

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 623 477**

51 Int. Cl.:

G01N 27/06 (2006.01)

G01N 33/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.06.2009** **E 09290412 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.02.2017** **EP 2131186**

54 Título: **Dispositivo para medir la pureza de agua ultrapura**

30 Prioridad:

06.06.2008 FR 0853787

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

11.07.2017

73 Titular/es:

**EMD MILLIPORE CORPORATION (100.0%)
290 CONCORD ROAD
BILLERICA, MA 01821, US**

72 Inventor/es:

**RAJAGOPALAN, PASCAL;
VANHEGHE, ANTONY;
LE NINIVIN, CÉLINE y
DIMITRAKOPOULOS, ARISTOTELIS**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 623 477 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

Dispositivo para medir la pureza de agua ultrapura

La invención se refiere a un dispositivo para analizar el nivel de pureza de un líquido obtenido después del tratamiento de purificación y, en particular, el de la denominada agua ultrapura (menor que 10 partes por billón (ppb)), que implementa ese método.

El método generalmente empleado para purificar el agua o cualquier otro líquido, comienza con el pasaje a través de un primer dispositivo, que incluye medios de filtración y purificación, del tipo filtración con carbono activado, filtración con resinas de intercambio iónico o filtración por ósmosis inversa. A la salida del primer medio de tratamiento, el agua ultrapura contiene muy pocos iones y se caracteriza por una resistividad cercana o incluso equivalente a 18,2 MΩ·cm, pero de todos modos contiene compuestos orgánicos. Luego se hace pasar a través de segundo dispositivo, en el que dichos compuestos orgánicos se oxidan para ionizarlos. Durante esta oxidación, los compuestos orgánicos se degradan y los átomos de carbono están presentes en forma de gas de dióxido de carbono, que se disuelve en el agua para formar iones de bicarbonato HCO_3^- . Esta oxidación se obtiene mediante el pasaje frente a una lámpara ultravioleta o añadiendo peróxido de hidrógeno.

La tercera etapa de purificación consiste en pulir el agua, es decir, hacerla pasar a través de una resina de intercambio iónico que bloquea los iones creados durante la etapa precedente y así, completa la purificación del agua. Durante esta etapa, los compuestos orgánicos que no se degradaron durante la fase de oxidación no se ven afectados.

Queda por determinar la pureza del agua obtenida al final de este proceso. Un método comúnmente empleado mide su resistividad a la salida de los medios de oxidación, que se vincula directamente con el contenido del gas dióxido de carbono disuelto - es decir, con el número de iones de bicarbonato - y entonces determina la resistividad que tendría si el proceso de oxidación hubiera continuado hasta el final, es decir, si todos sus compuestos orgánicos se hubieran degradado. Este proceso, que necesita un período infinito, obviamente no se puede usar y por lo tanto, es necesario emplear métodos para estimar esta resistividad límite.

Ya se conoce, en particular por la patente EP0581157 de Millipore Corporation, un dispositivo y un método para analizar la pureza de agua, los cuales utilizan la diferencia en la resistividad del agua entre los lados corriente arriba y corriente abajo de los medios de oxidación, para estimar su resistividad en el infinito. Este método emplea el dispositivo en un primer modo, o modo de referencia, para medir la diferencia de resistividad entre el lado corriente arriba y el lado corriente abajo de los medios de oxidación en muestras de agua que se han expuesto durante diversos períodos a los medios de oxidación. Los períodos de exposición normalmente son del orden de 10, 20, 30, 40, 50 y 60 segundos. Por extrapolación de la curva obtenida, es posible determinar cuál sería la resistividad del agua obtenida después de un período de exposición infinito, es decir, si todos los átomos de carbono fueran a degradarse. Usando un programa de modelado apropiado, tal como el programa MINTEQA2 que se describe en la publicación de patente EPA/600/3-91/021 (1991) de la Agencia de Protección Ambiental de los EE. UU., es posible determinar, a partir de la resistividad, en el infinito, el contenido de carbono orgánico total (TOC, *total organic carbon*) en el agua de referencia.

Después se usa un segundo modo de purificación o análisis durante el cual el agua ultrapura se hace pasar, a una velocidad de flujo dada, a través de medios de oxidación para determinar su contenido de impurezas de compuestos orgánicos y así, verificar que su pureza sigue siendo nominal. La diferencia de resistividad entre los lados corriente arriba y corriente abajo de los medios de oxidación se mide de manera continua, y la cantidad total de compuestos orgánicos se deduce de allí, por medio de una relación lineal asumida entre la diferencia de resistividad medida en el modo de purificación y la diferencia de resistividad en el infinito, estimada en el modo de referencia.

La invención apunta a proponer un dispositivo de purificación, que tenga un dispositivo para analizar la cantidad de compuestos orgánicos existentes en un líquido a la salida de dicho dispositivo de purificación, que sea más económico y más fácil de usar.

Con este fin, el dispositivo de la invención, que incluye, dispuestos en serie, medios de filtración, medios de oxidación y medios de pulido, incluye, además, medios para medir la resistividad del agua, con el fin de determinar su pureza, donde dichos medios de están configurados para medir la pureza del agua en la salida de los medios de filtración y en la salida de los medios de oxidación, caracterizado porque dichos medios de medición incluyen solo una célula para medir la resistividad, ubicada en serie en el circuito comprendido entre el punto de salida de los medios de oxidación y el punto de entrada de los medios de pulido, y porque se proveen medios de conexión y medios de control de la circulación de fluidos, que están adaptados para lo siguiente:

- prohibir la circulación del fluido entre el punto de salida de los medios de filtración y el punto de entrada de los medios de oxidación, mientras que al mismo tiempo permiten la circulación del fluido entre el punto de salida de los medios de filtración y el punto de entrada de la célula de medición de la resistividad o

- permitir la circulación del fluido entre el punto de salida de los medios de filtración y el punto de entrada de los

medios de oxidación, al mismo tiempo que impiden la circulación del fluido entre el punto de salida de los medios de filtración y el punto de entrada de la célula de medición de la resistividad.

5 The reducción a una sola célula evita los problemas de incertidumbre que se encuentran principalmente cuando el cálculo emplea el valor de la diferencia entre un número de células, y lo más importante, reduce los costes, puesto que, dada su complejidad, estas células representan una gran parte del coste total del dispositivo.

Según las características preferidas, cuyo propósito es el de simplificar la producción del circuito del líquido:

- el punto de salida de los medios de filtración se conecta con dicha célula de resistividad mediante un circuito derivado, que comprende una válvula de retención que se abre solo si la presión en la entrada alcanza un valor predefinido;

10 - el punto de salida de los medios de filtración se conecta al punto de entrada de los medios de oxidación, mediante una simple válvula de análisis con dos posiciones, abierta y cerrada;

- la válvula de dos posiciones se sitúa en el lado corriente abajo del punto de partida del circuito derivado;

15 - la válvula de análisis y los medios de medición se conectan a una unidad de control y cálculo, que incluye un módulo de control, adaptado para comandar la apertura y el cierre de la válvula de análisis en una secuencia predefinida y un módulo de cálculo, adaptado para recoger el valor de resistividad de dicha célula de medición para deducir a partir de dicho valor, la pureza del agua en tiempo real.

A continuación se presenta la explicación de la invención, junto con la descripción de una realización preferida, que se brinda en este documento a título ilustrativo y no limitativo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

La figura 1 es un diagrama de un dispositivo de purificación del agua de la técnica anterior.

20 La figura 2 es un diagrama de un dispositivo de purificación del agua de una realización de la invención.

La figura 3 es una curva que representa la reducción de la resistividad del agua a partir de cualquier valor, en el modo de referencia, como una función del tiempo transcurrido en el reactor, empleando un método de aproximación de la técnica anterior.

25 Y la figura 4 es una curva que representa la reducción de la resistividad del agua a partir de cualquier valor, en el modo de referencia, como una función del tiempo transcurrido en el reactor, empleando un método de aproximación para la invención.

30 La figura 1 muestra un dispositivo de purificación del agua de la técnica anterior que comprende, dispuestos en serie, medios de filtración 1, medios de oxidación 2 y agua medios de pulido 3. Se insertan dos células para medir la resistividad del agua 4 en el circuito, a la salida de los medios de filtración 1 y a la salida de los medios de oxidación 2, respectivamente.

Los medios de filtración 1, por lo general, consisten en filtros basados en carbón activado, tales como los comercializados por la empresa Millipore Corporation, con la marca Q-GARD®. A la salida de estos medios de filtración, el agua tiene una pureza de aproximadamente 10 ppb y una resistividad cercana o equivalente a 18,2 MΩ·cm.

35 Aquí, los medios de oxidación 2 consisten en una lámpara UV de vapor de mercurio, que irradia en el intervalo variable entre 185 y 254 nanómetros. El agua que fluye a través del dispositivo de purificación se expone a esta radiación por períodos variables de 2 a 120 segundos.

Los medios de pulido 3, por lo general, consisten en una resina de intercambio iónico y producen agua con una pureza final del orden de 1 a 5 ppb.

40 El agua ingresa al dispositivo a través del punto de entrada 11 de los medios de filtración. El punto de salida 12 de los medios de filtración se conecta mediante un caño al punto de entrada 41 de la primera célula de resistividad 4, cuya salida se conecta con una válvula tridimensional 16. Esta válvula tridimensional 16 se conecta por un lado con el punto de entrada 21 de los medios de oxidación y, por otro lado, con un circuito de evacuación (que no se muestra). Esto hace que el agua que sale de los medios de filtración ingrese a los medios de oxidación 2 o que sea evacuada del circuito.

45 El punto de salida de los medios de oxidación 22 se conecta mediante un caño al punto de entrada 41 de la segunda célula de resistividad 4, cuyo punto de salida 42 se conecta en sí al punto de entrada 31 de los medios de pulido. El agua ultrapura obtenida está disponible entonces en el punto de salida 32 de los medios de pulido.

50 La figura muestra un dispositivo de purificación del agua de una realización de la invención, que comprende, dispuestos en serie como antes, medios de filtración 1, medios de oxidación 2 y agua medios de pulido 3. Este

circuito difiere del circuito de la técnica anterior porque incluye solo una célula de medición 4, ubicada en serie entre el punto de salida 22 de los medios de oxidación 2 y el punto de entrada 31 de los medios de pulido 3, y porque la válvula tridimensional 16 se reemplaza mediante una simple válvula de análisis 6 con dos posiciones, abierta y cerrada, que es menos costosa y más fácil de usar.

5 El agua a la salida de los medios de filtración se divide entre dos caños, uno de ellos va a la válvula de análisis 6, igual que antes, en tanto que el segundo, que forma un circuito de derivación, va directamente a la célula de medición de la resistividad 4, mediante una válvula de retención 5 calibrada para abrirse por encima de un cierto valor.

10 El agua proveniente de los medios de filtración 1 es dirigida enteramente por acción sobre la válvula de análisis 6, ya sea a los medios de oxidación 2 o directamente a la célula de medición 4, mediante el circuito derivado equipado con la válvula de retención 5. Cuando la válvula de análisis 6 está en la posición abierta, permite que el líquido pase a los medios de oxidación; la presión en el circuito derivado cae y la válvula de retención 5 permanece cerrada. Si la válvula de análisis 6 está cerrada, la presión se eleva en el circuito derivado y la válvula de retención 5 se abre, permitiendo que el agua pase a la célula de medición de la resistividad 4.

15 La figura 2 también muestra medios de control para el dispositivo de purificación del agua, que incluyen una unidad de control y cálculo 7 y un dispositivo de visualización 8 adaptado para brindarle al operador en tiempo real la información obtenida sobre el nivel de pureza. Esta unidad de control y cálculo 7 controla la posición de la válvula de análisis 6, por medio de un módulo de control 9 y procesa la información suministrada por la célula de medición de la resistividad 4 en un módulo de cálculo 10. El módulo de cálculo 10 ejecuta el método de cálculo de la pureza del
20 agua y transmite el resultado obtenido al dispositivo de visualización 8.

Al igual que en la técnica anterior, el método para medir la pureza del agua comprende una primera medición de la resistividad del agua a la salida de los medios de filtración, seguida por el uso de dos modos operativos distintos del dispositivo de purificación, un modo de referencia y un modo de análisis. Para evaluar la resistividad del agua provista por los medios de filtración 1, la válvula de análisis 6 se cierra, y la presión en el lado corriente arriba de la
25 válvula de retención aumenta; la válvula se abre cuando la presión alcanza el valor nominal de apertura y el flujo de líquido circula en el circuito derivado mediante la válvula de retención 5. En el modo de análisis o en el modo de referencia, cuando la válvula de análisis está abierta, la válvula de retención 5 evita la circulación del líquido en el circuito derivado, [y] la presión en su entrada permanece por debajo de la presión nominal de apertura. En el modo de análisis, a válvula de análisis se abre de manera continua. En el modo de referencia, no obstante ello, aquella permanece cerrada durante períodos predeterminados, durante los cuales el agua situada en los medios de oxidación sigue exponiéndose a la radiación UV. La válvula de análisis luego se abre para enviar el agua irradiada a la célula de medición 4. Gracias a los períodos significativamente diferentes, el módulo de referencia determina la evolución de la resistividad del agua como una función del tiempo que esta ha transcurrido en los medios de oxidación.

35 La configuración con una válvula de retención 5 y una válvula de análisis 6 significa que puede usarse una sola célula de medición 4 para medir la resistividad a la salida de los medios de filtración 1 y a la salida de los medios de oxidación 2. Esto se refleja en primer lugar en un mayor ahorro en los costes de producción del dispositivo y en segundo lugar, en una mayor facilidad de uso, puesto que las válvulas tridimensionales de la técnica anterior son complicadas de usar en condiciones operativas hidráulicas del dispositivo.

40 La figura 3 muestra un número de puntos que indican la resistividad del agua a la salida de los medios de oxidación 2, como una función del tiempo que ha pasado en esos medios. La figura 3 también brinda una curva que aproxima esos puntos mediante una función exponencial del tipo $\rho(t) = \rho_{\infty} + (\rho_0 - \rho_{\infty}) e^{-t/T}$. La figura 4 proporciona el valor de resistividad de los mismos puntos y una curva de aproximación producida por una función combinada (exponencial y lineal), que se puede representar de la siguiente manera:

45
$$\rho(t) = \rho_{\infty} + (\rho_0 - \rho_{\infty}) e^{-t/T} + \rho_{\text{pendiente}} t + \rho_{\text{intersección}} \cdot U_{\text{comienzo, longitud}}(t)$$

en la que $\rho_{\text{pendiente}}$ y $\rho_{\text{intersección}}$ son la pendiente y la ordenada en el origen de una función lineal, y $U_{\text{comienzo, longitud}}(t)$ es una función que tiene el valor 0 en una primera porción del eje de la abscisa que corresponde a una función puramente exponencial, y un valor de 1 para el resto del eje de la abscisa donde la función se puede tratar como la suma de una función exponencial y una función lineal.

50 La curva de la figura 4 es una mejor aproximación de la evolución de la resistividad como una función del tiempo de irradiación UV, especialmente si el reactor UV tiene partes de material plástico que están en contacto con el agua y se someten a esta radiación. La parte lineal de la curva toma en cuenta la presencia de compuestos orgánicos que se generan por la fotoionización de estos materiales en el agua o por disolución del gas de dióxido de carbono de la atmósfera. La nueva curva de aproximación reduce en un 50 % el ajuste efectuado, usando el método de los
55 mínimos cuadrados.

A continuación, se describe el proceso que conduce a la medición de la pureza del agua obtenida después de que

pasa a través del dispositivo de purificación.

5 La primera operación consiste en medir la resistividad del agua a la salida de los medios de filtración 1, cerrando la válvula de análisis 6. Luego, el agua fluye mediante el circuito derivado y la válvula de retención 5 directamente hacia la célula de medición de la resistividad 4, con lo cual se obtiene el valor de la resistividad del agua a la salida de los medios de filtración 1. Este valor ρ_{UPW} *a priori* permanece constante durante toda la operación de purificación, puesto que depende solo de las características del líquido antes de la purificación.

10 Posteriormente, comienza una serie de operaciones en lo que se denomina el modo de referencia. El propósito de este modo es el de determinar la resistividad en el infinito $\rho_{\infty REF}$ del agua que servirá como un fluido de referencia para el resto de las mediciones. La válvula de análisis 6 se abre brevemente, durante el tiempo necesario para reemplazar el agua presente en los medios de oxidación por agua nueva que proviene de los medios de filtración, después de lo cual, esta válvula de análisis 6 se cierra. Esta válvula permanece cerrada por un primer período particular y luego se abre, de manera tal que el agua retenida en los medios de oxidación pase hacia la célula de medición de la resistividad 4; el valor de resistividad de esta agua se registra, y luego vuelve a comenzar la misma operación, modificando el período que el agua pasa en los medios de oxidación. De esa manera se obtiene una serie de mediciones de resistividad, como una función del tiempo, y se emplean técnicas de regresión para deducir la mejor curva de aproximación que pasa por estos puntos, en un diagrama que brinda la resistividad como una función de tiempo. Así se obtiene entonces la resolución de los parámetros de la función $\rho(t) = \rho_{\infty REF} + (\rho_0 - \rho_{\infty REF}) e^{-t/T} + \rho_{pendiente} t + \rho_{intersección}$; $u_{comienzo, longitud}(t)$, que eran desconocidos hasta ahora, es decir, los parámetros $\rho_{\infty REF}$, ρ_0 , T , $\rho_{pendiente}$, $\rho_{intersección}$ y el punto de corte de la función $u_{comienzo, longitud}$. Esta función con seis parámetros desconocidos hace que sea necesario llevar a cabo experimentos con seis duraciones diferentes como mínimo. Esto determina en particular el parámetro $\rho_{\infty REF}$, el cual confiere el valor de la resistividad que habría tenido el agua si hubiera permanecido durante un período infinito en los medios de oxidación; en otras palabras, si todos sus componentes orgánicos se hubieran degradado en iones de bicarbonato.

25 Conocer estos dos valores (el valor ρ_{UPW} de la resistividad a la salida de los medios de filtración y el valor $\rho_{\infty REF}$ de la resistividad en el infinito después de la oxidación completa) marca el inicio de la fase que consiste en analizar el agua que proviene del dispositivo de purificación y conocer en todo momento su concentración en átomos de carbono, es decir, su nivel de pureza. Con este propósito, la válvula de análisis se deja abierta en forma permanente.

30 El agua que ha pasado a través de los medios de filtración pasa con una cierta velocidad de flujo a través de los medios de oxidación, donde queda sujeta a la degradación parcial de sus componentes orgánicos y donde su resistividad evoluciona debido a la disolución del gas de dióxido de carbono generado de esta manera. A la salida de los medios de oxidación, su resistividad ρ se mide mediante la célula de medición 4 y es una función del tiempo de residencia t durante el cual continúa expuesta a la irradiación por los medios de oxidación 2.

35 Tomando la curva exponencial individual para el modelo de evolución de la resistividad, podemos expresar: $\rho(t) = \rho_{\infty} + (\rho_{UPW} - \rho_{\infty}) e^{-t/T}$. La aproximación aplicada aquí, que consiste en retener solo la parte exponencial de la curva para la evolución de resistividad como una función del tiempo y que podría no haberse tenido en cuenta en el modo de referencia con los reactores, incluso las partes plásticas de material, es aceptable aquí porque los tiempos de exposición del agua en el reactor UV siguen siendo breves, lo cual no es el caso en el modo de referencia.

40 El valor a determinar a continuación es el valor ρ_{∞} , que se usa para obtener la pureza del agua a la salida del dispositivo de purificación. Este parámetro se calcula por un método de extrapolación analítico que se explica a continuación.

Al designar mediante k_{α} la relación entre los términos $\rho(t)$ y ρ_{∞} y mediante $e^{-\alpha}$ la fórmula $e^{-t/T}$, por cuestiones de simplicidad, obtenemos lo siguiente:

$$1/k_{\alpha} = 1 + (\rho_{UPW}/\rho_{\infty} - 1) e^{-\alpha}$$

45 Estableciendo que esta fórmula se aplica igualmente al modo de referencia, en la parte izquierda de su curva ($u_{comienzo, longitud}(t)=0$) durante el mismo tiempo de residencia, obtenemos:

$$K_{REF} = \rho(t)_{REF}/\rho_{REF} \text{ y}$$

$$e^{-\alpha} = (1 - K_{REF})/K_{REF} \times \rho_{\infty REF}/(\rho_{UPW} - \rho_{\infty REF})$$

50 Entonces es posible expresar k_{α} como una función de ρ_{∞} y los parámetros que son conocidos mediante el uso del modo de referencia (K_{REF} , ρ_{UPW} y $\rho_{\infty REF}$)

Al utilizar el tiempo de residencia t como un parámetro de trabajo que tiende hacia el infinito, es posible, usando un método iterativo estándar, hacer que k_{α} y ρ_{∞} evolucionen sucesivamente hasta que converja el último parámetro mencionado.

Se obtiene de esta manera el valor de la resistividad que tendría el agua en los medios de oxidación si se hubiera

quedado allí por un período infinito, es decir, si la oxidación de sus compuestos orgánicos hubiera continuado hasta completarse.

5 Los métodos convencionales, por ejemplo, los utilizados por el programa MINTEQA2, operan entonces desde el valor de la resistividad en el infinito hasta el contenido de carbono orgánico total (TOC) del agua, es decir, su pureza expresada en ppb.

Es posible aplicar numerosas variantes como una función de las circunstancias, y en este aspecto, se debe señalar que la invención no se limita a los ejemplos descritos y demostrados.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de purificación que tiene un dispositivo para analizar la cantidad de compuesto orgánico existente en un líquido, tal como agua ultrapura, a la salida de dicho dispositivo de purificación, donde el citado dispositivo de purificación incluye, dispuestos en serie, medios de filtración (1) medios de oxidación (2) y medios de pulido (3), e incluye además, medios (4) para medir la resistividad del agua, con el fin de determinar su pureza, donde dichos medios están configurados para medir la pureza del agua a la salida de los medios de filtración y a la salida de los medios de oxidación, caracterizado porque los mencionados medios de medición incluyen solo una célula de medición de la resistividad (4) ubicada en serie en el circuito entre el punto de salida (12) de los medios de oxidación (2) y el punto de entrada (31) de los medios de pulido (3) y porque se proveen medios de conexión y medios de control de la circulación de fluidos, que están adaptados para lo siguiente:
- prohibir la circulación del fluido entre el punto de salida (12) de los medios de filtración (1) y el punto de entrada (21) de los medios de oxidación (2), mientras que al mismo tiempo permiten la circulación del fluido entre el punto de salida (12) de los medios de filtración (1) y el punto de entrada (41) de la célula de medición de la resistividad (4) o
 - permitir la circulación del fluido entre el punto de salida (12) de los medios de filtración (1) y el punto de entrada (21) de los medios de oxidación (2) al mismo tiempo que impiden la circulación del fluido entre el punto de salida (12) de los medios de filtración (1) y el punto de entrada (41) de la célula de medición de la resistividad (4).
2. Un dispositivo según la reivindicación 1, en el que el punto de salida (12) de los medios de filtración se conecta con dicha célula de resistividad (4) mediante un circuito derivado que comprende una válvula de retención (5), que se abre solo si la presión en la entrada alcanza un valor predefinido.
3. Un dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en el que el punto de salida (12) de los medios de filtración (1) se conecta con el punto de entrada (21) de los medios de oxidación (2), mediante una simple válvula de análisis (6) con dos posiciones, abierta y cerrada.
4. Un dispositivo según la reivindicación 2, en combinación con la reivindicación 3, en el que la válvula de dos posiciones se sitúa en el lado corriente abajo del punto de partida del circuito derivado.
5. Un dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la válvula de análisis (6) y los medios de medición (4) se conectan a una unidad de control y cálculo (7), que incluye un módulo de control (9) adaptado para comandar la apertura y el cierre de la válvula de análisis (6) en una secuencia predefinida y un módulo de cálculo (10), adaptado para recoger el valor de resistividad de dicha célula de medición (4) para deducir a partir de dicho valor, la pureza del agua en tiempo real.

Fig. 1

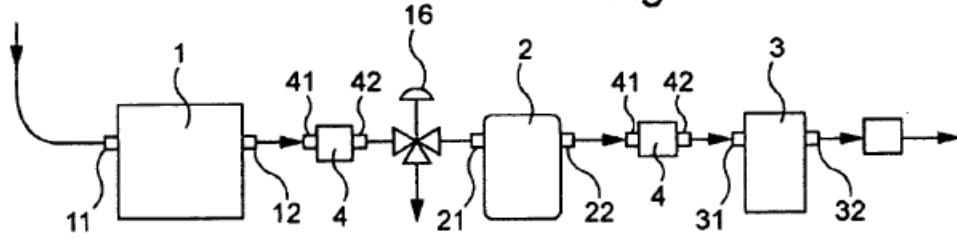


Fig. 2

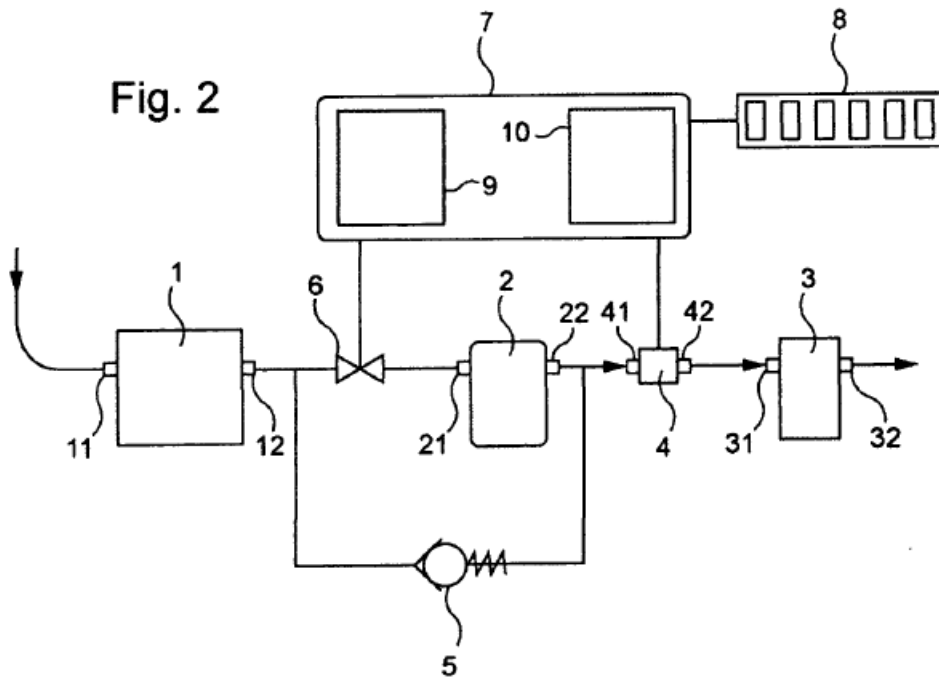


Fig. 3

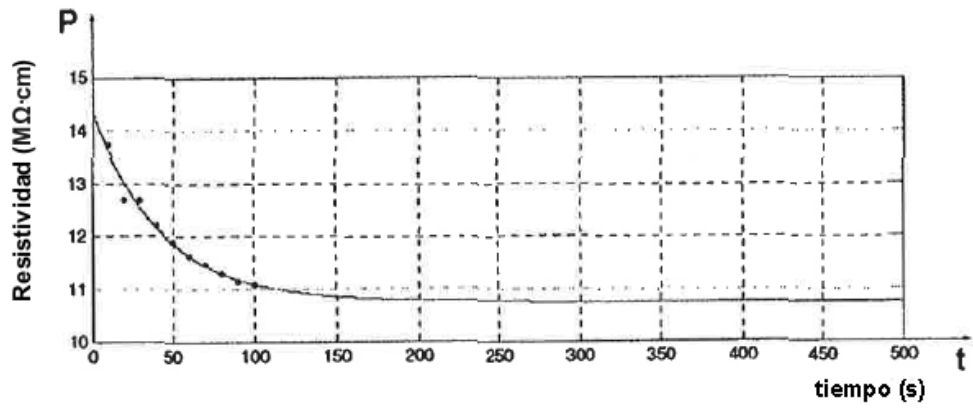


Fig. 4

