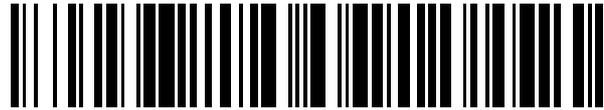


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 662 961**

51 Int. Cl.:

<b>C02F 1/32</b>	(2006.01)
<b>C02F 1/461</b>	(2006.01)
<b>C02F 1/04</b>	(2006.01)
<b>C02F 1/44</b>	(2006.01)
<b>C02F 1/469</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.02.2014 PCT/IL2014/050171**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.08.2014 WO14125495**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.02.2014 E 14715119 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.01.2018 EP 2956411**

54 Título: **Método y sistema para el tratamiento del agua**

30 Prioridad:

**18.02.2013 US 201313769395**

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

**10.04.2018**

73 Titular/es:

**BIOPUREMAX (2015) LTD. (100.0%)  
4 Hassadnaot Street  
46728 Herzeliya Pituach, IL**

72 Inventor/es:

**SACKSTEIN, SHLOMO**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

Observaciones :

**Véase nota informativa (Remarks, Remarques o Bemerkungen) en el folleto original publicado por la Oficina Europea de Patentes**

**ES 2 662 961 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

Método y sistema para el tratamiento del agua

5 **Campo técnico**

Las realizaciones se refieren al tratamiento del agua.

10 **Antecedentes**

10 Una variedad de industrias, incluyendo las industrias farmacéuticas y de microelectrónica requieren agua depurada que cumpla con los requisitos de depuración predeterminados para sus procesos de fabricación. Los procesos que normalmente se usan para tratar el agua municipal para obtener agua depurada generalmente son intensivos en cuanto a recursos y capital, y generalmente requieren varias etapas de tratamiento diferentes. La solicitud de publicación de patente de los Estados Unidos US 2003/0034292 A1 desvela tal proceso. El agua municipal puede ser agua con alto contenido mineral. si el agua de alto contenido mineral, también conocida como agua dura, no se trata de manera apropiada, puede generar la acumulación de depósitos minerales, también conocidos como incrustaciones, en tuberías y equipos, y puede causar corrosión.

20 La incrustación tiene el potencial de dañar los equipos e inhibir el flujo. Como resultado, una etapa de tratamiento de agua convencional se refiere al ablandamiento del agua dura para reducir la concentración de calcio, magnesio y/u otros cationes metálicos. El agua proporcionada por el suministro de agua municipal también se puede tratar añadiendo desinfectantes tales como cloro libre, cloramina y ozono con el fin de inhibir a los microorganismos presentes en el agua para obtener agua desinfectada.

25 Por otro lado, los desinfectantes mencionados anteriormente son agentes oxidantes fuertes que pueden tener la capacidad de causar daños en las tuberías y equipos usados en la industria farmacéutica y microelectrónica produciendo la oxidación, por ejemplo, de metales, lo que también se puede denominar corrosión. Los agentes oxidantes tienen alta capacidad de dañar las membranas de ósmosis inversa y las resinas de electrodesionización en continuo (EDIC). Por estos motivos, puede ser necesario eliminar estos desinfectantes oxidantes.

30 **Resumen**

35 Los aspectos de las realizaciones se refieren a proporcionar un sistema y un método para el tratamiento del agua que emplea un reductor no químico del potencial de incrustación que reduce el potencial de incrustación del agua sometiendo a un proceso de disociación electroinducido (de ahora en adelante: electrolisis), y un aparato reductor desinfectante no químico, constituido por un aparato reductor desinfectante ultravioleta (UV) que comprende una fuente de luz UV operativa para eliminar de manera sustancial los desinfectantes del agua para obtener agua a la salida del reductor desinfectante UV, que en lo sucesivo en el presente documento se puede denominar "agua de alimentación pretratada" para su uso como agua de alimentación adecuada, en una ósmosis inversa (OI) de paso único o doble para la producción de agua depurada (AD) y/o agua altamente depurada (AAD), agua para inyección (API) procesos de destilación y/o generadores de vapor puro (GVP).

45 El empleo de la electrolisis para la reducción del potencial de incrustación del agua y de una fuente de luz UV para eliminar de manera sustancial desinfectantes del agua puede ser ventajoso, entre otras cosas, con respecto a la huella ambiental y/o a los costes operativos y/o al mantenimiento del sistema de tratamiento del agua. Por ejemplo, la cantidad de residuos líquidos no deseados producidos empleando este método se evitará por completo y esto se traducirá en ahorros significativos en el uso del agua. Por ejemplo, el empleo de un reductor electrolítico del potencial de incrustación evita la necesidad de emplear resinas orgánicas que son propensas a filtrar e incubar bacterias suspendidas en el agua. Dicho de otro modo, el sistema carece de resinas orgánicas, de manera que el desarrollo de biopelículas en las tuberías del sistema y/o en los equipos, al menos en ese aspecto, se puede retrasar de manera significativa o se puede evitar por completo. Dado que el sistema de tratamiento puede carecer de resinas orgánicas, la necesidad de gestionar y tratar los residuos líquidos, que están relacionados con las resinas orgánicas, se volverá superflua.

55 Los aspectos de las realizaciones también se pueden relacionar con un método que incluye la reducción del potencial de incrustación del agua mediante electrolisis haciendo pasar agua (por ejemplo, mediante un sistema de descarga o de circulación de agua) a través del reductor electrolítico del potencial de incrustación y eliminando de manera sustancial los desinfectantes del agua mediante irradiación del agua con luz UV haciendo pasar agua (por ejemplo, mediante un sistema de descarga o de circulación de agua) a través del reductor desinfectante de UV. En algunas realizaciones, el método puede incluir el saneamiento de al menos el reductor electrolítico del potencial de incrustación y el reductor desinfectante UV, con agua a temperaturas que varían, por ejemplo, de aproximadamente 65 °C a aproximadamente 95 °C.

65 Como consecuencia, la disminución del potencial de incrustación y de la concentración de desinfectante del agua de acuerdo con las realizaciones, puede implicar procesos que pueden hacer que el sistema de tratamiento

permanezca sustancialmente libre de incrustaciones mientras que al mismo tiempo el empleo de reactivos químicos en el sistema de tratamiento se reducirá significativamente o se obviará por completo, reduciendo u obviando de este modo, según corresponda, la necesidad de gestionar residuos químicos no deseables y aguas residuales relacionadas.

5 De acuerdo con la invención, el reductor electrolítico del potencial de incrustación y el reductor desinfectante UV se emplean junto con un proceso de ósmosis inversa (OI) de paso único o doble para la producción de agua depurada (AD) y/o agua altamente depurada (AAD), procesos de destilación de agua para inyección (API) y/o generadores de vapor puro (GVP).

10 El reductor electrolítico del potencial de incrustación que comprende un cátodo cargado negativamente y un ánodo cargado positivamente es operativo para disociar moléculas de agua de un electrolito en hidrogeniones ( $H^+$ ) y aniones hidroxilo ( $OH^-$ ). La reducción de hidrogeniones en el ánodo genera gas de hidrógeno y la concentración de ion  $OH^-$  aumenta en el cátodo cargado negativamente. De lo anterior se deduce que el aumento de la concentración de  $OH^-$  cerca del cátodo se relaciona con el aumento del valor de pH o de alcalinidad cerca del cátodo. El aumento del pH cerca de y/o en el cátodo puede provocar la precipitación local de incrustaciones que, a su vez, reducen el potencial de incrustación del agua recibida por el reductor electrolítico del potencial de incrustación.

20 La reducción del potencial de incrustación del agua se puede realizar de tal manera que para un intervalo dado de parámetros (por ejemplo, temperatura, presión, caudal y/o conductividad) del agua en el sistema de tratamiento del agua, ésta última permanece con un potencial de incrustación reducido aguas abajo del reductor electrolítico del potencial de incrustación y opcionalmente aguas abajo del reductor desinfectante UV, para permitir al equipo, como en los aparatos de ósmosis inversa y/o desionización y destilación o el generador de vapor puro, funcionar sin una acumulación significativa de incrustación interna. Dicho de otro modo, el reductor electrolítico del potencial de incrustación se configura de tal manera que el potencial de incrustación en su salida es tal que, para los parámetros de agua dados, las condiciones de equilibrio para la acumulación de incrustación en el sistema de tratamiento de agua, aguas abajo del reductor electrolítico del potencial de incrustación, por ejemplo, en un aparato o aparatos de OI, EDIC y/o GVP y/o de destilación de API y, opcionalmente, de sus respectivas salidas de agua, permanecen sustancialmente insatisfechas. Por ejemplo, el potencial de incrustación del agua se puede reducir a una medida tal que el sistema de tratamiento permanezca sustancialmente libre de incrustaciones al menos hasta el lugar donde el agua sale del sistema de tratamiento y, opcionalmente, hasta el lugar del punto de uso del consumidor. Por ejemplo, el potencial de incrustación del agua se puede reducir mediante el reductor electrolítico del potencial de incrustación a una medida tal que para una temperatura y presión dada del agua, se puede retrasar el tiempo que tarda en acumularse la incrustación, por ejemplo, en un factor de aproximadamente 1,5, 2, 3 o 4, o mayor. Por ejemplo, el potencial de incrustación del agua en el sistema de tratamiento del agua se puede reducir a una medida para obtener agua de alimentación pretratada, de manera que un aparato de ósmosis inversa y/o EDIC y/o de destilación y/o un GVP proporcione, al menos en la salida del producto, agua de alta calidad sustancialmente libre de incrustación que se puede calificar como AD, AAD, VP o API. En algunas realizaciones, excluyendo el reductor electrolítico del potencial de incrustación, el sistema de tratamiento de agua puede carecer de incrustaciones.

40 En relación con lo anteriormente comentado, los aspectos de las realizaciones del método para el tratamiento de agua recibida en un sistema de tratamiento, incluyen la reducción del potencial de incrustación del agua sometiendo el agua a electrolisis mediante un reductor electrolítico del potencial de incrustación; y sustancialmente, la eliminación del desinfectante del agua irradiando el agua con luz ultravioleta mediante un reductor desinfectante UV.

45 En realizaciones, el método puede incluir el saneamiento del reductor electrolítico del potencial de incrustación dejando circular agua caliente a través del mismo a una temperatura, por ejemplo, que varía de aproximadamente 65 °C a aproximadamente 95 °C.

50 En realizaciones, el método puede incluir el saneamiento del aparato reductor desinfectante UV dejando circular agua caliente a través del mismo a una temperatura, por ejemplo, que varía de aproximadamente 65 °C a aproximadamente 95 °C.

55 En realizaciones, el método puede incluir el saneamiento de tuberías y un tanque de almacenamiento del sistema de tratamiento a través de los cuales circula agua caliente.

En realizaciones, el agua recibida circula primero a través del reductor electrolítico del potencial de incrustación para reducir el potencial de incrustación del agua y después a través del reductor desinfectante ultravioleta para la eliminación del desinfectante.

60 En realizaciones, el agua recibida circula primero a través del reductor desinfectante ultravioleta para la eliminación del desinfectante y después a través del reductor electrolítico del potencial de incrustación para reducir el potencial de incrustación del agua.

65 En realizaciones, el potencial de incrustación del agua recibida se reduce hasta cierto punto mediante el reductor electrolítico del potencial de incrustación para producir agua con un potencial de incrustación reducido de manera

que las condiciones requeridas para la acumulación de incrustación permanezcan sustancialmente insatisfechas al menos hasta que el agua abandona el sistema de tratamiento.

5 En realizaciones, la concentración de metal catiónico polivalente es aproximadamente igual o superior a aproximadamente 100 ppm como equivalente de  $\text{CaCO}_3$ .

En realizaciones, la concentración de metal catiónico polivalente es aproximadamente igual o superior a aproximadamente 400 ppm como equivalente de  $\text{CaCO}_3$ .

10 En realizaciones, el potencial de incrustación del agua se reduce de manera que el tiempo de precipitación aguas abajo del reductor desinfectante UV se multiplica al menos por un factor de uno y medio para una concentración de catión polivalente, una presión del agua y una temperatura del agua dadas.

15 En realizaciones, la concentración de catión polivalente en el agua puede ser de aproximadamente 100 ppm, como equivalente de  $\text{CaCO}_3$ , o superior, la presión de agua puede ser igual a 1 bar o más; y la temperatura del agua puede estar al menos por encima de los 4 °C y hasta 95 °C.

20 En realizaciones, la concentración de catión polivalente en el agua puede ser de aproximadamente 180 ppm, como equivalente de  $\text{CaCO}_3$ , o superior, la presión de agua puede ser de aproximadamente 12 bares o más, y la temperatura del agua puede estar al menos por encima de 4 °C y hasta 95 °C.

25 En realizaciones, la concentración de catión polivalente en el agua puede ser de aproximadamente 180 ppm o superior, como equivalente de  $\text{CaCO}_3$ , la presión de agua puede ser igual a aproximadamente 15 bares o más, y la temperatura del agua puede estar al menos por encima de 4 °C y hasta 95 °C.

En realizaciones, la concentración de catión polivalente en el agua puede ser de aproximadamente 180 ppm o superior, como equivalente de  $\text{CaCO}_3$ , la presión de agua puede ser igual a aproximadamente 15 bares o más, y la temperatura del agua puede estar al menos por encima de 4 °C y hasta 95 °C.

30 En realizaciones, el reductor electrolítico del potencial de incrustación del agua puede reducir el potencial de incrustación del agua sin emplear reactivos químicos.

En realizaciones, el método puede incluir someter el agua a desionización.

35 En realizaciones, el método puede incluir la evaporación del agua para obtener al menos uno de los productos seleccionados de un grupo de productos de agua de alta calidad que consisten en: agua para inyección y vapor puro.

40 Los aspectos de las realizaciones se refieren a un sistema de tratamiento del agua, que comprende: un reductor electrolítico del potencial de incrustación; y un reductor desinfectante ultravioleta que está en comunicación fluida con el reductor electrolítico del potencial de incrustación.

45 En realizaciones, el reductor electrolítico del potencial de incrustación puede ser operativo para reducir el potencial de incrustación del agua proporcionada por un suministro de agua potable para obtener agua con potencial de incrustación reducido y para proporcionar al reductor desinfectante ultravioleta con agua con el potencial de incrustación reducido para eliminar sustancialmente los desinfectantes del agua con potencial de incrustación reducido.

50 De acuerdo con la invención, el sistema de tratamiento del agua comprende un aparato de ósmosis inversa y opcionalmente un aparato de desionización que están en comunicación fluida con el reductor electrolítico del potencial de incrustación y el reductor desinfectante ultravioleta.

55 En realizaciones, el sistema de tratamiento de agua puede ser sin un suministro de bisulfito de sodio y sin un filtro de carbón activo usado en sistemas convencionales para la eliminación de impurezas.

60 La expresión "agua de alta calidad" tal como se usa en el presente documento se puede referir a agua que tiene menor concentración de impurezas en comparación con el agua de alimentación pretratada. La expresión "impurezas", tal como se puede usar en el presente documento en la memoria descriptiva y/o en las reivindicaciones, se puede referir a impurezas relacionadas con el agua y a cualquier combinación de las mismas seleccionada de un grupo que consiste en: iones, microorganismos y compuestos orgánicos.

65 Este resumen se proporciona para introducir una selección de conceptos de una manera sencilla que se describirán con detalle a continuación en la descripción detallada. Este resumen no pretende identificar características clave o características esenciales de la materia objeto reivindicada, ni pretende que se use como limitante del alcance de la materia objeto reivindicada.

### Breve descripción de las figuras

A continuación se describen ejemplos no limitantes de realizaciones, con referencia a las figuras adjuntas que se enumeran a continuación de este párrafo. Las estructuras, elementos o partes idénticas que aparecen en más de una figura, generalmente se marcan con el mismo número en todas las figuras en las que aparecen, y se puede usar una etiqueta numérica que representa una característica dada en una figura para hacer referencia a la característica dada. Las dimensiones de los componentes y las características mostradas en las figuras se eligen por conveniencia y claridad de la presentación y no se muestran necesariamente a escala.

- La Fig. 1 es una ilustración esquemática de un sistema de tratamiento de agua, de acuerdo con una realización; la Fig. 2 es una ilustración esquemática de un sistema de tratamiento de agua, de acuerdo con otra realización; la Fig. 3 es una ilustración esquemática de un sistema de tratamiento de agua, de acuerdo con una realización alternativa; la Fig. 4 es una ilustración esquemática de un sistema de tratamiento de agua, de acuerdo con otra realización alternativa; la Fig. 5 es una ilustración de un diagrama de flujo del método para el tratamiento de agua, de acuerdo con una realización; la Fig. 6 es una ilustración esquemática de un sistema de tratamiento de agua, de acuerdo con otra realización alternativa; la Fig. 7A es un gráfico lineal que muestra la conductividad antes del tratamiento del agua (conductividad de alimentación) y después del tratamiento de agua (conductividad del permeado) a diversos intervalos, de agua tratada usando un método de acuerdo con una realización; la Fig. 7B es un gráfico lineal que muestra el flujo de agua (flujo de permeado) a través de un aparato de ósmosis inversa, el agua tratada usando un método de acuerdo con una realización, y la Fig. 7C es un gráfico lineal que muestra la presión diferencial de una membrana de ósmosis inversa empleada para tratar agua de acuerdo con una realización, a diversos puntos en el tiempo durante la realización de un método para depurar agua.

### Descripción

En la siguiente descripción, se tratan aspectos de realizaciones con respecto a un sistema y a un método de tratamiento del agua.

En algunas realizaciones, el agua de alta calidad obtenida mediante el sistema y el método de tratamiento del agua se puede calificar, por ejemplo, como agua depurada (AD) del compendio de la Farmacopea de los Estados Unidos (USP, *United States Pharmacopoeia*) y/o AD, agua para inyección (API), agua altamente depurada (AAD), agua para hemodiálisis (APH), agua depurada estéril, agua estéril para inyección, agua estéril para irrigación, agua bacteriostática para inyección, agua estéril para inhalación y/o agua con calidad de reactivo de la Farmacopea Europea (EP, *European Pharmacopoeia*). En algunas realizaciones, el vapor obtenido mediante el sistema y el método de tratamiento del agua puede calificarse como vapor puro (VP) del compendio de la Farmacopea de los Estados Unidos (USP) y/o VP de la Farmacopea Europea (EP).

Ahora se hace referencia a la Fig. 1, que ilustra de manera esquemática un sistema de tratamiento de agua, que, en lo sucesivo, en el presente documento, se denominará "sistema de tratamiento" 100, de acuerdo con una realización.

El sistema de tratamiento 100 incluye un reductor electrolítico o no químico del potencial de incrustación del agua 130 que es operativo para reducir el potencial de incrustación del agua obteniendo de este modo agua de alta calidad. El sistema de tratamiento 100 incluye adicionalmente un reductor desinfectante no químico como, por ejemplo, un reductor desinfectante UV 140 que comprende una fuente de luz ultravioleta (por ejemplo, una lámpara de UV a media presión que tiene un amplio espectro de emisión) que es operativa para eliminar sustancialmente los desinfectantes del agua reduciendo la concentración de desinfectantes (por ejemplo, cloro y/o compuestos de cloro libres) disueltos en el agua irradiando el agua con luz UV. Por ejemplo, la concentración de cloro y/o de compuestos de cloro libres se puede reducir a aproximadamente 0,1 partes por millón (ppm) o menor. El reductor desinfectante UV 140 puede tener forma de tubo a través del cual puede circular el agua, y comprende lámparas de UV para irradiar el agua que circula centro del tubo. En algunas realizaciones, el tubo y las lámparas de UV pueden estar dispuestos de manera que la luz UV se refleje internamente en las paredes laterales internas del tubo. El sistema de tratamiento 100 también puede incluir tuberías 110 por ejemplo, configuradas de manera que una fuente de agua 120, un reductor electrolítico del potencial de incrustación 130, un reductor desinfectante UV 140 y un consumidor/salida del sistema 199 puedan estar en comunicación fluida entre sí.

Aunque las realizaciones descritas en el presente documento se puedan relacionar con una configuración en la que el reductor desinfectante UV 140 está conectado aguas abajo del reductor electrolítico del potencial de incrustación 130, esto no debería considerarse como limitante. Algunas o todas las realizaciones indicadas en el presente documento también se pueden referir a una configuración en la que el reductor electrolítico del potencial de incrustación 130 se conecta aguas abajo del reductor desinfectante UV 140.

La reducción del potencial de incrustación del agua mediante electrolisis haciendo circular agua a través del reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** y la eliminación de manera sustancial de desinfectantes del agua mediante irradiación del agua con luz UV, por ejemplo, haciendo circular el agua a través del reductor desinfectante UV **140**, se puede denominar en lo sucesivo en el presente documento "pretratamiento". En algunas realizaciones, el pretratamiento también puede abarcar la adición en línea o en lotes de un desinfectante al agua que se recircula de vuelta en el reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** a través de una tubería de recirculación.

La tubería **110** puede comprender en algunas realizaciones una primera parte **111** de la tubería operativa para recibir el agua de la fuente de agua **120** y estar en comunicación fluida con el reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** para proporcionar a este último con agua **121** suministrada a partir de la fuente de agua **120**. La tubería **110** puede incluir adicionalmente una segunda parte **112** de la tubería. La segunda parte **112** de la tubería puede estar en comunicación fluida con una salida del reductor electrolítico del potencial de incrustación **130**, para recibir agua que tiene el potencial de incrustación reducido y la cual también puede estar en comunicación fluida con una entrada de un reductor desinfectante UV **140** para proporcionarle al reductor desinfectante UV **140** el agua que tiene el potencial de incrustación reducido recibida del reductor electrolítico del potencial de incrustación **130**. Una tercera parte **113** de la tubería puede estar en comunicación fluida con una salida del reductor desinfectante UV **140** para recibir agua del reductor desinfectante UV **140**. La tercera parte **113** de la tubería también puede estar en comunicación fluida con el consumidor **199** para proporcionar a este último el agua recibida del reductor desinfectante UV **140**.

El agua de alimentación pretratada proporcionada por el reductor desinfectante UV **140** puede tener, en comparación con el agua suministrada por la fuente de agua **120**, el potencial de incrustación reducido y puede estar sustancialmente libre de desinfectantes. El agua de alimentación pretratada se puede procesar adicionalmente para obtener agua de alta calidad que se puede suministrar al consumidor/salida del sistema **199** a través de la tercera parte **113** de la tubería.

El reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** comprende un receptáculo **131** (por ejemplo un receptáculo o una pluralidad de receptáculos en disposición paralela con respecto al caudal de entrada de agua) operativo para recibir agua de la fuente de agua **120** a través de la primera parte **111** de la tubería, y un ánodo **132** y un cátodo **133** dispuestos de manera que entren al menos parcialmente en contacto con el agua recibida por el receptáculo **131**. En algunas realizaciones, el cátodo **133** puede constituir al menos parcialmente el receptáculo **131**. Por consiguiente, el cátodo **133** puede tener la forma de un tanque o un contenedor. El ánodo **132** se puede disponer dentro del receptáculo **131** de manera que el cátodo **133** rodea al ánodo **132**. Dicho de otro modo, el cátodo **133** puede ser circunferencial al ánodo **132**. Por ejemplo, si el receptáculo **131** tiene una forma sustancialmente cilíndrica y comprende paredes que se extienden hacia arriba desde una superficie sustancialmente plana, el ánodo **132** se puede posicionar sustancialmente en alineación con el eje de simetría cilíndrico del receptáculo **131**. El ánodo **132** y el cátodo **133** pueden formar, por lo tanto, una cámara de reacción de electrolisis. El ánodo **132** y el cátodo **133** pueden estar fabricados de cualquier material adecuado tal como, por ejemplo, acero inoxidable o acero al carbono. En consecuencia, el receptáculo **131** puede estar fabricado, por ejemplo, de acero inoxidable o de acero al carbono. El reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** puede incluir una fuente de energía (no mostrada) acoplada con el ánodo **132** y el cátodo **133** operativa para generar el flujo de corriente eléctrica a través del agua entre el ánodo **132** y el cátodo **133**. El reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** puede comprender adicionalmente un sensor de conductividad (no mostrado) y un controlador de energía ambos acoplados de manera operativa a la fuente de energía. El sensor de conductividad se configura para que mida la conductividad del agua de entrada. En el caso en el que la conductividad del agua de entrada caiga por debajo de un determinado umbral, el agua se puede desviar a una tubería (no mostrada) que rodea al reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** para evitar que el agua disuelva la incrustación que podría haberse acumulado en el reductor electrolítico del potencial de incrustación **130**.

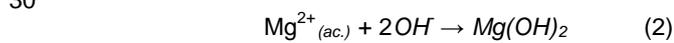
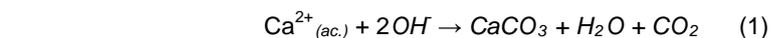
Adicionalmente o como alternativa, la mezcla de agua tratada con agua potable antes de suministrar agua al reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** se puede detener para que el reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** se alimente sustancialmente solo con agua potable, hasta que la conductividad medida del agua de entrada supere el otro umbral predeterminado. Si la conductividad medida del agua de entrada supera el otro umbral predeterminado, se puede reanudar la recirculación del agua tratada.

La diferencia de voltaje a la que pueden someterse el ánodo **132** y el cátodo **133** puede ajustarse en respuesta a la corriente predeterminada para disociar las moléculas de agua en iones  $\text{OH}^-$  y  $\text{H}^+$ . La diferencia de voltaje puede ser, por ejemplo, de aproximadamente 24 V CD o menor. El umbral de corriente predeterminado puede tener, por ejemplo, una magnitud de al menos 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14 amperios o mayor. En algunas realizaciones, la corriente de disociación puede variar, por ejemplo, entre aproximadamente 8 amperios y 12 amperios.

En respuesta a la conducción de una corriente eléctrica a través del agua, la concentración de iones  $\text{OH}^-$  cerca de y/o en el cátodo **133** y la concentración de iones  $\text{H}^+$  cerca de y/o en el ánodo **132** aumenta. El aumento en la concentración de iones  $\text{OH}^-$  puede, a su vez, provocar la acumulación de incrustación cerca de y/o en el cátodo **133**. La acumulación de incrustación cerca de y/o en el cátodo **133** reduce al mismo tiempo el potencial de incrustación del agua en el receptáculo **131**. Se puede suministrar el agua a la salida del reductor electrolítico del potencial de

incrustación **130** una vez que su potencial de incrustación cae por debajo de un determinado umbral. Para una temperatura y presión dadas del agua, y para una concentración de cationes multivalentes dada (medida, por ejemplo, en [ppm] como equivalente de  $\text{CaCO}_3$ ) disueltos en el agua, se puede seleccionar, por lo tanto, la corriente eléctrica que circula a través del agua para reducir el potencial de incrustación del agua recibida para que esté por debajo de un valor tal que las condiciones de equilibrio químico requeridas para la generación de incrustación entre la salida del reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** y la salida del sistema **199** del sistema de tratamiento **100** permanezcan sustancialmente insatisfechas. En otras palabras, el tiempo de precipitación requerido para la generación de incrustaciones se puede aumentar a través de la reducción del potencial de incrustación del agua hasta tal punto que el sistema de tratamiento **100** permanezca sustancialmente sin incrustaciones, al menos desde la salida del reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** hasta al menos el lugar donde el agua sale del sistema de tratamiento **100** para el suministro al consumidor/salida del sistema **199**. En otras palabras, la reducción del potencial de incrustación del agua puede reducir la tendencia a la saturación de incrustaciones aguas abajo del reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** lo que da como resultado el correspondiente aumento en el tiempo de precipitación de incrustaciones por un factor igual a, por ejemplo, al menos aproximadamente 1,5, 2, 2,5, 3, 4, 5, 6 o 7, o mayor, dependiendo del valor de entrada en ppm, como equivalente de  $\text{CaCO}_3$ . Por ejemplo; en una membrana de OI dada, la incrustación puede comenzar a precipitar después de aproximadamente 2 segundos en el agua que tiene una concentración dada de cationes polivalentes de **450** ppm, como equivalente de  $\text{CaCO}_3$ , a una presión de 6 bares a aproximadamente 15 bares y a una temperatura que varía, por ejemplo, entre aproximadamente 15 °C y aproximadamente 25 °C. Si la concentración de cationes polivalentes se reduce en aproximadamente el 1-10 %, la incrustación puede comenzar a precipitar solo tras aproximadamente 10 segundos en la membrana de OI con los mismos parámetros.

Más específicamente, el potencial de incrustación del agua recibida se puede reducir de manera que al menos una de las siguientes condiciones de equilibrio permanezca sustancialmente insatisfecha aguas abajo del reductor electrolítico del potencial de incrustación **130**, por ejemplo, al menos hasta el lugar donde el agua sale del sistema de tratamiento **100**. Por ejemplo, con respecto a los cationes de calcio y magnesio, puede que, por lo tanto, no se produzcan las siguientes reacciones:



El potencial de incrustación del agua del agua recibida se puede reducir a una medida tal que se tenga que eliminar la incrustación del receptáculo **131** como mucho, por ejemplo, aproximadamente 1 vez al mes, cada 2 meses, cada 3 meses, cada 6 meses, cada 8 meses, cada 10 meses o cada 12 meses. La incrustación se puede eliminar del receptáculo **131** de manera no química, es decir, que no se tiene que emplear reactivos químicos de limpieza para eliminar la incrustación. La incrustación se puede eliminar abriendo la válvula de drenaje inferior (no mostrada) del receptáculo **131** o, opcionalmente, agitando el receptáculo para que toda la incrustación acumulada en el receptáculo **131** se caiga y/o se desprenda de las paredes.

En algunas realizaciones, el potencial de incrustación del agua del agua recibida se puede reducir, por ejemplo, depositando aproximadamente 0,01  $\text{kg/m}^3$  o menor de, por ejemplo, incrustación de  $\text{CaCO}_3$ , incluso más de 0, o igual o más de 0,01 gramo de incrustación/ $\text{m}^3$ , por ejemplo,  $\text{CaCO}_3$ . Considerando un caudal de entrada de agua en el reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** de aproximadamente, por ejemplo, de 1 a 2  $\text{m}^3/\text{h}$ , la cantidad de incrustación depositada en el reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** puede variar, por ejemplo, de aproximadamente 0,001 kg a aproximadamente 0,002 kg de incrustación al día. En algunas realizaciones, se pueden depositar menos de 0,001 kg de incrustación para un caudal de entrada de agua por ejemplo de aproximadamente 1 a 2  $\text{m}^3/\text{h}$  al día.

En algunas realizaciones, el reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** puede estar operativo para recibir agua que tiene un potencial de incrustación indicado por la conductividad que varía, por ejemplo, de aproximadamente **200** MicroSiemens/centímetro ( $\mu\text{Siemens/cm}$ ) a, por ejemplo, aproximadamente 5000  $\mu\text{Siemens/cm}$  y reducir el potencial de incrustación del agua recibida usando un proceso en el que no se introduce y/o se añaden reactivos químicos en el sistema de tratamiento **100**, de manera que éste último permanece sustancialmente sin incrustación aguas abajo del reductor electrolítico del potencial de incrustación **130**. El sistema de tratamiento **100** puede, por ejemplo, permanecer sin incrustaciones al menos hasta el lugar donde el agua sale del sistema de tratamiento **100**. La conductividad a la salida del reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** puede permanecer sustancialmente inalterada. En algunas realizaciones, la conductividad del agua aguas abajo del reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** y/o aguas abajo del reductor desinfectante UV **140** puede ser tal que impida la oxidación en el sistema de tratamiento **100**, por ejemplo, para evitar el daño de las membranas, EDIC y tuberías/equipo **110** y/o de otro equipo de sistema de tratamiento **100**. En otras palabras, aguas abajo del reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** y/o aguas abajo del reductor desinfectante UV **140**, el agua, puede ser sustancialmente insensible a la oxidación con respecto al equipo de un sistema de tratamiento de acuerdo con una realización.

En algunas realizaciones, el reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** puede estar operativo para

reducir de manera suficiente el potencial de incrustación del agua para generar agua con potencial de incrustación reducido a una tasa que varía, por ejemplo, de aproximadamente 50 litros/hora a aproximadamente 50.000 litros/hora. La energía que se tiene que proporcionar para obtener aproximadamente 1.000 litros por hora de agua con potencial de incrustación reducido puede variar, por ejemplo, de aproximadamente 20 vatios a aproximadamente 500 vatios por 1000 l/h.

En algunas realizaciones, el reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** se puede configurar para que libere dióxido de carbono generado en las cámaras de reacción. Como resultado de esto, el efecto que podría tener el dióxido de carbono sobre la medición de la conductividad del agua que circula a través del sistema de tratamiento como, por ejemplo, en las salidas del producto de al menos un aparato de OI (por ejemplo, OI de paso único o doble) y/o DI y/o EDIC y/o de destilación de API y/o GVP, se puede reducir o eliminar de manera sustancial.

Por consiguiente, la medición de la conductividad aguas abajo del reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** puede estar sustancialmente inalterada por el dióxido de carbono. La configuración del reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** de tal forma que elimine el dióxido de carbono del agua, puede evitar la necesidad emplear otras medidas de eliminación de dióxido de carbono tales como añadir un reactivo químico, como NaOH, aumentar el valor del pH del agua, o disponer las membranas de contacto para recibir flujo de fluido acuoso sobre un lado y un gas de barrido y/o de vacío aplicado al otro lado de la membrana.

El sistema de tratamiento **100** se puede configurar para que se pueda sanear con agua caliente a una temperatura que varía, por ejemplo, de aproximadamente 65 °C a aproximadamente 95 °C. Por ejemplo, el sistema de tratamiento **100** se puede configurar de manera que el suministro de agua **121** se pueda calentar para fines de saneamiento. En algunas realizaciones, el agua tratada mediante el reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** se puede recircular de manera que, a pesar del aumento en la temperatura del agua para fines de saneamiento, no se generan incrustaciones. El agua caliente puede circular a través del reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** y la lámpara de UV **140** sustancialmente sin infligirle ningún daño y sustancialmente sin perjudicar a su posterior operación de reducción electrolítica del potencial de incrustación. Dicho de otro modo, el reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** y la lámpara de UV **140** permanecen sustancialmente inalteradas con respecto a su funcionalidad al someterse al saneamiento con agua caliente.

Se observa que los temas que se relacionan con "agua corriente" y "agua que pasa" a través del equipo y variaciones gramaticales de las mismas también pueden abarcar el significado de expresiones como "agua que fluye", "agua de descarga" y/o "agua de circulación" a través del equipo mientras el equipo está en un modo de operación en el que se eliminan las impurezas del agua, o en un modo de saneamiento en el que se sana el equipo y las tuberías.

Ahora se hace referencia a la Fig.2, que ilustra de manera esquemática un sistema de tratamiento de agua **200** de acuerdo con otra realización.

En algunas realizaciones, el sistema de tratamiento **200** puede incluir un tanque de almacenamiento **250** que está en comunicación fluida con una fuente de agua **120** para almacenar el agua suministrada por la fuente de agua **120**. En algunas realizaciones, la fuente de agua **120** puede ser, por ejemplo, una fuente de abastecimiento de agua potable o urbana. Se puede proporcionar un filtro de disco o cualquier otro tipo de filtro (no mostrado) para filtrar el agua potable que entra en el tanque de almacenamiento **250**.

El sistema de tratamiento **200** puede incluir adicionalmente una bomba **160** que tiene una entrada **161** de la bomba que se acopla con una salida **256** del tanque de almacenamiento **250** u una salida **162** de la bomba que se acopla con la entrada del reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** para bombear agua desde el tanque de almacenamiento **250** al reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** a través de una primera parte **111** de la tubería a caudales que varían, por ejemplo, de aproximadamente 50 a aproximadamente 50.000 litros/hora. La bomba **160** puede estar operativa para proporcionar una presión de salida de la bomba que varía, por ejemplo, entre aproximadamente 1 bar y aproximadamente 5 bares.

La capacidad del tanque de almacenamiento **250** puede variar, por ejemplo, de aproximadamente 50 a aproximadamente 10.000 litros y puede estar fabricado de cualquier material adecuado tal como, por ejemplo, acero al carbono o acero inoxidable que puede ser, por ejemplo, de serie austenítica o de grado 300, tal como, por ejemplo, de grado 304 o de grado 316L. Por ejemplo, las partes del tanque de almacenamiento **250**, que pueden entrar en contacto con el agua suministrada por la fuente de agua **120** a través de una primera entrada **251** al tanque, pueden estar fabricadas de acero inoxidable de grado 316L, y las partes del tanque de almacenamiento **250**, que en general no entran en contacto con el agua suministrada por la fuente de agua **120**, pueden estar fabricadas de acero inoxidable de grado 304 o de acero al carbono.

Como se indicó anteriormente de manera resumida, el sistema de tratamiento de acuerdo con una realización puede estar configurado para someterse a saneamiento con agua caliente a una temperatura de saneamiento que varía, por ejemplo, de aproximadamente 65 °C a aproximadamente 95 °C. Por ejemplo, el tanque de almacenamiento **250** puede estar equipado con un elemento de calentamiento y/o un intercambiador de calor sobre la salida de la bomba

(no mostrado) operativo para calentar el agua en el tanque de almacenamiento **250** hasta la temperatura de saneamiento deseada. La operación del elemento de calentamiento se puede controlar en respuesta a un sensor de temperatura (no mostrado) que detecta la temperatura del agua en el tanque de almacenamiento **250**. En consecuencia, el tanque de almacenamiento **250**, la primera parte **111** de la tubería y la segunda parte **112** de la tubería y la tubería de alimentación de retorno **114** relacionada también se pueden someter a saneamiento con agua caliente.

El tanque de almacenamiento **250** puede estar equipado con una válvula de entrada de agua (no mostrada) que regula el suministro de agua al tanque de almacenamiento **250** y un dispositivo de medición de nivel (no mostrado) para el control del nivel de agua en el tanque de almacenamiento **250**. La válvula de entrada puede estar acoplada de manera operativa con el dispositivo de medición del nivel, de manera que la válvula de entrada funcione de acuerdo con el nivel de agua medido por el dispositivo de medición del nivel. La válvula interna puede, por ejemplo, ser una válvula accionada neumáticamente. El dispositivo de medición del nivel puede, por ejemplo, estar constituido por un dispositivo de medición analógico o digital o híbrido analógico y digital. Un dispositivo digital de medida de nivel puede incluir por ejemplo una pluralidad de interruptores de nivel. La pluralidad de los interruptores de nivel se puede posicionar a diferentes alturas del tanque de almacenamiento **250** para proporcionar, a las respectivas alturas de posición, una indicación de la presencia de agua en el tanque de almacenamiento **250**. Por ejemplo, un interruptor de primer nivel se puede localizar cerca de o al fondo del tanque de almacenamiento **250** para proporcionar una indicación cuando el nivel de agua en el tanque de almacenamiento **250** está por debajo de un umbral de nivel de agua requerido para una operación segura de la bomba **160**. Un segundo interruptor de nivel se puede localizar por encima del primer interruptor de nivel y proporciona, por ejemplo, una indicación del requerimiento de relleno del tanque de almacenamiento **250** con agua. Un tercer interruptor de nivel se puede posicionar por encima del segundo interruptor de nivel para proporcionar una indicación para detener el suministro de agua al tanque de almacenamiento **250**. Un cuarto interruptor de nivel puede proporcionar por encima del tercer interruptor de nivel, por ejemplo, cerca de o en la parte superior del tanque de almacenamiento **250** para alertar sobre un posible desbordamiento en el tanque de almacenamiento **250**.

En algunas realizaciones, el tanque de almacenamiento **250** se puede configurar para que soporte la presión atmosférica y/o el vacío, y puede comprender una rejilla de ventilación y una tubería de desbordamiento. Las superficies internas del tanque **250** que pueden entrar en contacto con el agua suministrada por la fuente de agua **120** pueden tener grados de acabado de superficie adecuados, por ejemplo, que varían desde un grado alimenticio a un grado de rugosidad  $Ra=0,4$  micrómetros o menor, con o sin electropulido.

En algunas realizaciones, las partes del tanque de almacenamiento **250** que pueden entrar en contacto con el agua suministrada por la fuente de agua **120** se pueden configurar de manera que se puedan sanear, por ejemplo, a una temperatura que varíe de aproximadamente 65 °C a aproximadamente 95 °C, sin llegar a dañarse por la misma. Al menos algunas partes del armazón **258** del tanque se pueden aislar del medio ambiente, por ejemplo, mediante cloro y/o lana mineral sin amianto o mediante cualquier otro material adecuado. La pared externa del armazón **258** del tanque puede estar fabricada, por ejemplo, de acero inoxidable de grado **304** y/o de cualquier otro material adecuado.

La bomba **160** puede, representarse, por ejemplo, por una bomba centrífuga y puede estar fabricada de cualquier material adecuado, tal como, por ejemplo, acero inoxidable de grado **316**. La bomba **160** puede comprender un controlador (no mostrado) operativo para ajustar la velocidad de la bomba y opcionalmente alertar sobre un fallo en la bomba **160**.

Se hace referencia adicional a la Fig. 3, que ilustra de manera esquemática un sistema de tratamiento de agua **300** de acuerdo con una realización alternativa. En algunas realizaciones, el sistema de tratamiento **300** puede recibir agua de una pluralidad de fuentes de agua (no mostradas). Una primera fuente de agua (no mostrada) puede, por ejemplo, suministrar agua urbana o agua potable **121A** y una segunda fuente de agua puede suministrar, por ejemplo, agua recirculada **121B**, tal como se indica a continuación con más detalle en el presente documento.

El sistema de tratamiento **300** incluye una tubería **110** que puede incluir adicionalmente una tubería de alimentación de retorno **114** que se extiende en comunicación fluida desde la segunda parte **112** de la tubería hasta dividir a ésta última en dos secciones, **112A** y **112B** de manera que la tubería de alimentación de retorno **114** y la sección **112B** están en comunicación fluida en paralelo con la sección **112A**. El flujo de agua proporcionado por el reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** se divide por lo tanto entre la tubería de alimentación de retorno **114** y la sección **112B**. El caudal de agua en la tubería de alimentación de retorno **114** y la sección **112B** puede, por ejemplo, se puede dirigir mediante una válvula manual (no mostrada). La entrada de la tubería de alimentación de retorno **114** puede estar en comunicación fluida con la salida del reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** y una salida de la tubería de alimentación de retorno **114** puede estar en comunicación fluida con la entrada del reductor electrolítico del potencial de incrustación **130**, por ejemplo, a través del tanque de almacenamiento **250** mediante una segunda entrada **252** del tanque, de manera que una primera cantidad de agua con potencial de incrustación reducido proporcionada por el reductor electrolítico del potencial de incrustación **130**, se puede proporcionar al reductor desinfectante UV **140**, y una segunda cantidad de agua con potencial de incrustación reducido se puede recircular de nuevo al reductor electrolítico del potencial de incrustación **130**. A través del reductor

electrolítico del potencial de incrustación **130** y el reductor desinfectante UV **140**, con fines de saneamiento, puede descargarse agua caliente a una temperatura que varía, por ejemplo, de aproximadamente 65 °C a aproximadamente 95 °C, sin que afecte negativamente a su funcionalidad en relación con la disminución del potencial de incrustación del agua y la concentración de desinfectante en el agua. Además, el sistema de tuberías **110**, incluyendo la tubería de alimentación de retorno **114**, también se puede someter a saneamiento con agua caliente a una temperatura que varía, por ejemplo, de aproximadamente 65 °C a aproximadamente 95 °C.

El sistema de tratamiento **300** puede incluir el tanque de almacenamiento **250** configurado para recibir respectivamente a través de una primera entrada **251** al tanque y una segunda entrada **252** al tanque, por ejemplo, agua potable **121A** y agua recirculada **121B** que la proporciona el reductor electrolítico del potencial de incrustación **130**. Recirculando y mezclando con agua potable algo de agua con potencial de incrustación reducido, antes de bombear de nuevo el agua al reductor electrolítico del potencial de incrustación **130**, se puede reducir la concentración global de los cationes multivalentes disueltos en el agua introducida en el reductor electrolítico del potencial de incrustación **130**. En otras palabras, si no se produjese la circulación, la recirculación podría provocar la reducción del potencial de incrustación del agua recibida por el reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** en comparación con el potencial de incrustación del agua recibida por el reductor electrolítico del potencial de incrustación **130**. Por tanto, la recirculación puede provocar una reducción en la cantidad de energía a invertir para mantener el nivel de potencial de incrustación del reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** por debajo del equilibrio químico al cual se acumula la incrustación.

En algunas realizaciones, se puede proporcionar un filtro (no mostrado) para filtrar el agua que fluye a través de la segunda parte **112A** de la tubería. El filtro se puede configurar para filtrar sólidos suspendidos en el agua y que tienen un diámetro promedio de, por ejemplo, aproximadamente 25 µm o menor, como, por ejemplo, sólidos que tienen un diámetro promedio de aproximadamente 3 µm.

En algunas realizaciones, el sistema de tratamiento **300** puede incluir un aparato de desinfección **170** que está en comunicación fluida con la tubería de alimentación de retorno **114** para desinfectar el agua. El aparato de desinfección **170** puede estar operativo para proporcionar un desinfectante tal como, por ejemplo, hipoclorito, ozono y/o dióxido de cloro y/o cloramina al suministro de agua recirculado **121B**. Posteriormente, la concentración en el agua de uno cualquiera de los desinfectantes mencionados anteriormente, se puede reducir, por ejemplo, mediante el reductor desinfectante UV **140**.

La cantidad de desinfectante que se añade se puede elegir de manera que el tanque de almacenamiento **250** se alimente con agua sustancialmente desinfectada mediante el suministro de agua recirculada **121B** pero, opcionalmente, hasta el punto de conservar algún resto de desinfectante para controlar las bacterias en el suministro de agua **121** al tanque de almacenamiento **250**. Durante la operación, la concentración de cloro y/o de cloraminas y/o de dióxido de cloro libre o total en el tanque de almacenamiento **250** puede variar, por ejemplo, de aproximadamente 0,2 ppm a aproximadamente 1 ppm. Durante la operación, la concentración de ozono en el tanque de almacenamiento **250** puede variar, por ejemplo, de aproximadamente 20 ppb a aproximadamente 1 ppm.

El aparato de desinfección **170** puede comprender, por ejemplo, un bidón **171** que está en comunicación fluida con una bomba de desinfectante **173** operativa para bombear un desinfectante desde el bidón **171** a la tubería de alimentación de retorno **114**. El bidón **171** puede estar fabricado de cualquier material adecuado para recibir un desinfectante. Con respecto al cloro y/o a la cloramina, por ejemplo, el bidón **171** puede estar fabricado, por ejemplo, de polietileno y tener una capacidad de, por ejemplo, aproximadamente 20 litros. La bomba de desinfección **173** puede ser por ejemplo una bomba de diafragma. Cuando se emplea la desinfección mediante dióxido de cloro, el aparato de desinfección **170** puede estar comprendido por un generador de dióxido de cloro (no mostrado). Cuando se emplea la desinfección mediante ozono, el aparato de desinfección **170** puede estar comprendido por un generador de ozono (no mostrado) configurado para maximizar la mezcla del ozono con el agua en el tanque de almacenamiento **250** y en la tubería **110**. El aparato de desinfección **170** puede comprender adicionalmente un elemento de contención secundario **172** configurado para recibir desinfectante que podría escaparse del bidón **171**. En algunas realizaciones, se puede proporcionar un analizador de desinfección (no mostrado) y acoplado con la tubería de alimentación de retorno **114** aguas abajo del aparato de desinfección **170** para determinar la concentración del desinfectante en el suministro de agua recirculada **121B**. El aparato de desinfección **170** puede estar acoplado de manera operativa con el analizador de desinfección de manera que la operación de la bomba de desinfección **173** pueda responder a la concentración medida de desinfectante.

En algunas realizaciones, la tubería de alimentación de retorno **114** puede estar equipada con una disposición que controla la temperatura del agua (no mostrada) que puede estar constituida, por ejemplo, por un intercambiador de calor (por ejemplo, un intercambiador de calor en placa) que se puede configurar de manera que la temperatura del agua que fluye en la tubería de alimentación de retorno **114** se pueda mantener en un intervalo predeterminado. Por ejemplo, la disposición que controla la temperatura del agua se puede configurar de manera que la temperatura del agua que fluye en la tubería de alimentación de retorno **114** varíe, por ejemplo, entre aproximadamente 15 °C y aproximadamente 25 °C, en respuesta a una lectura de temperatura del agua en el tanque de almacenamiento **250** mediante un sensor de temperatura (no mostrado).

Ahora se hace una referencia adicional a la Fig. 4, que ilustra de manera esquemática un sistema de tratamiento de agua **400**, de acuerdo con la invención. El sistema de tratamiento **400** puede incluir una disposición de depuración de agua **450** para la producción de agua de alta calidad que puede, por ejemplo, cumplir con las normas farmacopeicas definidas, por ejemplo, por la farmacopea de Estados Unidos y/o de Europa. Tal agua se puede denominar en lo sucesivo en el presente documento "agua del compendio". Por ejemplo, la conductividad del agua del compendio tal como, por ejemplo, AD, AAD, API y/o VP condensado, a aproximadamente 25 °C puede ser de 1,3 µSiemens/cm o menor; el carbono orgánico total puede ser de 500 partes por mil millones o menor; y el grado de contaminación microbiana puede ser de 100 unidades formadoras de colonias (UFC)/1 ml o menor para el AD, por ejemplo; y el grado de contaminación microbiana puede ser de 10 unidades formadoras de colonias (UFC)/100 ml o menor para el AAD y/o el API y/o el VP.

Por ejemplo, el agua cuyo potencial de incrustación y cuya concentración están reducidos, tratada mediante un proceso de ósmosis inversa y/o desionizada, se puede calificar como AD, AAD o API. En consecuencia, en algunas realizaciones, la disposición de la depuración del agua **450** puede comprender un aparato de OI **180** y un aparato de desionización (DI) **190** (como, por ejemplo, una unidad de DI no continua o continua) y/o un GVP y/o una unidad de destilación que están en comunicación fluida con la salida **142** del reductor desinfectante UV **140** para la producción de agua del compendio. Más específicamente, una entrada del aparato de OI **180** está en comunicación fluida con la salida **142** del reductor desinfectante UV **140** a través de una tercera parte **113** de la tubería. Haciendo circular el agua a través del aparato de OI **180**, se obtiene agua producto de la OI y concentrado de OI o agua defectuosa. El potencial de incrustación del agua defectuosa se puede reducir mediante el reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** de manera que el tiempo de precipitación de incrustación del concentrado de OI sea igual, por ejemplo, a aproximadamente 1, 1,5 o 2 segundos o mayor. Por otro lado, el tiempo de precipitación puede ser, por ejemplo, de aproximadamente 10 segundos o menor, de 5 segundos o menor, de 4 segundos o menor, de 3 segundos o menor, o de 2,5 segundos o menor.

El agua producto de la OI se suministra mediante el aparato de OI **180** a través de una salida de producto de OI mediante una quinta parte **115** de la tubería a una entrada de DI (no mostrada) del aparato de DI **190**. Después, el agua producto de la OI puede circular a través de un aparato de DI **190** para la desionización del agua recibida producto de la OI. Haciendo circular el agua producto de la OI a través del aparato de DI **190**, se pueden obtener agua concentrada del DI y agua del compendio en las respectivas salidas (no mostradas). En algunas realizaciones, se puede suministrar agua de alta calidad, tal como, por ejemplo, agua del compendio, a través de una sección **117** de la tubería hasta un consumidor final/salida del sistema **199A** y/o a través de una sección **118** de la tubería mediante la cuarta entrada **254** al tanque, hasta un consumidor de reciclado **199B** que recibe agua de la disposición de la depuración de agua **450** para reciclar agua de nuevo en el reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** y en el reductor desinfectante UV **140**.

El consumidor final **199A** puede estar comprendido por ejemplo de una unidad de destilación de API (no mostrada). En algunas realizaciones, el API se puede producir mediante agua proporcionada a la unidad de destilación de API sin circular a través del aparato de OI **180** circunvalando el aparato de OI **180** y/o el aparato de DI **190** o disponiendo una disposición de purificación de agua **450** que no tiene un aparato de OI. Adicionalmente o como alternativa, se puede producir API mediante procesos que no emplean una unidad de destilación de API, sometiendo el agua a ósmosis inversa de paso único o doble a través del aparato de OI **180** y/o a desionización a través de un aparato de DI **190** que puede estar realizado por un aparato de DI continua.

En algunas realizaciones, el agua concentrada del DI se puede mezclar con agua potable y agua concentrada de la OI antes de introducir la mezcla de agua de nuevo en el reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** para reducir el potencial de incrustación del agua, por ejemplo, suministrando al tanque de almacenamiento **250** agua concentrada de la OI y/o de DI mediante una tubería de suministro de concentrado **116**. El tanque de almacenamiento **250** puede recibir agua a aproximadamente la presión atmosférica. Por ejemplo, en el momento en que el agua concentrada de la OI alcanza una tercera entrada **253** al tanque, la presión se puede reducir, por ejemplo, desde menos de aproximadamente 15 bares hasta aproximadamente la presión atmosférica y tiene un nivel de concentrado y una temperatura tal que el sistema de tratamiento **400** permanece sustancialmente sin incrustaciones después de las respectivas salidas del aparato de OI **180** y del aparato de DI **190**.

El aparato de OI **180** puede estar equipado con una bomba de OI **181** que puede ser, por ejemplo, una bomba de alta presión multietapa fabricada, por ejemplo, de acero inoxidable. La bomba de OI **181** puede estar configurada para estar protegida por un corte de baja presión (por ejemplo, por un interruptor de la bomba de baja presión) para la presión de agua en la entrada de la bomba de OI **181** y por un interruptor de corte de alta presión (por ejemplo, mediante un interruptor de bomba de alta presión) para la presión del agua a la salida **182** de la bomba de OI **181**. Las membranas (no mostradas) del aparato de OI **180** pueden ser membranas de paso único o doble. Las membranas pueden tener una capacidad de salida de permeado que varía, por ejemplo, de aproximadamente 50 litros/hora a aproximadamente 50.000 litros/hora. El aparato de OI **180** puede estar configurado para proporcionar un factor de recuperación, por ejemplo, en el intervalo de aproximadamente 0,5 a aproximadamente 0,9. El aparato de OI **180** puede estar equipado con sensores (no mostrados) para medir la conductividad del agua, el caudal y/o la presión a la entrada y a las salidas del aparato de OI **180**.

El reductor desinfectante **140** puede reducir el desinfectante descomponiendo químicamente el desinfectante a subproductos químicos. De acuerdo con una realización, los posibles subproductos del tratamiento del agua mediante el reductor desinfectante UV **140** se pueden filtrar después mediante un aparato de OI **180** y/o DI y/o EDIC mediante una unidad de destilación de API y/o un GVP y/o cualquier otro equipo de tratamiento de agua adecuado.

5 Empleado el reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** y el reductor desinfectante UV **140**, el sistema de tratamiento del agua **100** puede ser operativo de manera sustancialmente libre de reactivos químicos y sin medios orgánicos, al menos con respecto a los procesos de disminución del potencial de incrustación del agua y de la concentración de desinfectantes en el agua. Como resultado de esto, se puede obtener una mejora en la confiabilidad operacional y en la reducción de costes con respecto al equipo del sistema de tratamiento **100** tal como bombas, tuberías, instrumentación y/o controles para la producción de agua de alimentación pretratada y de alta calidad.

15 El aparato de DI **190** puede estar operativo para proporcionar agua producto de la DI a un caudal que varía, por ejemplo, de aproximadamente 50 litros/hora a aproximadamente 50.000 litros hora, y que tiene una conductividad a la salida de aproximadamente 1,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$  o menor, cuando tiene una temperatura de aproximadamente 25 °C o menor.

20 En algunas realizaciones, el aparato de DI **190** se puede configurar para que la resina de DI se pueda regenerar de manera sustancialmente continua en un proceso que no emplea reactivos químicos, por ejemplo, empleando un campo eléctrico.

25 La disposición de la depuración de agua **450** se puede sanear mediante agua caliente a una temperatura que varía, por ejemplo, de aproximadamente 65 °C a aproximadamente 95 °C. En consecuencia, el aparato de OI **180**, el aparato de DI **190** y las partes de la tubería de entrada y salida relacionadas **113**, **115**, **116** y **118** se pueden someter a saneamiento con agua caliente.

30 En algunas realizaciones, la disposición de la depuración de agua **450** se puede configurar para que produzca agua del compendio que se califica como agua para inyección empleando un aparato de destilación (no mostrado) y/o un generador de vapor puro (no mostrado). De manera análoga a lo que se ha indicado anteriormente en el presente documento, el potencial de incrustación del agua se puede reducir mediante el reductor de potencial de incrustación **130** de manera que el aparato de destilación y/o el generador de vapor puro permanezcan sustancialmente sin incrustaciones.

35 El término "consumidor", tal como se usa en el presente documento, se puede referir a un equipo y/o a personas que reciben agua, al menos una cierta cantidad de la cual se trata mediante el reductor electrolítico del potencial de incrustación para reducir el potencial de incrustación del agua, y mediante el reductor desinfectante UV para disminuir la concentración de desinfectante (por ejemplo, cloro o compuestos de cloro) en el agua. Dicho de otro modo, el equipo aguas abajo del reductor desinfectante UV **140** se puede denominar consumidor de agua tratada y puede incluir, por ejemplo, una disposición de depuración de agua **450**, un consumidor final **199A** de agua del compendio y/o un consumidor de reciclado **199A** (por ejemplo, el tanque de almacenamiento **250**).

45 Cabría destacar que todo el equipo y/o las tuberías que pueden entrar en contacto con el agua tratada, pueden estar fabricados de un material que sea sustancialmente resistente a la oxidación y que por tanto, pueda permanecer sustancialmente sin corrosión.

Ahora se hace referencia adicional a la Fig. **5**, que ilustra de manera esquemática un método 500 para tratar agua, de acuerdo con una realización.

50 Como se indica en el recuadro **510**, el método 500 puede incluir, por ejemplo, reducir el potencial de incrustación del agua haciendo circular el agua a través del reductor electrolítico del potencial de incrustación **130**.

55 Como se indica en el recuadro **520**, el método 500 puede incluir adicionalmente, por ejemplo, la eliminación de manera sustancial de desinfectantes del agua haciendo circular el agua a través del reductor desinfectante UV **140**.

Como se indica en el recuadro **530**, el método 500 puede incluir adicionalmente, por ejemplo, el saneamiento de al menos el reductor electrolítico del potencial de incrustación **130** haciendo circular (por ejemplo, por circulación) agua caliente a través del mismo.

60 En algunas realizaciones, el método 500 puede incluir el saneamiento del reductor desinfectante UV **140** haciendo circular (por ejemplo, mediante circulación) agua caliente a través del mismo.

65 En algunas realizaciones, el método 500 puede incluir el saneamiento de la tubería **110** y del tanque de almacenamiento **250** de un sistema de tratamiento de una realización haciendo circular agua caliente a través del mismo.

Ahora se hace una referencia adicional a la Fig. 6, que ilustra de manera esquemática un sistema de tratamiento de agua **600**, de acuerdo con otra realización alternativa. El sistema de tratamiento **600** puede incluir una disposición de depuración de agua **460** para la producción de agua del compendio.

- 5 La disposición de depuración de agua **460** comprende el aparato de OI **180**. La disposición de la depuración de agua **450** se puede sanear mediante agua caliente a una temperatura que varía, por ejemplo, de aproximadamente 65 °C a aproximadamente 95 °C. En consecuencia, el aparato de OI **180**, y las partes de la tubería de entrada y salida relacionadas **113**, **115**, **116** y **118** se pueden someter a saneamiento con agua caliente.
- 10 En algunas realizaciones, la disposición de la depuración de agua **460** se puede configurar para que produzca agua del compendio que se califica como agua para inyección empleando un aparato de destilación (no mostrado) y/o un generador de vapor puro (no mostrado). De manera análoga a lo que se ha indicado anteriormente en el presente documento, el potencial de incrustación del agua se puede reducir mediante el reductor de potencial de incrustación **130** de manera que el aparato de destilación y/o el generador de vapor puro permanezcan sustancialmente sin incrustaciones.

**Ejemplo 1: Métodos para depurar agua de acuerdo con realizaciones de la invención.**

20 Se construyó un sistema de tratamiento de agua similar al sistema 400 en la Fig. 4. El sistema se configuró de manera que el reductor electrolítico del potencial de incrustación y el reductor desinfectante UV se pudiesen esterilizar periódicamente con agua a una temperatura que varía, por ejemplo, de aproximadamente 65 °C a aproximadamente 95 °C.

25 El sistema comprendió un reductor electrolítico del potencial de incrustación, que tenía 8 reactores en paralelo. Cada reactor se configuró para proporcionar 6-14 amperios a un voltaje de 6-24 voltios. Los reactores estaban fabricados de acero inoxidable de grado 316.

30 El sistema también comprendía un reductor desinfectante UV fabricado de acero inoxidable de grado 316, que se configuró para irradiar agua a una dosis mínima de 1700 milijulios por centímetro cuadrado (mJ/cm<sup>2</sup>). El agua urbana usada en la entrada era agua de la zona industrial de Matam, Haifa. El caudal de agua del sistema fue de aproximadamente 500-550 litros por hora. El sistema se esterilizó con agua caliente una vez a la semana. La tubería que conecta los elementos también se construyó de acero inoxidable de grado 316.

35 Durante el transcurso de 2 meses, entre octubre de 2013 y noviembre de 2013, se realizaron regularmente diversos ensayos biológicos y de calidad del agua en diversos puntos del sistema. Los puntos en los que se hicieron ensayos para detectar contaminantes biológicos y sus elementos de la Fig. 4 asociados fueron: la entrada de agua urbana (121A), la salida (111) del tanque de almacenamiento, la entrada (112B) del reductor desinfectante UV, la salida (113) del reductor desinfectante UV y la salida (115) del aparato de ósmosis inversa. Los resultados se muestran en la tabla 1 a continuación y se muestran como promedio (prom.) del recuento de microorganismos, o como intervalo (interv.) del recuento de microorganismos, y se expresa en términos de recuento de unidades formadoras de colonias (UFC) por mililitro (ml) o por 100 ml.

Tabla 1:

Posición en el sistema	Recuento total de microorganismos UFC/ml		<i>E. coli</i> UFC/ 100 ml		<i>Pseudomonas</i> UFC/ 100 ml		Coliformes UFC/ 100 ml		Hongos UFC/ 100 ml	
	Prom.	Interv.	Prom.	Interv.	Prom.	Interv.	Prom.	Interv.	Prom.	Interv.
Entrada de agua urbana	158	0-780	47	1-227	24	0-82	201	28-910	13	0-48
Salida del tanque de almacenamiento	1,27	0-10	0	0	0,167	0-1	1,375	0-11	0	0
Entrada del reductor desinfectante UV	0,5	0-3	0	0	0,167	0-1	0,25	0-4	0	0
Salida del reductor desinfectante UV	0,05	0-1	0	0	0,167	0-1	0	0	0,167	0-1
Salida de OI	0,05	0-1	0	0	0	0	0	0	0	0

45 Además del ensayo biológico, se ensayó la conductividad del agua en la entrada de agua urbana (conductividad de alimentación) y en la salida de la OI (conductividad del permeado). Los resultados del ensayo durante un período de 8 meses se expresan en µSiemens/cm en la Fig. 7A.

50 Otro parámetro ensayado para el sistema fue el flujo de permeado de la salida de OI. El flujo de permeado se registró a intervalos regulares durante un período de 8 meses y se muestra en la Fig. 7B.

La presión diferencial sobre la membrana de OI también se midió de manera regular durante el transcurso de un período de 8 meses. En la Fig. 7C se muestran los resultados, en bares, durante el transcurso del período de 8 meses.

5 Los resultados del ensayo biológico indican que el sistema de tratamiento de agua es eficaz en la reducción del grado de contaminación microbiana (número de organismos microbianos) a medida que el agua pasa a través del sistema. Aunque el contenido en microorganismos del agua urbana que entró en el sistema varió enormemente durante el transcurso del período de ensayo, el agua que salía del sistema tenía un grado de contaminación microbiana regularmente bajo. El sistema fue eficaz en la disminución drástica del contenido de diversos tipos de  
10 organismos microbianos.

Las membranas de ósmosis inversa pueden ser sensibles a los compuestos químicos desinfectantes tales como cloro y productos que contienen cloro. Tras el paso de grandes cantidades de agua que contiene desinfectante, tal como cloro, a través de tal membrana, la membrana puede fallar, permitiendo de este modo el paso de más contaminantes a través de la misma. Además, el agua con alto potencial de incrustación puede dañar una membrana de OI provocando la acumulación de incrustaciones dentro o sobre la membrana, reduciendo de este modo el flujo de agua a través de la membrana.  
15

Los datos de este ejemplo indican que la integridad de la membrana de OI permaneció intacta a lo largo del período de ensayo y que el flujo de agua no se redujo por la acumulación de incrustaciones dentro de la membrana. En particular, la Fig. 7A indica que durante el período de ensayo, la conductividad del agua se redujo aproximadamente 100 veces en cualquier punto de ensayo dado. La conductividad de alimentación (representada por puntos con forma de diamante y la línea superior) varió durante el transcurso del ensayo. La conductividad del agua de permeado (representada por puntos con forma de cuadrado y la línea inferior) tras haber pasado a través del sistema "reflejó" la conductividad a lo largo del ensayo, tal como se muestra mediante la línea inferior que sustancialmente coincide con el patrón de la línea superior. Esto indica que el sistema fue eficaz disminuyendo regularmente la conductividad del agua.  
20  
25

La Fig. 7B muestra que el flujo de permeado permaneció uniforme durante todo el ensayo, lo que indica que el sistema fue eficaz en la disminución electrolytica del potencial de incrustación de manera que no se formaron incrustaciones en la membrana de OI, lo que habitualmente disminuiría el flujo de permeado.  
30

La Fig. 7C muestra que la presión diferencial de la membrana de OI se mantuvo relativamente constante durante el transcurso del ensayo, indicando que el sistema fue eficaz en la eliminación o neutralización de los efectos de los desinfectantes sobre la integridad estructural de la membrana de OI.  
35

Los sistemas usados anteriormente generalmente requieren sistemas de ablandamiento del agua y/o filtros de carbón activo para lograr la reducción de incrustaciones en un grado similar al del sistema descrito en este ejemplo. Los sistemas de ablandamiento de agua y los filtros de carbón activo requieren "descargas" grandes cantidades de agua regularmente, para mantener su capacidad para eliminar las impurezas y/o para ablandar el agua. El sistema de acuerdo con las realizaciones de la invención descrita anteriormente evita la necesidad de tener que realizar descargas de agua de forma intensiva, ahorrando de este modo agua y gastos financieros.  
40

Adicionalmente se proporciona, de acuerdo con una realización de la invención, un método para tratar agua recibida en un sistema de tratamiento, comprendiendo el método: reducir el potencial de incrustación del agua sometiendo el agua a electrolisis mediante un reductor electrolytico del potencial de incrustación; y eliminar de manera sustancial el desinfectante del agua irradiando el agua con luz ultravioleta mediante un reductor desinfectante UV que comprende una fuente de luz UV y que está configurado para irradiar agua con suficiente radiación UV para eliminar el desinfectante del agua; y someter el agua a ósmosis inversa mediante un aparato de ósmosis inversa. Opcionalmente, el método comprende adicionalmente, el saneamiento del reductor electrolytico del potencial de incrustación haciendo circular agua caliente a través del mismo. Opcionalmente, el método comprende adicionalmente el saneamiento del aparato reductor desinfectante UV dejando circular agua caliente a través del mismo. Opcionalmente, el método comprende adicionalmente el saneamiento de tuberías y un tanque de almacenamiento del sistema de tratamiento a través de los cuales circula agua caliente. Opcionalmente, el agua recibida circula primero a través del reductor electrolytico del potencial de incrustación para reducir el potencial de incrustación del agua y después a través del reductor desinfectante ultravioleta para la eliminación del desinfectante. Opcionalmente, el agua recibida circula primero a través del reductor desinfectante ultravioleta para la eliminación del desinfectante y después a través del reductor electrolytico del potencial de incrustación para reducir el potencial de incrustación del agua. Opcionalmente, el potencial de incrustación del agua recibida por el reductor electrolytico del potencial de incrustación se reduce hasta cierto punto para producir agua con un potencial de incrustación reducido de manera que las condiciones requeridas para la acumulación de incrustación permanezcan sustancialmente insatisfechas al menos hasta que el agua abandone el sistema de tratamiento. Opcionalmente, la concentración de metal catiónico polivalente en el agua antes de realizar el método es aproximadamente igual o superior a aproximadamente 100 ppm como equivalente de  $\text{CaCO}_3$ . Opcionalmente, la concentración de metal catiónico polivalente en el agua antes de realizar el método es aproximadamente igual o superior a aproximadamente 400 ppm como equivalente de  $\text{CaCO}_3$ . Opcionalmente, la concentración de metal catiónico  
45  
50  
55  
60  
65

polivalente en el agua se reduce mediante el método a entre el 1 % y aproximadamente el 10 %. Opcionalmente, el potencial de incrustación del agua se reduce de manera que el tiempo de precipitación aguas abajo del reductor electrolítico del potencial de incrustación se multiplica al menos por un factor de uno y medio para una concentración de catión polivalente, una presión y temperatura del agua dadas. Opcionalmente, la concentración de catión polivalente en el agua es de aproximadamente 100 ppm, como equivalente de  $\text{CaCO}_3$ , o superior, la presión de agua es igual a 2 bar o más; y la temperatura del agua es igual a aproximadamente 4 °C o superior. Opcionalmente, el reductor electrolítico del potencial de incrustación reduce el potencial de incrustación del agua sin el uso de reactivos químicos y medios orgánicos. Opcionalmente, el método comprende adicionalmente someter el agua a ósmosis inversa y/o a desionización. Opcionalmente, el método comprende adicionalmente la evaporación del agua para obtener un producto de agua de alta calidad seleccionada del grupo que consiste en: agua para inyección y vapor puro.

Adicionalmente se proporciona, de acuerdo con una realización de la invención, un sistema de tratamiento de agua, que comprende: un reductor electrolítico del potencial de incrustación; y un reductor desinfectante ultravioleta que está en comunicación fluida con el reductor electrolítico del potencial de incrustación. Opcionalmente, el reductor electrolítico del potencial de incrustación está operativo para reducir el potencial de incrustación del agua proporcionada por un suministro de agua potable para obtener agua con potencial de incrustación reducido y para proporcionar al reductor desinfectante ultravioleta con agua con potencial de incrustación reducido para eliminar sustancialmente los desinfectantes del agua con potencial de incrustación reducido. De acuerdo con la invención, el sistema de tratamiento del agua comprende adicionalmente un aparato de ósmosis inversa en comunicación fluida con el reductor electrolítico del potencial de incrustación y el reductor desinfectante ultravioleta. Opcionalmente, el sistema de tratamiento del agua comprende adicionalmente un aparato de desionización en comunicación fluida con el reductor electrolítico del potencial de incrustación y el reductor desinfectante ultravioleta. Opcionalmente, el reductor electrolítico del potencial de incrustación se configura para realizar la electrolisis a una corriente de aproximadamente 6-14 amperios y a un voltaje de 6-24 voltios. Opcionalmente, el reductor desinfectante ultravioleta se configura para irradiar agua a una dosis mínima de 1700 milijulios por centímetro cuadrado ( $\text{mJ}/\text{cm}^2$ ). Opcionalmente, el sistema de tratamiento de agua está formado por un material que puede soportar el saneamiento a temperaturas de 65-95 °C. Opcionalmente, el sistema de tratamiento del agua comprende adicionalmente un aparato de ósmosis inversa. Opcionalmente, el sistema de tratamiento del agua comprende adicionalmente un aparato de desinfección. Opcionalmente, el sistema de tratamiento del agua comprende adicionalmente un tanque de almacenamiento de agua.

Debería entenderse que cuando en las reivindicaciones o en la memoria descriptiva se hace referencia a "un" elemento, tal referencia no se debe interpretar como que solo hay uno de ese elemento.

En la descripción y en las reivindicaciones de la presente solicitud, cada uno de los verbos, "comprender", "incluir" y "tener", y conjugados de los mismos, se usan para indicar que el objeto o los objetos del verbo no son necesariamente un lista completa de componentes, elementos o partes del sujeto o de los sujetos del verbo.

A menos que se indique lo contrario, el uso de la expresión "y/o" entre los dos últimos miembros de una lista de opciones para la selección, indica que es apropiada y que puede realizarse una selección de una o más de las opciones enumeradas.

A menos que se indique lo contrario, en la discusión, adjetivos tales como "sustancialmente" y "aproximadamente" que modifican una condición o relación característica de un aspecto o aspectos de una realización, se entiende que significa que la condición o característica se define dentro de las tolerancias que son aceptables para el funcionamiento de la realización para una aplicación a la que se está destinando.

Las descripciones de las realizaciones de la presente solicitud se proporcionan como ejemplo y no pretenden limitar el alcance de las mismas. Las realizaciones descritas comprenden diferentes características, no todas ellas necesarias en todas las realizaciones. Algunas realizaciones utilizan solo algunas de las características o combinaciones posibles de las características. Los expertos en la materia podrán realizar modificaciones sobre las realizaciones que se describen, y sobre las realizaciones que comprenden diferentes combinaciones de características señaladas en la divulgación. El alcance de las realizaciones está limitado únicamente por las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para el tratamiento de agua recibida a un sistema de tratamiento, comprendiendo el método:

5        reducir el potencial de incrustación del agua sometiendo el agua a electrolisis mediante un reductor electrolítico del potencial de incrustación (131);  
eliminar el desinfectante del agua irradiando el agua con luz ultravioleta mediante un reductor desinfectante UV (140) que comprende una fuente de luz UV y que está configurado para irradiar agua con suficiente radiación UV para eliminar el desinfectante del agua; y  
10       someter el agua a ósmosis inversa mediante un aparato de ósmosis inversa (180).

2. Un método para el tratamiento de agua de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la electrolisis precipita incrustaciones en un cátodo (133) del reductor electrolítico del potencial de incrustación, reduciendo de este modo el potencial de incrustación del agua.

15       3. Un método para el tratamiento de agua de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, que comprende además:  
el saneamiento de al menos uno del reductor electrolítico del potencial de incrustación (131), el reductor desinfectante UV (140), el aparato de ósmosis inversa (180) y una tubería y tanque de almacenamiento del sistema de tratamiento, haciendo circular agua caliente a través de los mismos.

20       4. Un método para el tratamiento de agua de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende hacer circular el agua recibida a través del reductor electrolítico del potencial de incrustación (131) para reducir el potencial de incrustación del agua y después a través de un reductor desinfectante ultravioleta (140) para eliminar el desinfectante.

25       5. Un método para el tratamiento de agua de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el potencial de incrustación del agua recibida por el reductor electrolítico del potencial de incrustación (131), se reduce hasta cierto punto para producir agua con un potencial de incrustación reducido de manera que las condiciones requeridas para la acumulación de incrustación permanezcan insatisfechas al menos hasta que el agua abandone el sistema de tratamiento.

30       6. Un método para el tratamiento de agua de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la concentración de metal catiónico polivalente en el agua antes de realizar el método es aproximadamente igual o superior a aproximadamente 100 ppm como equivalente de  $\text{CaCO}_3$ .

35       7. Un método para el tratamiento de agua de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el potencial de incrustación del agua se reduce de manera que el tiempo de precipitación aguas abajo del reductor electrolítico del potencial de incrustación (131) se multiplica al menos por un factor de uno y medio para una concentración de catión polivalente, una presión del agua y una temperatura del agua dadas.

40       8. Un método para el tratamiento de agua de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende adicionalmente la evaporación del agua para obtener un producto de agua de alta calidad seleccionado del grupo que consiste en: agua para inyección y vapor puro.

45       9. Un sistema para el tratamiento de agua, que comprende:  
un reductor electrolítico del potencial de incrustación (131) para reducir el potencial de incrustación del agua, sometiendo el agua a electrolisis;  
50       un reductor desinfectante ultravioleta (140), que comprende una fuente de luz UV y que está configurado para irradiar agua con suficiente radiación UV para eliminar el desinfectante del agua; y  
un aparato de ósmosis inversa (180) aguas abajo del reductor electrolítico del potencial de incrustación (131), en el que el reductor electrolítico del potencial de incrustación (131), el reductor desinfectante (140) y el aparato de ósmosis inversa (180) están todos en comunicación fluida entre sí.

55       10. Un sistema para el tratamiento de agua de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el reductor electrolítico del potencial de incrustación está operativo para reducir el potencial de incrustación del agua proporcionada por un suministro de agua potable para obtener agua con un potencial de incrustación reducido y para proporcionar al reductor desinfectante ultravioleta (140) el agua con el potencial de incrustación reducido para eliminar de manera sustancial los desinfectantes del agua con un potencial de incrustación reducido.

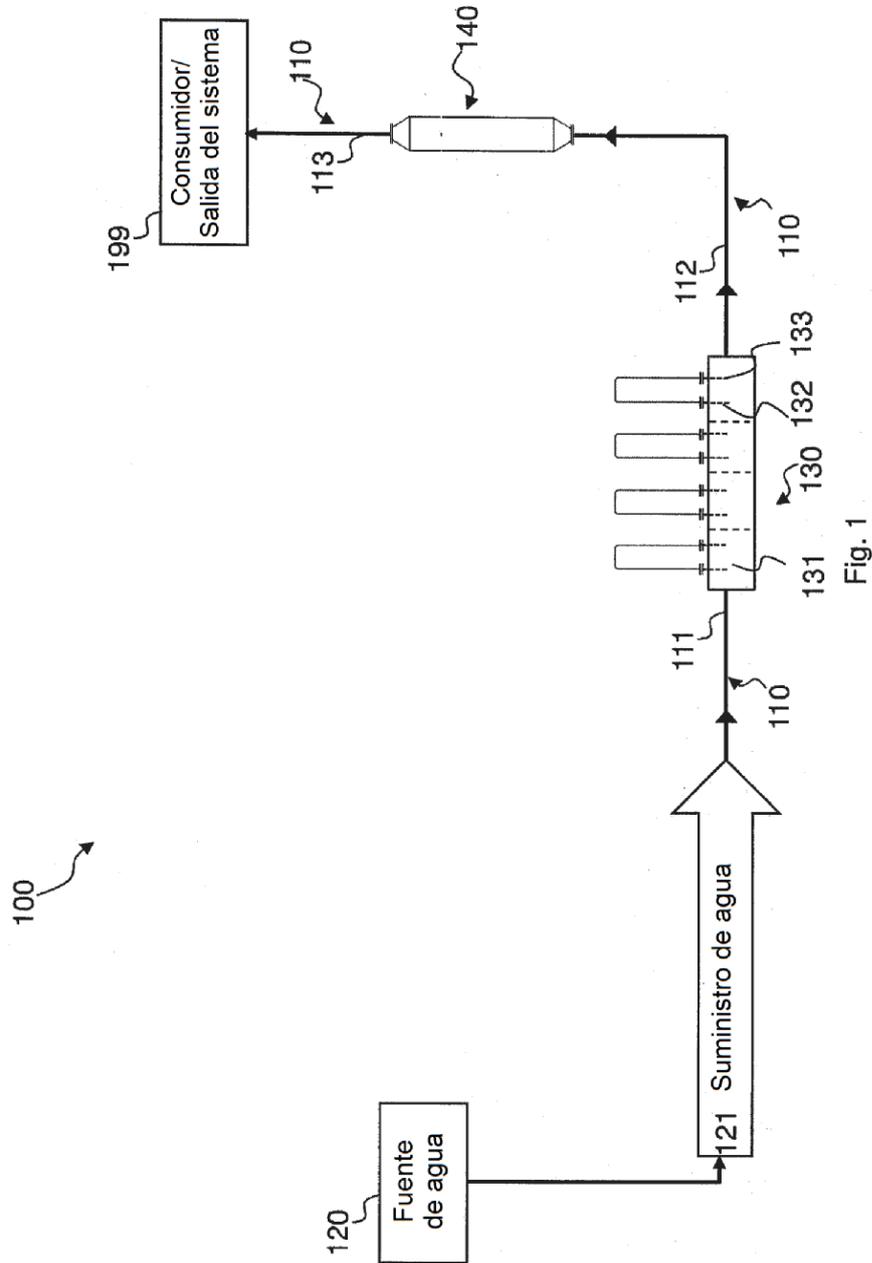
60       11. Un sistema para el tratamiento de agua de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9-10, en el que el reductor desinfectante ultravioleta (140) está configurado para irradiar agua a una dosis mínima de aproximadamente 1700 milijulios por centímetro cuadrado ( $\text{mJ/cm}^2$ ).

65       12. Un sistema para el tratamiento de agua de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9-11, formado a

partir de un material que puede soportar el saneamiento a temperaturas de 65-95 °C.

13. Un sistema para el tratamiento de agua de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9-12, que comprende adicionalmente un aparato de desionización (190) aguas abajo del reductor electrofítico del potencial de incrustación (131).

5



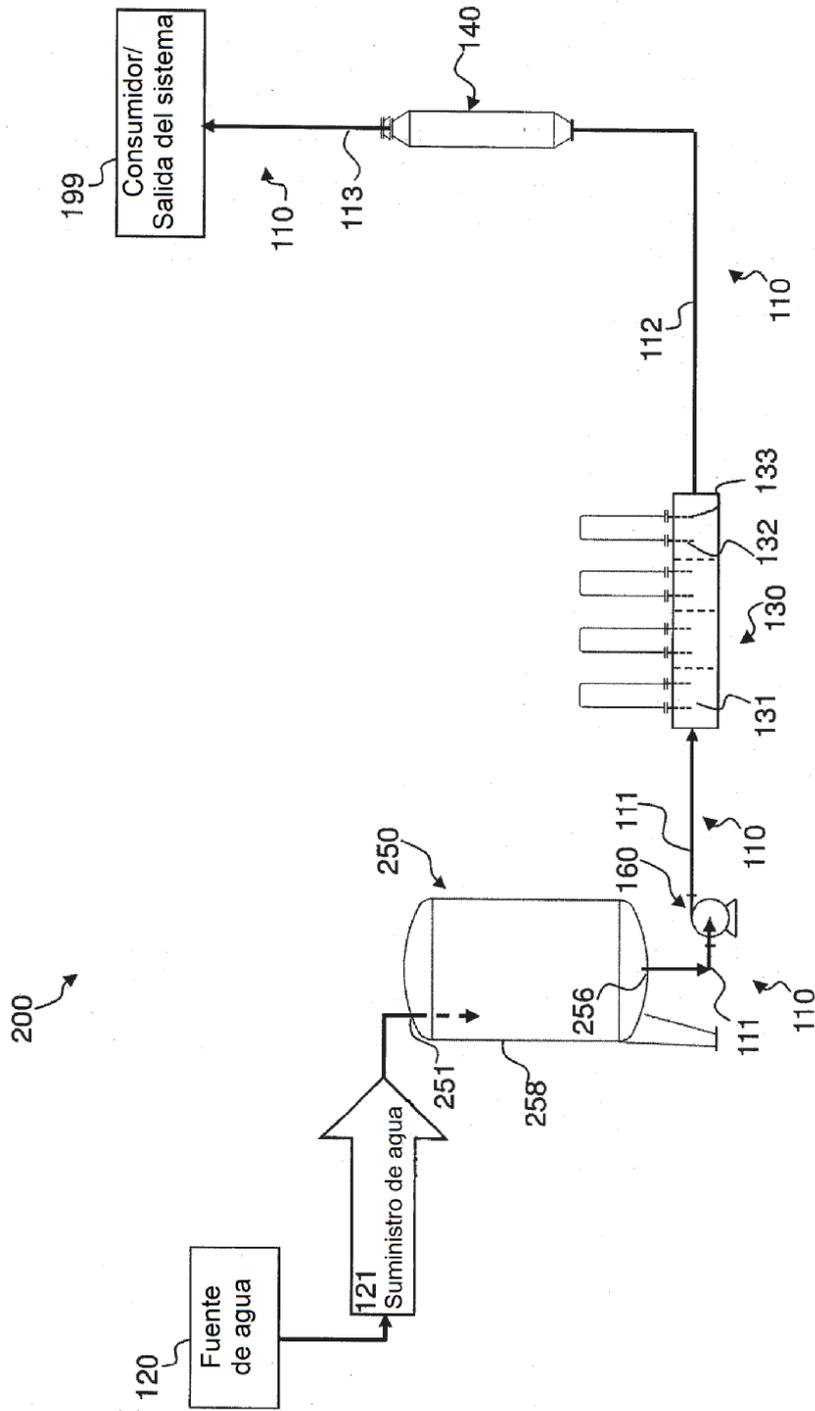


Fig. 2

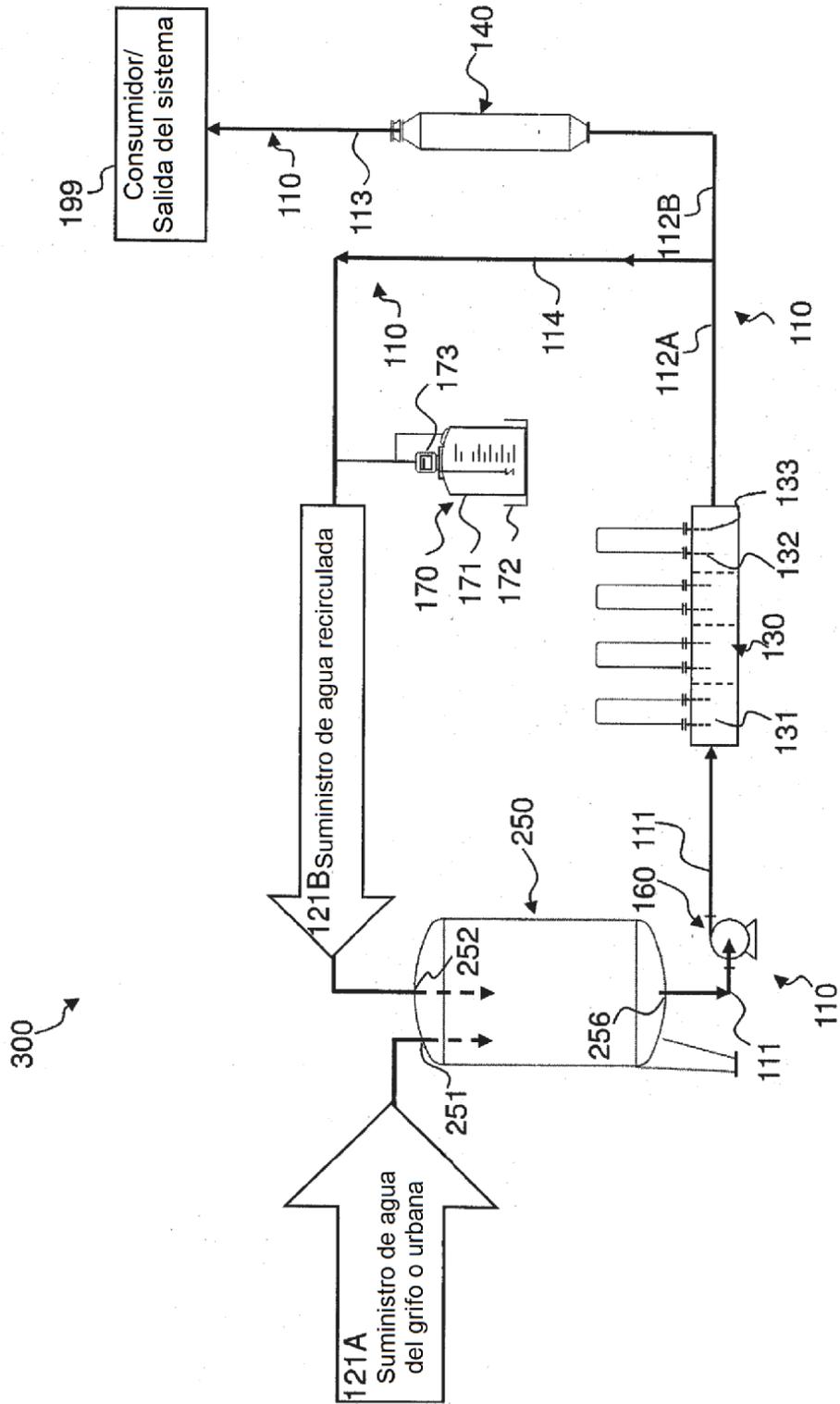


Fig. 3

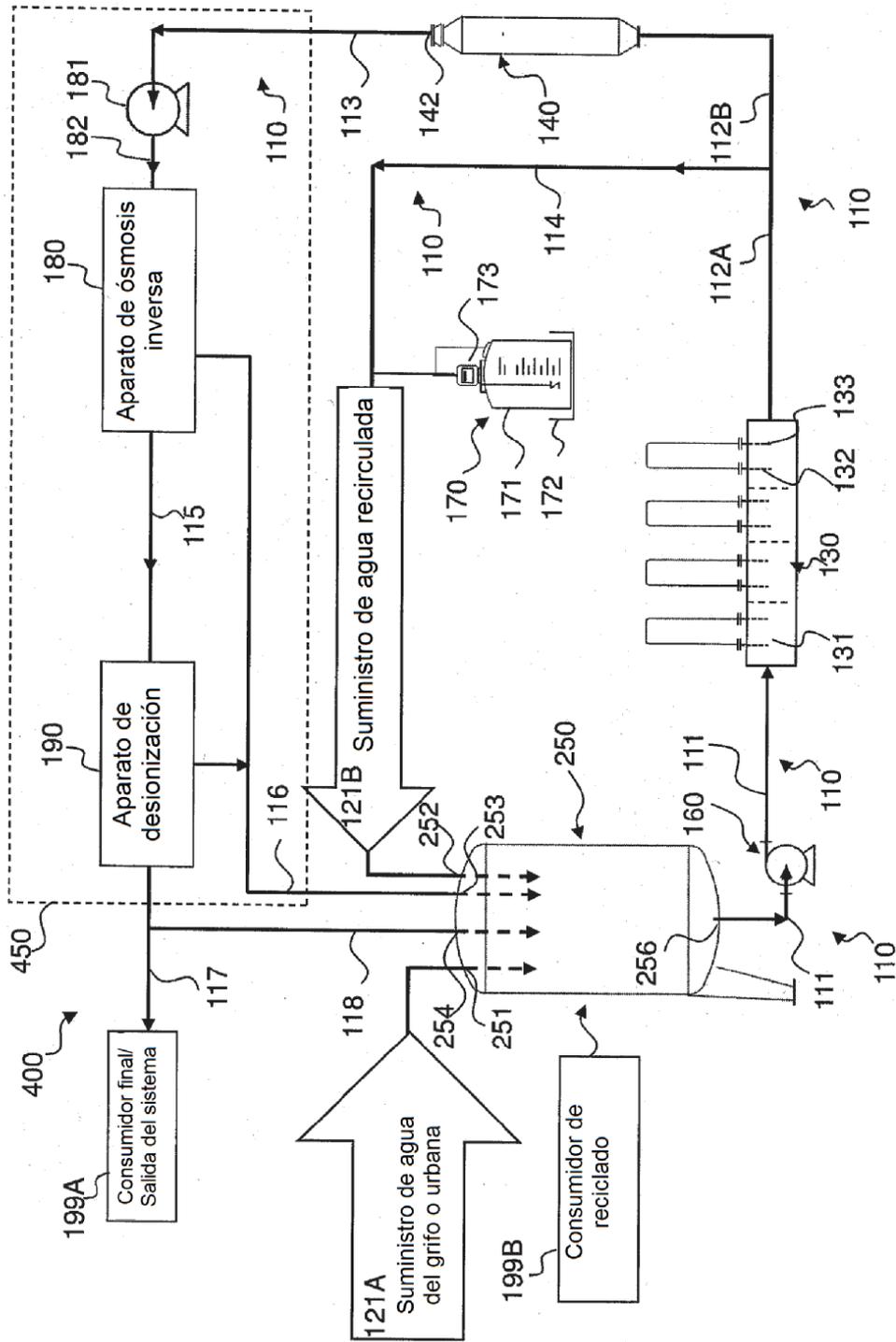


Fig. 4

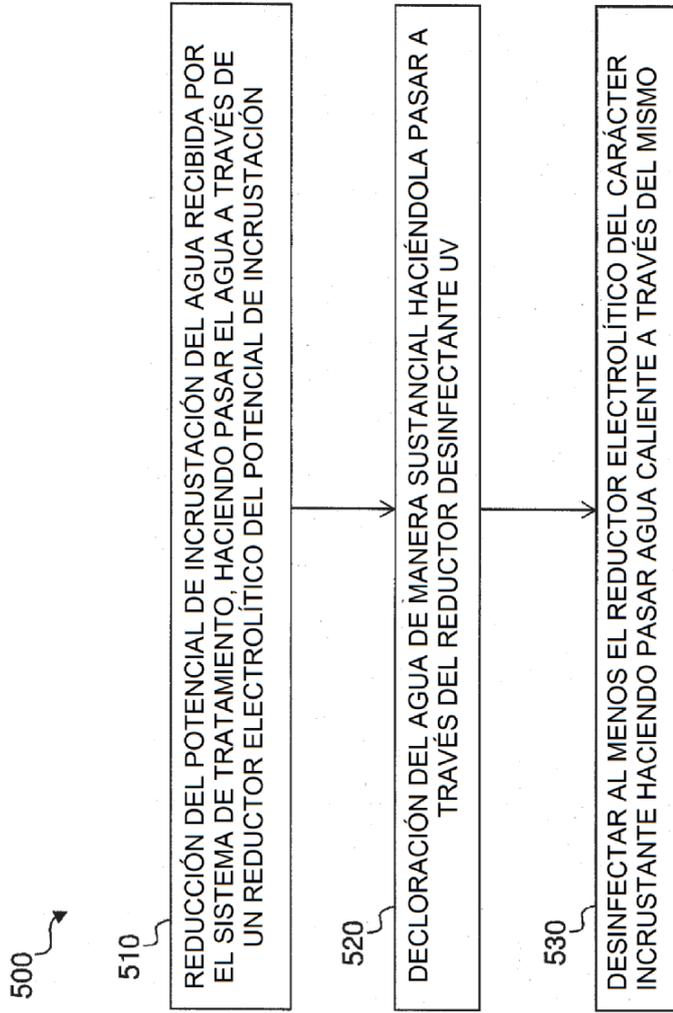


Fig. 5

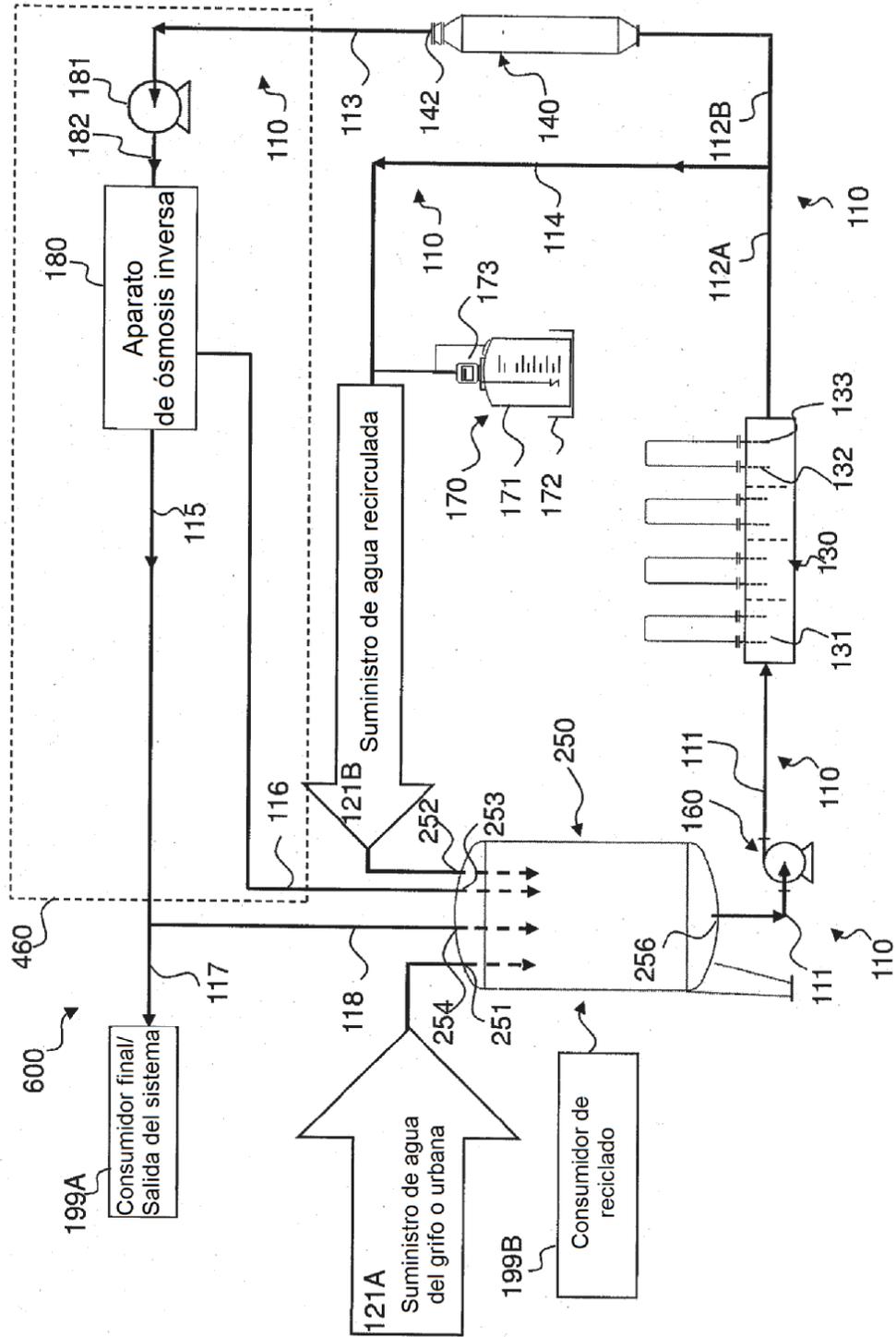


Fig. 6

### Conductividad del agua antes y después de la depuración

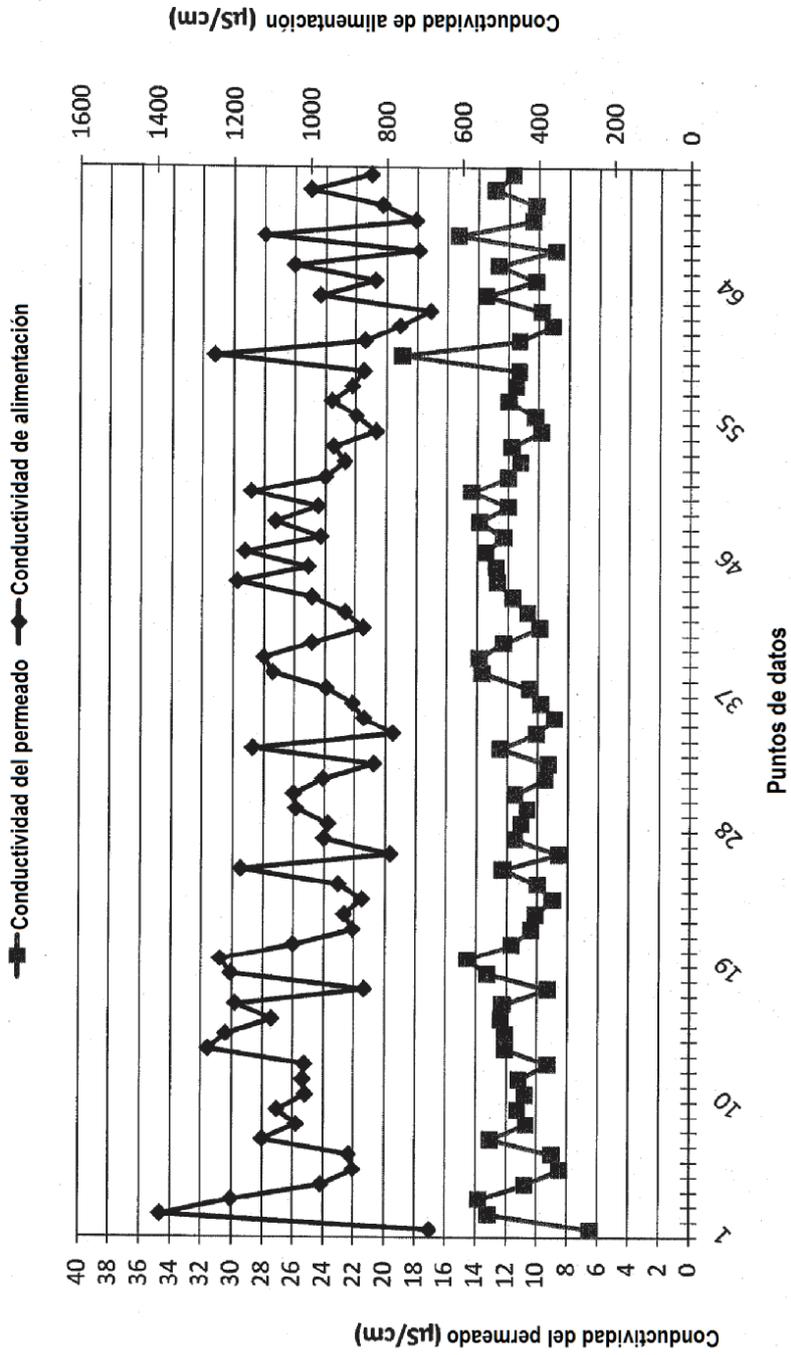


Fig. 7A

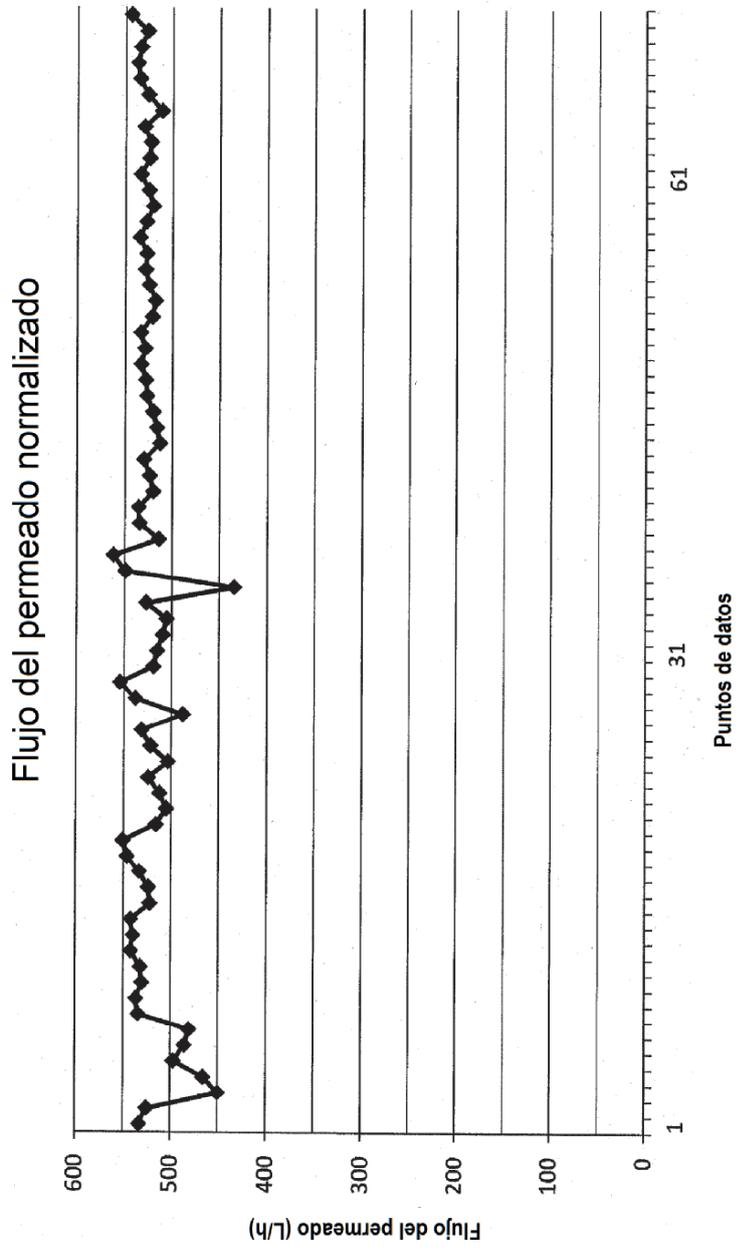


Fig. 7B

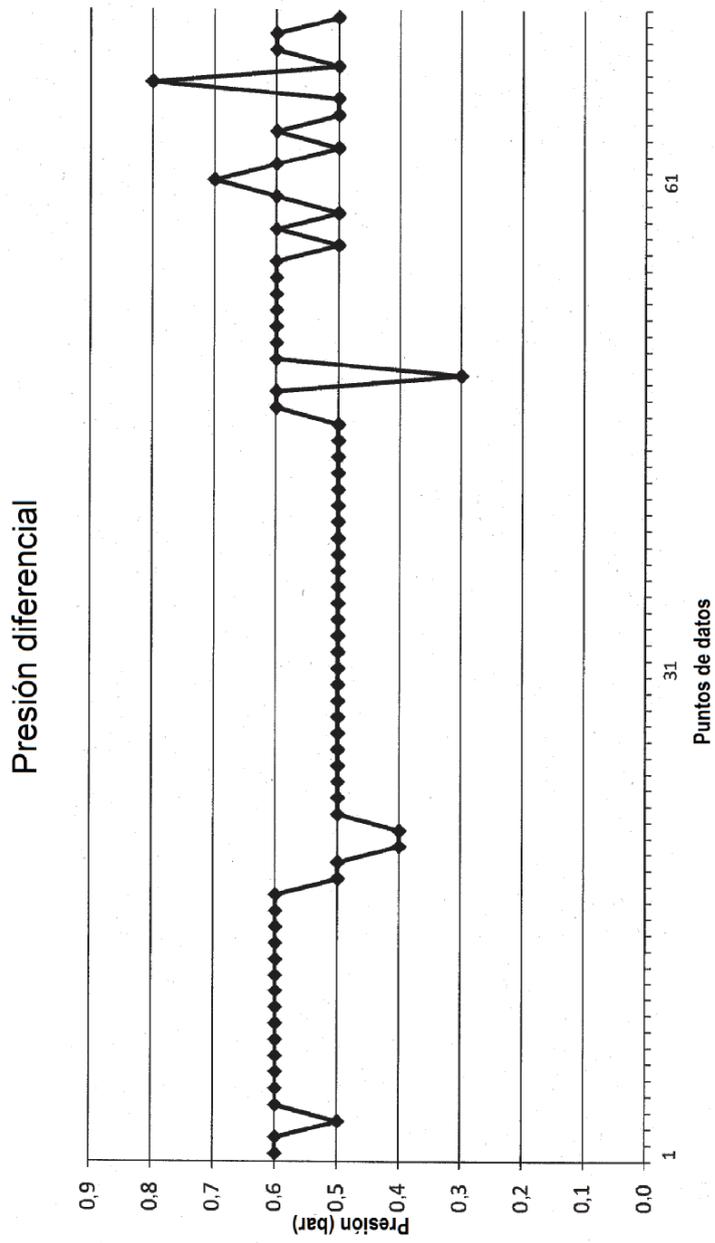


Fig. 7C