

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 393 698**

51 Int. Cl.:

**C02F 1/42** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03792997 .3**

96 Fecha de presentación: **29.07.2003**

97 Número de publicación de la solicitud: **1542928**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **22.06.2005**

54 Título: **Dispositivo de membrana de elevación (agitación) neumática (aireación) y biorreactor de membrana y proceso de biorreactor conteniendo los mismos**

30 Prioridad:

**21.08.2002 US 404944 P**  
**30.09.2002 US 261107**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:

**27.12.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:

**27.12.2012**

73 Titular/es:

**HPD, LLC (100.0%)**  
**23563 W. MAIN STREET IL ROUTE 126**  
**PLAINFIELD, ILLINOIS 60544, US**

72 Inventor/es:

**GOLDSMITH, ROBERT L.**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 393 698 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).

**DESCRIPCION**

Dispositivo de membrana de elevación (agitación) neumática (aireación) y biorreactor de membrana y proceso de biorreactor conteniendo los mismos

5 Esta solicitud reivindica prioridad de la publicación de patente US N.º 2004/0035786 la cual es ahora la patente US 6, 767, 455 presentada el 30 de septiembre de 2002.

Campo de la invención

10 La invención se refiere a un dispositivo de membrana de aireación, un biorreactor de membrana de aireación conteniendo al mismo y un proceso de biorreactor de aireación. El dispositivo de membrana utiliza uno o más monolitos porosos de pasaje múltiple como soporte de membrana de microfiltración o ultrafiltración. El dispositivo de membrana basado en monolito proporciona un dispositivo compacto, de bajo coste que tiene una aireación bien controlada y eficiente para el mantenimiento del flujo de membrana. La utilización de una membrana cerámica ofrece una membrana hidrofílica resistente a la obstrucción por parte del material de alimentación de biomasa del biorreactor.

Estado de la técnica anterior y previo y relacionado

15 La rápida aparición del biorreactor de membrana (MBR) ha dado paso a la implantación de diferentes tipos de dispositivos de membrana en dichos MBRs, tanto en configuraciones de módulos de "membrana sumergida", como de membrana de "bucle externo" bombeada. Para la configuración de membrana sumergida, la cual es favorecida debido a los menores costes, hay, principalmente, dos tipos de membranas que se emplean; dispositivos de fibras huecas poliméricas y de placas poliméricas. Se puede encontrar descripciones del estado de la técnica tanto para la tecnología sumergida como para la de bucle externo en lo siguiente:

1. Artículos en el ejemplar de junio de 2002 de Filtración + reparación, Vol. 39, n.º 5, páginas 26-35.
2. Procedimientos de la III Conferencia de Microfiltración, Costa Mesa, CA, mayo 5-7, 2002
- 25 3. "Biorreactores de Membrana: Aplicaciones para Tratamientos de Aguas Residuales para Conseguir Efluente de Alta Calidad" por Steven Till y Henry Mallia, presentado en la 64.ª Conferencia Anual de Ingenieros y Operadores de la Industrial del Agua, septiembre 5-6, 2001, Bendigo, Australia.

30 El último documento describe los dos sistemas sumergidos principales, fibras huecas, vendido por Zenon (Canadá) y dispositivos de placas, vendidos por Kubota (Japón). La invención que es el objeto de la presente solicitud y que se puede utilizar en un MBR sumergido es una configuración de membrana sustancialmente diferente, tal como un dispositivo de membrana monolítica de pasaje múltiple. Las estructuras cubiertas por esta invención, tienen las características de, intrínsecamente, bajo coste y un área de superficie de membrana por unidad de volumen del dispositivo muy alta.

Dispositivos similares en varias estructuras, cuando se utilizan módulos de membranas, como se podrían utilizar en MBRs de bucle externo, han sido descritos en las siguientes patentes.

- 35 1. Patente US 4,781,831 (Goldsmith), la cual describe en la figura 5 de la misma, y descrita en la descripción de la patente, un cluster de monolitos de pasaje múltiple individuales configurados para tener "conductos de flujo de fracción filtrada" formados por el espacio entre los elementos monolíticos.
2. Patente US 5,009,781 y la patente US 5,108,601 (Goldsmith), las cuales en las mismas describen en las figuras y descripción estructuras monolíticas unitarias con conductos de fracción filtrada formados dentro de los monolitos.
- 40 3. Patente US 6,126,833 (Stobbe y otros), la cual describe estructuras comprendidas en una colección de segmentos monolíticos que contienen tanto conductos de fracción filtrada internos en segmentos como una disposición de conducto de fracción filtrada formado por un espacio entre los segmentos monolíticos.

Modos de realización preferentes del dispositivo de membrana basado en monolito se podrían fabricar a partir de un soporte monolítico cerámico poroso y un recubrimiento de membrana polimérico o cerámico de poro fino aplicado a las superficies de las paredes de los pasajes del soporte monolítico.

45 Dispositivos de microfiltración (MF) y de ultrafiltración (UF) de membrana cerámica han sido utilizados en sistemas MBR externos. Se encuentran ejemplos en un artículo de Wen, Xind y Qian ("Biorreactor de Membrana de Ultrafiltración Cerámica para Tratamiento de Agua Residual Doméstica", Tsinghuai Ciencia y Tecnología, ISSN 1007-

0214, 08/17, Vol. 5, Nº. 33, pp. 283-287 (Sept. 2000)) y un artículo de Fan, Urbain, Qian y Manem (" Ultrafiltración de Fango Activado con Membranas Cerámicas en un Proceso de Biorreactor de Membrana de Flujo Cruzado", Ciencia y Tecnología del Agua, Vol. 41, Nº. 10-11, pp. 243-250 (2000)).

- 5 Ha habido un leve trabajo utilizando membranas cerámicas en una configuración MBR sumergida. Una reciente presentación de Xu, Xing, y Xu, titulada "Diseño y Aplicación de un Biorreactor de Membrana de aireación para la Recuperación de Aguas Residuales Municipales", describe el uso de un MBR de aireación que utiliza elementos de membrana UF cerámicos tubulares sencillos y un elemento de membrana UF multicanal de cinco canales (5) (Presentación en la Reunión de la Sociedad de la Membrana de Norteamérica, mayo 11-15, 2002, Long Beach, CA).

Resumen de la invención

- 10 Este dispositivo presenta un dispositivo sumergido de membrana de aireación montada verticalmente. El dispositivo comprende una estructura de uno o más segmentos monolíticos de material poroso, definiendo cada segmento monolítico una pluralidad de pasajes que se extienden longitudinalmente desde una cara extrema de alimentación inferior hasta una cara extrema de fracción retenida superior. El área de superficie de los pasajes en el segmento monolítico es al menos de 150 metros cuadrados por metro cúbico de volumen de segmento monolítico, y el material poroso tiene una porosidad de al menos el 30% y un tamaño de poro medio de al menos 3 µm; se aplica una membrana porosa con un tamaño de poro medio por debajo de 1 µm a las paredes de los pasajes del segmento monolítico para proporcionar una barrera de separación. Un dispersor de gas se sitúa por debajo del dispositivo para proporcionar un material de alimentación líquido de gas dispersado en la cara extrema inferior para proporcionar una circulación aireada del material de alimentación a través del dispositivo, el cual divide al material de alimentación en una fracción filtrada y una fracción retenida que contiene un gas residual, la cual pasa desde la cara extrema superior del dispositivo. Se forma al menos un conducto de fracción filtrada dentro del dispositivo para transportar la fracción filtrada desde dentro del dispositivo hacia la zona de recolección de la fracción filtrada del dispositivo, proporcionando el conducto de fracción filtrada una vía de una resistencia flujo menor que aquellas vías de flujo alternativo a través del material poroso. El dispositivo tiene al menos un retén para separar el material de alimentación y la fracción retenida de la zona de recolección de la fracción filtrada.

- 30 En un modo de realización preferente, el material poroso del dispositivo de membrana es cerámico. La estructura del dispositivo puede estar compuesta de un único monolito o un conjunto de segmentos monolíticos. El dispositivo de membrana puede estar contenido en una carcasa para la recolección de la fracción filtrada y la zona de recolección de la fracción filtrada es un espacio anular entre el dispositivo y la carcasa. De forma alternativa, el dispositivo puede estar sellado a lo largo de la superficie exterior y la fracción filtrada se puede retirar desde una cara extrema del dispositivo.

La membrana utilizada en el dispositivo puede ser una membrana de microfiltración con un tamaño de poro de entre 0.1 y 1 µm o una membrana de ultrafiltración con un tamaño de poro de entre 5 nm y 0.1 µm. De forma preferente, la membrana es una membrana cerámica.

- 35 El dispositivo de membrana montada verticalmente puede contener una cubierta que se extiende por debajo de la cara extrema inferior del dispositivo y el gas es dispersado dentro de una cavidad creada por la cubierta. De forma preferente, el diámetro hidráulico de los pasajes es de entre 4 y 15 mm y el diámetro hidráulico preferente de los segmentos monolíticos es mayor de unos 50 mm.

- 40 Este dispositivo de membrana puede ser utilizado en un biorreactor de membrana que incluye, además del dispositivo de membrana de flujo cruzado, un tanque de alimentación del biorreactor de membrana, con medios de introducción del material de alimentación líquido y un medio para transportar la fracción filtrada desde la zona de recolección de la fracción filtrada del dispositivo al punto de descarga de la fracción filtrada del biorreactor.

- 45 El dispositivo de membrana puede ser instalado dentro de un tanque de alimentación del biorreactor en un bucle de circulación de aireación interno, o puede ser instalado externamente al tanque de alimentación en un bucle de circulación de aireación externa. El gas dispersado puede ser aire u oxígeno y el biorreactor puede funcionar bajo condiciones aerobias, o el gas dispersado puede tener un contenido de oxígeno bajo o despreciable y el biorreactor puede funcionar bajo condiciones anaerobias.

Este menciona además presenta un proceso de biorreactor que incluye:

- 50 Llevar a cabo una reacción biológica dentro de un tanque de alimentación de biorreactor que contiene un material de alimentación de biomasa líquido;  
 suministrar al menos un dispositivo de membrana de aireación que divida el producto base en una fracción retenida y una fracción filtrada;  
 teniendo el dispositivo una cara extrema inferior y una cara extrema superior y comprendiendo una estructura de al menos un monolito de material poroso, teniendo el monolito una pluralidad de pasajes que se extienden

longitudinalmente desde la cara extrema superior a la cara extrema inferior, siendo el área de superficie de los pasajes de al menos 150 metros cuadrados por metro cúbico de volumen de monolito, y conteniendo además el dispositivo de membrana, al menos un conducto de la fracción filtrada para transportar a la fracción filtrada desde el dispositivo hacia la zona de recolección de la fracción filtrada;

- 5 teniendo el material poroso una porosidad de al menos el 30% y un tamaño de poro medio de al menos 3 micrones, y una membrana porosa que tiene un tamaño de poro medio por debajo de 1 micrón, aplicada a las superficies de las paredes de los pasajes para proporcionar una barrera de membrana que separe la biomasa; introducir el material de alimentación líquido dentro de dicho dispositivo de membrana de aireación en la cara extrema inferior y dispersar el gas por debajo de la cara extrema inferior para proporcionar una circulación por
- 10 aireación del material de alimentación a través del dispositivo de membrana; y separar el material de alimentación bajo una presión aplicada a través de la membrana para el filtrado directo hacia la zona de recolección de la fracción filtrada y pasar la fracción retenida que contiene gas a través de la cara extrema superior del dispositivo de membrana.

Breve descripción de los dibujos

- 15 La figura 1 es una vista en sección transversal de un elemento de membrana encapsulado en una carcasa contenedora, de acuerdo con un modo de realización de la presente invención;

La figura 2 es una vista en perspectiva de una estructura segmentada montada alrededor de una cavidad central, de acuerdo con un modo de realización de la presente invención;

- 20 Las figuras 3a y 3b son vistas en planta de dispositivos de membrana múltiple montados verticalmente en un tanque de aguas residuales de un biorreactor de membrana, de acuerdo con un modo de realización de la presente invención;

La figura 4 es una vista en sección transversal de un biorreactor de membrana aerobia, en donde el aire es dispersado en los extremos inferiores de los dispositivos de membrana, de acuerdo con un modo de realización de la presente invención;

- 25 La figura 5 es una vista en sección transversal de un biorreactor de membrana aerobia, en donde el aire es dispersado dentro de las cubiertas de los bordes inferiores de los dispositivos de membrana, de acuerdo con un modo de realización de la presente invención; y

La figura 6 es una vista en planta de bancos de módulos de membrana en un tanque de biorreactor, de acuerdo con un modo de realización de la presente invención.

- 30 Descripción detallada de la invención

La descripción a continuación se centra en un MBR aireado. Sin embargo, el elemento de membrana que es objeto de la presente invención puede ser utilizado para cualquier proceso de membrana con conducción de presión, en el cual un material de alimentación líquido sea dividido en corrientes de fracción filtrada y de fracción retenida. La fuerza conducida por la presión a través de la membrana puede aplicarse utilizando una bomba de fracción filtrada

35 para crear una presión de fracción filtrada por debajo de la presión del material de alimentación. De forma alternativa, la fracción filtrada se puede retirar en una localización físicamente por debajo del nivel del elemento de membrana, en cuyo caso, la elevación del elemento de membrana, más alta que el punto de retirada de la fracción filtrada, crea una presión hidrostática por gravedad a través de la membrana. Mientras que se prevén los procesos en los cuales el material de alimentación está esencialmente a la presión atmosférica, también se puede utilizar un

40 material de alimentación presurizado para crear la presión necesaria a través de la membrana. Los procesos de membrana para los cuales la invención es especialmente aplicable incluyen la microfiltración y la ultrafiltración. Sin embargo, si se puede generar la presión necesaria a través de la membrana, la invención se puede utilizar para nanofiltración y ósmosis inversa.

- 45 La presente invención reconoce el uso potencial de dispositivos de membrana monolíticos de gran diámetro en un MBR de aireación sumergido, teniendo en cuenta los importantes requerimientos para un MBR de aireación, tales como.

1. Operación del MBR a una presión a través de la membrana relativamente baja (TMP), y el requisito resultante de tener un soporte de membrana monolítico y un recubrimiento de membrana con alta permeabilidad;

- 50 2. Operación del MBR con un alto nivel de sólidos en suspensión (por ejemplo, 10.000 - 20.0000 mg/l), los cuales pueden llenar los pasajes por debajo de unas dimensiones mínimas; y

3. La necesidad de tener una membrana con un tamaño de poro suficientemente pequeño para retener de forma eficiente la biomasa del MBR.

En la presente invención, uno mas segmentos monolíticos porosos en panel se emplean como soportes de membrana. El material monolítico es, de forma preferente, cerámico, pero también puede ser un metal poroso, plástico, resina rellena, vidrio reforzado con resina o arena o metal, u otros compuestos. Para cerámica, se han descrito materiales preferentes en la patente US de Goldsmith y Stobbe, y otros, citada más arriba, así como el monolito de alúmina reforzada de reacción descrito en la patente US con número de solicitud N<sup>o</sup>. 10/097,921 presentada el 13 de marzo de 2002.

Los monolitos pueden tener una sección transversal circular, cuadrada, hexagonal, rectangular, triangular u otra. El diámetro hidráulico de pasaje debería ser de 2 mm o mayor, de forma preferente en el rango de entre 4 y 15 mm, seleccionado para ser suficientemente grande para resistir el bloqueo por sólidos bajo condiciones de operación en un MBR de aireación. La porosidad del monolito deberá ser mayor al 30%, de forma preferente, mayor al 40% para maximizar la permeabilidad. El espesor de la pared del pasaje del monolito debería ser suficientemente alto para proporcionar una resistencia y permeabilidad adecuadas, pero no tan elevado como para reducir de forma negativa el área de la pared del pasaje por unidad de volumen. Habitualmente, el espesor de la pared del pasaje del monolito estaría entre un 20% y 40% del diámetro hidráulico del pasaje. Para minimizar los costes del dispositivo, el diámetro hidráulico del monolito debería ser relativamente grande, de forma preferente, mayor que unos 50 mm.

La estructura del soporte monolítico puede ser como se ha descrito en las patentes citadas de Goldsmith y Stobbe, y otros. Este incluye un monolito simple con conductos internos de fracción filtrada, un conjunto de segmentos monolíticos con el conducto de la fracción filtrada formado por un espacio entre los segmentos, y lo mismo con los segmentos teniendo uno o más conductos internos de la fracción filtrada.

El soporte (o soportes) del monolito puede estar recubierto de una membrana MF o de una membrana UF. La membrana podía ser cerámica, polimérica o metálica. Los materiales de recubrimiento de la membrana y los procedimientos para recubrir los soportes tubular y monolítico son bien conocidos en el estado de la técnica de membranas. Una categoría de membranas preferentes incluye membranas MF, las cuales tienen un tamaño de poro en el rango de entre 0.1 y 0.5  $\mu\text{m}$  y las cuales son capaces de tener una alta eficiencia a la retención para microorganismos. Un segundo tipo de membrana que puede ser empleada es una membrana UF, con un tamaño de poro en el rango de entre 0.01 y 0.1  $\mu\text{m}$  y que también puede retener virus con alta eficiencia.

El dispositivo de segmento monolítico, simple o múltiple, después de recubrirse con una membrana, llega a ser un elemento de membrana que debe ser configurado con unos medios para separar la fracción filtrada de los contenidos de alimentación del MBR. Para las estructuras de elemento de membrana monolítica en panel, se han descrito medios de retirada de la fracción filtrada en las patentes de Goldsmith citada más arriba. Un medio es la retirada de la fracción filtrada a lo largo de los lados del elemento de membrana monolítica, dentro de una carcasa cerrada. Un medio sencillo para lograr esto es encapsular el elemento de membrana dentro de la carcasa. Como se muestra la figura 1, un elemento de filtrado individual 12 con conductos internos de la fracción filtrada está encapsulado dentro de una carcasa 10 con un compuesto de encapsulado 13. La carcasa 10 incluye un anillo estancamiento 14 y un anillo de soporte 15, como se muestra. Otro método de retirada de la fracción filtrada es extraer la fracción filtrada de una cara extrema del elemento de membrana. Esto se puede lograr, por ejemplo, con las estructuras segmentadas de Stobbe y otros, con los conductos de recolección de la fracción filtrada de Goldsmith (USP 5,009,781), y para retirar la fracción filtrada de una cara extrema de un elemento multi-segmento, dicha estructura ilustrada en la figura 2. En este ejemplo, "segmentos anulares" 16 (ocho mostrados) con su superficie externa sellada están dispuestos alrededor de la cavidad central 17 para la retirada de la fracción filtrada. Los segmentos 16 están envueltos con una funda impermeable o de lo contrario sellada para mantener el conjunto unido y para prevenir que la fracción filtrada salga por la superficie circunferencial lateral de la estructura. La cavidad central 17 está conectada al conducto de retirada de la fracción filtrada (escalado en la cavidad 17 pero no mostrado), el cual no necesita cubrir la longitud de la estructura. La porción entre segmentos 18 y la porción intra segmentos 19 del conducto de la fracción filtrada están selladas en sus caras extremas. La estructura segmentada montada esta sellada, de forma apropiada, en los extremos para prevenir la contaminación de la fracción filtrada por el agua residual alimentada. El tubo de retirada de la porción filtrada también puede servir como soporte mecánico para el elemento de membrana montada verticalmente en un tanque de tratamiento de residuos del MBR.

Las estructuras del tipo descrito más arriba pueden tener una densidad de empaquetado de membrana muy alto. Por ejemplo, para diferentes tamaños de pasaje y espesores de pared del monolito, teniendo en cuenta una utilización del 80% de los pasajes para contactar un material de alimentación, se pueden conseguir las densidades de empaquetado de la tabla 1.

Tabla 1. Propiedades de Dispositivos de Membrana Basados en Monolitos

Tamaño de pasaje, mm	Espesor de la pared @25%, mm	Porcentaje de pasajes utilizados por conductos de fracción filtrada	Área/volumen de membrana aproximado, sq m/m <sup>2</sup>
4	1	80%	510
6	1.5	80%	340
8	2	80%	255
12	2.5	80%	205
12	3	80%	170

5 Un elemento de membrana, provisto de medios para separar la fracción filtrada y agua residual alimentada y medios para retirar la fracción filtrada a un punto exterior, se convierte en un dispositivo de membrana. La presión necesaria a través de la membrana (TMP), para conducir a la fracción filtrada, se puede lograr por cualquiera de los medios que se emplean normalmente en otros MBRs sumergidos, tales como, un cabezal de gravedad una bomba de fracción filtrada que obtenga un vacío parcial en el lado de la fracción filtrada del dispositivo.

10 Los dispositivos de membrana múltiple se pueden montar verticalmente en un tanque de aguas residuales del MBR, en una matriz empaquetada estrechamente, como la mostrada en las figuras 3a y 3b. La figura 3a ilustra una matriz de 2 x 8 de elementos de filtrado cuadrados 12'. Los elementos pueden tener retirada de la fracción filtrada del lado del contenedor (no mostrado) o se pueden conectar tubos extremos a las cavidades internas de recolección de la fracción filtrada. La figura 3b ilustra una matriz de 4 x 7 de elementos de filtrado redondos 12'. Los elementos pueden tener retirada de la fracción filtrada de las paredes de la carcasa individual o de tubos extremos de las caras extremas superior o inferior. Para un MBR aerobio, se dispersa aire (u oxígeno) en los extremos inferiores de los dispositivos de membrana con un dispersor 21 adecuado, en comunicación con una fuente de aire comprimido u oxígeno, y el gas que asciende 22 proporciona el aireado para el fluido de líquido, a través de los pasajes, y oxígeno para el proceso de oxidación biológico (figura 4). Es posible proporcionar cubiertas 23 alrededor de la parte inferior de los dispositivos de membrana y tener el aire (u oxígeno) dispersado dentro de la cubierta para asegurar que todo el gas dispersado fluya a través de los pasajes del dispositivo (figura 5). Esto proporcionará los medios más eficientes para la introducción de aire u oxígeno en términos de una transferencia de masa de aireación eficiente dentro de los dispositivos de membrana, dado que todo el gas fluirá a través de los dispositivos de membrana con una desviación despreciable, como se ha encontrado, especialmente, en contactores MBR de fibra hueca.

El mismo dispositivo de membrana se puede utilizar para un MBR anaerobio, dispersando un gas inerte o un gas con bajo contenido de oxígeno.

25 La configuración de dispositivos de membrana, como la mostrada en la figura 6, tiene la separación entre bancos de dispositivos de membrana 25, disponible para flujo descendente de líquido, tras la liberación del gas y del líquido en la parte superior de los dispositivos. Los bancos 25 están separados por espacios abiertos para flujo descendente de líquidos sin aire. La retirada de la fracción filtrada depende de si las carcasas o las cavidades internas se emplean para eliminar la fracción filtrada. No se muestran dispersor(es) de aireación en la parte inferior del dispositivo.

30 Las ventajas de la invención expuesta incluyen lo siguiente. Primero, la compactación de los dispositivos de membrana proporciona un área de membrana muy alta por unidad de volumen del reactor MBR sumergido, comparable a aquellas de MBRs de fibra hueca y de placa. Segundo, el control hidrodinámico de líquido en los pasajes del dispositivo provocará una transferencia de masa muy alta, uniforme a través de todo el dispositivo. El uso de cubiertas asegurará que todo el gas introducido sea utilizado para una aireación eficiente. Esto proporcionaría un flujo de membrana alto y una potencia de gas comprimido baja por unidad de flujo con respecto a otros dispositivos de membrana. Una membrana preferente será cerámica, la cual será muy resistente y duradera mecánicamente y se puede esperar que tenga una larga duración con respecto a membranas poliméricas empleadas en configuraciones de fibra hueca y de placa. Para membranas cerámicas, en particular, es posible aplicar recubrimientos de membrana que sean altamente hidrofílicos y serán débilmente adsorbentes de contaminantes orgánicos presentes en los MBRs. Esto reducirá la obstrucción y mejorará la efectividad de la limpieza química. Los dispositivos son capaces de limpiarse mediante tomas retroactivas de la fracción filtrada presurizada, tomas retroactivas de gas presurizado, tomas retroactivas de solución química y circulación de soluciones de limpieza química en un modo normal de operación, especialmente cuando se opera sin retirada de la fracción filtrada. Los agentes de limpieza pueden incluir ácidos, cáusticos y oxidantes como el hipoclorito.

5 La utilización de dispositivos monolíticos de gran diámetro, como se describen aquí, propicia la producción de dispositivos de membrana cerámica que pueden ser competitivos en coste con membranas poliméricas de bajo coste. Mientras que los dispositivos de membrana pueden ser más costosos que los de fibras huecas por unidad de área de membrana, las ventajas anticipadas de mayores flujos de membrana, menor consumo de energía, y más larga vida de la membrana, compensarán el mayor coste del área de membrana.

Como una alternativa a la inmersión de los dispositivos de membrana en el tanque de alimentación del MBR, podrán utilizarse en un modo de circulación de aireación externa. En esta disposición, los dispositivos de membrana se montan exteriormente al tanque de alimentación y el gas de aireación en los dispositivos de membrana crea una circulación entre el tanque de alimentación y los dispositivos de membrana externos.

10 Aunque se describen características específicas de la invención en varios modos de realización, esto es sólo por comodidad, dado que cada característica puede ser combinada con cualquiera o todas las otras características de acuerdo con la invención. Otros modos de realización se hallarán por los expertos medios en la materia y están dentro del ámbito de las siguientes reivindicaciones:

**REIVINDICACIONES**

1. Un dispositivo de membrana de aireación que comprende:

una estructura de uno a más segmentos monolíticos de material poroso, definiendo cada segmento monolítico una pluralidad de pasajes que se extienden longitudinalmente desde una cara extrema de alimentación inferior a una cara extrema de retención superior, siendo el área de superficie de los pasajes en el segmento monolítico de al menos 150 metros cuadrados por metro cúbico de volumen de segmento monolítico;

teniendo dicho material poroso una porosidad de al menos el 30% y un tamaño de poro medio de al menos 3 µm;

una membrana porosa con un tamaño de poro medio por debajo de 1 µm aplicada a las paredes de los pasajes del segmento monolítico para suministrar una barrera de separación;

un dispersor de gas situado por debajo del dispositivo, para proporcionar un material de alimentación líquido de gas dispersado en la cara extrema inferior, para proporcionar una circulación por aireación del material de alimentación a través del dispositivo, el cual divide el material de alimentación en una fracción filtrada y una fracción retenida que contiene gas residual, la cual pasa desde la cara extrema superior del dispositivo;

al menos un conducto de fracción filtrada dentro del dispositivo para transportar a la fracción filtrada desde dentro del dispositivo hacia una zona de recolección de la fracción filtrada del dispositivo, proporcionando el conducto de fracción filtrada una vía de menor resistencia al flujo que aquella de las vías de flujo alternativo a través del material poroso; y

al menos un retén para separar el material de alimentación y la fracción retenida de la zona de recolección de la fracción filtrada.

2. El dispositivo de la reivindicación 1 en el cual la estructura está contenida en una carcasa para la recolección de la fracción filtrada y la zona de recolección de la fracción filtrada es un espacio anular entre el dispositivo y la carcasa.

3. El dispositivo de la reivindicación 1 en el cual la estructura está sellada a lo largo de la superficie exterior y la fracción filtrada es retirada de una cara extrema.

4. El dispositivo la reivindicación 1 en el cual la membrana es una membrana de microfiltración con un tamaño de poro de entre 0.1 y 1 µm.

5. El dispositivo de la reivindicación 1 en el cual la membrana es una membrana de ultrafiltración con un tamaño de poro de entre 5 nm y 0.1 µm.

6. El dispositivo de la reivindicación 1, en donde dicho dispositivo tiene una cara extrema inferior y una cubierta que se extiende por debajo de dicha cara extrema inferior, definiendo la cubierta y la cara extrema inferior una cavidad, y en donde el gas de dicho dispersor de gas es dispersado dentro de dicha cavidad.

7. Un biorreactor de membrana de aireación, que comprende:

el dispositivo de membrana de la reivindicación 1;

un tanque de alimentación de un biorreactor de membrana con medios de introducción del material de alimentación líquido; y

medios de transporte de la fracción filtrada desde la zona de recolección de la fracción filtrada del dispositivo hasta el punto de descarga de la fracción filtrada del biorreactor.

8. El biorreactor de la reivindicación 7 en el cual el dispositivo de membrana está instalado dentro del tanque de alimentación del biorreactor en un bucle de circulación por aireación interno.

9. El biorreactor de la reivindicación 7 en el cual dispositivo de membrana está instalado externamente al tanque de alimentación en un bucle de circulación por aireación externo.

10. El biorreactor de la reivindicación 7 en el cual el gas dispersado es aire u oxígeno y el biorreactor opera bajo condiciones aerobias.

11. El biorreactor de la reivindicación 7 en el cual el gas dispersado tiene un contenido bajo o despreciable en oxígeno y el biorreactor opera bajo condiciones anaerobias.

12. Un proceso de biorreactor de membrana que comprende:

llevar a cabo una reacción biológica dentro de un tanque de alimentación de un biorreactor que contiene un material de alimentación de biomasa líquido;

proporcionar al menos un dispositivo de membrana de aireación que separa al material de alimentación en una fracción retenida y una fracción filtrada;

- 5 teniendo el dispositivo una cara extrema inferior y una cara extrema superior y comprendiendo una estructura de al menos un monolito de material poroso, teniendo el monolito una pluralidad de pasajes que se extiende longitudinalmente desde la cara extrema inferior a la cara extrema superior, siendo el área de la superficie de los pasajes de al menos 150 metros cuadrados por metro cúbico de volumen de monolito, y conteniendo además el dispositivo de membrana al menos un conducto de la fracción filtrada para transportar a la fracción filtrada desde dentro del dispositivo hacia la zona de recolección de la fracción filtrada;
- 10 teniendo el material poroso una porosidad de al menos el 30% y un tamaño de poro medio de al menos 3  $\mu\text{m}$  y una membrana porosa que tiene un tamaño de poro medio por debajo de unos 1  $\mu\text{m}$  aplicada a las superficies de la pared de los pasajes para proporcionar una barrera de membrana de separación de biomasa;
- 15 introducir el material de alimentación líquido dentro de dicho dispositivo de membrana de aireación en la cara extrema inferior y dispersar gas por debajo de la cara extrema inferior para proporcionar una circulación por aireación a través del dispositivo de membrana; y dividir el material de alimentación bajo una presión aplicada a través de la membrana, para dirigir la fracción filtrada a la zona la recolección de la fracción filtrada y pasar la fracción retenida que contiene gas, a través de la cara extrema superior del dispositivo de membrana.
13. El proceso de la reivindicación 12 en el cual el dispositivo de membrana está sumergido en el tanque de alimentación del birreactor.
14. El proceso de la reivindicación 12 en el cual el dispositivo de membrana esta instalado externamente al tanque de alimentación.
- 20 15. El proceso de la reivindicación 12 en el cual al menos una porción de la presión a través de la membrana es creada con una bomba de fracción filtrada.
16. El proceso de la reivindicación 14 en el cual al menos una porción de la presión a través de la membrana es creada presurizando la fracción filtrada por debajo de aquella del material de alimentación.
- 25 17. El proceso la reivindicación 16 en el cual la presión a través de la membrana es creada con una bomba de fracción filtrada.
18. El proceso de la reivindicación 12 en el cual el dispositivo de membrana esta montado en una orientación vertical.
19. El proceso de la reivindicación 12 realizado bajo condiciones aerobias.
20. El proceso de la reivindicación 12 realizado bajo condiciones anaerobias.

30

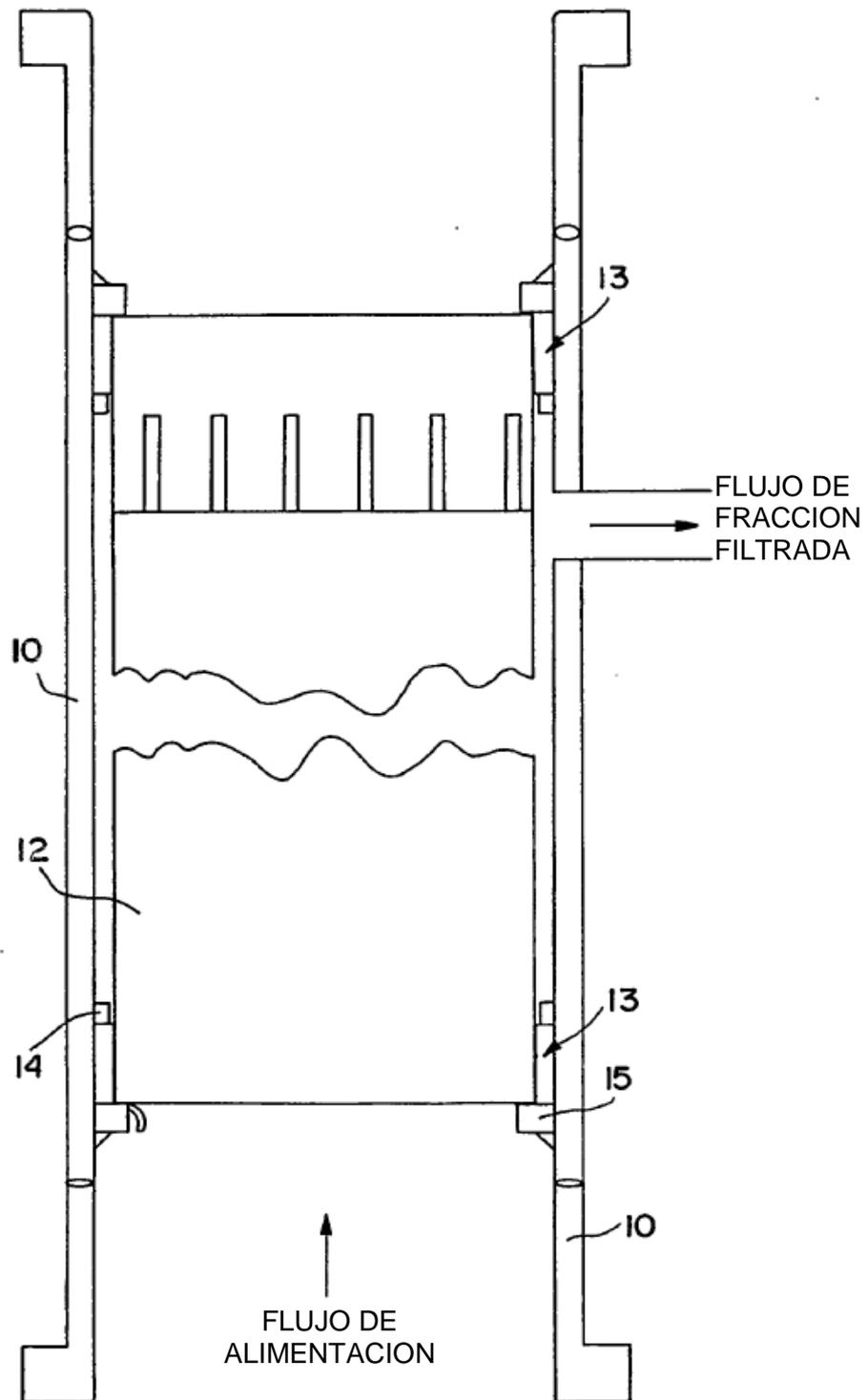
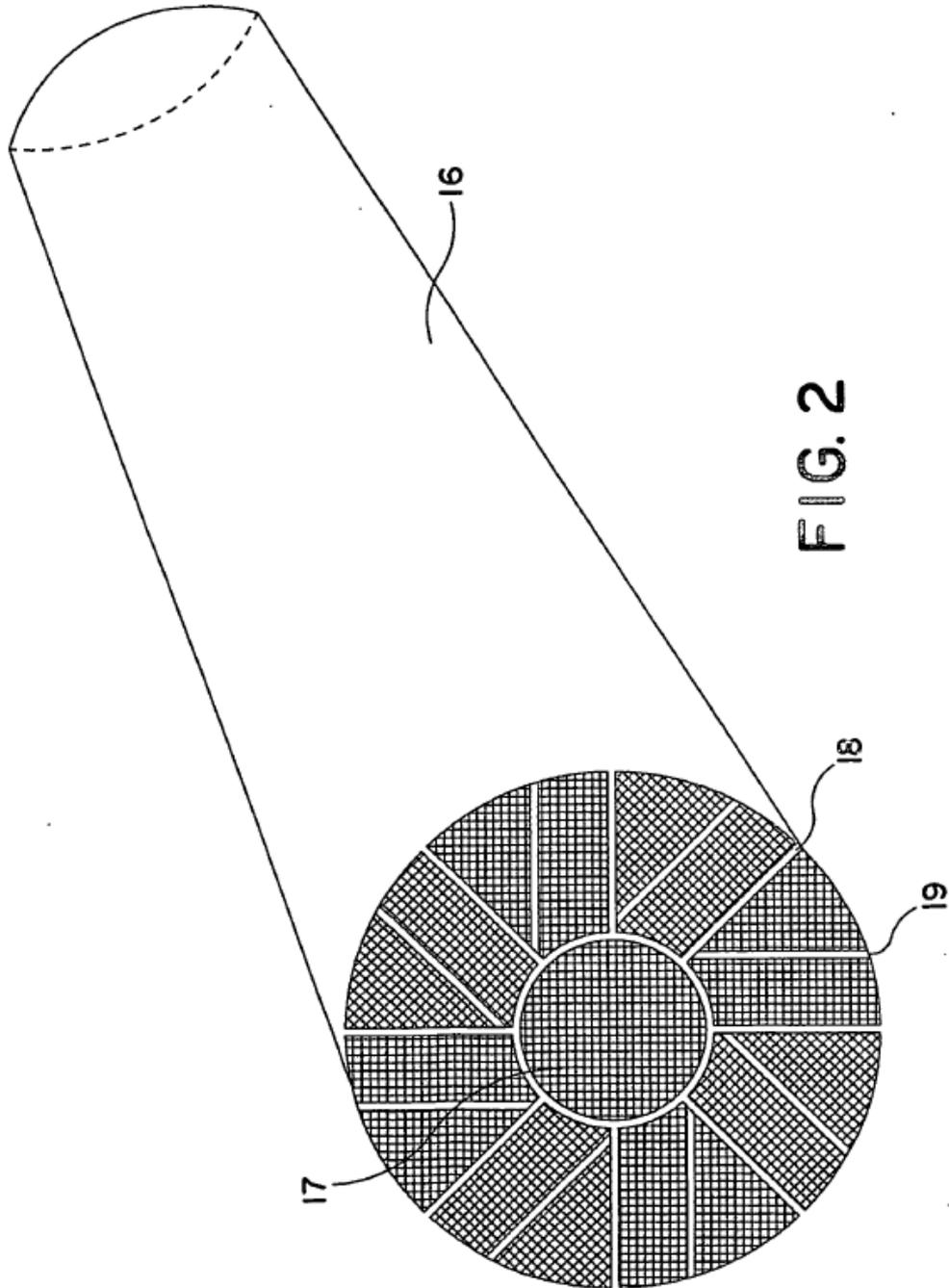
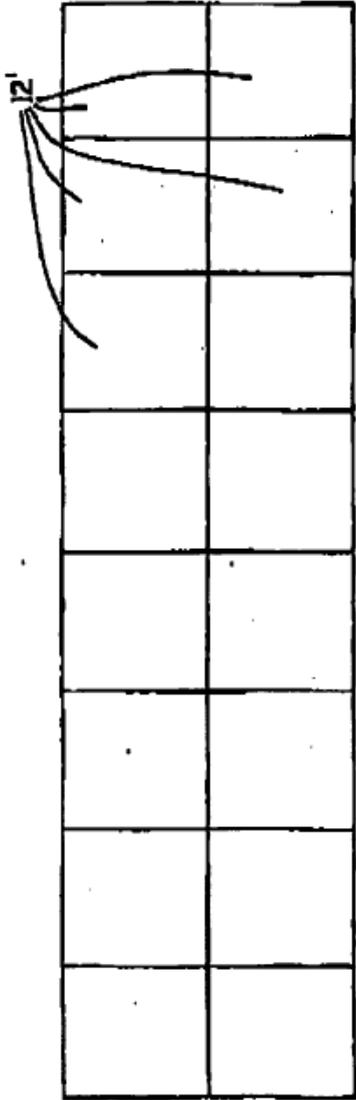
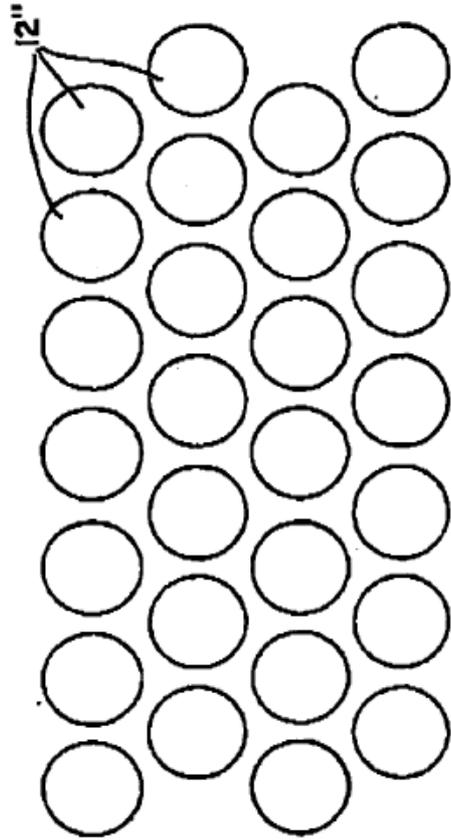


FIG. 1





**FIG. 3a**



**FIG. 3b**

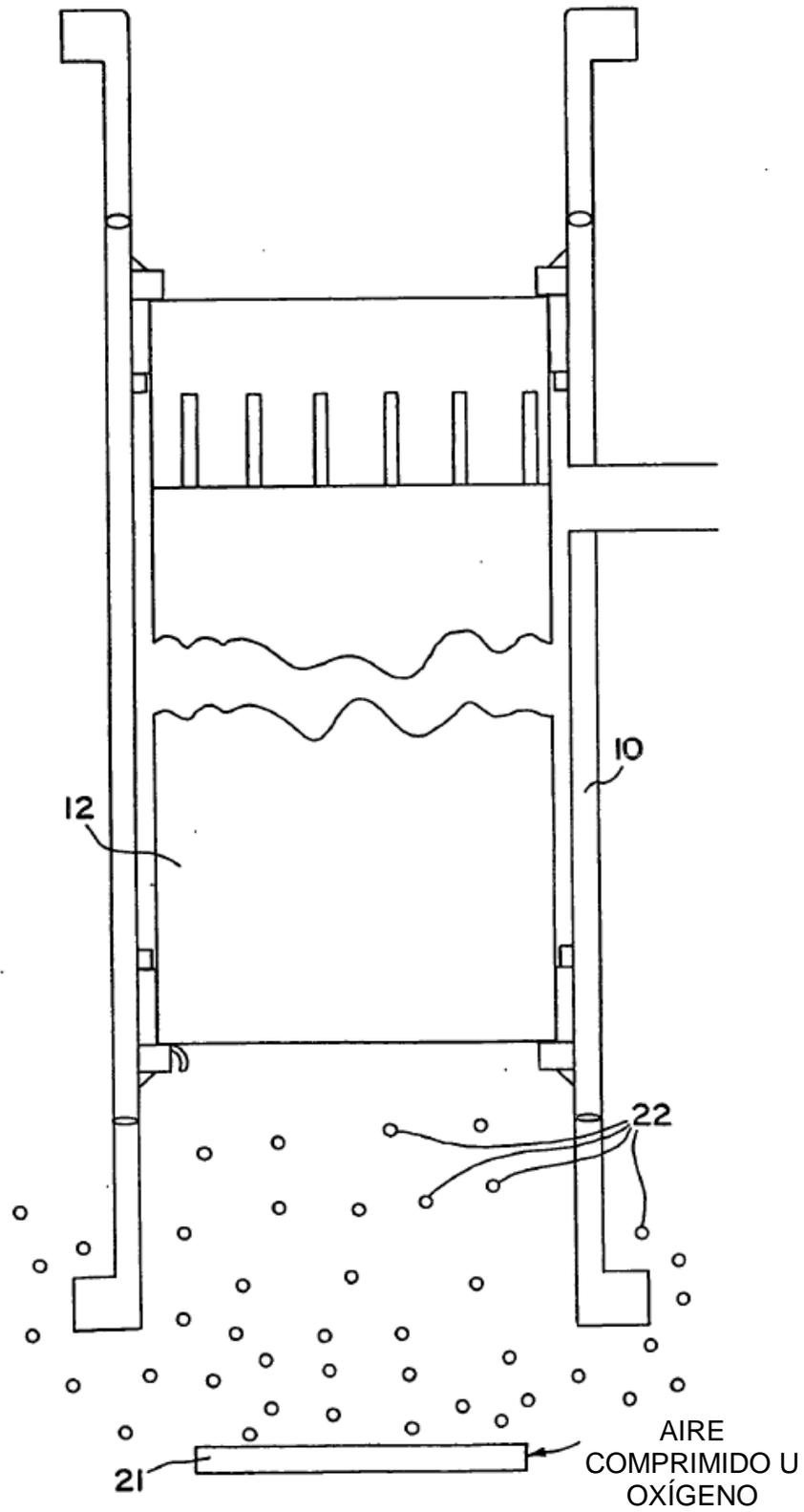


FIG. 4

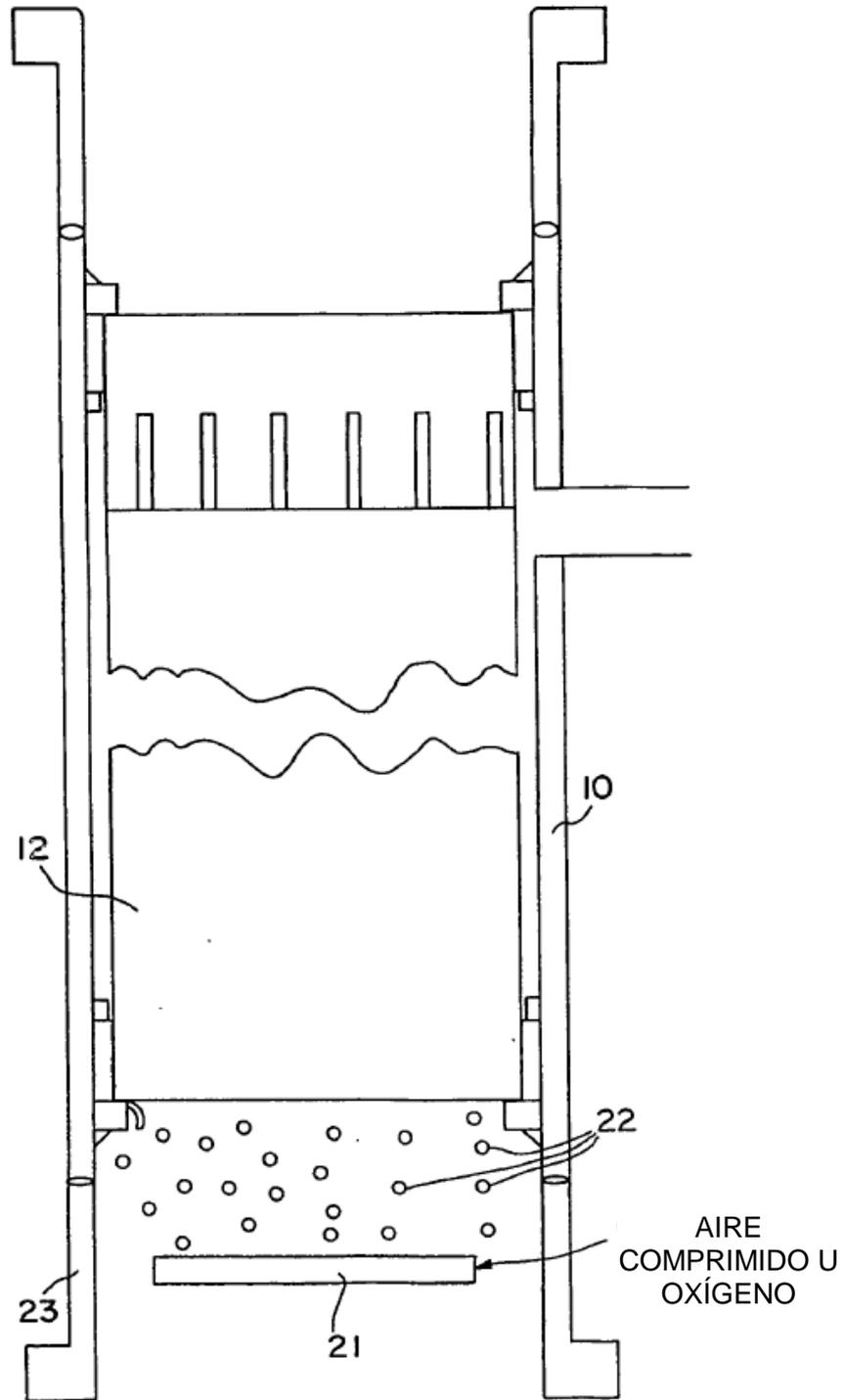
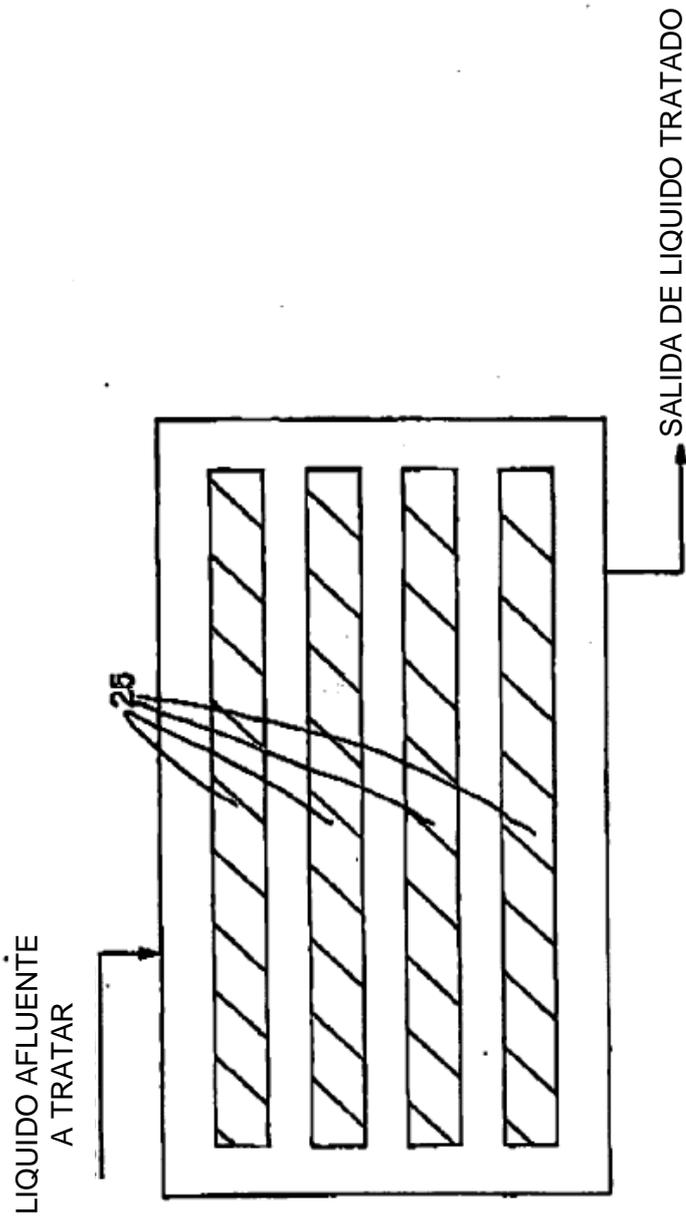


FIG. 5



**FIG. 6**