



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 361 004**

51 Int. Cl.:  
**B01D 61/46** (2006.01)  
**B01D 61/48** (2006.01)  
**B01J 47/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **02773780 .8**  
96 Fecha de presentación : **15.10.2002**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1436069**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.07.2004**

54 Título: **Aparato y método para purificación de fluidos.**

30 Prioridad: **15.10.2001 US 329296 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**13.06.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**13.06.2011**

73 Titular/es: **SIEMENS WATER TECHNOLOGIES  
HOLDING CORP.  
181 Thorn Hill Road  
Warrendale, Pennsylvania 15086, US**

72 Inventor/es: **Liang, Li-Shiang y  
Montminy, Emile**

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 361 004 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCION**

Aparato y método para la purificación de fluidos

Antecedentes de la invención

Campo de la invención

- 5 Esta invención se refiere a dispositivos capaces de purificar fluidos por medio de electricidad y, más particularmente, a tales dispositivos contenidos dentro de recipientes a presión, así como a métodos de fabricación y uso de los mismos.

Descripción del estado de la técnica

- 10 Los dispositivos capaces de purificar fluidos empleando campos eléctricos son comúnmente utilizados para tratar agua y otros líquidos que contienen especies iónicas disueltas. Dos tipos de dispositivos son los dispositivos de electrodialisis y los dispositivos de electrodesionización. Dentro de estos dispositivos están presentes compartimientos de concentración y de dilución, separados por membranas selectivas a los aniones y cationes. La aplicación de un campo eléctrico hace que los iones disueltos migren a través de las membranas, dando como resultado que el líquido del compartimiento de dilución quede agotado en iones, mientras que el líquido en el
- 15 compartimiento de concentración resulta enriquecido con los iones transferidos. Habitualmente, se desea el líquido del compartimiento de dilución (el líquido "producto"), mientras que el líquido del compartimiento de concentración se desecha (el líquido de "rechazo"). En la electrodesionización, los compartimientos de dilución y de concentración también pueden contener resinas de intercambio iónico. La resina de intercambio iónico puede actuar como un recorrido para la transferencia de iones y también puede servir como un puente de conductividad incrementada entre
- 20 las membranas para el movimiento de los iones.

- Los dispositivos de electrodesionización incluyen dispositivos de electrodesionización de "placa-y-marco" tales como aquellos descritos, por ejemplo, en la Patente US No. 4.931.160 de Giuffrida, en la Patente US No. 4.956.071 de Giuffrida et al., y en la Patente US No. 5.316.637 de Ganzi et al. Dispositivos de electrodesionización que tienen otras geometrías han sido descritos, por ejemplo, en la Patente US No. 5.292.422 de Liang et al., en la Patente US
- 25 No. 5.376.253 de Rychen et al., y en la Patente US No. 6.190.528 de Li et al.

Resumen de la invención

Esta invención se refiere a dispositivos capaces de purificar líquidos por medio de electricidad que están contenidos dentro de recipientes a presión, así como a métodos de fabricación y uso de los mismos.

- 30 Según un aspecto, la presente invención proporciona un sistema de purificación de fluidos como el definido en la reivindicación 1. En una serie de modalidades, el sistema comprende un aparato de purificación eléctrica y un recipiente a presión que rodea al aparato de purificación eléctrica. El aparato está construido y dispuesto para producir un flujo no radial en su interior. De acuerdo con una modalidad, el aparato de purificación eléctrica comprende un dispositivo de electrodesionización. En otra serie de modalidades, el sistema comprende un aparato de purificación eléctrica asegurado dentro de un recipiente a presión. El aparato de purificación eléctrica podría
- 35 comprender un compartimiento de intercambio iónico que comprende sub-compartimientos paralelos.

Según otro aspecto, la presente invención proporciona un método de purificación de un líquido como se define en la reivindicación 20.

- Otras ventajas, nuevas características y objetos de la invención llegarán a ser evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de modalidades no limitativas de la invención, consideradas en combinación con los dibujos
- 40 adjuntos, los cuales son esquemáticos y no han sido trazados a escala. En las figuras, cada componente idéntico o casi idéntico que se ilustra en las diversas figuras es representado normalmente por un solo número. Para mayor claridad, no todos los componentes han sido marcados en cada una de las figuras ni, cuando la ilustración no sea necesaria, se ha mostrado cada componente de cada una de las modalidades de la invención, para que los expertos en la materia puedan entender mejor la invención. En aquellos casos en donde la presente descripción y un
- 45 documento incorporado con fines de referencia incluyan una exposición que pueda entrar en conflicto, deberá prestarse atención a la presente descripción.

## Breve descripción de los dibujos

Modalidades preferidas no limitativas de la presente invención quedan descritas a título de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos en donde:

- 5 La figura 1 es un diagrama esquemático de un sistema para purificar un líquido de acuerdo con una modalidad de la presente invención.  
 La figura 2 es una vista en perspectiva y en despiece de una modalidad de la presente invención.  
 La figura 3 es un diagrama esquemático de una modalidad de la presente invención, ilustrando un recipiente a presión que contiene un aparato de purificación eléctrica con una entrada.  
 10 La figura 4 es un diagrama esquemático de una modalidad de la presente invención, ilustrando un recipiente a presión que contiene un aparato de purificación eléctrica con dos entradas.  
 La figura 5 es un diagrama esquemático de una modalidad de la presente invención, ilustrando un aparato de purificación eléctrica unido a una pared de un recipiente a presión empleando una brida.  
 La figura 6 es un diagrama esquemático de una modalidad de la presente invención, ilustrando un aparato de purificación eléctrica acoplado a una pared lateral de un recipiente a presión.  
 15 La figura 7 es un diagrama esquemático de una modalidad de la presente invención, ilustrando un aparato de purificación eléctrica acoplado a la cabeza de un recipiente a presión.  
 La figura 8 es un diagrama esquemático de una modalidad de la presente invención, ilustrando un aparato de purificación eléctrica contenido en su totalidad dentro de un recipiente a presión.

## 20 Descripción detallada

La presente invención se refiere a dispositivos capaces de purificar fluidos por medio de electricidad que están contenidos dentro de recipientes a presión, así como a métodos de fabricación y uso de los mismos. Los líquidos u otros fluidos a purificar entran en el dispositivo de purificación y, bajo la influencia de un campo eléctrico, son tratados para producir un líquido agotado en iones. Las especies procedentes de los líquidos de entrada son recogidas para producir un líquido concentrado en iones. El incremento de la presión exterior sobre el dispositivo puede reducir la diferencia de presión entre el interior del dispositivo y el exterior, lo cual puede reducir los costes de fabricación y simplificar la construcción.

La figura 1 ilustra un sistema para purificar un líquido de acuerdo con una modalidad de la invención. El sistema 105 comprende un aparato de purificación eléctrica 100, situado dentro de un recipiente a presión 110. El recipiente a presión 110 puede ser presurizado o llenado empleando cualquier técnica adecuada, por ejemplo, llenando o llenando parcialmente el interior del recipiente a presión con un fluido o un material sólido. En una modalidad particular ilustrada en la figura 1, un fluido 120 procedente de un punto de admisión 160 a través de la entrada 130 entra en el aparato 100 desde el interior del recipiente a presión 110. Durante la operación normal, el aparato 110 puede concentrar iones dentro de ciertos compartimientos del aparato por aplicación de un campo eléctrico, el cual puede promover la migración de iones a través de membranas de intercambio iónico. Este procedimiento se traduce en un líquido concentrado e iones 140 y un líquido agotado en iones 150. El líquido concentrado en iones 140 y el líquido agotado en iones 150 abandonan el aparato a través de las salidas 145 y 155, respectivamente. El líquido agotado en iones 150 puede ser transferido a un punto de uso 170. El fluido 135 que entra en el recipiente a presión 110 puede ser un compuesto orgánico, una solución acuosa o agua, tal como agua dulce, agua salada o agua residual, por ejemplo, procedente de una planta de tratamiento de agua o de una instalación de producción. El agua puede también ser agua procedente de un depósito, de un tanque de contención o del océano. En ciertas modalidades, el líquido agotado en iones puede ser agua purificada, tal como agua que comprende menos de 1 ppm, menos de 500 ppb, menos de 100 ppb, menos de 50 ppb, menos de 10 ppb, menos de 5 ppb o menos de 1 ppb de contaminante. El contaminante puede ser, por ejemplo, un ión difícil de separar del agua, tal como  $Mg^{2+}$  o  $Ca^{2+}$ . En otra modalidad, el líquido agotado en iones puede ser agua de pureza ultra-elevada, por ejemplo, agua con una resistividad mayor de 18 megohm-cm.

Tal como aquí se emplea, un "aparato de purificación eléctrica" es un aparato que puede purificar un fluido que contiene especies iónicas disueltas por aplicación de un potencial eléctrico para influenciar el transporte de iones dentro del fluido. Ejemplos de un aparato de purificación eléctrica incluyen un dispositivo de electrodiálisis y un dispositivo de electrodesionización. Los términos "electrodiálisis" y "electrodesionización" se ofrecen en sus definiciones ordinarias tal como se emplean en la técnica. Un dispositivo de electrodiálisis tiene habitualmente varios compartimientos de fluido que se emplean para diluir o concentrar iones y otros contaminantes disueltos. En un dispositivo de electrodesionización, se emplea además un medio eléctricamente activo dentro de uno o más compartimientos de fluido para recoger y descargar especies ionizables, o bien para facilitar el transporte de iones mediante mecanismos de sustitución iónica o electrónica. Los dispositivos de electrodesionización pueden incluir medios que pueden constituir una carga permanente o temporal y pueden operar para causar reacciones electroquímicas diseñadas para conseguir o mejorar el rendimiento.

El punto de admisión 160 puede ser cualquier operación unitaria que produzca un fluido o que opere sobre fluidos, tal como, pero no de forma limitativa, ultrafiltración, nanofiltración, sedimentación, destilación, humidificación, ósmosis inversa, diálisis, un aparato de electrodesionización o un aparato de electrodiálisis. El punto de admisión puede ser también un reactor en ciertas modalidades, en donde se genera un fluido, o un sistema de intercambio de calor, en donde se emplea un fluido para calentar o enfriar operaciones. En ciertas modalidades, el punto de admisión puede ser también un depósito de líquido, tal como un recipiente de almacenamiento, un tanque o un estanque de retención a la intemperie o, en el caso de agua, el punto de admisión puede ser también una masa de agua natural o artificial, tal como un lago, un río, un canal o un océano. Entre el punto de admisión 160 y el recipiente a presión 110 puede existir cualquier número de operaciones adicionales que puedan operar sobre el fluido, por ejemplo, un dispositivo de ósmosis inversa o un depósito.

El punto de uso 170 puede ser cualquier localización en donde se desee un líquido. Por ejemplo, el punto de uso puede ser una espita, un depósito o una operación unitaria en donde se necesite un líquido, tal como puede encontrarse en un sistema de enfriamiento, un sistema de refrigeración o una planta de producción. El líquido procedente del punto de uso 170 puede también utilizarse en una instalación que purifique o almacene el líquido, por ejemplo, en botellas o un tanque. El punto de uso 170 puede también estar en una planta química, una población o un edificio tal como una casa o un complejo de apartamentos, o puede ser una descarga al entorno natural. Entre el recipiente a presión 110 y el punto de uso 170 puede existir cualquier número de operaciones o redes de distribución adicionales, por ejemplo, un dispositivo de ultrafiltración, un depósito o un sistema de distribución de agua.

Debe entenderse que los sistemas y métodos de la presente invención se pueden emplear en conexión con cualquier sistema en donde pueda ser conveniente la purificación de un líquido o líquidos. Por tanto, el sistema tal como se ilustra en la figura 1, puede ser modificado según sea necesario para un procedimiento particular. Por ejemplo, se pueden incorporar entradas o salidas adicionales en el recipiente a presión o en el aparato de purificación eléctrica; en el sistema se pueden incorporar bombas, depósitos, válvulas, agitadores, tanques de compensación, sensores o elementos de control, para controlar el flujo de líquido; o en el sistema se pueden incorporar unidades de procedimiento adicionales tales como unidades de filtración o de ósmosis inversa, para purificar adicionalmente el líquido.

La figura 2 ilustra un diagrama en despiece de otra modalidad de la invención. En la modalidad ilustrada en esta figura, el recipiente a presión 200 se muestra como un cilindro que rodea al aparato de purificación eléctrica 100. El aparato de purificación eléctrica 100 se ilustra también en la figura 2 según una vista en despiece.

Aunque el recipiente a presión 200 como el ilustrado en la figura 2 es un cilindro que solo es ligeramente más grande que el aparato de purificación eléctrica 100, en otras modalidades el recipiente a presión 200 puede tener otras configuraciones, y la invención no queda limitada por el tamaño del aparato 100. Por ejemplo, el recipiente a presión 200 puede ser esférico o puede ser cilíndrico, por ejemplo, con extremos semi-esféricos como se ilustra en la figura 1, cabezas de configuración elíptica o extremos planos. El recipiente a presión puede ser también una línea o una tubería, por ejemplo, una tubería que conecta fluidicamente al menos dos operaciones unitarias. Tal como aquí se emplea, un "recipiente a presión" es cualquier recipiente que pueda soportar una presión por encima o por debajo de la presión atmosférica, tales como presiones mayores o menores de 14 kN/m<sup>2</sup> (2 libras por pulgada cuadrada (psi)) respecto de la presión atmosférica, presiones mayores o menores de 69 kN/m<sup>2</sup> (10 psi) respecto de la presión atmosférica, o bien presiones mayores o menores de 97 kN/m<sup>2</sup> (14 psi) respecto de la presión atmosférica. En ciertos casos, el recipiente a presión puede ser capaz de soportar presiones incluso superiores. El recipiente a presión puede estar hecho de cualquier material capaz de soportar dichas presiones, tal como un metal o un material plástico. Se pueden emplear metales, tal como acero inoxidable o aluminio, para construir recipientes en ciertas modalidades, debido a que dichos metales pueden ser capaces de soportar fuerzas más grandes. Sin embargo, en otras modalidades, se pueden emplear materiales poliméricos tales como polipropileno, polisulfona, polietileno, cloruro de polivinilo, cloruro de polivinilo clorado, material plástico reforzado con fibra de vidrio ("FRF") (por ejemplo un material compuesto de plástico y poliéster vinílico reforzado con filamentos enrollados), o bien se puede emplear una poliolefina, debido a su naturaleza inerte o no conductora, tal como cuando la contaminación del líquido constituye un problema principal, o cuando el fluido que entra en el recipiente a presión es químicamente reactivo, por ejemplo, un ácido o agua de pureza ultra-elevada. También se pueden emplear otros polímeros. En ciertas modalidades, el recipiente a presión 200 puede estar hecho de un primer material revestido con un segundo material. El primer material puede ser cualquier material capaz de soportar presión, tal como un metal o un plástico. El segundo material que reviste el recipiente puede ser, por ejemplo, inerte a líquidos o gases dentro del recipiente a presión. Por ejemplo, el recipiente a presión puede estar hecho de acero inoxidable con un revestimiento de un polímero tal como politetrafluoretileno. El recipiente a presión 200 puede tener funciones adicionales tales como, pero no de forma limitativa, permitir separaciones de mezcla o sedimentación, facilitar reacciones químicas, efectuar ósmosis inversa o tener propiedades aislantes de la electricidad. Otros componentes tales como, pero no de forma limitativa, válvulas de seguridad, rompedores o sensores de vacío, tales como, por ejemplo, para medir la conductividad, temperatura, presión, composición o pH, pueden estar también presentes en o dentro del recipiente a presión, en función de la aplicación contemplada.

En una serie de modalidades, el aparato de purificación eléctrica 100 incluye compartimientos de intercambio iónico 210, separados por membranas selectivas a los iones 220. Cada extremo del aparato de purificación eléctrica 100 puede tener un electrodo 230. El aparato 100 incluye además bloques extremos 240. Opcionalmente, a la hora de efectuar el montaje, una serie de varillas de unión 250 pueden transcurrir a través del aparato. Sin embargo, se pueden emplear otros métodos adecuados para asegurar el aparato 100 en otras modalidades, tales como bridas, soldaduras, anillos de retención, pasadores de retención o adhesivos.

Los compartimientos de intercambio iónico 210 pueden tener el mismo tamaño o diferentes tamaños. En la figura 2, la sección transversal de los compartimientos de intercambio iónico 210 se ilustran como circulares, pero también quedan dentro del alcance de la presente invención otras secciones transversales, por ejemplo, un rectángulo o un polígono tal como un pentágono o un hexágono. En particular, las configuraciones de los intercambios o cámaras de intercambio iónico no vienen determinadas por la forma o tamaño del recipiente a presión 200. Los compartimientos de intercambio iónico 210 pueden tener cada uno de ellos cualquier número de entradas y salidas (no mostradas). En ciertas modalidades, se emplea una serie alternativa de compartimientos de concentración y de dilución; sin embargo, también se pueden emplear otras disposiciones, tales como una serie de dos compartimientos de dilución adyacentes a dos compartimientos de concentración. Los materiales que constituyen los compartimientos de intercambio iónico pueden ser cualquier material adecuado, tal como, pero no de forma limitativa, un material polimérico, por ejemplo, cloruro de polivinilo, cloruro de polivinilo clorado, polipropileno, polisulfona, polietileno, una poliolefina o un plástico o polímero reforzado con vidrio, tal como polipropileno reforzado con vidrio. Los compartimientos de intercambio iónico 210 pueden tener cada uno de ellos cualquier número de entradas o salidas (no mostradas) para permitir que el líquido fluya a través de compartimientos. En ciertas modalidades, las entradas y salidas pueden estar situadas sobre la periferia de los compartimientos iónicos 210, para reducir al mínimo el flujo de líquido remansado o volúmenes "muertos".

Las membranas de intercambio iónico 220 pueden permitir que las especies de una carga pasen a través de las mismas pero generalmente pueden restringir el movimiento de especies que portan la carga opuesta. Por ejemplo, las membranas que generalmente impiden el paso de cationes (iones positivos) y no la de aniones (iones negativos) son membranas catiónicas; las membranas que generalmente permiten el paso de aniones y no de cationes son membranas aniónicas. Las membranas de intercambio iónico pueden comprender, por ejemplo, un polvo de intercambio iónico, un aglutinante en polvo de polietileno y un lubricante de glicerina. El polvo de intercambio iónico puede ser, por ejemplo, un polvo de intercambio catiónico tal como polvo de resonio sódico PUROLITE™ C-100IP, suministrado por Purolite Company (Bala Cynwyd, PA); o un polvo de intercambio aniónico tal como polvo de colestiramina PUROLITE™ A-430IP suministrado por Purolite Company (Bala Cynwyd, PA). Las membranas pueden formarse por cualquier técnica adecuada, por ejemplo, mezclando los materiales de partida y conformando y extruyendo los pellets producidos a partir de los materiales a láminas de material compuesto. Otros tipos de membranas, tales como membranas neutras, membranas de exclusión por tamaños o membranas que son impermeables a iones específicos, pueden ser utilizadas dentro del aparato de purificación eléctrica en ciertas modalidades de la invención. Se utiliza una serie alterna de membranas catiónicas y aniónicas separadas por membranas de intercambio iónico 210; sin embargo, en otras modalidades también se pueden emplear otras disposiciones, incluyendo aquellas que utilizan otros tipos de membranas, tales como membrana de exclusión por tamaños.

Se puede pasar el mismo líquido a través de ambos compartimientos de intercambio iónico, o bien se puede pasar un líquido a través de un compartimiento y pasar un líquido diferente a través del otro. En los sub-compartimientos 260 se emplean pletinas, deflectores, paredes, nervios u otros componentes que dirigen el flujo de líquido al interior de cada compartimiento de intercambio iónico. En una modalidad, ilustra en la figura 2, las pletinas 270 pueden estar dispuestas para producir una serie de sub-compartimientos paralelos 260 dentro de cada compartimiento de intercambio iónico 210, dando como resultado un flujo neto no radial 275, en donde el flujo de líquido neto o uniforme es la dirección de flujo medio o másico del líquido, ignorando las perturbaciones en el flujo del líquido causadas por la presencia de resina dentro de los sub-compartimientos 260. En ciertas modalidades, los sub-compartimientos 260 pueden estar diseñados de manera que el ancho, la altura o el área en sección transversal de cada canal de flujo no varíe sustancialmente, por ejemplo, para causar un perfil de velocidad de flujo de líquido uniforme por todo el compartimiento, lo cual puede permitir una mezcla más uniforme dentro del compartimiento o que se presenten velocidades de transferencia más uniformes a través del compartimiento. Los sub-compartimientos 260 dentro del compartimiento de intercambio iónico 210 no tienen que ser necesariamente paralelos entre sí y pueden tener otras configuraciones además de los rectángulos redondeados ilustrados en la figura 2, por ejemplo, pero no de forma limitativa, cuadrados, círculos, rectángulos, triángulos, óvalos o hexágonos. En otras modalidades, las pletinas 270 pueden estar dispuestas para producir un flujo en zigzag de líquido a través del compartimiento para extender la longitud de recorrido del flujo del líquido dentro del compartimiento, o las pletinas 270 puede que no estén presentes en absoluto. También queda contemplado otros flujos no radiales 275 dentro del sub-compartimiento 260. Por ejemplo, los sub-compartimientos 260 pueden estar dispuestos dentro del compartimiento de intercambio iónico 210 para formar una disposición triangular o cuadrada de sub-compartimientos, de modo que el flujo de líquido dentro de cada sub-compartimiento 260 no se dirija hacia el centro del compartimiento de intercambio iónico 210. Tal como aquí se emplea, el término "radial" se refiere al flujo de líquido que finalmente

converge hacia el centro o que se inicia desde el centro o en un punto próximo al centro, del compartimiento de intercambio iónico.

Los flujos no radiales dentro de un compartimiento de intercambio iónico pueden reducir la presión o esfuerzos cortantes aplicados a las membranas de intercambio iónico o a las pletinas o deflectores dentro del compartimiento de intercambio iónico, en comparación con los flujos radiales de líquido, tales como aquellos descritos, por ejemplo, por Liang et al. en la Patente US No. 5.292.422. Los flujos no radiales pueden así, según se cree, prolongar la vida de servicio de las membranas de intercambio iónico o permitir la construcción del compartimiento de intercambio iónico con materiales más ligeros o menos costosos. El uso de flujos no radiales dentro de los compartimientos de intercambio iónico pueden también permitir que la construcción de los compartimientos de intercambio iónico sea más sencilla o más simple. Los flujos no radiales dentro del compartimiento de intercambio iónico pueden también permitir perfiles de velocidad de flujo de líquido uniforme dentro del compartimiento, lo cual puede dar lugar a un intercambio iónico más uniforme o más predecible, a una mezcla más rápida o a tiempos de residencia del líquido más cortos, por ejemplo, en comparación con los flujos radiales de líquido. Los compartimientos de intercambio iónico con flujos no radiales pueden también ser más simples de fabricar, debido a que pueden requerirse menos pletinas o deflectores en su interior, para producir el flujo no radial, y las entradas y salidas pueden estar situadas en la periferia del compartimiento de intercambio iónico en lugar del centro, resultando ello en un acceso más sencillo y más simple. Las entradas y salidas situadas en la periferia de los compartimientos de intercambio iónico pueden también simplificar la carga y sustitución de cualquiera de las resinas de intercambio iónico que puedan estar presentes dentro del compartimiento, por ejemplo, en dispositivos de electrodesionización. Se pueden requerir menores cantidades de tuberías y otras conexiones de los fluidos para cada compartimiento de intercambio iónico, lo cual puede simplificar la construcción en ciertos casos.

Durante la operación, se aplica un campo eléctrico a los compartimientos de intercambio iónico desde los electrodos 230, lo cual puede crear un gradiente de potencial que hace que los iones migren desde los compartimientos de dilución al interior de los compartimientos de concentración. El campo eléctrico puede ser aplicado perpendicularmente al flujo del líquido 275. El campo eléctrico se puede aplicar uniformemente de un lado a otro de los compartimientos de intercambio iónico 210, dando ello como resultado una densidad de campo eléctrico uniforme y sustancialmente constante de un lado a otro de los compartimientos de intercambio iónico 210; o el campo eléctrico se puede aplicar de manera no uniforme, dando ello como resultado una densidad de corriente no uniforme. El campo eléctrico puede también ser aplicado como un gradiente, por ejemplo, aumentando o disminuyendo de un lado a otro del aparato de purificación eléctrica 100 o a lo largo del flujo de líquido 275. El campo eléctrico también se puede aplicar en un ángulo ligero o pronunciado con respecto al flujo de líquido. Cualquiera de los electrodos 230 se puede emplear como cátodo o ánodo. En algunas modalidades de la invención, la polaridad de los electrodos se puede invertir ocasionalmente durante la operación, invirtiendo la posición del cátodo y del ánodo. Los electrodos pueden estar hechos de cualquier material adecuado para aplicar el campo eléctrico. Los electrodos pueden ser empleados, por ejemplo, durante largos periodos de tiempo sin una corrosión importante. Ejemplos de materiales incluyen platino, titanio o acero inoxidable. Los electrodos pueden también estar revestidos en algunas modalidades, por ejemplo, con platino, óxido de rutenio u óxido de iridio.

En una serie de modalidades, el aparato de purificación eléctrica es un dispositivo de electrodesionización. En estas modalidades, uno o ambos compartimientos de intercambio iónico 210 pueden ser rellenados con una resina (no mostrada). La resina puede ser una resina catiónica, aniónica o inerte, y puede estar presente como perlas esféricas u otras partículas separadas. La resina también puede estar presente en otras geometrías, tales como polvo, fibras, esterillas o tamicos extruidos. La resina puede comprender cualquier material adecuado para enlazar iones y otras especies de las soluciones, por ejemplo, sílice, una zeolita o un polímero, tal como un poli(divinilbenceno-co-estireno). La resina puede incluir materiales catiónicos que tienen grupos funcionales básicos débiles en sus regiones superficiales, tales como grupos alquilamino terciarios. Las resinas también pueden incluir materiales de resina aniónica, tales como aquellos que contienen grupos funcionales de Tipo II en sus regiones superficiales, por ejemplo, dimetiletanolamina, o grupos funcionales de Tipo I (grupos amonio cuaternario) en sus regiones superficiales. Estos materiales son comercialmente disponibles, por ejemplo, como resina DOWEX™ WBA, suministrada por Dow Chemical Company (Midland, MI) o resina de Tipo II AMBERTJET™ 4600 suministrada por Rohm & Haas Corporation (Philadelphia, PA). Además, la resina dentro del compartimiento de intercambio iónico 210 puede tener una variedad de disposiciones, incluyendo, pero no de forma limitativa, empaquetamientos estratificados tal como describe DiMascio et al. en la Patente US No. 5.858.191. También pueden estar presentes otros tipos de partículas para, por ejemplo, catalizar reacciones, adsorber sustancias o separar sólidos por filtración. Por otro lado, ha de entenderse que puede existir una variedad de configuraciones dentro de los compartimientos de intercambio iónico 210. Por ejemplo, los compartimientos de intercambio iónico pueden contener componentes adicionales, tales como deflectores, mallas o tamicos, que se pueden emplear, por ejemplo, para contener y dirigir la resina o controlar el flujo de líquido dentro del compartimiento.

Como se ilustra en la figura 2, el aparato de purificación eléctrica 100 se monta mediante el uso de bloques extremos 240 en cualquiera de los extremos del aparato, manteniéndolos juntos mediante el uso de varillas de unión 250, tal como se encontrará en una construcción típica de placa-y-marco, conocida en la técnica. Véase, por ejemplo, la Patente US No. 4.931.160 de Giuffrida, la Patente US No. 4.956.071 de Giuffrida o la Patente US No.

5.316.637 de Ganzi et al. En la presente invención, la "placa" puede ser representada por compartimientos de intercambio iónico 210 y el "marco" puede ser representado por bloques extremos 240. Las membranas de intercambio iónico 220 están dispuestas en paralelo entre sí, formando el espacio existente entre ellas los compartimientos de intercambio iónico 210. Durante la operación, cada compartimiento de intercambio iónico 210 tiene una presión interna. Esta presión del líquido que rodea al compartimiento de intercambio iónico 210 puede estar equilibrada esencialmente, y se puede reducir la posibilidad de fallos inducidos por estrés de los componentes internos. Las varillas de unión 250 no son necesarias para el funcionamiento del aparato de purificación eléctrica 100 y, en algunas modalidades, las varillas de unión 250 pueden estar ausentes. También se pueden emplear otros métodos de asegurar el aparato 100 dentro del recipiente a presión 110, por ejemplo, mediante soldadura o fusión térmica. Para el montaje del aparato también se pueden emplear bridas mecánicas, adhesivos u otros métodos ya descritos. Las varillas de unión 250 o los bloques extremos 240 pueden estar hechos de un metal, tal como acero inoxidable, titanio o aluminio. Sin embargo, en otras modalidades, las varillas de unión o las placas extremas pueden estar hechas de materiales poliméricos, tales como cloruro de polivinilo, cloruro de polivinilo clorado, polipropileno, polisulfona, polietileno, una poliolefina, un material cerámico u otros materiales inertes o no conductores, tal como por motivos de seguridad, coste, fiabilidad, fácil fabricación o mantenimiento. En ciertas modalidades de la invención, el bloque extremo 240 puede estar compuesto de dos o más materiales diferentes. Por ejemplo, el bloque extremo 240 puede estar hecho de dos materiales tales como un metal o un polímero, lo cual, por ejemplo, puede prevenir cortocircuitos eléctricos dentro del aparato de purificación eléctrica. En otras modalidades, el bloque extremo 240 puede estar constituido de tres o más materiales. Por ejemplo, uno de los materiales puede proporcionar resistencia estructural, un segundo material puede ser un material aislante y un tercer material se puede emplear como electrodo 230. El material aislante puede ser cualquier material capaz de aislar la electricidad, tal como un polímero, por ejemplo, cloruro de polivinilo o caucho. El material exterior puede ser cualquier material, por ejemplo, un material que aporte resistencia estructural al aparato, tal como un metal, por ejemplo, aluminio o acero inoxidable. También quedan contempladas otras disposiciones para el bloque 240.

En una serie de modalidades, un fluido 120 pasa al interior del recipiente a presión 200 y sale del aparato de purificación eléctrica 100. El fluido 120 puede ser cualquier fluido. Por ejemplo, el fluido 120 puede ser aire, gas nitrógeno, un aceite, un hidrocarburo, una solución acuosa o agua, tal como agua dulce, agua salada o agua residual. El fluido que llena o llena parcialmente el recipiente a presión 110 puede consistir en uno o más de los fluidos que salen del aparato de purificación eléctrica, puede ser un fluido que entra en el aparato 100 o puede ser un fluido que no entra en el aparato. La presión del fluido 120 dentro del recipiente a presión 200 puede ser mayor de, menor de o igual a la presión dentro del aparato 100. Se pueden emplear diferencias de presión más pequeñas entre el fluido 120 dentro del recipiente a presión 200 y el aparato de purificación eléctrica 100, en ciertas situaciones, por ejemplo, para reducir los costes de fabricación o prolongar la vida de servicio del aparato, debido a una reducción de las cargas inducidas por presión sobre el aparato 100. De este modo, en una modalidad la diferencia de presión puede ser menor de 3,5 MN/m<sup>2</sup> (500 psi), menor de 689 kN/m<sup>2</sup> (100 psi), menor de 345 kN/m<sup>2</sup> (50 psi), menor de 69 kN/m<sup>2</sup> (10 psi) o menor de 35 kN/m<sup>2</sup> (5 psi). El fluido 120 o el aparato 100, cualquiera de ellos, puede tener una presión más grande. Alternativamente, puede no existir una diferencia de presión sustancial entre el fluido 120 y el aparato 100.

En otra serie de modalidades, el aparato de purificación eléctrica 100 dentro del recipiente a presión 200 es presurizado estructuralmente, por ejemplo, llenando y presurizando el espacio existente entre el aparato y el recipiente a presión con un material sólido. El material sólido puede ser cualquier material que se pueda utilizar para llenar y presurizar al menos parcialmente el espacio entre el aparato de purificación eléctrica y el recipiente a presión, por ejemplo, para aplicar una presión a por lo menos una porción del aparato de purificación eléctrica. Si se emplea un material sólido, el material puede ser inerte o puede estar formado de una sustancia que no es reactiva hacia los fluidos utilizados en el aparato de purificación eléctrica, especialmente durante la aplicación de un campo eléctrico. Por ejemplo, el material sólido puede comprender un material polimérico tal como, pero no de forma limitativa, polipropileno, polisulfona, polietileno, cloruro de polivinilo, cloruro de polivinilo clorado o una poliolefina.

En una serie de modalidades, el material sólido puede comprender un material que se expande o solidifica durante su formación. Como un ejemplo, se puede colocar un material entre el aparato de purificación eléctrica y el recipiente a presión y solidificarlo en su sitio, tal como en un proceso de espumado o de moldeo por inyección. En una modalidad, el material es un polímero que es soplado y expansionado en su sitio, por ejemplo, pero no de forma limitativa, poliestireno, polietileno o un polipropileno. En otra modalidad, el material reacciona para formar un material sólido, por ejemplo, un material epoxi.

El material sólido puede ser, en otra serie más de modalidades, situado en el recipiente a presión durante el proceso de fabricación. El material sólido puede ser presurizado (por ejemplo, comprimido) en algunas modalidades. En ciertas modalidades, sin embargo, el material sólido no es presurizado pero se utiliza, por ejemplo, para prevenir o reducir fugas de fluido del aparato de purificación o para ocupar espacio o amortiguar el aparato respecto del recipiente a presión, por ejemplo, contra choques físicos o cambios de temperatura. En una modalidad, el material sólido permite que las fuerzas generadas en el aparato de purificación eléctrica sean transmitidas al recipiente a presión. Estas fuerzas pueden incluir fuerzas internas tales como presiones hidráulicas internas, o bien fuerzas de expansión procedentes del hinchamiento de resinas en modalidades en donde se utilizan dichas resinas, tal como

en los dispositivos de electrodesionización. En una modalidad, se coloca un material sólido elastómero entre el aparato de purificación eléctrica y el recipiente a presión durante el proceso de fabricación. Por ejemplo, el material sólido puede ser un elastómero termoplástico, tal como, pero no de forma limitativa, caucho, poliestireno, polibutadieno, poliisopreno, polibutadieno, poliisobutileno, un poliuretano, policloropreno o una silicona.

5 Debe apreciarse que la presente invención puede tener una variedad de otras configuraciones. Por ejemplo, en ciertas modalidades de la invención, se puede emplear tanto un fluido como un material sólido entre el aparato de purificación eléctrica y el recipiente a presión. Como otro ejemplo, quedan contemplados otros medios de aplicar una presión externa sobre la periferia del aparato de purificación eléctrica. Si se emplea un fluido para presurizar el aparato, el fluido puede ser presurizado, por ejemplo, mediante una bomba aguas arriba o por aplicación de mayores velocidades de flujo o cargas de presión hidrostática, en lugar de quedar confinado dentro de un recipiente a presión. Tal como aquí se emplea, un "fluido presurizado" se refiere a un fluido con una presión mayor de la presión atmosférica, habitualmente al menos mayor de 2 psi con respecto a la presión atmosférica. Como se ha indicado anteriormente, se puede emplear un fluido diferente para presurizar el exterior del aparato, tal como agua o aire.

15 El aparato de purificación eléctrica 100 puede también tener otras configuraciones, por ejemplo, al incluir otros componentes tales como electrodos adicionales; u otras geometrías internas, por ejemplo, disponiendo de compartimientos de intercambio iónico cilíndrico o esféricos. También se pueden emplear diferentes configuraciones de la entrada y de la salida. Por ejemplo, se pueden pasar simultáneamente varios líquidos a través del aparato para ser concentrados y diluidos, tales como agua, salmuera, una solución acuosa o una solución orgánica. El fluido 120 puede tener además otros materiales suspendidos o disueltos en el mismo, tal como aquellos que pueden estar presentes en el agua de mar.

El fluido dentro del recipiente a presión puede ser alimentado por uno o más de los fluidos de entrada. Por ejemplo, en una modalidad particular ilustrada en la figura 3 como una vista en sección transversal, el fluido 300 procedente de un punto de admisión 160 entra primeramente en la región 370 entre el recipiente a presión 110 y el aparato de purificación eléctrica 100. El aparato de purificación eléctrica 100 está dividido en compartimientos de concentración 310 y compartimientos de dilución o agotamiento 320 por membranas de intercambio catiónico 330 y membranas de intercambio aniónico 340. Si el aparato de purificación eléctrica es un dispositivo de electrodesionización, entonces uno o ambos compartimientos 310 y 320 pueden estar rellenos de una resina. En uno de los extremos del aparato se encuentra un ánodo 360 y un bloque extremo; en el otro extremo se encuentra el cátodo 350 y un bloque extremo 240. El fluido procedente de la región 370 es pasado desde el interior del recipiente a presión al interior de ambos compartimientos de concentración 310 y dilución 320 a través de las entradas 315 y 325, respectivamente, en donde se concentra y diluye, respectivamente, bajo la influencia del potencial eléctrico aplicado. El fluido sale entonces de los compartimientos de concentración 310 y dilución 320 a través de las salidas 317 y 327 como una corriente concentrada en iones 140 y una corriente agotada de iones 150, respectivamente. En ciertas aplicaciones, por ejemplo, en la purificación de agua, la corriente agotada en iones puede ser retenida como un producto, mientras que se desecha la corriente concentrada en iones; sin embargo, en otras aplicaciones, en donde pueden ser convenientes realizar operaciones de concentración, la corriente concentrada en iones puede ser retenida y la corriente agotada en iones puede ser desechada. En la modalidad ilustrada en la figura 3, la corriente concentrada en iones 140 y la corriente agotada en iones 150 finalizan cada una de ellas en puntos de uso 380 y 385, respectivamente.

En ciertas modalidades de la invención, la región 370 puede ser una región anular entre el recipiente a presión 110 y el aparato de purificación eléctrica 100, por ejemplo, en el caso de que tanto el recipiente a presión como el aparato tengan secciones transversales circulares. En ciertas modalidades de la invención, se puede desear una región 370 más pequeña, por ejemplo, para reducir al mínimo la cantidad de fluido dentro del recipiente a presión 110 que no está dentro del aparato de purificación eléctrica 100 en modalidades en donde se pasa un fluido a través de la región 370. En otras modalidades, sin embargo, se puede desear una región más grande 370 entre el recipiente a presión 110 y el aparato 100. Por ejemplo, en una aplicación farmacéutica en donde se pasa un fluido entre el recipiente a presión y el aparato de purificación eléctrica, una región más grande 370 entre el recipiente a presión 110 y el aparato de purificación eléctrica 100 puede permitir que el fluido en la región tenga un perfil de velocidad más alto o más bajo, reduciendo al mínimo la cantidad de volumen "muerto" dentro del dispositivo. Un volumen "muerto" o remanente puede tener una velocidad de fluido muy baja, por ejemplo, menor de 3 m/s (10 ft/s) aproximadamente o menor de 1,5 m/s 5 (ft/s) aproximadamente, lo cual podría permitir que se presentase el crecimiento de microorganismos. En una serie de modalidades, se pueden emplear deflectores, pletinas, nervios u otros dispositivos dentro de la región 370 para alterar o afectar el flujo de fluido dentro de la misma, por ejemplo, para prevenir la formación de zonas muertas o para facilitar un flujo de fluido uniforme dentro del espacio anular.

Otra modalidad de la invención se ilustra en la figura 4 como una vista en sección transversal. En esta modalidad, se emplean dos fluidos de entrada separados 400, 410, para ilustrar así que pueden emplearse múltiples entradas de acuerdo con la presente invención. Un fluido de entrada 400 procedente de un punto de admisión 460 se emplea para llenar la región 370 entre el recipiente a presión 110 y el aparato de purificación eléctrica 100. Desde la región 370, el fluido entra en los compartimientos de concentración 310 a través de las entradas 315. El otro fluido de



5 entrada 410 procedente del punto de admisión 470 pasa únicamente a través de los compartimientos de dilución 320 del aparato de purificación eléctrica 100 y no entra en la región 370 entre el recipiente a presión 110 y el aparato 100. Los dos fluidos pasan a través de los compartimientos de concentración 310 y dilución 320 y salen a través de las salidas 317 y 327 para producir los líquidos concentrados en iones 140 y agotados en iones 150, respectivamente, y desde allí hacia los puntos de uso 380 y 385, respectivamente.

10 Otra modalidad de la invención se ilustra en la figura 5 como una vista en sección transversal. En este caso, en el aparato de purificación eléctrica 100 se emplean dos fluidos separados 400, 410 procedentes de puntos de admisión separados 460, 470, respectivamente, pero se utiliza un tercer fluido o un material sólido 500 para reducir la diferencia de presión entre el interior del aparato de purificación eléctrica 100 y el recipiente a presión 110, del cual solo se muestra una porción en la figura 5. Además, el recipiente a presión 110 es mucho más grande que el aparato 100, no se adapta a la configuración del aparato y no contiene totalmente el aparato. Tal como aquí se emplea, las expresiones “contienen”, “rodean”, “situados/as dentro”, “asegurado/as dentro” y palabras y frases similares incluyen configuraciones en donde el aparato solo está parcialmente rodeado o incluido en el recipiente a presión, así como las situaciones en donde el aparato de purificación eléctrica está completamente rodeado o incluido por el recipiente a presión. En la figura 5, un fluido de entrada 400 entra en los compartimientos de concentración 310 a través de las entradas 315 mientras que un segundo fluido de entrada 410 entra en los compartimientos de dilución 320 a través de las entradas 325. El líquido concentrado en iones 140 procedente de los compartimientos de concentración 310 sale a través de las salidas 317 hacia un punto de uso 170, mientras que el líquido agotado en iones 150 procedente de los compartimientos de dilución 320 sale a través de las salidas 327 hacia el recipiente a presión 110 y se mezcla con un tercer fluido 500. En esta modalidad, el aparato de purificación eléctrica 100 puede estar unido a la pared del recipiente a presión 110 por medio de una brida; sin embargo, también se pueden emplear otros métodos de unión, tales como adhesivos o varillas de unión, para acoplar el aparato de purificación eléctrica 100.

25 Debe entenderse que son posibles otras muchas configuraciones. Por ejemplo, cualquiera de los fluidos de salida puede ser recirculado de nuevo hacia una de las entradas o al interior del recipiente a presión o, si se emplea un fluido para presurizar el exterior del aparato de purificación eléctrica, el fluido puede no estar conectado de cualquier modo con cualquiera de los fluidos de entrada o de salida. Quedan contempladas también otras configuraciones. Por ejemplo, las entradas o las salidas pueden ser conectadas a otros dispositivos de purificación eléctrica en serie o en paralelo, dando como resultado redes conectadas de dispositivos de purificación eléctrica. Los líquidos se podrían pasar a través de una serie de dispositivos de purificación eléctrica, concentrando o purificando el dispositivo el líquido posteriormente.

35 La figura 6 muestra otra modalidad de la invención. En esta modalidad, el aparato de purificación eléctrica 100 ha sido montado en la pared lateral del recipiente a presión 110. En esta modalidad, parte del aparato 100 está situada en el exterior del recipiente a presión 110, permitiendo ello un fácil acceso al aparato, de manera que, por ejemplo, puedan llevarse a cabo las operaciones usuales de mantenimiento en el aparato de purificación eléctrica 100, o bien pueden alterarse fácilmente las configuraciones de las tuberías, interna o externamente. En la modalidad ilustrada en la figura 7, el aparato de purificación eléctrica 100 ha sido montado en la base del recipiente a presión 110. Esto puede ser ventajoso en situaciones, por ejemplo, en donde el recipiente a presión 110 es grande y el acceso al aparato de purificación eléctrica 100 en el fondo del recipiente puede ser más práctico, seguro o eficaz en cuanto al poste. En otras modalidades, el aparato también se puede situar en la parte superior del recipiente a presión 110.

45 En la figura 8, el aparato de purificación eléctrica 100 está completamente incluido dentro del recipiente a presión 110. En esta modalidad, dos líquidos de entrada 800 entran en el aparato 100, dando como resultado un líquido concentrado en iones 140 y un líquido agotado en iones 150. El líquido concentrado en iones 140 se puede pasar al interior del recipiente a presión 110, mientras que el líquido agotado en iones 100 se desecha. Esta configuración puede ser ventajosa en ciertas situaciones, por ejemplo, cuando deba controlarse herméticamente las fugas del aparato de purificación eléctrica 100, por ejemplo, en la purificación de líquidos tóxicos o biopeligrosos. Debe entenderse que también pueden ser posibles otras configuraciones, dependiendo de la situación y del líquido que ha de ser concentrado o diluido.

50 La función y ventajas de estas y otras modalidades de la presente invención podrán entenderse más detalladamente a partir de los siguientes ejemplos. Estos ejemplos intentan ser de naturaleza ilustrativa y de ningún modo han de ser considerados como limitativos del alcance de la invención.

### Ejemplo 1

Este ejemplo ilustra varias condiciones que utilizan una modalidad particular de la invención empleando un dispositivo de electrodesionización.

55 Se efectuó el montaje de un dispositivo de electrodesionización continua que tiene doce compartimientos de dilución y doce compartimientos de concentración. La separación intermembranas entre los compartimientos fue de 4 mm

(0,161 pulgadas). La membrana catiónica dentro del dispositivo fue una membrana de intercambio catiónico extruida heterogénea. La membrana de intercambio aniónico fue una membrana de intercambio aniónico extruida heterogénea. La resina empleada tanto en el compartimiento de dilución como en el compartimiento de concentración fue una mezcla de resina aniónica Marathon A y resina catiónica Marathon C. La relación entre la resina aniónica y la catiónica fue de 70:30.

El recipiente a presión se construyó a partir de cloruro de polivinilo. El recipiente a presión fue un cilindro con un diámetro interior de alrededor de 315 mm (12,4 pulgadas). El cilindro de cloruro de polivinilo fue especificado para una presión máxima de 1,5 kN/m<sup>2</sup> (220 psi). El separador dentro del dispositivo de electrodesionización fue construido a partir de polietileno de baja densidad. Los electrodos se construyeron a partir de titanio revestido con un revestimiento de óxido de rutenio. Las placas extremas en el recipiente a presión también fueron construidas a partir de cloruro de polivinilo.

Los resultados para dos experimentos con muestras empleando el dispositivo de electrodesionización en particular se muestran en la tabla 1. El agua alimentada al dispositivo en el experimento 1 tenía una mayor conductividad que el agua usada en el experimento 2, indicando ello que el agua en el experimento 1 tenía una mayor carga de iones.

Este dispositivo de electrodesionización fue capaz de reducir con éxito la cantidad de dióxido de silicio presente en el agua de entrada en aproximadamente 99%. Además, la resistividad del fluido agotado en iones resultó ser de aproximadamente 17 megohm-cm después de la electrodesionización.

De este modo, este ejemplo ilustra que se puede emplear una modalidad de la invención para reducir la concentración de dióxido de silicio, así como la resistividad de la corriente de agua de muestra.

	Exp. 1	Exp. 2
Conductividad alimentación (microsiemen/cm)	14	8,26
Temperatura alimentación (° C)	24,3	22,1
CO <sub>2</sub> alimentación (ppm)	3,75	2,5
SiO <sub>2</sub> alimentación (ppb)	215	256
Voltaje (V)	153	142,3
Corriente (A)	5,0	4,0
Resistividad producto (megohm-cm)	16,95	17,75
Velocidad flujo diluido (gpm)	2	2
Velocidad flujo concentrado (gpm)	0,2	0,2
SiO <sub>2</sub> diluido (ppb)	3	2
Separación SiO <sub>2</sub> (%)	98,6%	99,2%

En este ejemplo se describe una disposición de la presente invención. Se construyó un aparato de electrodesionización y se alojó en un recipiente a presión cilíndrico. Los separadores que forman los compartimientos de dilución y concentración son de forma circular con un diámetro exterior de 146 mm (5,75 pulgadas). El grosor de cada uno de los compartimientos de dilución es de 8,4 mm (0,33 pulgadas) y el grosor de cada uno de los compartimientos de concentración es de 4,6 mm (0,18 pulgadas). Dentro de cada separador se encuentran dos compartimientos, cada uno de ellos de 89 mm (3,5 pulgadas) de longitud y conectados en uno de los extremos para formar un recorrido de flujo en forma de U de 178 mm (7 pulgadas) de longitud total. Los separadores están moldeados a partir de un polipropileno reforzado con vidrio.

Los bloques extremos que alojan los electrodos están mecanizados a partir de un bloque sólido de cloruro de polivinilo (PVC). El recipiente cilíndrico consiste en una tubería de PVC nomenclatura 40, con un diámetro interior de 152 mm (6 pulgadas). Se procede al montaje de la pila de separadores, membranas y bloques extremos y se introduce en el recipiente a presión, asegurándose dentro del recipiente mediante pasadores de retención en ambos extremos.

El aparato de electrodesionización se hace funcionar con agua permeada procedente de un sistema de purificación por ósmosis inversa como la alimentación. La alimentación a los compartimientos de dilución se introduce directamente en los compartimientos a una presión de 200 kN/m<sup>2</sup> (29 psi). El fluido producto se encuentra a una presión de 62 kN/m<sup>2</sup> (9 psi). La alimentación a los compartimientos de concentración se introduce primeramente a 5 psig en el espacio anular entre el interior del recipiente a presión y el exterior del aparato. El agua se dirige entonces al interior de los compartimientos de concentración. El efluente de los compartimientos de concentración (es decir, el rechazo) se descarga en un punto de evacuación.

5 El diferencial de presión máximo entre el interior y el exterior del aparato es de alrededor de  $165 \text{ kN/m}^2$  (24 psig), (es decir, la diferencia de presión entre la alimentación al compartimiento de dilución y la alimentación al espacio anular). Esta diferencia de presión puede estrecharse aumentando la presión de alimentación al espacio anular y, por tanto, a los compartimientos de concentración. La diferencia de presión no se ve afectada de manera importante en el caso de que la presión en ambas corrientes de alimentación se incremente en la misma cantidad.

10 El aparato se puede hacer funcionar a una presión de alimentación de hasta  $690 \text{ kN/m}^2$  (100 psig) en los compartimientos de dilución. Con el aparato alojado dentro de un recipiente a presión y con la alimentación al espacio anular también a  $690 \text{ kN/m}^2$  (100 psig), la diferencia de presión máxima entre el interior y el exterior de los compartimientos de dilución es la caída de presión a través de los compartimientos de dilución, alrededor de  $128 \text{ kN/m}^2$  (20 psig). El diferencial de presión más bajo permite el uso de polipropileno cargado con vidrio como el material separador.

De este modo, este ejemplo ilustra una disposición de la presente invención.

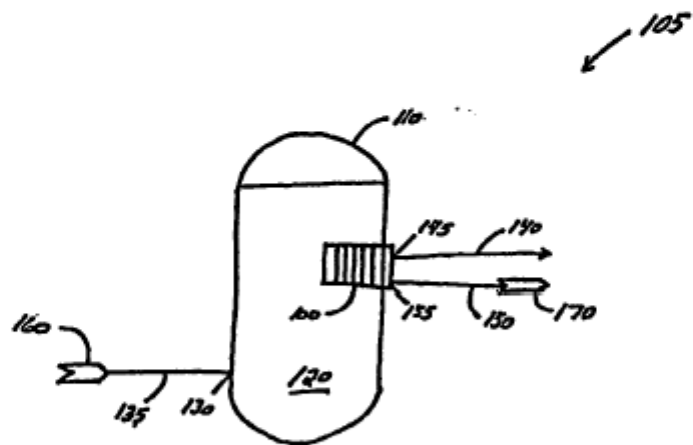
15 Los expertos en la materia podrán apreciar fácilmente que todos los parámetros y configuraciones que aquí se describen deben considerarse como ejemplos y que los parámetros y configuraciones reales dependerán de la aplicación específica para la cual se utilicen los sistemas y métodos de la presente invención. Por ejemplo, se pueden incorporar otras entradas, salidas, membranas o fluidos en el dispositivo de electrodesionización, o bien la invención se puede combinar con aparatos de ósmosis inversa o de ultrafiltración.

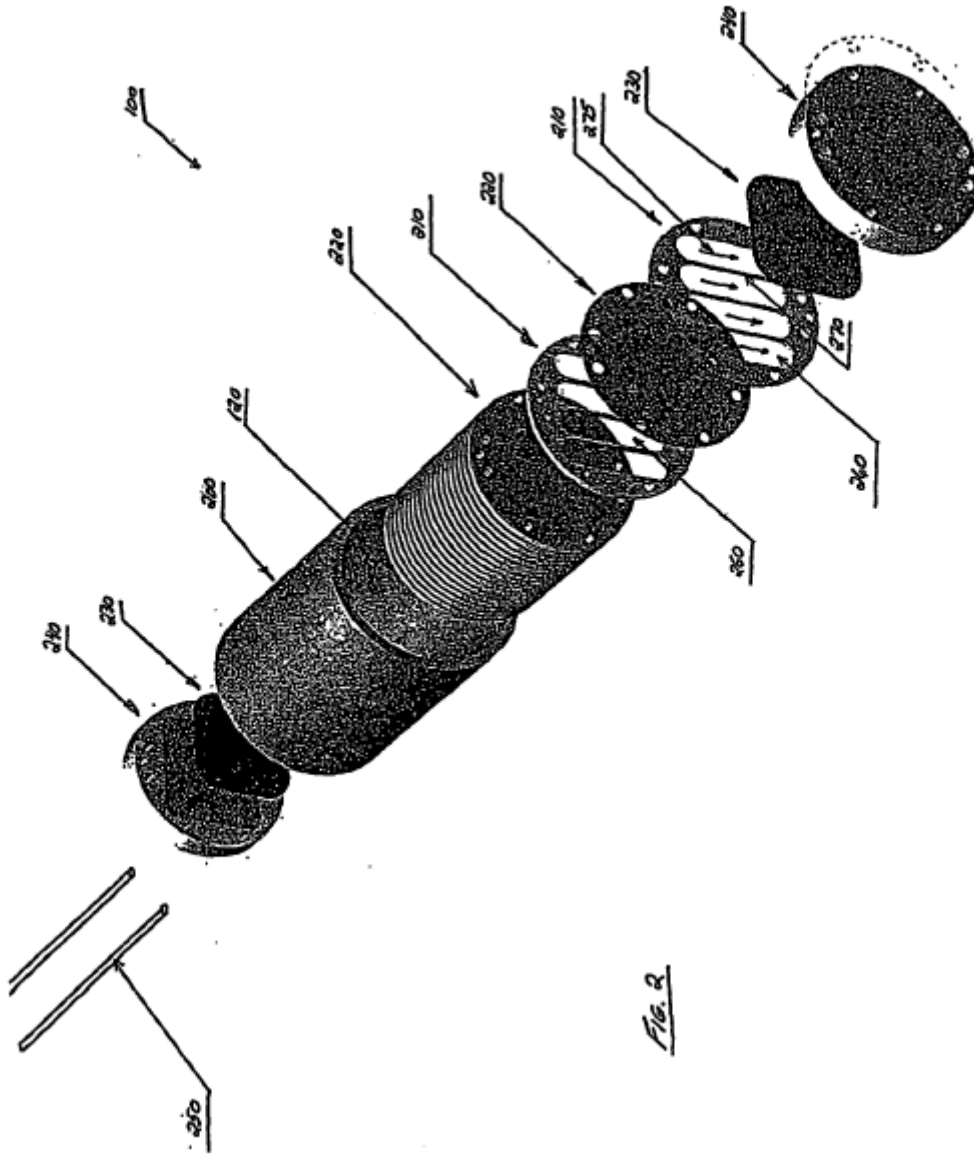
## REIVINDICACIONES

1. Un sistema de purificación de fluidos (105) que comprende: un aparato de purificación eléctrica (100) que comprende bloques extremos (240) y al menos un compartimiento de intercambio iónico (210) separado por membranas de intercambio iónico (220), teniendo al menos uno de los compartimientos de intercambio iónico (210) cualquier número de entradas y salidas, y pletinas (270), deflectores, paredes y/o nervios que definen sub-compartimientos (260), dirigiendo dichas pletinas (270), deflectores, paredes y/o nervios un recorrido de flujo de fluido que no converge hacia el centro o no comienza desde el centro o en un punto próximo al centro de al menos uno de los compartimientos de intercambio iónico (210), y un recipiente a presión (110) que rodea al aparato de purificación eléctrica (100), caracterizado porque el espacio entre el aparato y el recipiente a presión está relleno de un material sólido.
2. Un sistema de purificación según la reivindicación 1, en donde el aparato comprende un dispositivo de electrodesionización.
3. Un sistema de purificación según la reivindicación 1, en donde el aparato comprende un dispositivo de electrodiálisis.
4. Un sistema de purificación según la reivindicación 1, en donde el recipiente a presión es cilíndrico.
5. Un sistema de purificación según la reivindicación 1, en donde el compartimiento de intercambio iónico (210) comprende una entrada y una salida, estando dispuestas la entrada y la salida en la periferia del compartimiento de intercambio iónico (210).
6. Un sistema de purificación según la reivindicación 5, en donde la entrada del compartimiento de intercambio iónico (210) está situada en posición opuesta a la salida.
7. Un sistema de purificación según la reivindicación 1, en donde los sub-compartimientos (260) definen canales de flujo y el ancho, la altura o el área en sección transversal de cada canal de flujo no varía.
8. Un sistema de purificación según la reivindicación 1, en donde el material sólido comprende un material elastomérico.
9. Un sistema de purificación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el material sólido se encuentra a presión.
10. Un sistema de purificación de un líquido según la reivindicación 1, en donde el aparato de purificación eléctrica (100) está asegurado dentro del recipiente a presión (110) y comprende además un punto de admisión (160) conectado fluidicamente al aparato (100); y un punto de uso (170) conectado fluidicamente al aparato (100).
11. Un sistema de purificación de un líquido según la reivindicación 10, en donde el aparato (100) comprende un dispositivo de electrodesionización.
12. Un sistema de purificación de un líquido según la reivindicación 10, en donde el aparato (100) comprende además una entrada (130) conectada fluidicamente al recipiente a presión (110).
13. Un sistema de purificación de un líquido según la reivindicación 10, en donde el aparato (100) comprende además una salida conectada fluidicamente al recipiente a presión (110).
14. Un sistema de purificación de un líquido según la reivindicación 10, que comprende además un depósito conectado fluidicamente al punto de admisión.
15. Un sistema de purificación de un líquido según la reivindicación 10, que comprende además un sistema de distribución de agua conectado fluidicamente al aparato.
16. Un sistema de purificación de un líquido según la reivindicación 10, que comprende además una placa extrema construida y dispuesta para quedar asegurada en el recipiente a presión (110).
17. Un sistema de purificación de un líquido según la reivindicación 16, que comprende además un material aislante unido a la placa extrema.

18. Un sistema de purificación de un líquido según la reivindicación 17, en donde el material aislante aísla eléctricamente la placa extrema del interior del recipiente a presión (110).
19. Un sistema de purificación de un líquido según la reivindicación 18, que comprende además un electrodo unido al material aislante.
- 5 20. Un método de purificación de un líquido, que comprende: proporcionar un aparato de purificación eléctrica (100) que incluye bloques extremos (240) y uno o más compartimientos de intercambio iónico (210), incluyendo dichos compartimientos de intercambio iónico además sub-compartimientos (260), teniendo uno o más de los compartimientos de intercambio iónico (210), un recorrido de flujo de fluido dirigido por cualquier número de entradas y salidas y pletinas, deflectores, paredes y/o nervios, en donde el recorrido de flujo no converge hacia el centro o no comienza desde el centro o en un punto próximo al centro de uno o más de los compartimientos de intercambio iónico (210); asegurar el aparato (100) dentro de un recipiente a presión (110); presurizar el aparato (100); y pasar el líquido a purificar a través del aparato (100), en donde la etapa de presurización del aparato comprende rellenar el espacio entre el aparato y el recipiente a presión con un material sólido.
- 10
21. Un método de purificación de un líquido según la reivindicación 20, en donde el aparato (100) comprende un dispositivo de electrodesionización.
- 15
22. Un método de purificación de un líquido según la reivindicación 20, en donde el aparato (100) comprende un dispositivo de electrodiálisis.
23. Un método de purificación de un líquido según la reivindicación 20, en donde la etapa de presurización del aparato (100) comprende presurizar el aparato con un líquido.
- 20
24. Un método de purificación de un líquido según la reivindicación 23, en donde la presión de fluido en el interior del recipiente a presión se encuentra dentro de  $345 \text{ kN/m}^2$  (50 psi) respecto de la presión dentro del aparato 100.
25. Un método de purificación de un líquido según la reivindicación 24, en donde la presión de fluido en el interior del recipiente a presión se encuentra dentro de  $69 \text{ kN/m}^2$  (10 psi) respecto de la presión dentro del aparato 100.
- 25
26. Un método de purificación de un líquido según la reivindicación 25, en donde la presión de fluido en el interior del recipiente a presión se encuentra dentro de  $35 \text{ kN/m}^2$  (5 psi) respecto de la presión dentro del aparato 100.
27. Un método de purificación de un líquido según la reivindicación 20, que comprende además aplicar un campo eléctrico perpendicularmente al flujo de líquido.
28. Un método de purificación de un líquido según la reivindicación 20, que comprende además aplicar un campo eléctrico uniforme al líquido.
- 30

Fig. 1





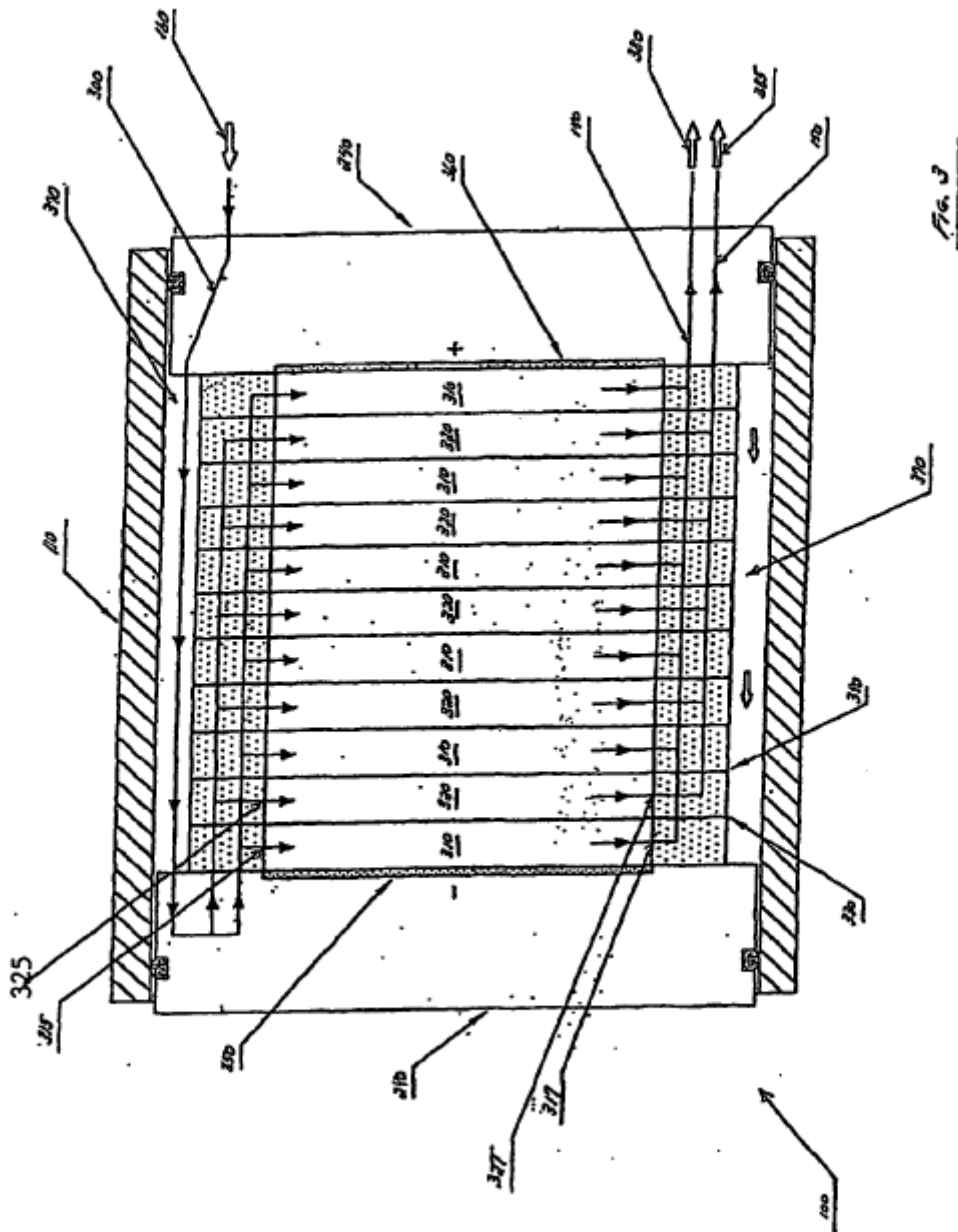
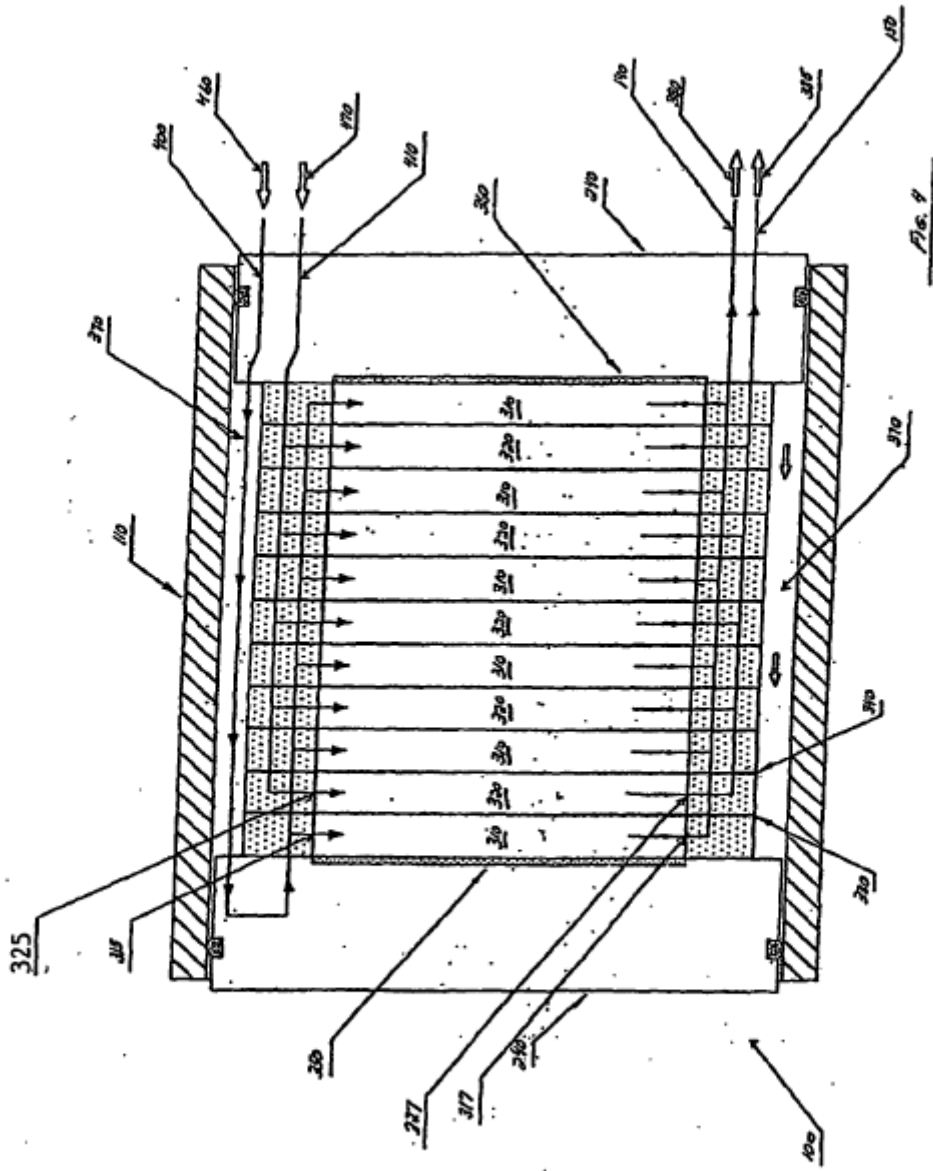


Fig. 3





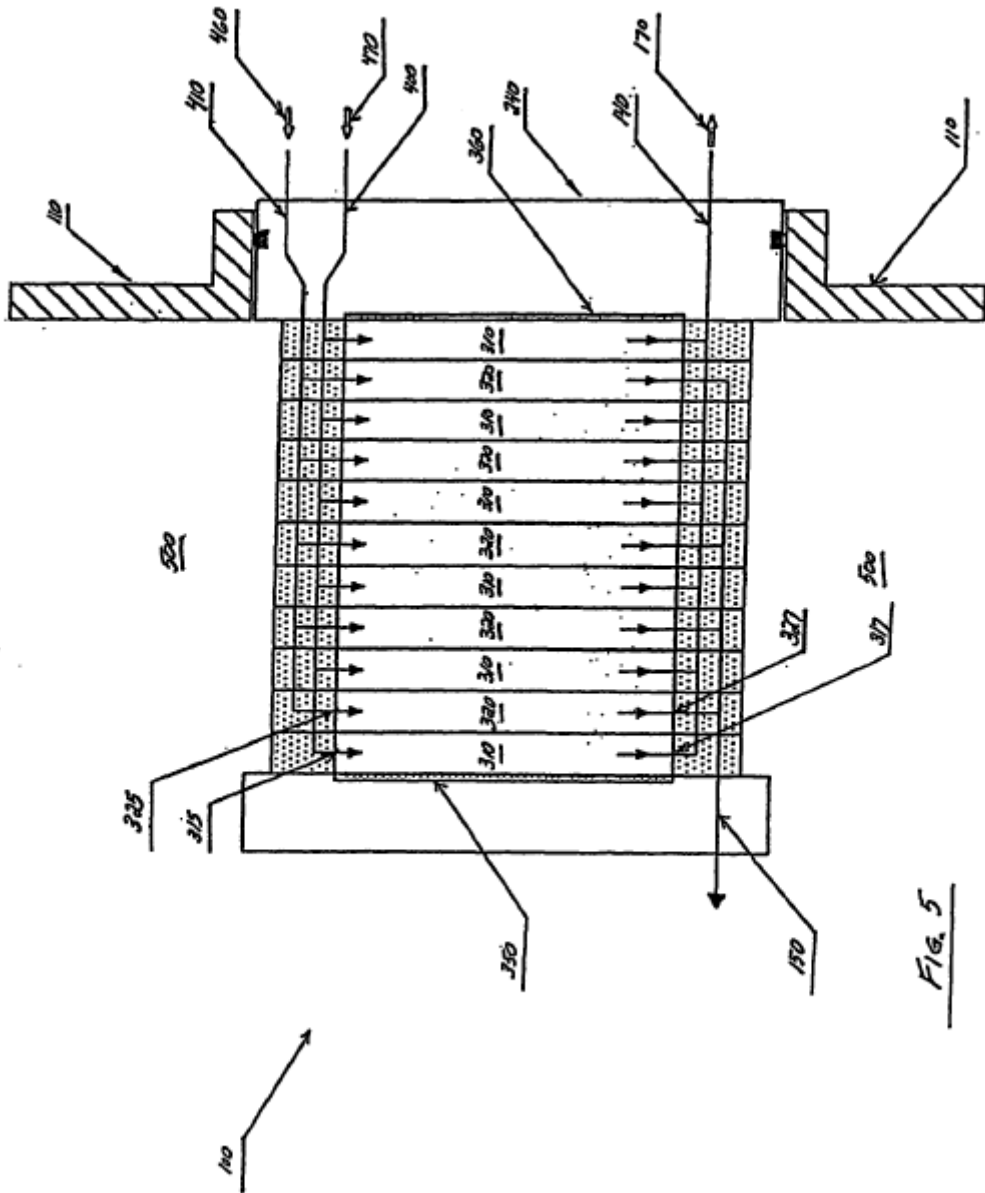


FIG. 6

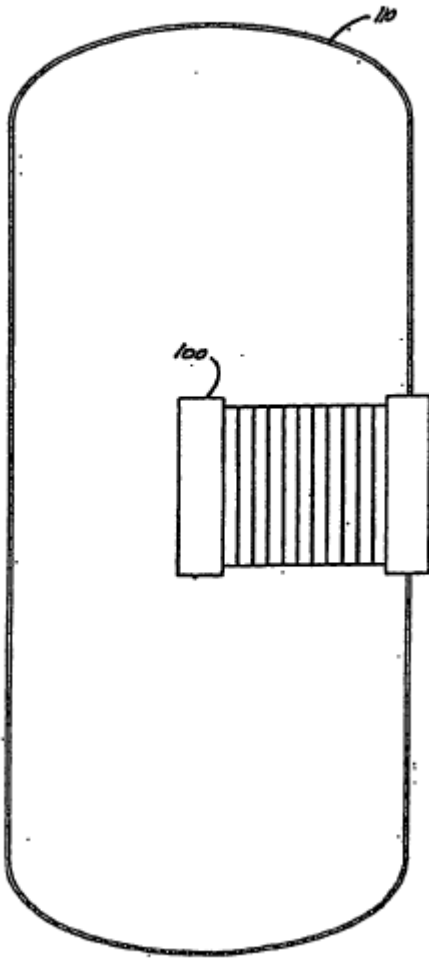


FIG. 7

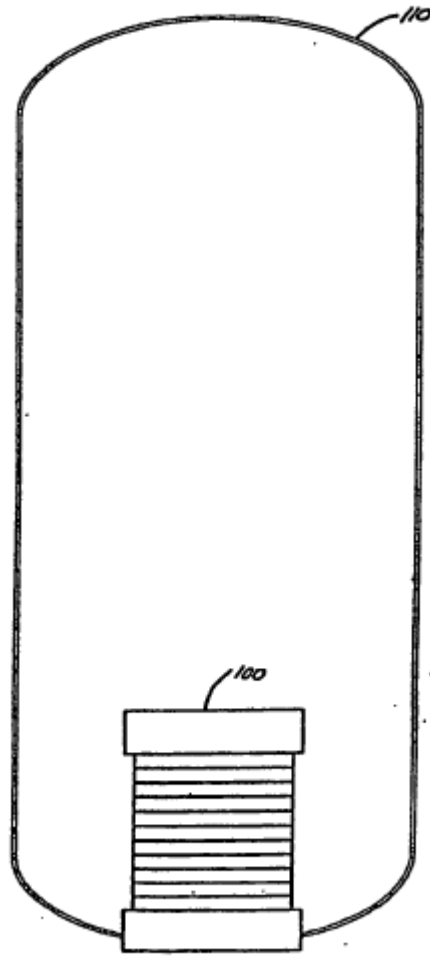


FIG. 8

