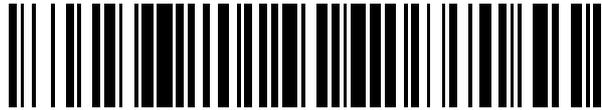


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 589 479**

21 Número de solicitud: 201530635

51 Int. Cl.:

B01D 65/08 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

11.05.2015

43 Fecha de publicación de la solicitud:

14.11.2016

Fecha de concesión:

01.09.2017

45 Fecha de publicación de la concesión:

08.09.2017

73 Titular/es:

**ACCIONA AGUA, S.A.U. (100.0%)
Avda. Europa 22 Parque Empresarial La Moraleja
Polígono Industrial Alcobendas
28108 Alcobendas (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

**PALACIOS DOÑAQUE, Enrique y
PALACIOS JIMÉNEZ, Enrique**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

54 Título: **Dispositivo para la detección del ensuciamiento de membranas**

57 Resumen:

Dispositivo para la detección del ensuciamiento de membranas en procesos de ósmosis inversa caracterizado porque comprende un sensor (1). Este sensor (1) a su vez comprende un cabezal (9), un cuerpo (8) que incorpora un electrodo de referencia (2) y un sensor de temperatura (7), y una punta (6) que incorpora una membrana (5). La membrana (5) está conectada a un circuito electrónico (16) configurado para generar una frecuencia f proporcional a la resistencia eléctrica $R_{sub,t}$ que proporciona la membrana (5) al circuito electrónico (16).

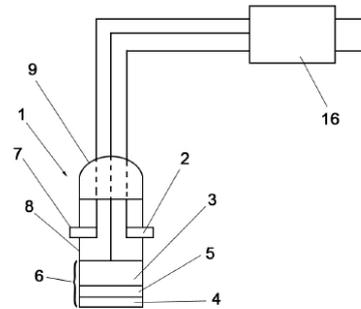


FIG.1

ES 2 589 479 B1

DESCRIPCIÓN

Dispositivo para la detección del ensuciamiento de membranas.

OBJETO DE LA INVENCION

El objeto de la invención es un dispositivo para la detección del ensuciamiento de membranas, en especial de las utilizadas en procesos de ósmosis inversa. El dispositivo
5 comprende un sensor que se instala en el mismo conducto hidráulico por el que circula el agua que alimenta las membranas de ósmosis inversa a analizar o bien en una conducción en baipás.

El sensor del dispositivo de la invención detecta sustancias como biopolímeros procedentes
10 del metabolismo de las bacterias, compuestos orgánicos, hidróxido de hierro, hidróxido de aluminio, carbonato cálcico y, además, es capaz de detectar cloro o sustancias cloradas contenidas en el agua, responsables de la oxidación de las membranas de ósmosis inversa, que se realizan en poliamida aromática, de forma irreversible.

15 Otra de las ventajas que incorpora el presente dispositivo es que permite seguir electrónicamente los valores de ensuciamiento en porcentaje de superficie de membrana.

PROBLEMA TÉCNICO A RESOLVER Y ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Uno de los principales problemas que existe en las plantas de desalación por ósmosis
20 inversa es el ensuciamiento de las membranas. Estas membranas están construidas a base de poliamida aromática.

Además de las membranas para el proceso de ósmosis inversa, también es frecuente que se produzca ensuciamiento de las membranas de fibra hueca de Ultrafiltración (UF),
25 Microfiltración (MF) y/o Nanofiltración (NF) instaladas en la fase de pretratamiento previo a la ósmosis inversa.

Por regla general, el ensuciamiento de las membranas de fibra hueca de UF y MF en la fase
30 de pretratamiento se detecta cuando la presión transmembrana, es decir, la presión que realmente actúa para conseguir que el agua pase a través de la membrana, aumenta de forma rápida. En cambio, en los bastidores de membranas de ósmosis inversa, el ensuciamiento se detecta cuando la diferencia entre la presión de alimentación al bastidor de las membranas y la presión del agua de rechazo del mismo, aumenta de forma

importante. Debe tenerse en consideración que, para mantener el caudal de agua permeada, la presión de alimentación también aumenta.

Es obvio que, cuando se detecta un aumento de presión en bastidores, ya sea debido tanto a una presión transmembrana para UF, MF o NF como a una presión diferencial o por pérdida de carga para ósmosis inversa, se puede actuar sobre dichos sistemas de una forma inmediata, tomándose las medidas necesarias para evitar ensuciamientos prematuros de las membranas y llegar al punto de producirse un fouling o ensuciamiento irreversible de las mismas

Así, bajo un punto de vista técnico y práctico de operación de una planta desaladora por osmosis inversa, es conveniente tener instalado un sistema de detección del ensuciamiento de las membranas que, con antelación, pueda dar una alarma para indicar que las membranas están siendo ensuciadas por sustancias presentes en el agua incompatibles con las mismas. De esta forma, se puede actuar operativamente sobre ciertos puntos de la planta con medidas correctoras de la calidad del agua, antes de tener que llegar a situaciones más conflictivas, como tener que proceder al lavado de las membranas, a la sustitución de las membranas o a paradas en la producción de agua desalada.

El dispositivo de la presente invención comprende un sensor que, instalado en el mismo conducto hidráulico en el que se encuentran las membranas de MF, UF, NF o de ósmosis inversa, o en un circuito en baipás, emite una señal indicando que existen sustancias en disolución que ensucian y pueden, incluso, deteriorar las membranas diferenciando, además, el tipo de sustancia que provoca el ensuciamiento.

De esta forma, en lugar de realizar labores de mantenimiento basadas en los problemas producidos una vez las membranas se han ensuciado, se procede a resolver los posibles problemas evitando que se produzca el ensuciamiento, con el consecuente ahorro en el coste de productos de limpieza y energía que esto supone.

En el actual estado de la técnica existen ya sistemas enfocados en detectar el ensuciamiento de las membranas. Entre los más conocidos se encuentran los siguientes:

- Hydrobionets: en fase experimental, enfocado solo en la detección del Biofouling. No detecta ensuciamientos por sales inorgánicas ni tampoco ataque por cloro.
 - HidroBio Advance: mediante medidas térmicas, mide el espesor de la capa de Biofouling formada. No detecta el posible ensuciamiento por otras sustancias ni detecta el cloro o compuestos oxidantes que pueden atacar las membranas de poliamida de MF, UF, NF o de ósmosis inversa.
 - ALVIN-ALFA: mide el Biofilm que se forma sobre un sensor de Titanio con un contra electrodo de Zinc mediante la aplicación de una tensión de 12-24 V CC, con salida de 4-20 mA. No detecta otro tipo de ensuciamiento ni tampoco detecta el cloro o compuestos que puedan atacar las membranas de poliamida de MF, UF y ósmosis inversa.
- El dispositivo de la invención que se describe en la presente memoria se distingue de los sistemas o dispositivos encontrados en el actual estado de la técnica por lo siguiente:
- Detecta cuando el sensor se ensucia por sustancias como: carbonato cálcico, hidróxidos de hierro y aluminio, materias orgánicas, sustancias generadoras de biofouling, bacterias que pueden ocasionar la obstrucción de membranas en las fases de pretratamiento, como las membranas de MF, UF y NF y, además, es capaz de detectar cloro o sustancias oxidantes que pueden atacar químicamente a las membranas de poliamida aromática destinadas al proceso de ósmosis inversa.
 - En una forma de realización preferente, el sensor del dispositivo incorpora una membrana de poliamida aromática utilizada en las plantas de ósmosis inversa, idéntica a la que se utiliza en los bastidores industriales. También puede construirse con membranas de polisulfona, PVDF o cualquier otro material que constituya las membranas de MF, UF o NF.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención describe un dispositivo para la detección del ensuciamiento de membranas en procesos de desalación por ósmosis inversa aplicable a plantas de ósmosis inversa o en procesos de microfiltración, ultrafiltración o nanofiltración utilizados en fases de pretratamiento.

El dispositivo comprende un sensor que comprende un cabezal, un cuerpo y una punta.

El cabezal incorpora los contactos para la unión eléctrica del sensor a un circuito electrónico.

5

El cuerpo incorpora un electrodo de referencia que, preferentemente, es de platino, y un sensor de temperatura.

La membrana está conectada a un circuito electrónico configurado para generar una frecuencia f proporcional a la resistencia eléctrica R_t que la membrana proporciona al circuito electrónico.

10

La punta incorpora una membrana y, adicionalmente, puede incorporar un contacto de grafito para mejorar la conectividad eléctrica de la membrana al circuito electrónico y un espaciador, que proporciona una turbulencia hidráulica en la superficie de la membrana.

15

El circuito electrónico incluye un oscilador que genera ondas, preferiblemente cuadradas, cuya frecuencia es proporcional a la resistencia eléctrica de la membrana.

El circuito electrónico también incluye un microprocesador que analiza las ondas generadas por el oscilador.

20

El sensor del dispositivo puede encontrarse independizado del circuito eléctrico o incorporarlo totalmente integrado. En este último caso, el cuerpo del sensor alberga el circuito electrónico, un conector para el acoplamiento del cabezal al cuerpo del sensor y un orificio roscado para la conexión de la punta, a través de un extremo roscado que incorpora, al cuerpo del sensor de una forma reversible.

25

El dispositivo de la invención se conecta en la conducción hidráulica principal que alimenta a las membranas de ósmosis inversa a analizar o en una conducción en baipás a ella. En este último caso, la conducción en baipás incorpora un caudalímetro, una válvula para la regulación del caudal y aislamiento y una válvula de aislamiento.

30

El circuito electrónico comprende un condensador C_3 y una resistencia R_1 conectados a tierra. El condensador está unido a la membrana del sensor y a la entrada inversora de un amplificador operacional. La resistencia R_1 está unida a una resistencia R_2 y a la entrada no inversora del amplificador operacional. La resistencia R_2 está conectada a la salida del amplificador operacional y a la membrana (5). De esta forma, la membrana (5) se encuentra conectada entre la entrada inversora y la salida del amplificador operacional.

El microprocesador está conectado a la salida del amplificador operacional y está configurado para detectar la frecuencia f del oscilador y calcular la resistencia R_t de la membrana del sensor de acuerdo con la ecuación:

$$R_t = \frac{1}{(2 \cdot f \cdot C_3 \cdot R_1/R_2)}$$

De esta forma, en función del valor medido de la resistencia R_t de la membrana, el dispositivo es capaz de distinguir entre un ensuciamiento producido por productos que se depositan en ella y un deterioro producido por un ataque químico al material de la membrana.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Para completar la invención que se está describiendo y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización de la misma, se acompaña un conjunto de dibujos en donde, con carácter ilustrativo y no limitativo, se han representado las siguientes figuras:

- La figura 1 representa un esquema del dispositivo en una primera forma de realización incluyendo el sensor y los componentes que lo conforman conectado a un circuito electrónico.

- La figura 2 representa una vista del sensor ubicado en una conducción hidráulica.

- La figura 3 representa una vista del sensor ubicado en una conducción conectada en baipás a la conducción hidráulica principal.

- La figura 4 representa el esquema eléctrico del circuito oscilador de onda cuadrada utilizado en la invención.
- La figura 5 representa una vista del sensor ubicado en una conducción conectada en
5 baipás a la conducción hidráulica principal en una segunda forma de realización.
- La figura 6 representa una vista del sensor en una forma de realización preferente.

A continuación se facilita un listado de las referencias empleadas en las figuras:

10

1. Sensor.
2. Electrodo de referencia.
3. Contacto de grafito.
4. Espaciador.
- 15 5. Membrana del sensor.
6. Punta del sensor.
7. Sensor de temperatura.
8. Cuerpo del sensor.
9. Cabezal.
- 20 10. Válvula de regulación de caudal y aislamiento.
11. Válvula de aislamiento.
12. Caudalímetro.
13. Conducción hidráulica principal.
14. Conducción en baipás.
- 25 15. Oscilador.
16. Circuito electrónico.
17. Conector del circuito electrónico.
18. Orificio roscado.

30

DESCRIPCIÓN DE UNA REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

El objeto principal de la invención es un dispositivo para la detección del ensuciamiento de membranas en procesos de ósmosis inversa que se instala en la misma línea hidráulica que alimenta a los bastidores de las membranas, o bien en una conducción en baipás. La

membrana puede ser también de Ultrafiltración (UF), Microfiltración (MF) o Nanofiltración (NF) empleadas en fases de pretratamiento previas a la fase de ósmosis inversa.

5 Según se muestra en la figura 1, en una primera forma de realización, el sensor (1) del dispositivo comprende un cuerpo (8) preferentemente de forma cilíndrica, donde están montados un electrodo de referencia (2), preferentemente de platino, y un sensor de temperatura (7). El sensor de temperatura (7) es conocido en el estado de la técnica y, preferentemente, es del tipo Pt100. El cuerpo (8) está rematado en un cabezal (9) por uno de sus extremos. Por el otro extremo comprende una punta (6) formada por una serie de
10 elementos, entre los que se incluye un espaciador (4), una membrana del sensor (5) y un contacto de grafito (3).

La función del espaciador (4) es la de provocar un cierto nivel de turbulencia en el agua sobre la membrana del sensor (5), aumentando el número de Reynolds. De hecho, a los
15 espaciadores (4) también se les conoce como promotores de turbulencia. El espaciador (4) se utiliza en las membranas de poliamida aromática de ósmosis inversa y NF enrolladas en espiral. Sin embargo, en el caso de construir el sensor con una membrana de MF o UF no se incluye ningún espaciador (4).

20 Las membranas utilizadas en ósmosis inversa y NF, constan de una membrana plana, compuesta por un soporte mecánico de tejido no tejido, sobre el cual se deposita una capa de polisulfona y, seguidamente, se deposita sobre la misma, una capa de poliamida aromática, que es la cara activa de la membrana.

25 Estos componentes forman la membrana, cuya configuración es a base de hojas planas que, posteriormente, son enrolladas en espiral. Para evitar el contacto entre caras activas, se coloca el espaciador (4), consistente también en una hoja plana. Entre cara y cara activa, se hace pasar el agua a desalar, pasando por el espaciador (4) que existe entre ellas. De esta forma, se produce una turbulencia que evita la polarización y deposición de algunas
30 materias sobre la cara activa. Aun así, existe siempre un ensuciamiento en la cara activa de las membranas que el sensor objeto de la patente se va a encargarse de detectar. A las membranas enrolladas en espiral se les da el nombre de módulos.

La función del contacto de grafito (3) es la de conseguir un óptimo contacto del circuito electrónico (16) con la membrana del sensor (5) y obtener una estabilización de la señal generada con respecto al electrodo de referencia (2). Puede entenderse que el que el contacto sea de grafito es meramente un ejemplo de realización de los comunes en el estado de la técnica, pudiendo reemplazarse el grafito por cualquier otro material con una buena conductividad eléctrica.

Para conseguir las condiciones hidráulicas lo más parecidas a las existentes sobre una superficie de membrana plana de un módulo enrollado en espiral, en la superficie de la membrana del sensor (5), se monta el espaciador (4) que, preferiblemente, tiene un mallado en forma de rombo de ángulo de 90°, cuyo espesor puede ser de 26, 28, 30 o 34 mils (1 mil=0,025 mm). El montaje se completa con los cables de conexión al circuito electrónico (16).

En las figuras 2 y 3 se muestran dos posibles formas de realización del montaje del sensor (1) en la conducción de agua (13) de alimentación a un sistema de MF, UF, NF o de ósmosis inversa.

La figura 2 muestra un montaje del sensor (1) directamente en la conducción hidráulica principal (13).

La figura 3 muestra un montaje del sensor (1) en una conducción montada en baipás (14) a la conducción hidráulica principal (13). Esta forma de realización es la preferida, al incluir un caudalímetro (12), una válvula de regulación de caudal y aislamiento (10) y una válvula de aislamiento (11). De esta forma, se puede controlar mejor la velocidad del fluido al pasar por el sensor (1) y obtener así la velocidad del fluido sobre la membrana plana de un módulo de ósmosis inversa enrollado en espiral.

A continuación se describe cual es el principio de funcionamiento del sensor (1).

En una forma preferente de realización, la membrana del sensor (5) de la invención se trata de una membrana de ósmosis inversa.

La membrana del sensor (5) es susceptible de ensuciarse o deteriorarse con diferentes tipos de sustancias. Estas sustancias pueden ser biopolímeros, bacterias, carbonato cálcico, hidróxidos de hierro y aluminio, hidróxido de magnesio, sílice y compuestos oxidantes como el cloro o compuestos clorados.

5

Estas sustancias, al deteriorar la cara activa de la membrana del sensor (5) o, simplemente, al depositarse sobre ella, originan cambios en su resistencia eléctrica R_t .

La Figura 4 representa un esquema eléctrico en el que se conecta la membrana del sensor (5) a un oscilador (15) de onda cuadrada.

10

En este circuito, R_t es la resistencia de la membrana del sensor (5).

Cuando existen variaciones en el valor de la resistencia R_t , la frecuencia a la salida del circuito operacional es proporcional a dichas variaciones. Al tener las sustancias depositadas en la membrana del sensor (5) resistencias diferentes, la resistencia R_t del sensor (1) varía de forma diferente en cada caso. De la misma forma, el deterioro químico de la poliamida aromática de la cara activa de la membrana del sensor (5) también hace que varíe la resistencia R_t . Estas variaciones en la resistencia R_t hacen que también varíe la frecuencia de salida.

20

La ecuación del mencionado circuito eléctrico que relaciona la resistencia R_t con la frecuencia de salida es la siguiente:

$$R_t = \frac{1}{(2 \cdot f \cdot C_3 \cdot \gamma)}$$

25 donde:

$$\gamma = R_1/R_2$$

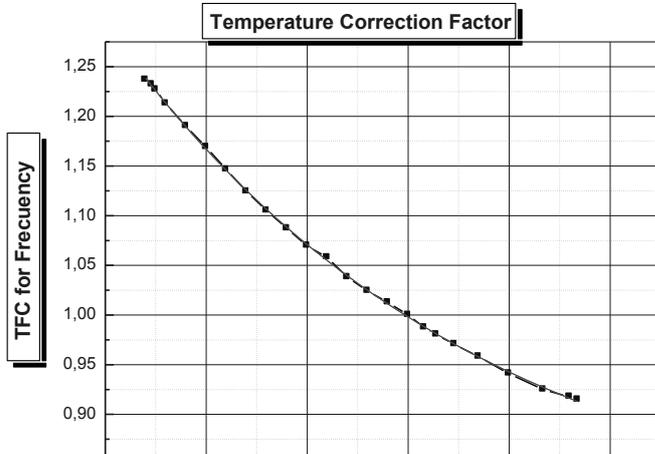
f : frecuencia en Hz

C_3 : Valor del condensador en Faradios

30 R_t : Resistencia a medir en omhs

La resistencia R_t varía también con la temperatura. Por esta razón, se utiliza el sensor de temperatura (7) Pt100, por la cual se corrige el valor de la frecuencia medida mediante la

aplicación del factor de corrección en función de la temperatura existente según la gráfica experimental que se muestra a continuación.

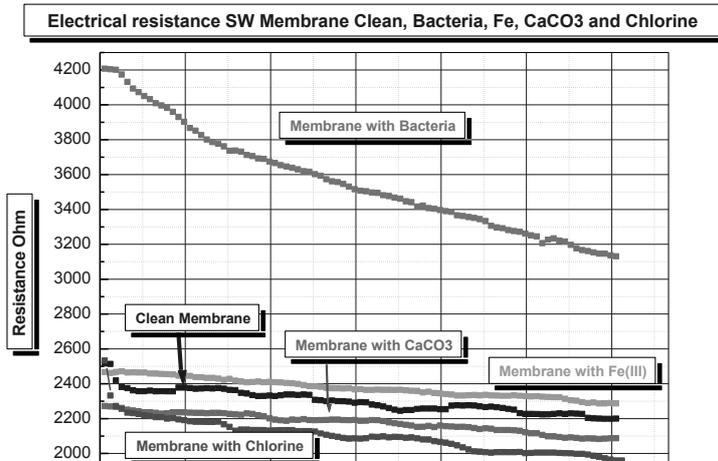


it Data1_B to $y_0+A1e^{(-x/t1)}$:

Chi^2 2,42814E-6
R^2 0,99982

y0	0,76782	0,0055
A1	0,91042	0,00316
t1	18,18287	0,34871

- 5 Debe tenerse en cuenta que, con este sensor (1), para realizar la medida de las variaciones de resistencia eléctrica de la membrana, no se hace pasar una frecuencia fija a través de la membrana del sensor (5) de forma que se mida posteriormente el voltaje pico-pico de la frecuencia, sino que el sensor (1) hace que se genere una frecuencia diferente en cada caso, siendo constante el voltaje pico-pico y pudiéndose predeterminar a priori.
- 10 En el gráfico que se muestra a continuación se exponen los resultados experimentales de respuesta del sensor (1) frente a varias sustancias que contaminaron la membrana (5) que incorporaba.



Según este gráfico, se observa que la membrana del sensor (5) responde con diferentes valores de resistencia en función de la sustancia que la ensucia o la deteriora químicamente, algo que no realizan los sensores comerciales encontrados.

5

Con esta respuesta, se puede conocer cuando la membrana (5) se está ensuciando o deteriorando y qué tipo de sustancia está realizando este ensuciamiento o deterioro de la cara activa de la membrana del sensor (5).

10 También es posible, detectar la presencia de cloro o sustancias oxidantes a pesar de que, en este caso, lo que existe es un ataque químico de la poliamida y no un ensuciamiento.

15 La figura 5 representa una forma de realización del dispositivo en el que el sensor (1) se ubica en una conducción en baipás (14) a la conducción hidráulica principal (13). Además del sensor (1), el dispositivo comprende un caudalímetro (12), una válvula de regulación y aislamiento (10) en una de las ramas de la conducción en baipás (14) y una válvula de aislamiento (11) en la otra rama de la conducción en baipás (14).

20 En esta forma de realización, el sensor (1) se encuentra independizado del electrodo de referencia (2) y de la sonda de temperatura (7).

La figura 6 representa una forma de realización preferente del dispositivo. En ella se representa el sensor (1) formado por un cabezal (9), un cuerpo (8) que incorpora el

electrodo de referencia (2) y el sensor de temperatura (7) y la punta (6) descrita en la figura 1, que incluye un espaciador (4), una membrana del sensor (5) y un contacto de grafito (3).

5 En esta forma de realización, el cuerpo (8) incorpora en su interior un circuito electrónico (16) que incorpora un oscilador (15). El circuito electrónico (16) incorpora en uno de sus extremos un conector (17) mediante el cual se une el cabezal (9) al cuerpo (8) del sensor (1), que queda cerrado por uno de los extremos. El otro extremo del cuerpo (8) del sensor (1) incorpora un orificio roscado (18) mediante el que se une la punta (6) del sensor (1) a través de un extremo roscado que incorpora en uno de sus extremos. Esta unión roscada es
10 reversible, con lo que, de esta forma, se simplifica de forma notable la sustitución de la membrana del sensor (5) para sustitución o revisión.

En cuanto a la recuperación de la membrana del sensor (5), debe considerarse que, cuando la membrana del sensor (5) se ensucia, es posible recuperarla mediante un proceso de
15 limpieza con productos químicos sin tener que desmontar el sensor (1).

El método de limpieza que se utiliza es mediante la circulación de soluciones de limpieza idénticas a las utilizadas en las limpiezas químicas de las membranas de los bastidores, respetando los tiempos y protocolos que se utilicen para dichos procesos de limpieza.
20

Acabado el proceso de limpieza, es necesario reajustar la línea base de la señal de frecuencia del sensor (1) con agua salobre o de mar limpia.

Las ventajas del dispositivo de la invención son las siguientes:

- 25
- es capaz de dar una alarma cuando detecta sustancias en el agua que pueden ensuciar las membranas,
 - es capaz de distinguir el tipo de sustancia o conjunto de ellas que son susceptibles
30 de ensuciar o deteriorar las membranas de MF, UF, NF y de ósmosis inversa,
 - es capaz de detectar sustancias cloradas o cloro contenidas en el agua y que pueden oxidar las membranas de poliamida aromática de la ósmosis inversa, de forma irreversible.

Otra de las ventajas que incorpora este dispositivo es que permite seguir electrónicamente los valores de ensuciamiento en porcentaje de superficie de membrana.

5 Debe considerarse que la presente invención no debe verse limitada a la forma de realización aquí descrita. Otras configuraciones pueden ser realizadas por los expertos en la materia a la vista de la presente descripción. En consecuencia, el ámbito de la invención queda definido por las siguientes reivindicaciones.

10 Para finalizar, a continuación se presenta un desarrollo matemático de los datos obtenidos.

Para poder comparar las gráficas obtenidas para cada uno de los diferentes escenarios, se hace necesario un tratamiento matemático que convierta cada experimento en comparable al resto de los realizados.

15

De este modo, es posible diferenciar el tipo de ensuciamiento o degradación no solo a nivel visual, sino también a nivel matemático.

Para ello, se realizan los siguientes pasos:

20

PASO 1: Obtención de la ecuación que representa la gráfica obtenida para cada uno de los casos.

Inicialmente se aproxima cada una de las gráficas a la ecuación de una recta:

25

$$Y = B \cdot X + Y_0$$

Siendo:

B: Pendiente de la recta

Y_0 : Ordenada en el origen.

30

Y: Resistencia en Ohm

X: Tiempo en minutos (u horas)

B indica la evolución de la resistencia con el tiempo. Y_0 indica cual sería la resistencia inicial a tiempo 0 para ese experimento.

En caso de que la razón de aproximación R^2 sea inferior a 0,99 se aproxima la gráfica obtenida a una ecuación exponencial decreciente de 1er grado:

$$5 \quad Y = Y_0 + A_1 \cdot e^{-\frac{x}{t}}$$

encontrando entonces valores de $R^2 = 0.99$ de en todos los casos.

10 A continuación se muestra una aplicación al ejemplo. Todas las ecuaciones del ejemplo anterior pueden representarse como rectas, salvo la gráfica obtenida para el caso de "bacterias", que se debe aproximar a una exponencial decreciente:

$$Y = 2832,48 + 1347,23 \cdot e^{-\frac{x}{3806,44}}$$

15 PASO 2: Transformación de las ecuaciones obtenidas (en caso necesario).

Al no ser posible comparar numéricamente ecuaciones diferentes, las de más difícil comprensión deben transformarse a la forma más sencilla, o lo que es lo mismo, la ecuación de una recta. Para ello, se decide utilizar la Serie de Taylor para aproximación de funciones para convertir la función exponencial en una función de primer grado en un punto determinado (a).

Para ello es necesario conocer la primera derivada de la ecuación exponencial:

$$25 \quad f(x) = Y_0 + A_1 \cdot e^{-\frac{x}{t}}$$

$$f'(x) = \frac{A_1}{t} \cdot e^{-\frac{x}{t}}$$

y con esto, construir la Serie de Taylor $P(x)$ genérica:

30

$$P_1(x) = f(a) + f'(a) \cdot (x - a)$$

Para elegir el punto “a”, se realiza una iteración de todos los puntos de la gráfica (desde un origen de tiempos t_0 hasta un tiempo final t . En las gráficas del ejemplo anterior, se ha empleado $t = 5400$ minutos.

- 5 Cuando el valor de la pendiente calculada en $P(x)$ es igual para varios puntos diferentes, tiempo “ t ” y tiempo “ $t + \Delta t$ ”, se considera ese punto como el idóneo para la aproximación de la serie:

$$P(t) = P(t + \Delta t)$$

- 10 En el ejemplo anterior se toma la ecuación de aproximación de la gráfica obtenida para ensuciamiento por bacterias y se realiza la conversión de Taylor para el tiempo 2043 minutos:

$$f(a) = 3620.14$$

$$f'(a) = -0.207$$

- 15 $P(a) = -0,207 \cdot (x - 2043,15) + 3620,14$

Y desarrollando se obtiene:

$$P(a) = -0.207 \cdot x + 3197.95$$

20

Con:

$$B = -0.207$$

$$Y_0 = 3197.95$$

- 25 PASO 3: Comparativa entre las ecuaciones obtenidas.

Como puede observarse, una vez transformadas las ecuaciones necesarias, en este momento ya se tienen diversas ecuaciones comparables entre sí de forma que pueda diferenciarse para cada caso el tipo de ensuciamiento, comparando la pendiente (B) en cada uno de los escenarios estudiados. Esta comparación se realiza mediante un microprocesador instalado en los circuitos electrónicos que tratan la señal de frecuencia obtenida.

30

REIVINDICACIONES

- 1.- Dispositivo para la detección del ensuciamiento de membranas en procesos de ósmosis
5 inversa **caracterizado** por que comprende un sensor (1) que comprende:
- un cabezal (9),
 - un cuerpo (8) que incorpora un electrodo de referencia (2) y un sensor de temperatura (7), y
 - una punta (6) que incorpora una membrana (5),
- 10 donde la membrana (5) está conectada a un circuito electrónico (16) configurado para generar una frecuencia f proporcional a la resistencia eléctrica R_t que proporciona la membrana (5) al circuito electrónico (16).
- 2.- Dispositivo para la detección del ensuciamiento de membranas en procesos de ósmosis
15 inversa según la reivindicación 1, **caracterizado** por que la conexión de la membrana (5) al circuito electrónico (16) se realiza mediante un contacto de grafito (3) que mejora la conductividad eléctrica de la conexión.
- 3.- Dispositivo para la detección del ensuciamiento de membranas en procesos de ósmosis
20 inversa según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado** por que la membrana (5) está conectada a un espaciador (4) que le proporciona turbulencia hidráulica.
- 4.- Dispositivo para la detección del ensuciamiento de membranas en procesos de ósmosis
25 inversa según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** por que el electrodo de referencia (2) es de platino.
- 5.- Dispositivo para la detección del ensuciamiento de membranas en procesos de ósmosis
inversa según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** por que el circuito
30 electrónico (16) incorpora un oscilador (15).
- 6.- Dispositivo para la detección del ensuciamiento de membranas en procesos de ósmosis
inversa según la reivindicación 5, **caracterizado** por que el oscilador (15) genera ondas
cuadradas.

7.- Dispositivo para la detección del ensuciamiento de membranas en procesos de ósmosis inversa según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que el circuito electrónico (16) incorpora un microprocesador que analiza las ondas generadas por el oscilador (15).

5

8.- Dispositivo para la detección del ensuciamiento de membranas según la reivindicación 7, **caracterizado** por que el cuerpo (8) del sensor (1) alberga al circuito electrónico (16) y comprende un orificio roscado (18).

10 9.- Dispositivo para la detección del ensuciamiento de membranas según la reivindicación 8, **caracterizado** por que el circuito electrónico (16) incorpora un conector (17) para el acoplamiento del cabezal (9) al cuerpo (8) del sensor (1).

15 10.- Dispositivo para la detección del ensuciamiento de membranas según la reivindicación 8, **caracterizado** por que la punta (6) del sensor (1) incorpora un extremo roscado mediante el cual se une al orificio roscado (18) del cuerpo (8) del sensor (1) de forma reversible.

20 11.- Dispositivo para la detección del ensuciamiento de membranas en procesos de ósmosis inversa según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado** por que se conecta en la conducción hidráulica principal (13) por la que circula el agua que alimenta a la membrana a analizar.

25 12.- Dispositivo para la detección del ensuciamiento de membranas en procesos de ósmosis inversa según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado** por que se conecta en una conducción en baipás (14) a la conducción hidráulica principal (13) por la que circula el agua que alimenta a la membrana a analizar.

30 13.- Dispositivo para la detección del ensuciamiento de membranas en procesos de ósmosis inversa según la reivindicación 12, **caracterizado** por que la conducción en baipás (14) incorpora un caudalímetro (12), una válvula para la regulación del caudal y aislamiento (10) y una válvula de aislamiento (11).

14.- Dispositivo para la detección del ensuciamiento de membranas según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que el circuito electrónico (16)

comprende un condensador C_3 y una resistencia R_1 conectados a tierra, estando el condensador C_3 unido a la membrana del sensor (5) y a la entrada inversora de un amplificador operacional y estando la resistencia R_1 unida a una resistencia R_2 y a la entrada no inversora del amplificador operacional, y estando la resistencia R_2 conectada a la salida del amplificador operacional y a la membrana (5), estando la membrana (5) conectada entre la entrada inversora y la salida del amplificador operacional.

15.- Dispositivo para la detección del ensuciamiento de membranas según la reivindicación 14, **caracterizado** por que el microprocesador está conectado a la salida del amplificador operacional y está configurado para detectar la frecuencia f del oscilador y calcular la resistencia R_t de la membrana (5) del sensor (1) de acuerdo con la ecuación:

$$R_t = \frac{1}{(2 \cdot f \cdot C_3 \cdot R_1/R_2)}$$

15 16.- Dispositivo para la detección del ensuciamiento de membranas según la reivindicación 15, **caracterizado** por que está configurado para determinar si se ha producido un ensuciamiento por productos que se depositan en ella o un deterioro por un ataque químico al material de la membrana (5), en función del valor medido de la resistencia R_t de la membrana (5).

20



- ②¹ N.º solicitud: 201530635
 ②² Fecha de presentación de la solicitud: 11.05.2015
 ③² Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤¹ Int. Cl.: **B01D65/08** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤ ⁶ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	ZA 200404213 A (UNIV STELLENBOSCH et al.) 26.04.2006, reivindicaciones; resumen; figura 1.	1
A	US 6463790 B1 (CHUN MYUNG-SUK et al.) 15.10.2002, columna 3, línea 35 – columna 6, línea 37; figuras 1,2.	1
A	WO 2012060778 A1 (UNIV NANYANG TECH et al.) 10.05.2012, reivindicaciones; resumen; figura 1.	1
A	WO 0004987 A1 (UNIV TECHNOLOGY CORP) 03.02.2000, reivindicaciones; resumen; figuras 1-6.	1
A	WO 2008132186 A1 (VITO et al.) 06.11.2008, reivindicaciones; resumen; figuras 1-4.	1

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia
 Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
 A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita
 P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
 E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones n.º:

Fecha de realización del informe
01.12.2015

Examinador
R. E. Reyes Lizcano

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

B01D

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 01.12.2015

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-16	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-16	SI
	Reivindicaciones	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	ZA 200404213 A (UNIV STELLENBOSCH et al.)	26.04.2006

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

En relación a la reivindicación independiente 1, el documento D01 (reivindicaciones; resumen; figura 1) divulga un aparato para la monitorización del ensuciamiento de una membrana en microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración y ósmosis inversa que comprende una línea de fluido secundario conectada en paralelo a una línea de fluido primario que contiene un conjunto primario de membrana con una membrana primaria; una carcasa en conexión fluida con la línea de fluido secundaria; una membrana secundaria situado en la carcasa; y una unidad para el control del ensuciamiento en la membrana secundaria para dar una indicación del ensuciamiento en la membrana primaria. La membrana secundaria es del mismo tipo que la membrana primaria.

Sin embargo, el documento D01 no divulga que el aparato para la monitorización del ensuciamiento de una membrana comprenda un sensor con las características técnicas definidas en la reivindicación 1, y se considera que dichas características técnicas no serían evidentes para un experto en la materia.

Por lo tanto, la reivindicación independiente 1, y sus dependientes 2 a 16, cumplen los requisitos de novedad y actividad inventiva a la vista del estado de la técnica conocido (art. 6.1 y 8.1 LP).