente su consumo energético (0,45-0,65 kWh·m⁻³), vinculado principalmente a:

- 35 - la aireación necesaria para el desarrollo del proceso biológico,
- la realización de la filtración y,

- la generación de turbulencias en la proximidad de las membranas, a fin de controlar el ensuciamiento de las mismas [1,2,3].

Por otro lado, en la última década ha aumentado el interés por una variante del MBR: el MBR operado en régimen anaerobio, denominado AnMBR, que requiere menor consumo energético al no necesitar aireación. Además esta variante de los MBR presenta la ventaja de producir menos residuos y generar biogás como subproducto. Sin embargo, el AnMBR presenta dificultades para eliminar nutrientes de forma directa, por lo que estos aparecen en el efluente y se requieren post-tratamientos adicionales para su acondicionamiento. Además, el ensuciamiento de las membranas por la acción de las suspensiones anaerobias es más severo, lo que conlleva menor productividad que en el caso de los MBR aerobios.

La generación de cizalladura sobre la superficie activa de las membranas durante la filtración-clarificación de suspensiones es uno de los medios más eficientes para incrementar el flujo de permeado. Dicha cizalladura contribuye a reducir la polarización de concentración en ultrafiltración (UF), nanofiltración (NF) y ósmosis inversa (OI), y a limitar la construcción de tortas en microfiltración (MF). En la filtración tangencial clásica, la cizalladura sobre la superficie de la membrana se logra aumentando la velocidad del fluido en la tangencial a dicha superficie y reduciendo el diámetro o la anchura del canal que produce un gran gradiente de presión axial. Esta combinación de alta velocidad y alto gradiente de presión no solo requiere mucha energía de bombeo, también provoca un descenso de la presión transmembrana a lo largo de la membrana que conlleva a un régimen de operación no-óptimo [4].

Frente a la opción de mover el fluido tangencialmente a la membrana surge la opción de crear cizalladura sobre la membrana por movimiento de ésta: rotando la membrana o un disco próximo a una membrana circular o bien, aplicando vibraciones longitudinales o torsiones alrededor de un eje perpendicular [4]. Este modo de filtración se denomina “filtración dinámica” y presenta como ventajas frente a la filtración tangencial clásica que además de mejorar la producción de permeado, favorece la selectividad de la membrana.

Los primeros sistemas comerciales de filtración dinámica fueron los de tipo flujo de Couette con membranas cilíndricas rotativas ubicadas en el interior de una carcasa también cilíndrica, que aprovecha los vórtices de Taylor generados en el espacio anular

que queda entre las membranas y la carcasa para aumentar la cizalladura como haría un flujo clásico de Couette. Concretamente, a los Biodruckfilter (Sulzer AG) y Benchmark RorRotary Biofiltration (Membrex) [5,6] siguió la aplicación más exitosa de este concepto, aplicada en la recogida de plasma, el Plasmacell (Hemascience) [7,8],
 5 que posteriormente fue comercializado por Baxter utilizando membranas de nylon [9,10]. Sin embargo, estos primeros sistemas presentaban el inconveniente de proporcionar superficies de filtración muy bajas y ser muy costosos. Con el fin de aumentar la capacidad de producción de los sistemas de filtración dinámica, surgieron los sistemas de discos rotativos, donde sistemas de discos múltiples montados sobre un único eje
 10 rotaban entre membranas circulares fijas, como en el dispositivo DMF (Pall Corp.) [11] o el comercializado por Bokela GmbH, el Dyno, disponible para membranas cerámicas o poliméricas. Una variación de este mismo concepto, fue introducido por ABB Flootek y comercializado por Metso Paper, el Optifilter CR, cuya área de filtración puede exceder los 140 m², si bien dispone de versiones más pequeñas, de hasta 15 m², utilizadas
 15 principalmente, en el tratamiento de efluentes de papeleras o para recuperar tintes [13]. Otro sistema multidisco que presenta la característica de que las membranas orgánicas o inorgánicas, son rotativas es el producido por Spintenk (Huntington) [4]. Sistemas similares a este último son el MSD comercializado por Westfalia Separator (MSD) [14-16], el Rotostream de Canzler [17, 18] y el producido por Hitachi [19]. Por su parte, la
 20 compañía Novoflow también fabrica 2 tipos de membranas rotativas cerámicas de MF y UF, el CRD y el SSDF, este último también disponible en membranas composite [20].

También se ha estudiado la posibilidad de rotar membranas helicoidales sumergidas en el interior de un biorreactor [21].

[1] S. Judd, The MBR Book, 2nd edition: "Principles and Applications of Membrane Bioreactors for Water and Wastewater Treatment". Elsevier, Oxford (2011)

[2] A. Drews, "Membrane fouling in membrane bioreactors-Characterisation, contradictions, cause and cures", J. Membrane Sci. 363, 1 (2010).

[3] P. Le Clech, V. Chen, T.A.G. Fane, "Fouling in membrane bioreactor used in wastewater treatment". Journal of Membrane Science. 284, 17 (2006)

[4] M.Y. Jaffrin, "Dynamic shear-enhanced membrane filtration: A review of rotating disks, rotating membranes and vibrating systems". Journal of Membrane Sci. 324, 7 (2008).

[5] K.H. Kroner, V. Nissingen, Dynamic filtration of microbial suspensions using an axially rotating filter, J. Membr. Sci. 36 (1988) 85–100.

- [6] U.B. Holeschovsky, C.L. Cooney, Quantitative description of ultrafiltration in a rotating filtration device, *AIChE J.* 37 (1991) 1219–1226.
- [7] G. Rock, P. Titley, N. Mc Combie, Plasma collection using an automated membrane device, *Transfusion* 26 (1986) 269–275.
- 5 [8] G. Beaudoin, M.Y. Jaffrin, High efficiency plasmapheresis using a rotating membrane device, *Life Support Syst.* 5 (1987) 273–278.
- [9] A.A. Kaplan, S.E. Halley, Evaluation of a rotating filter for use with therapeutic plasma exchange, *Trans. ASAIO* 34 (1988) 274–276.
- [10] G. Beaudoin, M.Y. Jaffrin, Plasma filtration in Couette flow membrane devices, *Artif.*
10 *Organs* 13 (1989) 41–43.
- [11] S.A. Lee, B.G. Russoti, B. Buckland, Microfiltration of recombinant yeast cells using a rotating disk dynamic filtration system, *Biotechnol. Bioeng.* 48 (1995) 386–400.
- [13] M. Mänttari, K. Vitikko, M. Nyström, Nanofiltration of biologically treated effluents from the pulp and paper industry, *J. Membr. Sci.* 272 (2006) 152–160.
- 15 [14] H.P. Feuerpeil, D. Blase, H. Olapinski, Aaflo systems GmbH, German Patent DE 102 39 247 C1 (2003).
- [15] L.H. Ding, M.Y. Jaffrin, M. Mellal, G. He, Investigation of performances of a multishaft disk (MSD) system with overlapping membranes in microfiltration of mineral suspensions, *J. Membr. Sci.* 276 (2006) 232–240.
- 20 [16] G. He, L.H. Ding, P. Paullier, M.Y. Jaffrin, Experimental study of a dynamic filtration system with overlapping ceramic membranes and non-permeating disks rotating at independent speeds, *J. Membr. Sci.* 276 (2006) 232–240.
- [17] B. Kaiser, Dynamic crossflow filtration of colloid solutions with rotating membranes, in: *Proceedings of Filtech Europa*, Dusseldorf, October 21–23, 2003.
- 25 [18] B. Kaiser, Dynamic crossflow filtration with rotating membranes, in: *Proceedings of Euromembrane Congress*, Hamburg, September 28–October 1, 2004, p.620.
- [19] N. Mori, Hitachi Ltd., European patent no. 07075722 (1995).
- [20] F. Liebermann, Novoflow GmbH, Germany, personal communication, 2008
- [21] L. Liu, B. Gao, J. Liu, F. Yang. Rotating a helical membrane for turbulence
30 enhancement and fouling reduction. *Chem Eng. Journal* 181-182 (2012) 486-493.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La invención consiste en un módulo giratorio de membranas de ultrafiltración (2) sumergidas que opera en el seno de un biorreactor de membranas para depuración de
35 aguas residuales.

El módulo de membranas consiste de un cabezal hueco realizado en plástico polimérico (3), por ejemplo, PVC, al que se fija un extremo de las membranas de fibra hueca de ultrafiltración que operan outside-inside mediante la acción del vacío generado por una bomba (8). Dicha bomba de succión permite la producción de la corriente de permeado/filtrado (12). La conducción por la que se extrae el permeado está unida en un extremo, al módulo de membranas y por el otro, se encuentra unido a un rodamiento (5) que permite el giro del módulo completo, por medio de la acción de un motor agitador (4). El rodamiento presenta la característica de que en el extremo opuesto al módulo de membranas, éste es fijo.

En lo que se refiere a las fibras, como ya se ha indicado, en un extremo están unidas al cabezal, mientras que el extremo opuesto que está sellado (13), se encuentra libre para facilitar su movimiento en el seno del líquido (Figura 2), garantizando con ello, la eficacia de las turbulencias generadas entorno a las fibras. Dichas turbulencias, asociadas al giro del módulo de membranas, permiten reducir la posibilidad de que sustancias colmatantes se depositen o adhieran sobre la capa activa de la membrana.

De esta forma, el giro del módulo de membranas sobre sí mismo durante la filtración, anula la necesidad adoptada generalmente, de inyectar aire en las proximidades de la membrana para generar turbulencias.

El problema técnico actual se resuelve con esta invención, al limitar la inyección de aire al necesario únicamente para el proceso biológico, reduciendo por tanto, el consumo energético global de la operación.

Además, los ensayos realizados en el prototipo muestran la viabilidad de operar por encima del flujo sostenible de filtración de módulos comerciales del mismo umbral de corte de membrana (MWCO). Esto último hace que la productividad del biorreactor de membrana equipado con el módulo rotativo sea superior al de los sistemas convencionales actuales (Figura 3).

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Figura 1. Esquema general de una membrana de fibra hueca sumergida rotativa, donde (1) es la bomba de alimentación, (2) es el módulo de membranas de fibra hueca, (3) es el cabezal, (4) es el agitador, (5) es la rótula, (6) es el indicador de presión, (7) es el transductor de presión, (8) es la bomba de permeado reversible, (9) es el depósito de proceso, (10) es la entrada de agua de alimentación, (11) es la salida de gas y (12) es el conducto de salida de permeado.

Figura 2. Detalle de las fibras huecas (A), donde se refleja que el extremo inferior de cada fibra esta sellada (13) y se observa que cada fibra es independiente de las demás.

Figura 3. Comparación entre las duraciones de ciclo obtenidas por la membrana de fibra hueca sumergida rotativa (representada por la sucesión de cuadrados huecos) y la membrana clásica con burbujeo de gas (representada por la sucesión de rombos opacos) para unas mismas condiciones de flujo ($J = 10 \text{ L/h m}^2$) y esfuerzo cortante ($G = 12 \text{ s}^{-1}$) trabajando en condiciones supra-críticas con una suspensión anaerobia con alta carga orgánica y contenido en sólidos (30 g SST/L).

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

El módulo de membranas está conformado por 300 fibras huecas de ultrafiltración de 50 cm de longitud cada una, las cuales están selladas mediante resina epoxi en uno de sus extremos y conectadas a un cabezal de PVC de 250 mL de capacidad, en el otro. A través de este cabezal se transmite el vacío impuesto mediante una bomba de succión a la membrana que mantiene un flujo constante de permeado de 16 L/h m^2 para suspensiones con más de 25 g/L de sólidos suspendidos totales. Esta misma bomba por ser reversible, posibilita la impulsión de permeado producido previamente en sentido inverso, en lo que se conoce como *retrolavado de la membrana*, método físico de limpieza convencional de la membrana. El permeado se obtiene a través de una conducción rígida de 10 mm de diámetro interno unida al módulo por uno de sus extremos y a la rótula que permite el giro del módulo, por el extremo contrario. La conducción y el módulo conforman por tanto, una única unidad que girará a 120 rpm. Las fibras, sumergidas en el seno de una suspensión anaerobia de 25 g/L, se ven sometidas a esfuerzos cizallantes que limitan la deposición de materia y permiten obtener flujos netos de 12 L/h m^2 con duraciones aproximadas de ciclos de filtración entre retro lavados, de 6 minutos.

REIVINDICACIONES

1.- Membrana de fibra hueca sumergida rotativa para la depuración de aguas residuales caracterizada por:

- 5 -un cabezal al que se fijan membranas de fibra hueca, independientes entre sí y selladas por el extremo opuesto,
 -una bomba de succión y
 -un motor agitador.

Figura 1

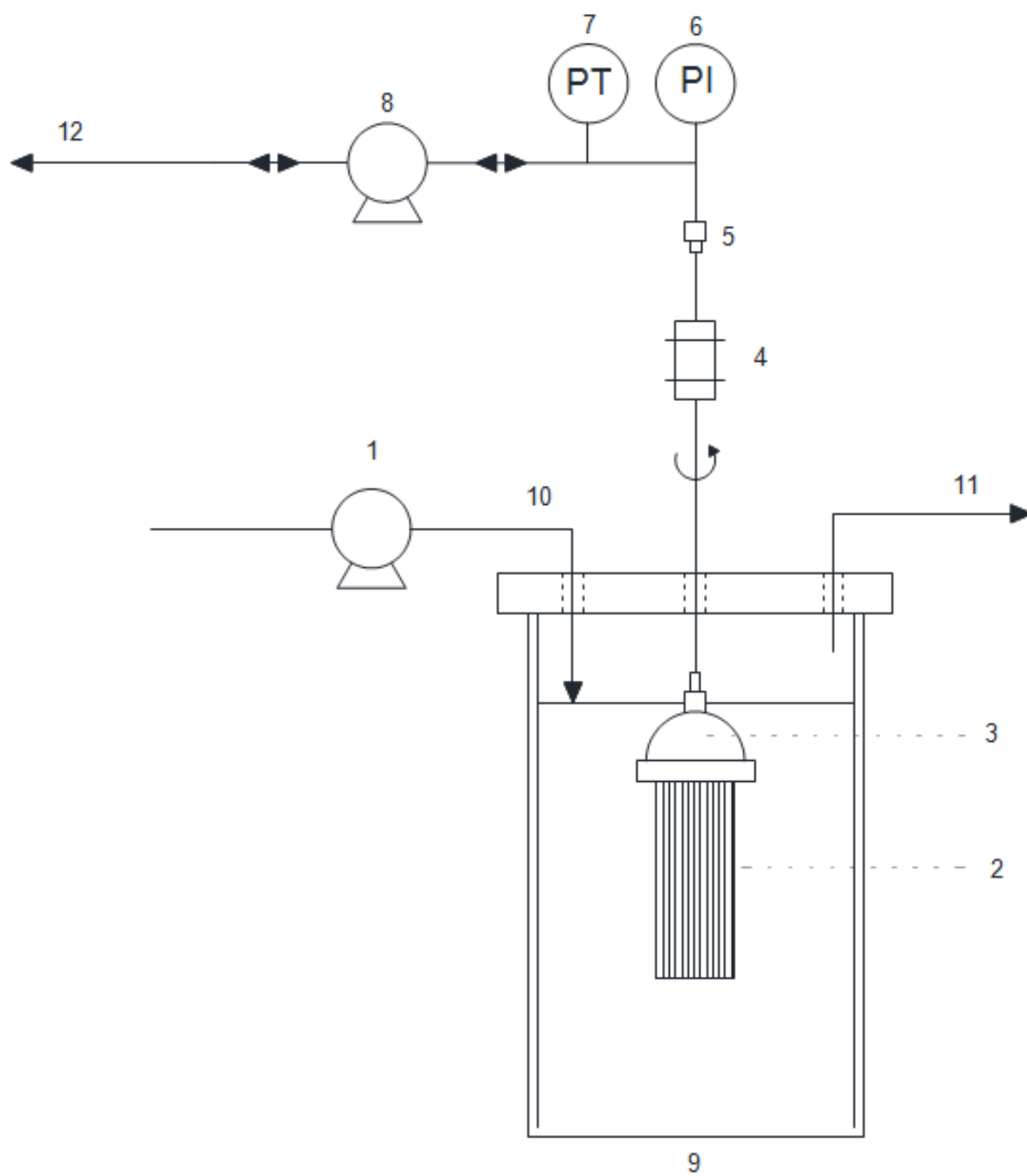


Figura 2

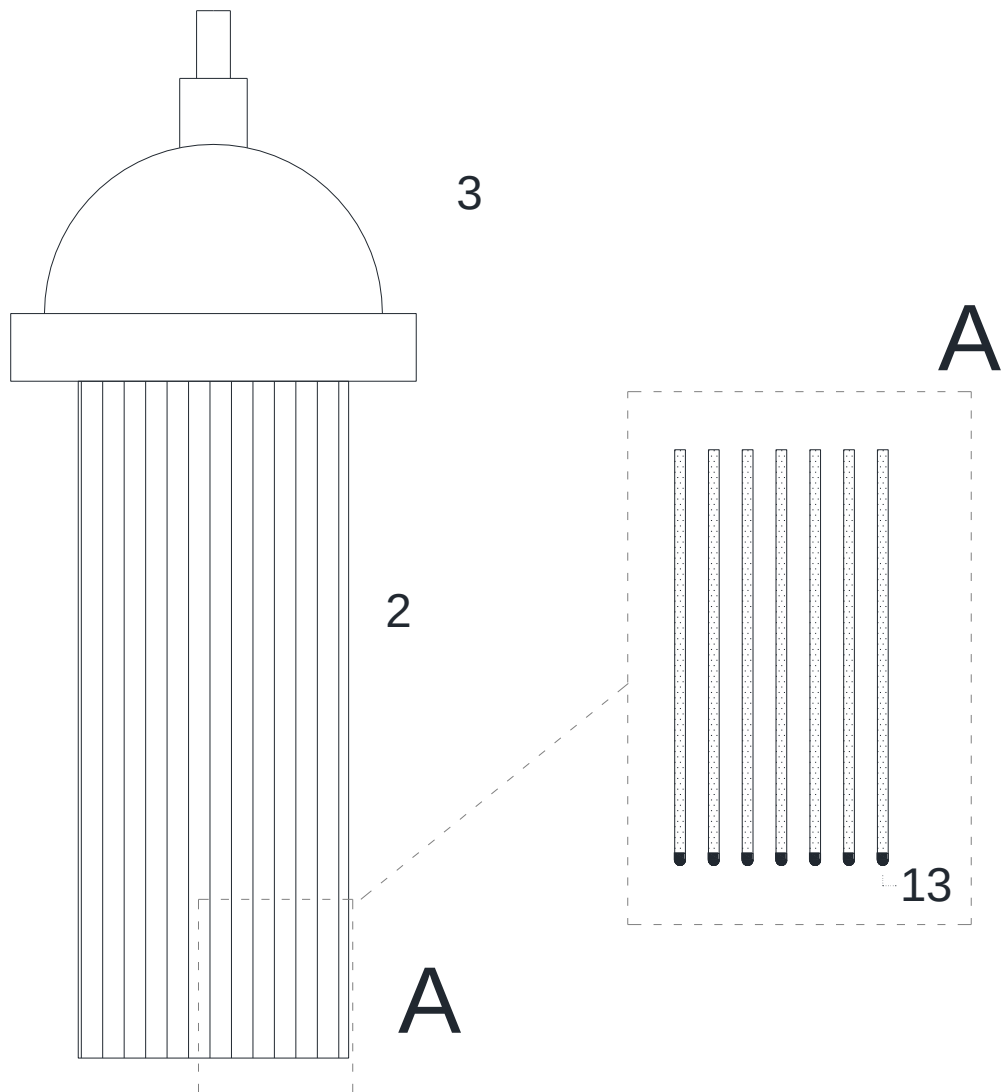


Figura 3

