

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 809 162**

51 Int. Cl.:

B01D 61/12 (2006.01)

B01D 63/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.07.2017 PCT/US2017/042530**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.03.2018 WO18044407**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.07.2017 E 17752197 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.06.2020 EP 3506996**

54 Título: **Conjunto de módulos envueltos en espiral que incluye vigilancia de permeado integrada**

30 Prioridad:

31.08.2016 US 201662382211 P

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

03.03.2021

73 Titular/es:

**DDP SPECIALTY ELECTRONIC MATERIALS US,
INC. (100.0%)
974 Centre Road
Wilmington, DE 19805, US**

72 Inventor/es:

**JONS, STEVEN D. y
FRANKLIN, LUKE**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 809 162 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

Conjunto de módulos envueltos en espiral que incluye vigilancia de permeado integrada

5 **CAMPO**

La invención se refiere a un método y aparato para vigilar la calidad de fluido de conjuntos de módulos envueltos en espiral.

INTRODUCCIÓN

10 Los conjuntos de membranas envueltos en espiral son usados en una amplia diversidad de separaciones de fluido. En una realización convencional, uno o más módulos ("elementos") de membranas de ósmosis inversa (OI) o nanofiltración (NF) envueltos en espiral están conectados en serie dentro de un recipiente a presión común. Típicamente, las instalaciones de tratamiento de agua a gran escala incluyen múltiples trenes y/o etapas de recipientes, cada uno de los cuales incluye entre 6 y 8 módulos envueltos en espiral. Al estar los módulos aislados en recipientes a presión, la vigilancia del funcionamiento de los módulos supone un reto. Han sido desarrolladas una diversidad de técnicas, que incluyen el uso de sondas retráctiles, por ejemplo los documentos US8272251 y US8210042 estos enfoques requieren el uso de equipos especializados y un punto de acceso al recipiente que complica la fabricación del recipiente y puede dar lugar a fugas. Otras técnicas requieren el uso de sensores y conductores de interconexión situados dentro de los tubos de permeado de los módulos, como describe el documento US201619932. Esto complica la fabricación de los módulos y perturba el flujo de permeado en los tubos de permeado.

15 Se necesitan esquemas de vigilancia menos complicados. Son deseables, en particular, sistemas de vigilancia que requieran poca o ninguna modificación de diseños de módulos y recipientes a presión existentes y que eviten el uso de sondas retráctiles.

COMPENDIO

20 La invención incluye un conjunto de módulos envueltos en espiral, su método de uso y combinaciones de conjuntos de esta clase. El conjunto de módulos envueltos en espiral (39) de una realización preferida incluye:

- 30 un recipiente a presión (40) que comprende una cámara (41) que se extiende en un eje (X) entre un primer extremo (38) y un segundo extremo (38'), al menos una puerta (42) de entrada de alimentación, una puerta (42') de salida de concentrado, una puerta (44) de salida de permeado, y una placa de extremo (5) desmontable situada en el primer extremo (38) del recipiente, extendiéndose la puerta (44) de salida de permeado en dirección axial a través de la placa de extremo desmontable (54);
- 35 una pluralidad de módulos envueltos en espiral (2, 2') alineados axialmente en serie en la cámara (41), con un primer módulo (2) situado junto al primer extremo (38) y un segundo módulo (2') situado junto al segundo extremo (38'), comprendiendo cada módulo envuelto en espiral (2, 2') al menos una envoltura de membrana (4) envuelta en torno a un tubo (8) de recogida de permeado y estando los tubos (8) de recogida de permeado de cada módulo envuelto en espiral (2, 2') comunicados uno con otro en relación de circulación de fluido estanca;
- 40 un tubo (52) adaptador de permeado comunicado en relación de circulación de fluido estanca con el tubo (8) de recogida de permeado del primer módulo envuelto en espiral (2) y la puerta (44) de salida de permeado, definiendo el tubo (52) adaptador de permeado una periferia interior (58) destinada a contener permeado;
- 45 un espacio libre (56) situado entre el primer módulo envuelto en espiral (2) y el primer extremo (38); un sistema de vigilancia que comprende un primer grupo de sensores (60) en contacto con la periferia interior (58) del tubo (52) adaptador de permeado, y una unidad de microprocesamiento (62) situada en el espacio libre (56), conectada con el primer grupo de sensores (60) mediante un primer grupo de conductores (64). El primer grupo de conductores (64) de una subrealización preferida está situado fuera de la periferia interior (58) del tubo (52) adaptador de permeado. Muchas más realizaciones serán descritas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

55 Las figuras no están representadas a escala e incluyen vistas imaginarias con el fin de facilitar la descripción. En la medida de lo posible han sido usados números similares en las figuras y la descripción para designar particularidades idénticas o similares.

- 60 La figura 1 es una vista en perspectiva recortada parcialmente de un módulo envuelto en espiral.
- La figura 2 es una vista en sección transversal de un conjunto de módulos típicamente envueltos en espiral que incluye una pluralidad de módulos envueltos en espiral alineados axialmente en serie dentro de un recipiente a presión.
- La figura 3 es una vista esquemática de una pluralidad de conjuntos de módulos envueltos en espiral dispuestos en paralelo que forman parte de un sistema de filtración.
- La figura 4 es una vista en sección transversal ampliada y recortada parcialmente que muestra un sistema de vigilancia de la presente invención situado dentro del conjunto de la figura 2.

La figura 5 es una vista en sección transversal ampliada y recortada parcialmente que muestra una realización alternativa de un sistema de vigilancia.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

5 La presente invención incluye un módulo envuelto en espiral destinado a ser usado en sistemas de ósmosis inversa (OI) y nanofiltración (NF). Tales módulos incluyen una o más envolturas de membrana y láminas separadoras de alimentación de OI o NF envueltas en torno a un tubo de recogida de permeado. Las membranas de OI usadas para formar envolturas son relativamente impermeables a virtualmente todas las sales disueltas y típicamente rechazan más de aproximadamente el 95% de sales con iones monovalentes, tales como cloruro de sodio. Típicamente, las
10 membranas de OI rechazan también más de aproximadamente el 95% de moléculas inorgánicas y moléculas orgánicas con pesos moleculares mayores que aproximadamente 100 daltons. Las membranas de NF son más permeables que las membranas de OI y típicamente rechazan menos de aproximadamente el 95% de sales con iones monovalentes, mientras que rechazan más de aproximadamente el 50% (y con frecuencia más del 90%) de sales con iones divalentes, dependiendo de la especie de ión divalente. Típicamente, las membranas de NF rechazan también partículas de escala nanométrica así como moléculas orgánicas con pesos moleculares mayores que aproximadamente 200 a 500 daltons. Para los fines de esta descripción, el término "hiperfiltración" incluye OI y NF.

20 La figura 1 muestra, en general, un módulo de membranas envuelto en espiral 2 representativo. El módulo (2) se forma envolviendo concéntricamente en torno a un tubo (8) de recogida de permeado una o más envolturas de membrana (4) y una o más láminas separadoras de alimentación ("separadores de alimentación") (6). El tubo (8) de recogida de permeado se extiende longitudinalmente entre un primero y un segundo extremos opuestos (13', 13) e incluye una pluralidad de aberturas (24) en parte de su longitud. Se prefiere que cada envoltura de membrana (4) comprenda dos secciones sustancialmente rectangulares de lámina de membrana (10, 10'). Cada sección de lámina de membrana (10, 10') presenta una membrana o lado delantero (34) y un soporte o lado trasero (36). La envoltura de membrana (4) es formada por superposición de láminas de membrana (10, 10') y alineación de sus bordes. Las secciones (10, 10') de membrana de una realización preferida rodean una lámina separadora (12) de permeado. Esta estructura a modo de emparedado es asegurada conjuntamente por tres bordes (16, 18, 20), por ejemplo, mediante un material obturador (14), para formar una envoltura (4), mientras que un cuarto borde o "borde proximal" (22) es apoyada a tope contra el tubo (8) de recogida de permeado de modo que la parte interior de la envoltura (4) (y del separador de permeado opcional (12)) se encuentre en relación de circulación de fluido con las aberturas (24) que se extienden en parte de la longitud del tubo (8) de recogida de permeado. El módulo (2) puede incluir una o más envolturas de membrana (4), separadas cada una mediante una lámina separadora de alimentación (6). En la realización ilustrada, las envolturas de membrana (4) son formadas merced a la unión de las superficies de lado trasero (36) de paquetes de hojas de membrana posicionadas de modo adyacente. Un paquete de hojas de membrana comprende una lámina de membrana sustancialmente rectangular (10) doblada sobre sí misma para definir dos "hojas" de membrana de modo que los lados delanteros (34) de cada hoja estén enfrentados uno con otro y el pliegue esté alineado axialmente con el borde proximal (22) de la envoltura de membrana (4), es decir, sea paralelo al tubo (8) de recogida de permeado. Una lámina separadora de alimentación (6) se muestra situada entre lados delanteros enfrentados (34) de la lámina de membrana (10) doblada. La lámina separadora de alimentación (6) facilita el flujo de fluido de alimentación en el módulo (2). Otras capas intermedias, no mostradas, pueden ser incluidas también en el conjunto. El documento US 7875177 de Haynes et al. describe ejemplos representativos de paquetes de hojas de membrana y su fabricación.

45 Durante la fabricación de módulos, láminas separadoras (12) de permeado son fijadas en torno a la circunferencia del tubo (8) de recogida de permeado con paquetes de hojas de membrana intercalados entre ellas. Los lados traseros (36) de hojas de membrana (10, 10') posicionadas de manera adyacente son aplicados, en relación de obturación, en partes de su periferia (16, 18, 20) para encerrar la lámina separadora (12) de permeado y formar una envoltura de membrana (4). El documento US 5538642 de Solie describe técnicas adecuadas para fijar la lámina separadora de permeado en el tubo de recogida de permeado. La envoltura o envolturas de membrana (4) y el separador o separadores de alimentación (6) son envueltos o "enrollados" concéntricamente en torno al tubo (8) de recogida de permeado, formando dos caras de arrollamiento opuestas (cara de entrada de arrollamiento y cara de salida de arrollamiento). El conjunto espiral resultante es mantenido en posición mediante una cinta u otros medios. Las caras de arrollamiento del módulo pueden ser entonces recortadas y opcionalmente puede ser aplicado un material obturador en la unión entre cara de arrollamiento y tubo (8) de recogida de permeado, como describe el documento US 7951295 de Larson et al. Los extremos del módulo, a saber, extremo de entrada (30) y extremo de salida (30'), pueden consistir en una cara de arrollamiento expuesta o pueden comprender un dispositivo antitelescópico ("tapa de extremo"), común en la técnica. El documento US6632356 describe ejemplos. Una capa impermeable, de cinta por ejemplo, puede ser envuelta en torno a la circunferencia del módulo envuelto, como describe el documento US 8142588 de McCollam. En realizaciones alternativas es aplicado a la periferia del módulo un revestimiento de cinta porosa o fibra de vidrio.

65 En funcionamiento, líquido de alimentación (agua) a presión penetra en el módulo (2) por el extremo de entrada (30), fluye en dirección generalmente axial por el módulo y sale como concentrado por el extremo de salida (30'), en la dirección que muestra la flecha (26). El permeado fluye a lo largo de una trayectoria de flujo de permeado mostrada

en general por la flecha (26), que se extiende en las membranas (10, 10') y en la envoltura de membrana (4), por la que fluye hacia las aberturas (24), penetra en el tubo (8) de recogida de permeado y sale por el segundo extremo (13) del tubo (8), por la cara de salida (32) del arrollamiento. Se prefiere obturar el primer extremo (13') del tubo (8) de recogida de permeado para impedir el flujo de fluido a su través.

5
10
15
Materiales para construir distintos componentes de módulos envueltos en espiral son bien conocidos en la técnica. Materiales obturadores adecuados para unir envolturas de membrana incluyen uretanos, resinas epoxi, siliconas, acrilatos, adhesivos termofusibles y adhesivos curables mediante radiación ultravioleta. Pueden ser usados también otros medios de unión menos comunes, tales como aplicación de calor, presión, soldadura mediante ultrasonidos y cinta. Típicamente, los tubos de recogida de permeado se hacen de materiales de plástico tales como acrilonitrilo-butadieno-estireno, poli(cloruro de vinilo), polisulfonas, poli(óxido de fenileno), poliestireno, polipropileno, polietileno o similares. Materiales de punto de poliéster son usados comúnmente como separadores de permeado. El tubo de recogida de permeado de algunos módulos comprende múltiples secciones unidas una con otra, por ejemplo, mediante adhesivo o soldadura por fricción. El documento US 8388848 describe otros separadores de permeado.

20
25
30
35
Al no estar limitada de manera particular, la lámina de membrana puede ser hecha de una amplia diversidad de materiales, por ejemplo materiales de acetato de celulosa, polisulfona, poli(éter sulfona), poliamidas, polisulfonamida, poli(fluoruro de vinilideno), etc. Una membrana preferida es un material compuesto tricapa que comprende 1) una capa de soporte (lado trasero) de una banda de soporte no tejida (por ejemplo, una tela no tejida tal como tela de fibra de poliéster vendida por Awa Paper Company), 2) una capa intermedia que comprenda un soporte poroso con un grosor típico de aproximadamente 25-125 μm , y 3) una capa discriminadora superior (lado delantero) que comprenda una capa de película delgada de poliamida con un grosor típicamente menor que 1 μm , por ejemplo, entre 0,01 y 1 μm , pero más comúnmente entre aproximadamente 0,01 y 0,1 μm . La capa de soporte no está sujeta a limitaciones particulares, pero se prefiere que contenga una tela no tejida o alfombrilla de banda fibrosa que incluya fibras que pueden estar orientadas. Alternativamente puede ser usada una tela tejida tal como tela de vela. Ejemplos representativos son descritos por los documentos US 4,214,994; US 4,795,559; US 5,435,957; US 5,919,026; US 6,156,680; US 2008/0295951 y US 7,048,855. El soporte poroso es típicamente un material polimérico con tamaños de poro lo bastante grandes como para permitir el paso de permeado esencialmente sin limitaciones, pero sin llegar a interferir con el puente que forma una capa de película delgada de poliamida prevista sobre él. A modo de ejemplo, puede preferirse un tamaño de poro del soporte que varíe entre aproximadamente 0,001 y 0,5 μm . Ejemplos no limitativos de soportes porosos incluyen los hechos de polisulfona, poli(éter sulfona), poliimida, poliamida, poli(éter imida), poli(acrilonitrilo), poli(metacrilato de metilo), polietileno, polipropileno y diversos polímeros halogenados, tales como poli(fluoruro de vinilideno). Preferiblemente, la capa discriminadora se forma mediante una reacción de policondensación interfacial entre un monómero de amina polifuncional y un monómero de haluro de acilo polifuncional en la superficie de la capa de polímero microporosa.

40
45
Las membranas prototípicas de ósmosis inversa son membranas del tipo FT-30™ de FilmTec Corporation, fabricadas mediante la reacción de m-fenilendiamina y cloruro de trimesoilo. Esta y otras reacciones de policondensación interfaciales son descritas por diversas fuentes (por ejemplo, los documentos US 4277344 y US 6878278). La capa de membrana de poliamida puede ser preparada por polimerización interfacial de un monómero de amina polifuncional y un monómero de haluro de acilo polifuncional, pudiendo consistir cada uno de ellos en una o más especies, en al menos una superficie de un soporte poroso. Tal como como se usa en esta memoria, el término "poliamida" se refiere a un polímero que presente enlaces amida (-C(O)NH-) en la cadena molecular. Generalmente, los monómeros de amina polifuncional y haluro de acilo polifuncional son aplicados al soporte poroso merced a una operación de revestimiento a partir de una solución, por la que típicamente el monómero de amina polifuncional es aplicado en solución acuosa o polar y el haluro de acilo polifuncional en solución orgánica o no polar.

50
55
60
En funcionamiento, uno o más módulos envueltos en espiral (típicamente 6-10) son alojados en un recipiente a presión que define colectivamente un conjunto envuelto en espiral. El recipiente incluye una puerta de entrada de alimentación, una puerta de salida de concentrado y una puerta de salida de permeado. La puerta de entrada de alimentación está adaptada para su conexión con una fuente de líquido de alimentación a presión. La puerta de salida de concentrado está adaptada para su conexión con una vía de reuso o eliminación. La puerta de salida de permeado está adaptada para su conexión con una vía de almacenamiento, uso o tratamiento ulterior. Los recipientes a presión usados en la presente invención no están limitados de manera particular, pero de modo preferido incluyen una estructura sólida capaz de soportar presiones asociadas con las condiciones operativas. Preferiblemente, la estructura del recipiente incluye una cámara con una periferia interior que corresponda en tamaño y forma a la periferia exterior de los módulos envueltos en espiral alojados en él. La orientación del recipiente a presión no está limitada de manera particular, pudiendo ser usadas, por ejemplo, orientaciones horizontales o verticales. Ejemplos de recipientes a presión, disposiciones de módulos y carga utilizables son descritos por los documentos US 6074595, US 6165303, US 6299772 y US 2008/0308504. Los fabricantes de recipientes a presión de grandes sistemas incluyen Pentair de Minneapolis, Minnesota, EE.UU., Bekaert de Vista, California, EE.UU., y Bel Composite de Beer Sheva, Israel.

La figura 2 muestra en general una realización típica de un conjunto de módulos envueltos en espiral 39. El conjunto incluye una pluralidad de módulos envueltos en espiral (2, 2') alineados axialmente (según el eje X) y dispuestos en serie dentro de una cámara presurizable (41) de un recipiente a presión (40). Los tubos (8) de recogida de permeado de módulos (2, 2') adyacentes están unidos mediante interconectores (46) provistos de juntas (48) de permeado. Los tubos unidos (8) definen una región (50) de recogida de permeado combinado en el recipiente (40). El recipiente a presión (40) se extiende en un eje geométrico (X), entre un primero y un segundo extremos (38, 38'). El recipiente (40) incluye una placa de extremo desmontable (54) situada en un extremo (38) del recipiente (40). El desmontaje de la placa de extremo (54) permite cargar y descargar módulos (2) de la cámara (41). De acuerdo con una realización alternativa, en cada extremo (38, 38') pueden estar previstas placas de extremo desmontables (54, 54'). El recipiente (40) incluye varias puertas de fluido (42, 42', 44, 44'), por ejemplo, al menos una puerta (42) de entrada de alimentación, una puerta (42') de salida de concentrado y una puerta (44) de salida de permeado. En cada extremo (38, 38') del recipiente pueden ser incluidas otras puertas, por ejemplo, puertas de entrada de alimentación, puertas de salida de concentrado y puertas (44, 44') de salida de permeado. De manera similar, las puertas de entrada de alimentación y de salida de concentrado pueden estar previstas con una orientación opuesta a la mostrada en la figura 2. Para simplificar la descripción, las puertas de entrada de alimentación y salida de concentrado son denominadas genéricamente puertas (42/42'). Aunque la configuración mostrada es radial, una o más puertas de alimentación y concentrado pueden adoptar una configuración axial que atraviese los extremos (38, 38') del recipiente (40). Hay un espacio libre (56) dentro de la cámara (41), entre el extremo (38) del recipiente (40) y el módulo más cercano. Hay un tubo (52) adaptador de permeado comunicado en relación de circulación de fluido con el tubo (8) de recogida de permeado del módulo envuelto en espiral más próximo y la puerta (44) de salida de permeado. El tubo (52) adaptador de permeado proporciona una ruta de paso del permeado de la región (50) de recogida de permeado y salida del recipiente (40). La realización de la figura 2 presenta espacios libres (56, 56') cerca de ambos extremos (38, 38') del recipiente junto con tubos (52, 52') adaptadores de permeado correspondientes.

Con frecuencia, un recipiente a presión (40) es combinado en serie o paralelo con otros recipientes a presión (40') como parte de un sistema de filtración mayor. Como muestra la figura 3, es frecuente que recipientes en paralelo (40, 40') de un sistema de separación sean dispuestos de manera que corrientes de fluido de alimentación, fluido de desecho, y fluido de permeado de un recipiente (40) se junten con corrientes correspondientes de otro recipiente adyacente (40'). En la práctica, recipientes en una etapa común del sistema de filtración son apilados a menudo formando agrupaciones bidimensionales paralelas.

La figura 4 muestra una realización preferida de la invención. De la misma manera que la realización genérica de la figura 2, el conjunto de módulos envueltos en espiral incluye un recipiente a presión (40) que comprende una cámara (41) que se extiende en un eje (X) entre un primer extremo (38) y un segundo extremo (38'), al menos una puerta de entrada de alimentación y una puerta de salida de concentrado (42/42'), una puerta (44) de salida de permeado y una placa de extremo desmontable (54) situada en el primer extremo (38) del recipiente. La puerta (44) de salida de permeado se extiende axialmente a través de la placa de extremo desmontable (54), preferiblemente en el eje geométrico (X). El conjunto incluye también una pluralidad de módulos envueltos en espiral (2, 2') alineados axialmente en serie dentro de la cámara (41), estando situado el primer módulo (2) junto al primer extremo (38) y el segundo módulo (2') junto al segundo extremo (38'). Los términos "primero" y "segundo" se refieren solo a los módulos más exteriores, es decir, los que están más cerca de los extremos (38, 38') del recipiente (40). El conjunto de realizaciones preferidas incluye al menos dos, y preferiblemente al menos tres, módulos envueltos en espiral dispuestos en serie. Cada módulo envuelto en espiral (2, 2') comprende al menos una envoltura de membrana (4) envuelta en torno a un tubo (8) de recogida de permeado, estando los tubos (8) de recogida de permeado de cada módulo envuelto en espiral (2, 2') comunicados uno con otro en relación de comunicación de fluido estanca. Hay un espacio libre (56) entre el primer módulo envuelto en espiral (2) y el primer extremo (38); y un tubo (52) adaptador de permeado está comunicado en relación de circulación de fluido estanca con el tubo (8) de recogida de permeado del primer módulo envuelto en espiral (2) y la puerta (44) de salida de permeado. El tubo (52) adaptador de permeado puede ser una unidad de una pieza o puede comprender una pluralidad de partes unidas que forman una periferia interior cerrada (58) entre el módulo (2) más cercano y la puerta (44) de salida de permeado. A modo de ejemplo, el tubo (52) adaptador de permeado que muestra la figura 2 incluye una primera parte que comprende un tubo de permeado que pasa por la puerta (44) de salida de permeado y penetra en el recipiente (40), y una segunda parte de acoplamiento que comprende una conexión con el tubo (8) de recogida de permeado del módulo (2) más próximo. Las dos partes se muestran obturadas mediante una junta tórica.

El conjunto se caracteriza por incluir un sistema de vigilancia que incluye un primer grupo de sensores (60) (a modo de ejemplo y preferiblemente, al menos dos) en contacto con la periferia interior (58) del tubo (52) adaptador de permeado. Los sensores (60) de realizaciones preferidas son fijados en la periferia interior (58) o embutidos en el tubo (52) adaptador de manera que los sensores se pongan en contacto con permeado que pase por la periferia interior (58). Como se describirá en relación con los sensores de fluorescencia de la figura 5, los sensores pueden estar situados también en una posición alejada siempre que el sensor permanezca en contacto "visual" con la periferia interior (58) de manera que el permeado pueda ser "detectado" o analizado por el sensor. La periferia interior (58) del tubo adaptador de permeado de algunas realizaciones rodea una región de desviación (no mostrada) con flujo reducido adyacente al sensor (60). El sistema de vigilancia incluye también una unidad de

microprocesamiento (62) situada en el espacio libre (56) y conectada con el primer grupo de sensores (60) mediante un primer grupo de conductores (64).

La unidad de microprocesamiento (62) no está limitada de manera particular y los ejemplos utilizables incluyen un circuito integrado autónomo como AD5931 de Analog Devices y circuitos integrados tales como el modelo CC2430 o CC2530 de Texas Instruments. Otros ejemplos incluyen las tarjetas de circuito Arduino y Raspberry Pi. Se prefiere que la unidad de microprocesamiento incluya memoria flash para almacenar protocolo, funciones de control y datos. Se prefiere que la unidad de microprocesamiento (62) esté encerrada en material de encapsulamiento y unida con el tubo (52) adaptador de permeado. Se prefiere que la unidad de microprocesamiento (62) esté asegurada en al menos la placa de extremo desmontable (54) o el tubo (52) adaptador de permeado. Es importante que la unidad de microprocesamiento no esté situada dentro de los tubos (8) de recogida de permeado de los módulos (2); tampoco ha de estar situada la unidad de microprocesamiento fuera de la cámara (41). Esto es, las realizaciones preferidas de la invención no disponen parte alguna del sistema de vigilancia dentro de los módulos (2), lo que incluye sus tubos (8) de recogida de permeado. Para reducir el número de conductores que se extienden desde el exterior del recipiente hasta los sensores del interior del recipiente, la unidad de microprocesamiento (62) es situada dentro del recipiente (40), preferiblemente en el espacio libre (56). Consecuentemente se requieren menos conductores que pasen desde el exterior del recipiente a la cámara (41). Esta disposición simplifica el diseño y reduce el tamaño de la estructura relacionada con la vigilancia situada en la periferia interior (58) del tubo (52) adaptador de permeado. De acuerdo con este objetivo, el primer grupo de conductores (64) son situados preferiblemente fuera de la periferia interior (58) del tubo (52) adaptador de permeado. La unidad de microprocesamiento (62) está conectada con un segundo grupo de conductores (66) que atraviesan la placa de extremo desmontable (54) y están destinados a ser conectados con una fuente de alimentación y/o un ordenador central de recepción o dispositivo similar situado fuera de la cámara (41) del recipiente (40). El segundo grupo de conductores (66) puede extenderse en la periferia interior (58) del tubo (52) adaptador de permeado o extenderse a través de un orificio (no mostrado) previsto en la placa de extremo desmontable o el lado radial del recipiente. El segundo grupo de conductores (66) de una realización se encuentran en la periferia interior (58) del tubo (52) adaptador de permeado cuando pasan a través de la puerta (44) de salida de permeado. El segundo grupo de conductores (66) de otra realización se encuentran entre una periferia interior (58) y una periferia exterior (59) del tubo (52) adaptador de permeado cuando pasan a través de la puerta (44) de salida de permeado. El segundo grupo de conductores (66) de todavía otra realización pasan a través de la puerta (44) de salida de permeado cuando se encuentran fuera de la periferia exterior (59) del tubo (52) adaptador de permeado. El segundo grupo de conductores (66) de una realización preferida se extiende desde la unidad de microprocesamiento (62) hasta una pluralidad de conectores eléctricos (72) situados en el tubo (52) adaptador de permeado y destinados a ser conectados con una fuente de alimentación y/o una unidad central de procesamiento (por ejemplo, un ordenador) situados fuera de la cámara (41) del recipiente (40). El segundo grupo de conductores (66) pueden ser conectados directamente con un ordenador exterior o con una antena que comunique con un ordenador exterior. Se prefiere que una antena de comunicación con un ordenador exterior esté conectada con el tubo (52) adaptador de permeado. El segundo grupo de conductores (66) de otra realización preferida están unidos con conectores (72) ubicados fuera de la cámara (41), y dicho segundo grupo de conductores (66) se extienden desde la periferia exterior (59) del tubo (52) adaptador de permeado.

Aunque no se muestran, la fuente de alimentación y la unidad central de procesamiento pueden incluir una base de datos para almacenar datos recibidos de los sensores junto con algoritmos para interpretar y presentar tales datos. De esta manera, múltiples conjuntos envueltos en espiral de la presente invención pueden compartir una fuente de alimentación y/o una unidad central de procesamiento común. Una realización de esta clase permite una vigilancia eficaz de grandes instalaciones de tratamiento que incluyan una pluralidad de conjuntos de módulos envueltos en espiral. En un grupo específico de realizaciones, los segundos grupos de conductores de múltiples conjuntos envueltos en espiral (por ejemplo, conjuntos posicionados de manera adyacente) están conectados, fuera de sus recipientes respectivos, con una fuente de alimentación y/o una unidad central de procesamiento común.

El sistema de vigilancia puede incluir también un segundo grupo de sensores (68) situados en el espacio libre (56) fuera de la periferia interior (58) del tubo (52) adaptador de permeado. El segundo grupo de sensores puede ser asegurado en posición merced a brazos de posicionamiento (73) que se extienden radialmente desde el tubo (52) adaptador de permeado. El segundo grupo de sensores (preferiblemente dos o más) pueden estar situados de acuerdo con un modelo de flujo de fluido que se extienda desde el primer elemento envuelto en espiral (2) hasta al menos la puerta (42) de entrada de alimentación o la puerta (42') de salida de concentrado. Preferiblemente, el brazo de posicionamiento (73) sitúa al menos uno de los sensores (68) del segundo grupo junto al extremo (30) más cercano del módulo envuelto en espiral (2). El segundo grupo de sensores (68) están conectados con la unidad de microprocesamiento (62) por medio de un tercer grupo de conductores (70) situados fuera de la periferia interior (58) del tubo (52) adaptador de permeado.

La figura 5 muestra otra realización de la invención en la que el primero de los sensores se basa en la fluorescencia. En esta realización, el sistema de vigilancia incluye también una fuente de luz (74), por ejemplo LED, láser, etc., y un grupo correspondiente de sensores (82) sensibles a la luz. Para vigilar la calidad del permeado, los sensores (por ejemplo fotodiodos, células fotovoltaicas, fotorresistencias, fotomultiplicadores) pueden estar situados en la periferia interior (58) del tubo (52) adaptador de permeado, o en una ubicación alejada como la mostrada, pero que incluya

una "ventana" o abertura (80) transparente a la luz que proporcione acceso o "contacto" visual con el permeado que pase por la periferia interior (58) del tubo (52) adaptador de permeado. Alternativamente, los sensores pueden estar situados en la posición del segundo grupo de sensores descrita en relación con la figura 4. De modo preferido la fuente de luz (74) y el sensor (82) de luz se fijan en el tubo (52) adaptador de permeado, pero de modo más preferido se embuten en él. La fuente de luz (74) de algunas realizaciones proporciona un haz de luz de excitación (76) que atraviesa la periferia interior (58) formando con el eje geométrico (X) un ángulo menor que 70°, preferiblemente menor que 45°. Esta luz puede ser disipada así en la región de recogida de permeado combinado (50), reduciéndose la luz difusa reflejada en el sensor (82). La difusión puede reducirse también merced a la provisión de una ventana o abertura (80) transparente a la luz que limite la región en la que el sensor pueda detectar luz emitida o difusa. Preferiblemente, hay previstos filtros ópticos (78), por ejemplo, de paso corto o banda pasante de excitación, de paso largo o banda pasante de emisión), para luz de excitación y/o emitida, con el fin de reducir más la difusión detectada por el sensor. En algunas realizaciones, múltiples tipos de fuentes de luz, filtros ópticos o sensores permiten al sistema de vigilancia realizar mediciones de fluorescencia mediante más de una combinación de longitudes de onda de excitación y emisión. En una realización preferida, la unidad de microprocesamiento realiza la detección de fluorescencia mediante una puerta lógica para recibir la señal durante un tiempo después de un impulso de luz de excitación.

Los sensores usados en la presente invención no están particularmente limitados e incluyen los descritos en la bibliografía relacionada con la vigilancia de la calidad de alimentación, concentración y permeado de módulos envueltos en espiral. Los sensores utilizables incluyen, en general, sensores que miden conductividad, presión, flujo, voltametría y/o temperatura. Los sensores utilizables incluyen sensores ópticos (por ejemplo, de fluorescencia, absorción, turbidez, recuento de partículas, etc.), y sensores de sonido (que incluyen sensores que usan ondas ultrasónicas) y sensores que usan ondas de radio. Ejemplos de sensores de flujo incluyen los basados en cambios de temperatura causados por agua en movimiento, tales como el calentamiento de una resistencia en contacto con agua en movimiento (véanse, por ejemplo, los sensores de <https://www.sensirion.com/technology/liquid-flow>). Otros sensores para medir flujo de fluido pueden basarse en la detección de la magnitud de la desviación de uno o más miembros o filamentos flexibles extendidos causada por agua en movimiento. El flujo de fluido puede medirse también a partir de una caída de presión en un orificio o trayectoria de flujo. El flujo puede ser determinado también a partir del movimiento de un rotor o impulsor. Pueden ser usados sensores también para medir caudal (o velocidad) relativo de agua en la periferia interior del tubo adaptador de permeado o en los espacios libres fuera de la periferia interior. En todavía otra realización, el primer grupo de sensores (por ejemplo, electrodos) pueden estar revestidos para mejorar la sensibilidad a los iones divalentes con respecto a la de los iones monovalentes presentes en el permeado.

Como se ha dicho en lo que antecede, sensores basados en sistemas ópticos, sonido y ondas de radio (por ejemplo, dispositivos piezoeléctricos) pueden ser usados para determinar la distancia entre distintos módulos en el recipiente. Los sensores de una realización son usados para transmitir, al mismo tiempo, un impulso de luz y un impulso de sonido. Las diferencias del tiempo que estas señales tardan en llegar al tubo de adaptador de permeado pueden ser usadas para calcular la distancia a un módulo. Sonido, luz u ondas de radio transmitidos por un sensor pueden también codificar información, tal como el número de serie de un módulo, condiciones de permeado, alimentación, fluidos de desecho y/o caudales.

La unidad de microprocesamiento (62) de todavía otra realización puede estar conectada también con sensores de conductividad montados en una sonda que se extienda en los tubos de permeado (8) de múltiples módulos (2) dentro del recipiente (40). Véase por ejemplo la sonda que describe el documento US8272251.

La unidad de microprocesamiento (62) puede generar y transmitir a los sensores una señal de tensión variable y/o frecuencia variable, por ejemplo, en voltametría.

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto de módulos envueltos en espiral (39) que comprende:

- 5 un recipiente a presión (40) que comprende una cámara (41) que se extiende en un eje (X) entre un primer extremo (38) y un segundo extremo (38'), al menos una puerta (42) de entrada de alimentación, una puerta (42') de salida de concentrado, una puerta (44) de salida de permeado y una placa de extremo desmontable (54) situada en el primer extremo (38) del recipiente, extendiéndose la puerta (44) de salida de permeado en dirección axial a través de la placa de extremo desmontable (54);
- 10 una pluralidad de módulos envueltos en espiral (2, 2') alineados axialmente en serie dentro de la cámara (41), con un primer módulo (2) situado junto al primer extremo (38) y un segundo módulo (2') situado junto al segundo extremo (38'), comprendiendo cada módulo envuelto en espiral (2, 2') al menos una envoltura de membrana (4) envuelta en torno a un tubo (8) de recogida de permeado, estando los tubos (8) de recogida de permeado de cada módulo envuelto en espiral (2, 2') comunicados uno con otro en relación de comunicación de fluido estanca.
- 15 un tubo (52) adaptador de permeado comunicado en relación de circulación de fluido estanca con el tubo (8) de recogida de permeado del primer módulo envuelto en espiral (2) y la puerta (44) de salida de permeado, definiendo el tubo (52) adaptador de permeado una periferia interior (58) destinada a contener permeado; y un espacio libre (56) situado entre el primer módulo envuelto en espiral (2) y el primer extremo (38);
- 20 **caracterizándose** el conjunto **por** incluir un sistema de vigilancia que comprende:
- un primer grupo de sensores (60) en contacto con la periferia interior (58) del tubo (52) adaptador de permeado; y
- 25 una unidad de microprocesamiento (62) situada en el espacio libre (56) y conectada con el primer grupo de sensores (60) mediante un primer grupo de conductores (64).
2. El conjunto de la reivindicación 1, en el que el primer grupo de conductores (64) está situado fuera de la periferia interior (58) del tubo (52) adaptador de permeado.
- 30 3. El conjunto de la reivindicación 1, en el que la unidad de microprocesamiento (62) está conectada con un segundo grupo de conductores (66) que atraviesan la placa de extremo desmontable (54) y están destinados a ser conectados con una fuente de alimentación situada fuera de la cámara (41) del recipiente (40).
- 35 4. El conjunto de la reivindicación 3, en el que el segundo grupo de conductores (66) se extiende en la periferia interior (58) del tubo (52) adaptador de permeado.
5. El conjunto de la reivindicación 3, en el que el segundo grupo de conductores (66) se extiende través de un orificio previsto en la placa de extremo desmontable (54).
- 40 6. El conjunto de la reivindicación 2, en el que el segundo grupo de conductores (66) se extiende desde la unidad de microprocesamiento (62) hasta una pluralidad de conectores (72) situados en el tubo (52) adaptador de permeado y destinados a ser conectados con una fuente de alimentación situada fuera de la cámara (41) del recipiente (40).
- 45 7. El conjunto de la reivindicación 1, en el que la unidad de microprocesamiento (62) está asegurada en al menos la placa de extremo (54) desmontable o el tubo (52) adaptador de permeado.
- 50 8. El conjunto de la reivindicación 1, en el que el sistema de vigilancia comprende también un segundo grupo de sensores (68) situados en el espacio libre (56) fuera de la periferia interior (58) del tubo (52) adaptador de permeado, estando situado el segundo grupo de sensores (68) de acuerdo con un modelo de flujo de fluido que se extiende desde el primer elemento envuelto en espiral (2) hasta al menos la puerta (42) de entrada de alimentación o la puerta (42') de salida de concentrado.
- 55 9. El conjunto de la reivindicación 8, en el que segundo grupo de sensores (68) están conectados con la unidad de microprocesamiento (62) por medio de un tercer grupo de conductores (70), estando situados el tercer grupo de conductores (70) fuera de la periferia interior (58) del tubo (52) adaptador de permeado.
- 60 10. El conjunto de la reivindicación 1, que incluye también una pluralidad de conjuntos envueltos en espiral individuales de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las unidades de microprocesamiento (62) de cada conjunto envuelto en espiral están conectadas con una unidad central de procesamiento común.

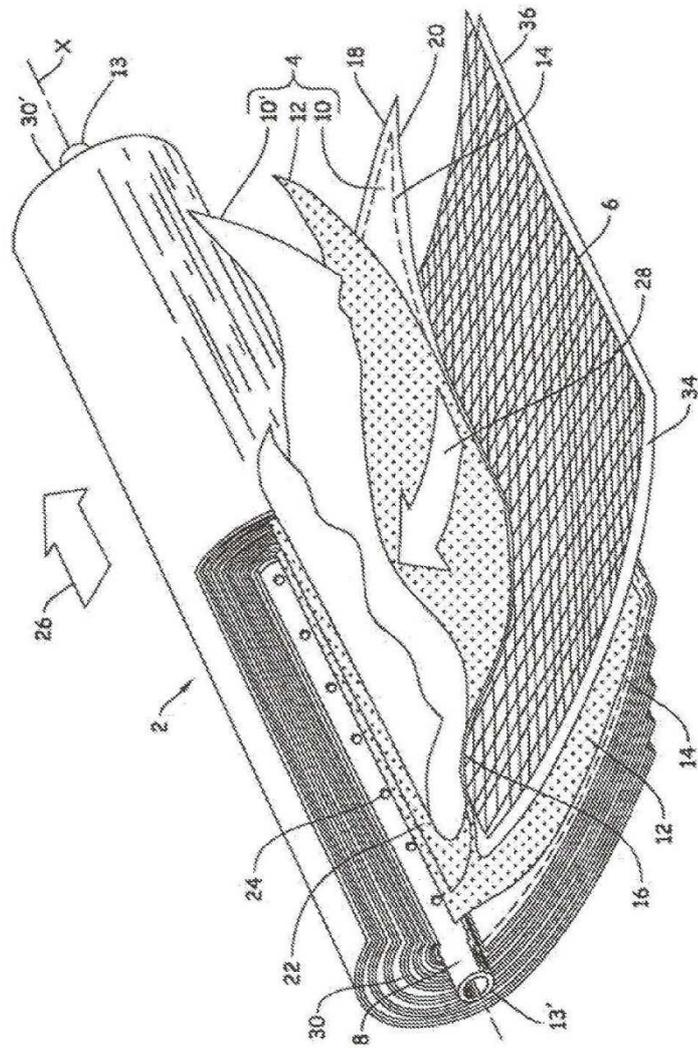


Fig. 1

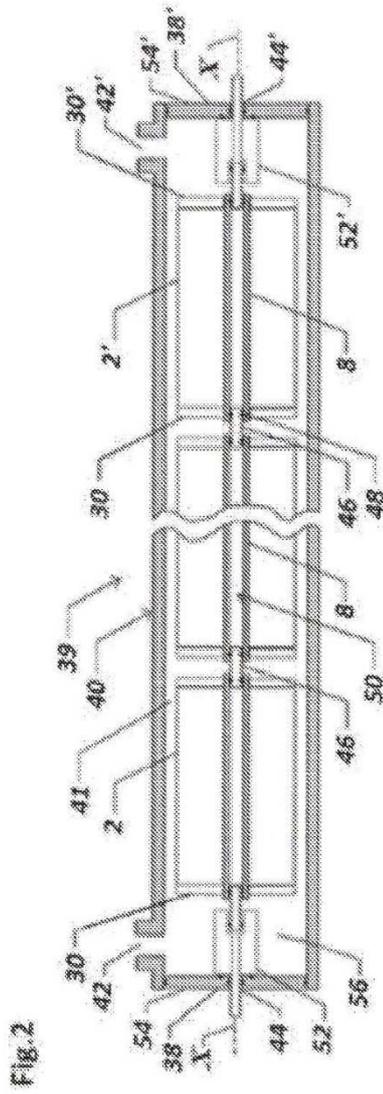


Fig. 3

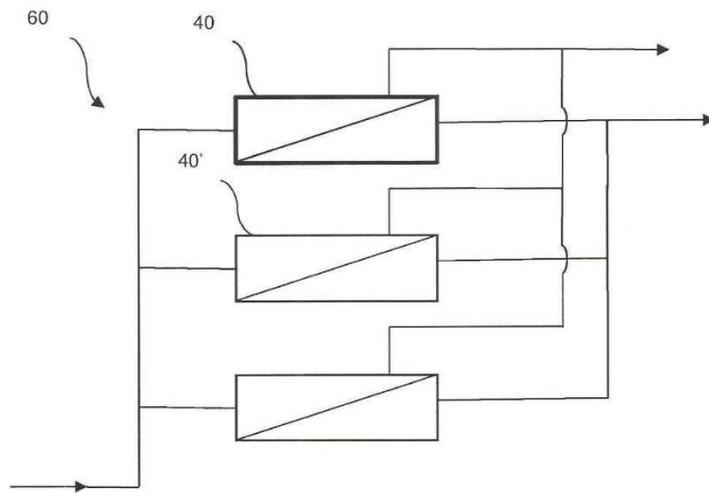


Fig. 4

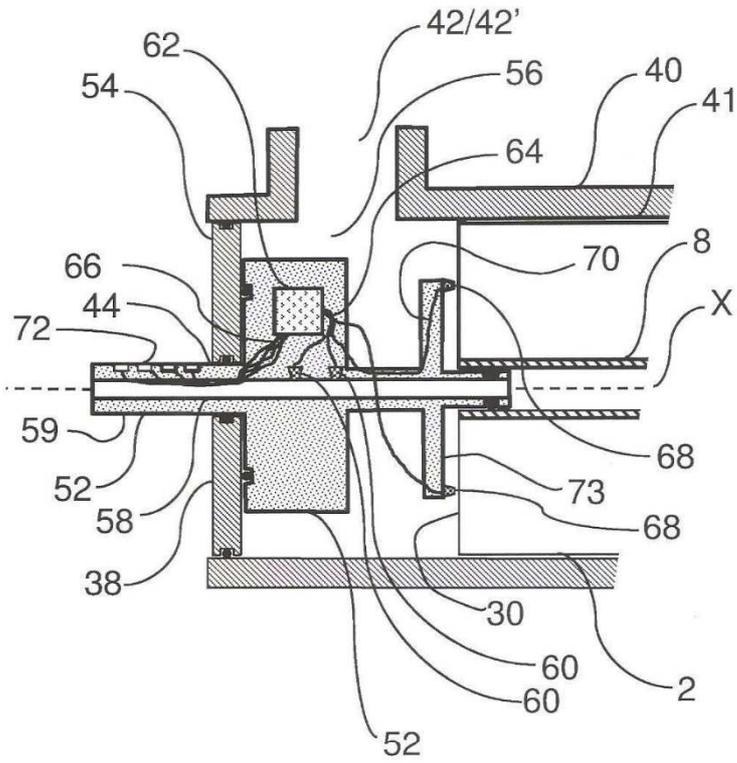


Fig. 5

