

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 613 657**

51 Int. Cl.:

<b>C02F 1/44</b>	(2006.01)
<b>B01D 61/02</b>	(2006.01)
<b>B01D 61/58</b>	(2006.01)
<b>B01D 65/02</b>	(2006.01)
<b>C02F 1/50</b>	(2006.01)
<b>C02F 1/70</b>	(2006.01)
<b>C02F 1/76</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.08.2009 PCT/JP2009/064058**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **03.06.2010 WO2010061666**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.08.2009 E 09828916 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.11.2016 EP 2383228**

54 Título: **Aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar y método de control del funcionamiento de un aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar**

30 Prioridad:

**27.11.2008 JP 2008303218**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**25.05.2017**

73 Titular/es:

**MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. (100.0%)  
16-5, Konan 2-chome, Minato-ku,  
Tokyo 108-8215, JP**

72 Inventor/es:

**TAKEUCHI, KAZUHISA;  
ITO, YOSHIAKI;  
TANAKA, KENJI;  
IWAHASHI, HIDEO;  
MATSUI, KATSUNORI y  
HORI, TAKAYOSHI**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

ES 2 613 657 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

Aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar y método de control del funcionamiento de un aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar

### Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar que puede obtener un agua producto de elevada calidad por medio de la utilización de un método de ósmosis inversa, y a un método de control del funcionamiento del aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar.

### Antecedentes de la técnica

10 Los métodos convencionales para la obtención de agua dulce a partir de agua de mar incluyen un método de evaporación en el que se evapora el agua de mar, y un método de ósmosis inversa en el que el agua dulce se obtiene a partir del filtrado del agua de mar a través de una membrana de filtración denominada membrana de ósmosis inversa (membrana RO (reverse osmosis, por sus siglas en inglés)) por medio de la aplicación de presión al agua de mar, la concentración de la sal en el agua de mar y el vertido de la misma.

15 Este último método de ósmosis inversa es eficiente desde el punto de vista energético en comparación con el método de evaporación. Sin embargo, en el método de ósmosis inversa, se requiere un cuidadoso tratamiento previo (tratamiento con una “membrana de ultrafiltración (membrana UF (ultrafilter membrane, por sus siglas en inglés))” o con una “membrana de microfiltración (membrana MF (microfilter membrane, por sus siglas en inglés))” para la eliminación de las sustancias suspendidas en el agua de mar, o en el agua no tratada) al objeto de evitar que la membrana RO quede obstruida por microbios y sedimentos del agua de mar, y el mantenimiento y las tareas similares son caras.

20

Además, es difícil obtener una calidad del agua tan buena como la de la producida por medio del método de evaporación. Para la obtención de una calidad de agua muy depurada, se requiere que se combinen una pluralidad de etapas de dispositivos de ósmosis inversa.

25 La figura 10 es un esquema de un aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar de un método de ósmosis inversa convencional.

Como se muestra en la figura 10, un aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar convencional 100 según el presente ejemplo incluye una bomba de alta presión  $P_1$  que aumenta la presión del agua no tratada (agua de mar) 101, de la cual se eliminan las sustancias suspendidas por medio de un tratamiento previo, hasta una predeterminada presión alta, un dispositivo de ósmosis inversa de alta presión 103 que incluye una membrana de ósmosis inversa de alta presión 103a para la concentración de un contenido en sal del agua de suministro de alta presión 102, cuya presión se incrementa por medio de la bomba de alta presión  $P_1$ , un depósito intermedio 110 que almacena temporalmente en el mismo el agua permeada 104 que ha pasado a través del dispositivo de ósmosis inversa de alta presión 103, una bomba de baja presión  $P_2$  que reduce la presión del agua permeada 104 suministrada desde el depósito intermedio 110 hasta una predeterminada presión baja, y un dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 106 que tiene una membrana de ósmosis inversa de baja presión 106a para la concentración de un contenido en sal del agua de suministro de baja presión 105, cuya presión se reduce por medio de la bomba de baja presión  $P_2$ , y el cual obtiene agua producto (agua dulce) 107. Debido a que la presión en el tanque intermedio 110 vuelve a un valor normal, se pierde la presión. Mientras el sistema está detenido, se ajusta el pH del agua permeada 104 por medio de la adición de un agente regulador del pH 111, evitando de esta forma la contaminación microbiana (véase el documento de literatura no patente 1 “Fukuoka District Waterworks Agency: Mechanism of Seawater Desalination”).

30

35

40

La figura 10 es un esquema del agua concentrada 103b que sale del dispositivo de ósmosis inversa de alta presión 103, y del agua concentrada 106b que sale del dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 106.

45 [Documento de literatura no patente 1] “Fukuoka District Waterworks Agency: Mechanism of Seawater Desalination” URL: <http://www.f-suiki.or.jp/seawater/facilities/mechanism.php>

### Descripción de la invención

#### Problema a resolver por la invención

50 De forma convencional, al objeto de combinar la pluralidad de etapas de dispositivos de ósmosis inversa, como se muestra en la figura 10, la operación se lleva a cabo normalmente por medio de la colocación del depósito intermedio 110 entre los dispositivos. Sin embargo, debido a que el depósito intermedio 110 es probablemente una causa de contaminación microbiana, se necesita añadir contantemente el agente regulador del pH 111.

En la puesta en marcha, el agua permeada 104 a la que se le añade el agente regulador del pH 111 tiene que ser desechada. Esto es un problema, debido a que se reduce la tasa de conversión del agua producto 107 en una cantidad igual a la cantidad que se desecha.

Otro problema es que el agua producto 107 no se puede suministrar en el momento exacto de la puesta en marcha del sistema, que se corresponde con el desecho.

5 Por lo tanto, se puede considerar la eliminación del depósito intermedio 110. Cuando se combina la pluralidad de etapas, la concentración de sal en el agua concentrada 106b en la etapa posterior (dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 106) es menor que la concentración de sal en el agua de suministro de alta presión 102 en la etapa anterior. Por tanto, cuando se lleva a cabo una operación de recirculación en la que el agua concentrada 106b de la etapa posterior se hace retornar al lado del agua de suministro de la etapa anterior, la concentración de sal en el lado del agua de suministro de alta presión 102 se hace menor, reduciendo de esta forma la presión osmótica, y reduciendo la presión de funcionamiento. Como consecuencia, cuando los dispositivos de ósmosis inversa se conectan directamente, sin la interposición del depósito intermedio 110, las fluctuaciones de presión en la puesta en marcha son grandes, evitando de esta forma un funcionamiento estable en la puesta en marcha.

15 En un sistema combinado en el que la membrana RO de alta presión 103a con resistencia al cloro se dispone en la etapa anterior y en el que una membrana RO sin resistencia al cloro se dispone en la etapa posterior, es difícil llevar a cabo la cloración en la etapa anterior, cuando el agua concentrada 106b de la etapa posterior se hace retornar al lado del agua de suministro de alta presión 102 de la etapa anterior.

En islas aisladas y regiones desérticas en las que se han de instalar los aparatos de desalinización de agua de mar, se requiere una tecnología de desalinización que pueda suministrar de forma estable una cantidad grande de agua producto (2.000 t/día a 5.000 t/día).

20 Puede que se requiera que el agua utilizada en las plantas químicas y similares construidas en las regiones desérticas tenga una calidad mayor y un contenido en sal menor (tal como el agua pura, cuya concentración de sal es igual o menor que 5 partes por millón) que la del agua potable (concentración de sal igual o menor que 250 partes por millón).

25 Por lo tanto, en el método de ósmosis inversa que incluye una pluralidad de etapas de membranas RO, se ha pedido con insistencia un aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar que pueda proporcionar una calidad del agua tan buena como la de la producida por medio del método de evaporación, que pueda evitar la contaminación microbiana por medio de la eliminación del depósito intermedio, y que pueda hacer posible una puesta en marcha y funcionamiento en serie.

La patente de EE.UU. nº 4.808.287 A y la solicitud de patente de EE.UU. nº 2008/105617 A1 describen dispositivos multi-etapa de desalinización de agua de mar.

30 La patente de Japón nº 2008 055317 A describe un sistema de ósmosis inversa de dos etapas en el que se regula un valor de pH por medio de la inyección de álcali, lo cual se controla por medio de un pHmetro.

35 La patente de Japón nº 2006-187719 A describe un aparato multi-etapa de tratamiento de agua que comprende una primera unidad de membrana semipermeable para el tratamiento de agua no tratada, y una segunda membrana semipermeable para el tratamiento del agua permeada tratada en la primera unidad de membrana semipermeable al objeto de conseguir agua dulce libre de un componente específico. En el caso de que la concentración del componente específico en el agua dulce exceda de un valor umbral, se aumenta la tasa de recuperación en la primera unidad de membrana semipermeable y se reduce la tasa de recuperación en la segunda membrana semipermeable, de manera que el caudal de agua permeada se mantiene fijo, y además, se reduce la concentración del componente específico en el agua dulce.

40 La presente invención se ha realizado teniendo en cuenta las circunstancias anteriores y tiene el propósito de proporcionar un aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar en serie que pueda obtener un agua producto de elevada calidad a partir de agua de mar por medio de la utilización de un método de ósmosis inversa, así como un método de control del funcionamiento del aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar.

#### **Medios para resolver el problema**

45 Según un aspecto de la presente invención, un aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar incluye las características de la reivindicación 1.

50 De forma ventajosa, el aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar incluye además una pluralidad de dispositivos de ósmosis inversa de baja presión. La segunda válvula de drenaje está montada en la línea de descarga situada en el lado de agua concentrada de cada uno de los dispositivos de ósmosis inversa de baja presión, y descarga temporalmente el agua de suministro de baja presión de la puesta en marcha inicial suministrada a los dispositivos de ósmosis inversa de baja presión.

De forma ventajosa, el aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar incluye además una línea de agua concentrada de retorno que hace retornar el agua concentrada que sale del dispositivo de ósmosis inversa de baja presión situado aguas arriba.

De forma ventajosa, en el aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar, el dispositivo de ósmosis inversa de alta presión es una membrana con resistencia al cloro.

Según otro aspecto de la presente invención, un método de control del funcionamiento de un aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar que utiliza el aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar descrito con anterioridad, durante una operación de esterilización del dispositivo de ósmosis inversa de alta presión del aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar, incluye: una etapa de suministro del agua no tratada a la que se le ha añadido cloro (Cl) al dispositivo de ósmosis inversa de alta presión, sin introducción de un agente reductor desde una primera unidad de suministro de agente reductor; una etapa de drenaje temporal del agua de suministro de baja presión que incluye un agente reductor a través de la segunda válvula de drenaje, después de que el agente reductor se haya añadido desde una segunda unidad de suministro de agente reductor al agua permeada con cloro que ha pasado a través de la membrana de ósmosis inversa de alta presión del dispositivo de ósmosis inversa de alta presión; una etapa de cambio de funcionamiento a un funcionamiento normal, por medio de la adición de un agente reductor desde la primera unidad de suministro de agente reductor al agua no tratada, y por medio de la detención de la adición del agente reductor desde la segunda unidad de suministro de agente reductor, después de que haya finalizado una predeterminada operación de esterilización; y una etapa de generación de agua producto, por medio del cambio del funcionamiento a un funcionamiento nominal de desalinización de agua de mar, a la vez que se cierra la segunda válvula de drenaje.

De forma ventajosa, en el método de control del funcionamiento de un aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar, el agua concentrada de un lado de baja presión se hace retornar aguas arriba a través de una línea de agua concentrada de retorno, después de que haya finalizado la operación de esterilización.

Según otro aspecto más de la presente invención, un método de control del funcionamiento de un aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar que utiliza el aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar descrito con anterioridad, durante una operación de esterilización del dispositivo de ósmosis inversa de alta presión del aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar, incluye: una etapa de suministro del agua no tratada a la que se le ha añadido cloro (Cl) al dispositivo de ósmosis inversa de alta presión, sin introducción de un agente reductor desde una primera unidad de suministro de agente reductor; una etapa de neutralización del agua permeada con cloro que ha pasado a través de la membrana de ósmosis inversa de alta presión del dispositivo de ósmosis inversa de alta presión, por medio de la adición del agente reductor desde una segunda unidad de suministro de agente reductor en una cantidad menor que un equivalente de neutralización, y por medio del suministro a continuación de la parte restante del agente reductor para la neutralización al agua de suministro de baja presión, a la vez que se mide un potencial de reducción-oxidación de la misma por medio de un medidor de potencial de reducción-oxidación; una etapa de generación de agua producto, al hacer que el agua de suministro de baja presión pase a través de la membrana de ósmosis inversa de baja presión; y una etapa de generación de agua producto, por medio del cambio del funcionamiento a un funcionamiento nominal de desalinización de agua de mar, después de que haya finalizado la operación de esterilización.

De forma ventajosa, en el método de control del funcionamiento de un aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar, el agua concentrada de un lado de baja presión se hace retornar aguas arriba a través de una línea de agua concentrada de retorno durante la operación de esterilización y el funcionamiento nominal.

#### **Efecto de la invención**

Con la presente invención, en un método de ósmosis inversa que tiene una pluralidad de etapas de membranas RO, es posible conseguir una calidad del agua tan buena como la que se obtiene por medio del método de evaporación, evitar la contaminación microbiana que tiene lugar cuando el sistema se detiene por medio de la eliminación del depósito intermedio, y llevar a cabo una puesta en marcha y funcionamiento en serie.

#### **Breve descripción de los dibujos**

[Figura 1] La figura 1 es un esquema de un aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar según un primer ejemplo que sirve para explicar las características de la invención.

[Figura 2] La figura 2 es un diagrama del proceso del aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar según el primer ejemplo.

[Figura 3A] La figura 3A es un esquema de funcionamiento del aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar según el primer ejemplo en la etapa 2.

[Figura 3B] La figura 3B es un esquema de funcionamiento del aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar según el primer ejemplo en las etapas 3 y 4.

[Figura 3C] La figura 3C es un esquema de funcionamiento del aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar según el primer ejemplo en la etapa 5.

[Figura 4] La figura 4 es un esquema de un aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar según un segundo

ejemplo que sirve para explicar las características de la invención.

[Figura 5] La figura 5 es un esquema de un aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar según un tercer ejemplo que sirve para explicar las características de la invención.

5 [Figura 6A] La figura 6A es un esquema de funcionamiento del aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar según el tercer ejemplo en las etapas 1 y 2.

[Figura 6B] La figura 6B es un esquema de funcionamiento del aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar según el tercer ejemplo en la etapa 3.

[Figura 7] La figura 7 es un esquema de un aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar según una realización.

10 [Figura 8] La figura 8 es una ilustración de la variación del potencial de reducción-oxidación (ORP) cuando se añade un agente reductor (SBS).

[Figura 9] La figura 9 es un esquema de un aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar según un cuarto ejemplo.

15 [Figura 10] La figura 10 es un esquema de un aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar según un ejemplo convencional.

### Mejores formas de realización de la invención

Se describirán en detalle ejemplos y realizaciones ilustrativas de la presente invención, haciendo referencia a los dibujos que se acompañan. Sin embargo, la presente invención no queda limitada a los ejemplos y las realizaciones. Los elementos constitutivos de las realizaciones incluyen elementos que pueden ser fácilmente concebidos por parte de los expertos en la técnica, o elementos que son substancialmente los mismos que esos elementos.

[Primer ejemplo]

Haciendo referencia a los dibujos que se acompañan, se describe un aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar según un primer ejemplo que sirve para explicar las características de la presente invención.

La figura 1 es un esquema del aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar según el primer ejemplo.

25 Como se muestra en la figura 1, este aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar 10A según el presente ejemplo incluye una bomba de alta presión  $P_1$  que aumenta la presión del agua no tratada 11 hasta una predeterminada presión alta y que está montada en una línea de agua no tratada  $L_1$  a través de la cual se suministra el agua no tratada 11 (tal como el agua de mar), un dispositivo de ósmosis inversa de alta presión 13 que incluye una membrana de ósmosis inversa de alta presión 13a (membrana RO de alta presión) para la concentración de un contenido en sal del agua de suministro de alta presión 12, cuya presión se incrementa por medio de la bomba de alta presión  $P_1$ , una primera válvula de drenaje 21 que drena temporalmente el agua permeada 14 de la puesta en marcha inicial a través de una línea de descarga  $L_6$  y que está montada en una línea de agua permeada  $L_2$  a través de la cual se suministra aguas abajo el agua permeada 14 que ha pasado a través del dispositivo de ósmosis inversa de alta presión 13, una bomba de baja presión  $P_2$  que reduce la presión del agua permeada 14 hasta una predeterminada presión baja y que está montada en una línea de agua permeada  $L_3$  dispuesta aguas abajo de la primera válvula de drenaje 21, un dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 16 que tiene una membrana de ósmosis inversa de baja presión 16a (membrana RO de baja presión) para la concentración de un contenido en sal del agua de suministro de baja presión 15, cuya presión se reduce por medio de la bomba de baja presión  $P_2$ , y una segunda válvula de drenaje 22 que descarga temporalmente el agua de suministro de baja presión 15 de la puesta en marcha inicial suministrada al dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 16 y que está montada en una línea de descarga  $L_5$  situada en el lado de agua concentrada del dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 16.

Para filtrar el agua no tratada 11, el pretratamiento se puede llevar a cabo por medio de la utilización de una membrana de ultrafiltración (membrana UF), una membrana de microfiltración (membrana MF) o similar, que elimine las sustancias suspendidas en el agua de mar, de forma similar a la manera convencional.

45 En la figura 1, el número de referencia 13b indica agua concentrada que sale del dispositivo de ósmosis inversa de alta presión 13, el número de referencia 16b indica agua concentrada que sale del dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 16, y el número de referencia 18 indica una válvula de conmutación que conmuta la trayectoria de flujo del agua producto 17a que tiene un valor que es igual o menor que un valor definido y que está montada en una línea de agua producto  $L_7$ .

50 En el presente ejemplo, se utiliza una válvula de tres vías para las válvulas de drenaje primera y segunda 21 y 22. Sin embargo, la invención no queda limitada a las mismas.

Al objeto de poner en marcha el sistema por medio de la utilización de un aparato multi-etapa de desalinización de

agua de mar 10A, el sistema se hace arrancar por medio del procedimiento siguiente.

La figura 2 es el diagrama del proceso.

5 <Etapa 1> En la etapa 1, en la puesta en marcha inicial del sistema, se suministra el agua no tratada 11 al dispositivo de ósmosis inversa de alta presión 13 a través de la bomba de alta presión  $P_1$  (S-1). En este momento, el agua concentrada 13b se descarga hacia el exterior a través de una línea de agua concentrada  $L_4$ .

<Etapa 2> En la etapa 2, el agua permeada 14 que ha pasado a través de la membrana de ósmosis inversa de alta presión 13a del dispositivo de ósmosis inversa de alta presión 13 se drena temporalmente por la línea de descarga  $L_6$  a través de la primera válvula de drenaje 21 (S-2: véase la figura 3A).

10 <Etapa 3> En la etapa 3, cuando la presión del agua permeada 14 que ha pasado a través de la primera válvula de drenaje 21 ha llegado a una presión próxima a la presión de entrada de la bomba de baja presión  $P_2$ , toda la cantidad de agua permeada 14 que tiene una presión predeterminada se suministra al lado del dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 16 a través de la bomba de baja presión  $P_2$ , a la vez que se cierra la primera válvula de drenaje 21 (S-3: véase la figura 3B).

15 <Etapa 4> En la etapa 4, el agua de suministro de baja presión 15 de la puesta en marcha inicial suministrada al dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 16 se drena temporalmente a través de la segunda válvula de drenaje 22 (S-4: véase la figura 3B).

20 <Etapa 5> En la etapa 5, cuando la presión del agua de suministro de baja presión 15 ha llegado a una predeterminada presión de permeado de la membrana RO de baja presión 16a del dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 16, el agua de suministro de baja presión 15 se hace pasar a través de la membrana de ósmosis inversa de baja presión 16a, a la vez que se cierra la segunda válvula de drenaje 22. Al cambiar el funcionamiento al funcionamiento nominal de desalinización de agua de mar se genera el agua producto 17 (S-5: véase la figura 3C).

25 De esta forma, cuando la pluralidad de etapas (dos etapas en el presente ejemplo) del dispositivo RO se conectan directamente, el agua permeada 14 se drena a través de la primera válvula de drenaje 21, y se espera hasta que la presión del agua permeada 14 alcanza una predeterminada presión en la presión de entrada de la bomba de baja presión  $P_2$ . Cuando se confirma que la presión del agua permeada 14 ha llegado a una presión próxima a la presión de entrada de la bomba de baja presión  $P_2$ , toda la cantidad de agua de suministro de baja presión 15 se suministra al lado del dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 16, a la vez que se cierra la primera válvula de drenaje 21.

30 A continuación, el agua de suministro de baja presión 15 de la puesta en marcha inicial suministrada al dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 16 se drena temporalmente a través de la segunda válvula de drenaje 22, y se espera hasta que la presión del agua de suministro de baja presión 15 alcanza la presión de permeado de la membrana RO de baja presión 16a del dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 16.

35 Cuando se confirma que la presión del agua de suministro de baja presión 15 ha llegado a una presión próxima a la presión de permeado de la membrana RO de baja presión 16a del dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 16, el agua de suministro de baja presión 15 se hace pasar a través de la membrana RO de baja presión 16a, a la vez que se cierra la segunda válvula de drenaje 22. Al cambiar el funcionamiento al funcionamiento nominal de desalinización de agua de mar se genera el agua producto 17.

40 Por tanto, incluso aunque no esté instalado el depósito intermedio convencional, es posible evitar las fluctuaciones de presión en la puesta en marcha inicial, y realizar de forma continua la operación de puesta en marcha de una manera estable.

[Segundo ejemplo]

La figura 4 es un esquema de un aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar según un segundo ejemplo. Se asignan los mismos números de referencia a los mismos elementos que los del aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar de la figura 1, y se omitirá la repetición de sus descripciones.

45 Como se muestra en la figura 4, este aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar 10B según el presente ejemplo hace retornar el agua concentrada 16b, que ha sido concentrada por medio del dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 16 del aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar 10A según el primer ejemplo, a la línea de agua no tratada  $L_1$  a través de una línea de agua concentrada de retorno  $L_8$ .

50 Por tanto, se puede conseguir agua producto de nuevo por medio de la reconcentración de lo desechado como agua concentrada, reduciendo de esta forma la cantidad de agua concentrada desechada e incrementando el agua producto.

Al objeto de poner en marcha el sistema por medio de la utilización del aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar 10B, el sistema se hace arrancar por medio del procedimiento siguiente.

<Etapa 1> En la etapa 1, en la puesta en marcha inicial del sistema, se suministra el agua no tratada 11 al dispositivo de ósmosis inversa de alta presión 13 a través de la bomba de alta presión  $P_1$ . En este momento, el agua concentrada 13b se descarga hacia el exterior a través de la línea de agua concentrada  $L_4$ . Debido a que la presión del agua concentrada 13b es alta, la energía se recoge para el accionamiento de una turbina T.

5 <Etapa 2> En la etapa 2, el agua permeada 14 que ha pasado a través de la membrana de ósmosis inversa de alta presión 13a del dispositivo de ósmosis inversa de alta presión 13 se drena temporalmente por la línea de descarga  $L_6$  a través de la primera válvula de drenaje 21.

10 <Etapa 3> En la etapa 3, cuando la presión del agua permeada 14 ha llegado a una presión próxima a la presión de entrada de la bomba de baja presión  $P_2$ , toda la cantidad de agua permeada 14 se suministra al lado del dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 16 a través de la bomba de baja presión  $P_2$ , a la vez que se cierra la primera válvula de drenaje 21.

<Etapa 4> En la etapa 4, el agua de suministro de baja presión 15 de la puesta en marcha inicial suministrada al dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 16 se drena temporalmente a través de la segunda válvula de drenaje 22.

15 <Etapa 5> En la etapa 5, cuando la presión del agua de suministro de baja presión 15 ha llegado a la presión de permeado de la membrana RO de baja presión 16a del dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 16, el agua de suministro de baja presión 15 se hace pasar a través de la membrana de ósmosis inversa de baja presión 16a, a la vez que se cierra la segunda válvula de drenaje 22. Al cambiar el funcionamiento al funcionamiento nominal de desalinización de agua de mar se genera el agua producto 17.

20 <Etapa 6> En la etapa 6, después de que se haya llevado a cabo una predeterminada operación nominal de concentración en el dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 16, se hace retornar el agua concentrada 16b a la línea de agua no tratada  $L_1$  a través de la línea de agua concentrada de retorno  $L_8$ , como agua concentrada de retorno 26, a la vez que se ajusta un caudalímetro FC y una válvula de conmutación 25.

25 Por lo tanto, debido a que el agua concentrada no se devuelve simplemente como agua concentrada de retorno 26, se puede hacer retornar el agua concentrada 16b al lado del agua no tratada 11 desde el dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 16 en la etapa siguiente. En consecuencia, es posible evitar la reducción de la presión de funcionamiento, debido a la presión osmótica reducida.

30 Con los ejemplos primero y segundo, es posible proporcionar una calidad del agua tan buena como la que se obtiene con el método de evaporación, y debido a que se elimina el depósito intermedio, es posible reducir de forma significativa la contaminación microbiana.

[Tercer ejemplo]

La figura 5 es un esquema de un aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar según un tercer ejemplo. Se asignan los mismos números de referencia a los mismos elementos que los de los aparatos multi-etapa de desalinización de agua de mar de las figuras 1 y 4, y se omitirá la repetición de sus descripciones.

35 Como se muestra en la figura 5, este aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar 10C según el presente ejemplo dispone la membrana RO de alta presión 13a con resistencia al cloro en el dispositivo de ósmosis inversa de alta presión 13, y dispone la membrana RO de baja presión 16a sin resistencia al cloro en el dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 16, en el aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar 10B según el segundo ejemplo. Después de un período de funcionamiento predeterminado, se detiene la adición de un agente reductor 32 que neutraliza el cloro del agua no tratada 11, y se lleva a cabo una esterilización durante un período de funcionamiento predeterminado, por medio de la utilización del cloro del agua no tratada. Por lo tanto, se puede conseguir un agua producto de elevada calidad de una manera estable.

40 En el ejemplo presente, se utiliza una membrana de acetato de celulosa como membrana RO de alta presión 13a con resistencia al cloro. Se utiliza una membrana de poliamida como membrana RO de baja presión 16a sin resistencia al cloro.

Como se muestra en la figura 5, durante el funcionamiento normal, se suministra el agente reductor 32 a la línea de agua no tratada  $L_1$  desde una primera unidad de suministro de agente reductor 31-1 para la neutralización del cloro.

En este caso, el agente reductor 32 no se suministra a la línea de agua permeada  $L_2$  desde una segunda unidad de suministro de agente reductor 31-2.

50 Se puede utilizar SBS como agente reductor 32. Sin embargo, la invención no está limitada al mismo.

En el funcionamiento inicial, la operación se pone en marcha como en el primer ejemplo, y el funcionamiento nominal continúa.

Se explicará a continuación un primer modo de funcionamiento de esterilización para llevar a cabo el tratamiento de

esterilización.

Las figuras 6A y 6B son el modo de funcionamiento de esterilización (primer modo).

5 Como se muestra en la figura 6A, en la etapa 1, el agua no tratada 11<sub>Cl</sub> al que se le ha añadido cloro (Cl) se suministra al dispositivo de ósmosis inversa de alta presión 13, sin introducción del agente reductor 32 desde la primera unidad de suministro de agente reductor 31-1 (etapa 1).

10 En la etapa 2, el agua permeada 14<sub>Cl</sub> con cloro que ha pasado a través de la membrana de ósmosis inversa de alta presión 13a del dispositivo de ósmosis inversa de alta presión 13 se neutraliza por medio de la adición del agente reductor (SBS) 32 desde la segunda unidad de suministro de agente reductor 31-2. El agua permeada 14 se hace pasar a continuación a través de la membrana RO de baja presión 16a del dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 16, y el agua de suministro de baja presión 15<sub>SBS</sub> con el agente reductor (SBS) 32 se drena temporalmente a través de la segunda válvula de drenaje 22. En la etapa 2, el agua de suministro de baja presión 15<sub>SBS</sub> incluye el agente reductor. En consecuencia, se deja de hacer retornar el agua de suministro de baja presión 15<sub>SBS</sub> hacia el lado del agua no tratada 11 a través de la línea de agua concentrada de retorno L<sub>8</sub>, por medio de la conmutación de la válvula de conmutación 25. Esto es para evitar que el agente reductor se suministre al agua no tratada, y que interfiera con la operación de esterilización.

15 Como se muestra en la figura 6B, en la etapa 3, después de que esté en funcionamiento una predeterminada esterilización, el agente reductor 32 se añade al agua no tratada 11<sub>Cl</sub> desde la primera unidad de suministro de agente reductor 31-1, y se detiene la adición del agente reductor 32 desde la segunda unidad de suministro de agente reductor 31-2, cambiando de esta forma el funcionamiento a un funcionamiento normal (etapa 3).

20 En la etapa 4, a la vez que se cierra la segunda válvula de drenaje 22, se genera el agua producto 17, por medio del cambio del funcionamiento al funcionamiento nominal de desalinización de agua de mar (etapa 4).

El dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 16 está interpuesto entre los medidores de potencial de reducción-oxidación (ORP, oxidation-reduction potential, por sus siglas en inglés) 41-1 y 41-2, y el potencial de reducción-oxidación del agua de suministro de baja presión 15 se mide de esta forma.

25 El período de tiempo del tratamiento de esterilización se puede modificar de forma adecuada de acuerdo a los equipos y a la carga de funcionamiento. Como ejemplo, después de seis a diez horas de funcionamiento, la esterilización por cloración se lleva a cabo durante aproximadamente una hora.

Después de que haya finalizado la esterilización, el agua concentrada del lado de baja presión se hace retornar aguas arriba a través de la línea de agua concentrada de retorno L<sub>8</sub> como agua concentrada de retorno 26.

30 De esta manera, al realizar una esterilización por cloración cada vez que el aparato se hace funcionar durante un período de tiempo predeterminado, es posible esterilizar las membranas y producir de forma continua un agua producto limpia con un nivel de calidad igual o mayor que un determinado nivel de calidad.

[Realización]

35 La figura 7 es un esquema de un aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar según una realización de la invención. Se asignan los mismos números de referencia a los mismos elementos que los del aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar de la figura 5, y se omitirá la repetición de sus descripciones.

La presente realización es un segundo modo de funcionamiento de esterilización para llevar a cabo el tratamiento de esterilización.

40 La figura 7 es el modo de funcionamiento de esterilización (segundo modo). Como se muestra en la figura 7, este aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar 10D según la presente realización utiliza el medidor de potencial de reducción-oxidación (ORP) del aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar 10C según el tercer ejemplo, y genera agua producto también durante el tratamiento de esterilización.

Como se muestra en la figura 7, las siguientes etapas se ejecutan durante la operación de esterilización del dispositivo de ósmosis inversa de alta presión del aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar.

45 En la etapa 1, el agua no tratada 11<sub>Cl</sub> al que se le ha añadido cloro (Cl) se suministra al dispositivo de ósmosis inversa de alta presión 13, sin introducción del agente reductor 32 desde la primera unidad de suministro de agente reductor 31-1 (etapa 1).

50 En la etapa 2, el agente reductor (SBS) 32, en una cantidad menor que el equivalente de neutralización, se añade al agua permeada 14<sub>Cl</sub> con cloro que ha pasado a través de la membrana de ósmosis inversa de alta presión 13a del dispositivo de ósmosis inversa de alta presión 13, desde la segunda unidad de suministro de agente reductor 31-2. La parte restante del agente reductor 32 para la neutralización se suministra a continuación al agua de suministro de baja presión 15 desde una tercera unidad de suministro de agente reductor 31-3, a la vez que se mide el potencial de reducción-oxidación por medio del medidor 41-1 de potencial de reducción-oxidación (ORP) (etapa 2).



Las razones para adoptar tales medidas son las siguientes:

Al objeto de eliminar el cloro del agua permeada 14<sub>Cl</sub> del dispositivo de ósmosis inversa de alta presión 13, el agente reductor 32 se suministra en exceso por medio de la primera unidad de suministro de agente reductor 31-1, desde el punto de vista de la seguridad.

- 5 El medidor de ORP 41-1 indica un valor grande cuando el cloro está presente. Sin embargo, es difícil determinar la cantidad suministrada de agente reductor después de que se haya eliminado el cloro.

La figura 8 ilustra la variación del ORP cuando se añade un agente reductor (SBS) al agua con una concentración de cloro de 0,3 partes por millón a la salida.

- 10 Como se muestra en la figura 8, el valor de ORP es elevado cuando está presente una cantidad grande de cloro. El valor de ORP es bajo si el cloro no está presente (negativo).

Por lo tanto, cuando se ha consumido el cloro, la medición de la concentración del agente reductor es difícil, incluso si el agente reductor se ha suministrado en exceso. Esto se debe a que, cuando se genera el agua producto 17 a la vez que se suministra una gran cantidad de agente reductor 32, el agua producto 17 generada incluye una gran cantidad de agente reductor, en comparación con el agua producto generada durante el funcionamiento normal.

15 Para evitar que esto ocurra, en el tercer ejemplo, el agua de suministro de baja presión 15<sub>SBS</sub> con el agente reductor se drena a través de la segunda válvula de drenaje 22 (etapa 2 del tercer ejemplo: véase la figura 6A).

- 20 De forma alternativa, en la presente realización, el suministro de agente reductor se monitoriza por medio del medidor de potencial de reducción-oxidación 41-1, y el valor se controla dentro de una zona de elevada sensibilidad (en la actualidad, de 200 milivoltios a 400 milivoltios). A continuación, se suministra una determinada cantidad (en la actualidad, aproximadamente 1 parte por millón) del agente reductor 32 por medio de la tercera unidad de suministro de agente reductor 31-3, la cual incluye una bomba dosificadora. Por tanto, el cloro se puede eliminar por completo, y se puede evitar que el agente reductor se suministre en una cantidad excesiva.

- 25 De esta manera, se puede gestionar de forma apropiada el suministro del agente reductor, y además se puede generar el agua producto con una cantidad extremadamente baja de agente reductor durante la operación de esterilización.

[Cuarto ejemplo]

- 30 La figura 9 es un esquema de un aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar según un cuarto ejemplo. Se asignan los mismos números de referencia a los mismos elementos que los del aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar de la figura 1, y se omitirá la repetición de sus descripciones. Como se muestra en la figura 9, este aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar 10E según el presente ejemplo incluye dos etapas del dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 16 (dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 16-1 y dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 16-2) del aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar 10A según el primer ejemplo.

- 35 El agua concentrada que ha sido concentrada por medio del primer dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 16-1 se hace retornar a la línea de agua no tratada L<sub>1</sub> a través de la línea de retorno L<sub>8</sub> como agua concentrada de retorno 26-1, y el agua concentrada que ha sido concentrada por medio del segundo dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 16-2 se hace retornar a la línea de agua permeada L<sub>3</sub> a través de una línea de agua concentrada de retorno L<sub>12</sub> como agua concentrada de retorno 26-2.

- 40 En la figura 9, 15-1 y 15-2 indican agua de suministro de baja presión, 21-1 y 21-2 indican primeras válvulas de drenaje, 22-1 y 22-2 indican segundas válvulas de drenaje, 25-1 y 25-2 indican válvulas de conmutación, L<sub>9</sub> indica una línea de transmisión de agua de baja presión, L<sub>10</sub> indica una línea de descarga y L<sub>11</sub> indica una línea de descarga.

- 45 En la puesta en marcha inicial del sistema, se pone en funcionamiento el primer dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 16-1, y cuando se alcanza una predeterminada presión, se suministra el agua de suministro de baja presión 15-2 al segundo dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 16-2, a la vez que se drena el agua de suministro de baja presión 15-1 a través de la primera válvula de drenaje 21-1. Cuando se alcanza una predeterminada presión en la primera válvula de drenaje 21-2, se genera el agua producto 17 por medio del segundo dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 16-2.

- 50 En el presente ejemplo, si el caudal de agua no tratada 11 es "100", el agua no tratada 11 con el caudal de "104" se suministra al dispositivo de ósmosis inversa de alta presión 13, debido a que se hace retornar el agua concentrada de retorno 26-1.

El agua permeada 14 con el caudal de "44" pasa a través de la membrana RO de alta presión 13a del dispositivo de ósmosis inversa de alta presión 13, y el agua concentrada 13b con el caudal de "60" se suministra al lado de la turbina T como agua de descarga de alta presión, en la cual se recoge la energía.

El agua permeada 19 con el caudal de "40" pasa a través de la membrana RO de baja presión 16a del primer dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 16-1, y el agua concentrada con el caudal de "4" se hace retornar al agua no tratada 11 como el agua concentrada de retorno 26-1 como agua de descarga, y se reutiliza.

5 El agua producto 17 con el caudal de "36" " pasa a través de la membrana RO de baja presión 16a del segundo dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 16-2, y el agua concentrada con el caudal de "4" se hace retornar al agua permeada 14 como el agua concentrada de retorno 26-2 como agua de descarga, y se reutiliza.

Mientras se lleva a cabo el tratamiento de esterilización, se genera de forma continua el agua producto de elevada calidad por medio de la puesta en práctica del tercer ejemplo o de la realización.

10 De esta forma, con el cuarto ejemplo, el dispositivo de ósmosis inversa de baja presión tiene una pluralidad de etapas. En consecuencia, cuando la concentración de sal en el agua no tratada 11 es de 220.000 partes por millón, el dispositivo de ósmosis inversa de alta presión 13 puede reducir la concentración de sal a 500 partes por millón, el primer dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 16-1 puede reducir la concentración de sal hasta aproximadamente 100 partes por millón, y el segundo dispositivo de ósmosis inversa de baja presión 16-2 puede reducir la concentración de sal a un valor igual o menor que 5 partes por millón. Por lo tanto, se puede obtener agua pura de una pureza igual o mayor que el agua potable (aproximadamente 250 partes por millón) de una forma estable.

15

Debido a que se reutiliza una parte del agua concentrada, es posible además reducir el vertido de agua concentrada y aumentar la cantidad de agua producto que se genera.

**Aplicabilidad industrial**

20 De esta manera, con el método de control del funcionamiento del aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar según la presente invención, es posible proporcionar una calidad del agua tan buena como la que se obtiene con el método de evaporación. Debido a que se elimina el depósito intermedio, es posible reducir de forma significativa la contaminación microbiana. Por lo tanto, se puede utilizar de forma apropiada para las instalaciones de desalinización de agua de mar.

**25 Explicación de las letras o números**

	10A, 10B, 10C, 10D y 10E	aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar
	11	agua no tratada (como el agua de mar)
	12	agua de suministro de alta presión
	13a	membrana de ósmosis inversa de alta presión
30	13	dispositivo de ósmosis inversa de alta presión
	14	agua permeada
	15	agua de suministro de baja presión
	16a	membrana de ósmosis inversa de baja presión
	16	dispositivo de ósmosis inversa de baja presión
35	17	agua producto
	21	primera válvula de drenaje
	22	segunda válvula de drenaje

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar (10D) que comprende:
  - 5 una bomba de alta presión (P1) que está montada en una línea de agua no tratada (L1) a través de la cual se suministra agua no tratada (11<sub>Cl</sub>), para el suministro del agua no tratada (11<sub>Cl</sub>) como un agua de suministro de alta presión (12) a una predeterminada presión alta;
  - medios para la adición de cloro (Cl) al agua no tratada (11<sub>Cl</sub>);
  - un dispositivo de ósmosis inversa de alta presión (13) que incluye una membrana de ósmosis inversa de alta presión (13a) para la concentración de un contenido en sal del agua de suministro de alta presión (12) suministrada por medio de la bomba de alta presión (P1);
  - 10 una primera válvula de drenaje (21) que está montada en una línea de agua permeada (L2) a través de la cual se suministra aguas abajo el agua permeada (14<sub>CL</sub>) que ha pasado a través del dispositivo de ósmosis inversa de alta presión (13), para drenar temporalmente el agua permeada (14<sub>CL</sub>) de una puesta en marcha inicial;
  - una bomba de baja presión (P2) que está montada en una línea de agua permeada (L3) dispuesta aguas abajo de la primera válvula de drenaje (21), para el suministro del agua permeada (14<sub>CL</sub>) como un agua de suministro de baja presión (15) a una predeterminada presión baja que es menor que la predeterminada presión alta;
  - 15 un dispositivo de ósmosis inversa de baja presión (16) que incluye una membrana de ósmosis inversa de baja presión (16a) para la concentración de un contenido en sal del agua de suministro de baja presión (15) suministrada por medio de la bomba de baja presión (P2);
  - una segunda válvula de drenaje (22) que está montada en una línea de descarga (L5) situada en un lado de agua concentrada del dispositivo de ósmosis inversa de baja presión (16), para descargar temporalmente el agua de suministro de baja presión (15) de la puesta en marcha inicial suministrada al dispositivo de ósmosis inversa de baja presión (16);
  - 20 un medidor de potencial de reducción-oxidación (41-1) para la medición de un potencial de reducción-oxidación (ORP) del agua de suministro de baja presión (15);
  - 25 una primera unidad de suministro de agente reductor (31-1) para el suministro a la línea de agua no tratada (L1) de un agente reductor (32) que neutraliza el cloro;
  - una segunda unidad de suministro de agente reductor (31-2) para el suministro a la línea de agua permeada (L2) del agente reductor (32); y
  - 30 una tercera unidad de suministro de agente reductor (31-3) para el suministro del agente reductor (32) al agua de suministro de baja presión (15) en función del potencial de reducción-oxidación medido con el medidor de potencial de reducción-oxidación (41-1) al objeto de neutralizar el cloro.
2. El aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar (10D) según la reivindicación 1, que comprende además:
  - una pluralidad de dispositivos de ósmosis inversa de baja presión (16), en el que
  - 35 la segunda válvula de drenaje (22) está montada en la línea de descarga (L5) situada en el lado de agua concentrada de cada uno de los dispositivos de ósmosis inversa de baja presión (16), para descargar temporalmente el agua de suministro de baja presión (15) de la puesta en marcha inicial suministrada a los dispositivos de ósmosis inversa de baja presión (16).
3. El aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar (10D) según la reivindicación 1 o 2, que comprende además una línea de agua concentrada de retorno (L8) para hacer retornar el agua concentrada que sale del dispositivo de ósmosis inversa de baja presión (16) situado aguas arriba.
- 40 4. El aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar (10D) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el dispositivo de ósmosis inversa de alta presión (13) incluye una membrana (13a) con resistencia al cloro.
- 45 5. Un método de control del funcionamiento de un aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar (10D) que utiliza el aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar (10D) definido en la reivindicación 4, durante una operación de esterilización del dispositivo de ósmosis inversa de alta presión (13) del aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar (10D), que comprende:
  - 50 una etapa de suministro del agua no tratada (11) a la que se le ha añadido cloro (Cl) al dispositivo de ósmosis inversa de alta presión (13), sin introducción de un agente reductor (32) desde la primera unidad de suministro de

agente reductor (31-1);

5 una etapa de drenaje temporal del agua de suministro de baja presión (15) que incluye un agente reductor (32) a través de la segunda válvula de drenaje (22), después de que el agente reductor (32) se haya añadido desde la segunda unidad de suministro de agente reductor (31-2) al agua permeada (14) con cloro que ha pasado a través de la membrana de ósmosis inversa de alta presión (13a) del dispositivo de ósmosis inversa de alta presión (13);

una etapa de cambio de funcionamiento a un funcionamiento normal, por medio de la adición de un agente reductor (32) desde la primera unidad de suministro de agente reductor (31-1) al agua no tratada (11), y por medio de la detención de la adición del agente reductor (32) desde la segunda unidad de suministro de agente reductor (31-2), después de que haya finalizado una predeterminada operación de esterilización; y

10 una etapa de generación de agua producto (17), por medio del cambio del funcionamiento a un funcionamiento nominal de desalinización de agua de mar, a la vez que se cierra la segunda válvula de drenaje (22).

15 6. El método de control del funcionamiento de un aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar (10D) según la reivindicación 5, en el que el agua concentrada (16b) de un lado de baja presión se hace retornar aguas arriba a través de una línea de agua concentrada de retorno (L8), después de que haya finalizado la operación de esterilización.

7. Un método de control del funcionamiento de un aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar (10D) que utiliza el aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar (10D) definido en la reivindicación 4, durante una operación de esterilización del dispositivo de ósmosis inversa de alta presión (13) del aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar (10D), que comprende:

20 una etapa de suministro del agua no tratada (11) a la que se le ha añadido cloro (Cl) al dispositivo de ósmosis inversa de alta presión (13), sin introducción del agente reductor (32) desde la primera unidad de suministro de agente reductor (31-1);

25 una etapa de neutralización del agua permeada (14) con cloro que ha pasado a través de la membrana de ósmosis inversa de alta presión (13a) del dispositivo de ósmosis inversa de alta presión (13), por medio de la adición del agente reductor (32) desde la segunda unidad de suministro de agente reductor (31-2) en una cantidad menor que un equivalente de neutralización, y por medio del suministro a continuación de la parte restante del agente reductor (32) para la neutralización desde una tercera unidad de suministro de agente reductor (31-3) al agua de suministro de baja presión (15), a la vez que se mide un potencial de reducción-oxidación de la misma por medio del medidor de potencial de reducción-oxidación (41-1);

30 una etapa de generación de agua producto (17), al hacer que el agua de suministro de baja presión (15) pase a través de la membrana de ósmosis inversa de baja presión (16a); y

una etapa de generación de agua producto (17), por medio del cambio del funcionamiento a un funcionamiento nominal de desalinización de agua de mar, después de que haya finalizado la operación de esterilización.

35 8. El método de control del funcionamiento de un aparato multi-etapa de desalinización de agua de mar (10D) según la reivindicación 7, en el que el agua concentrada de un lado de baja presión se hace retornar aguas arriba a través de una línea de agua concentrada de retorno (L8) durante la operación de esterilización y el funcionamiento nominal.

FIG.1

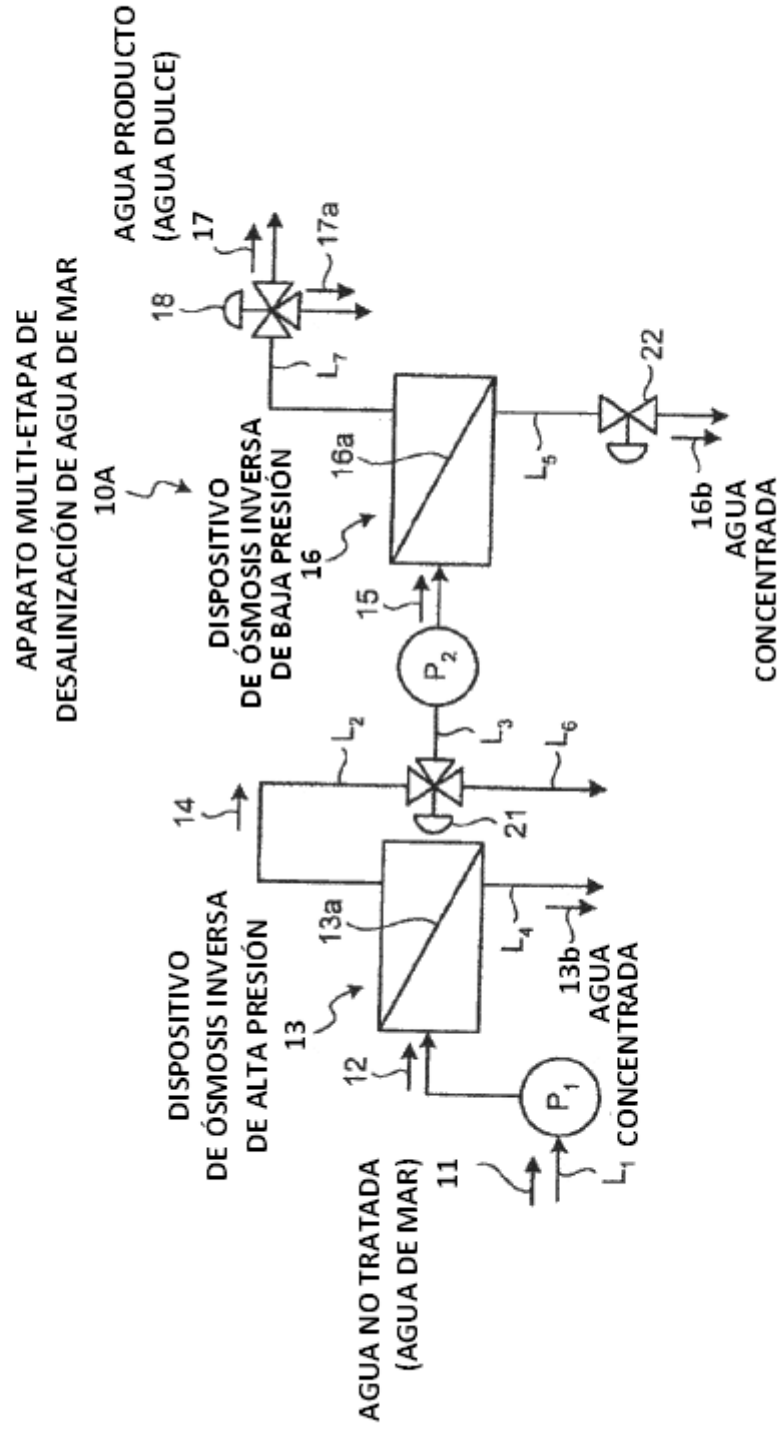


FIG.2

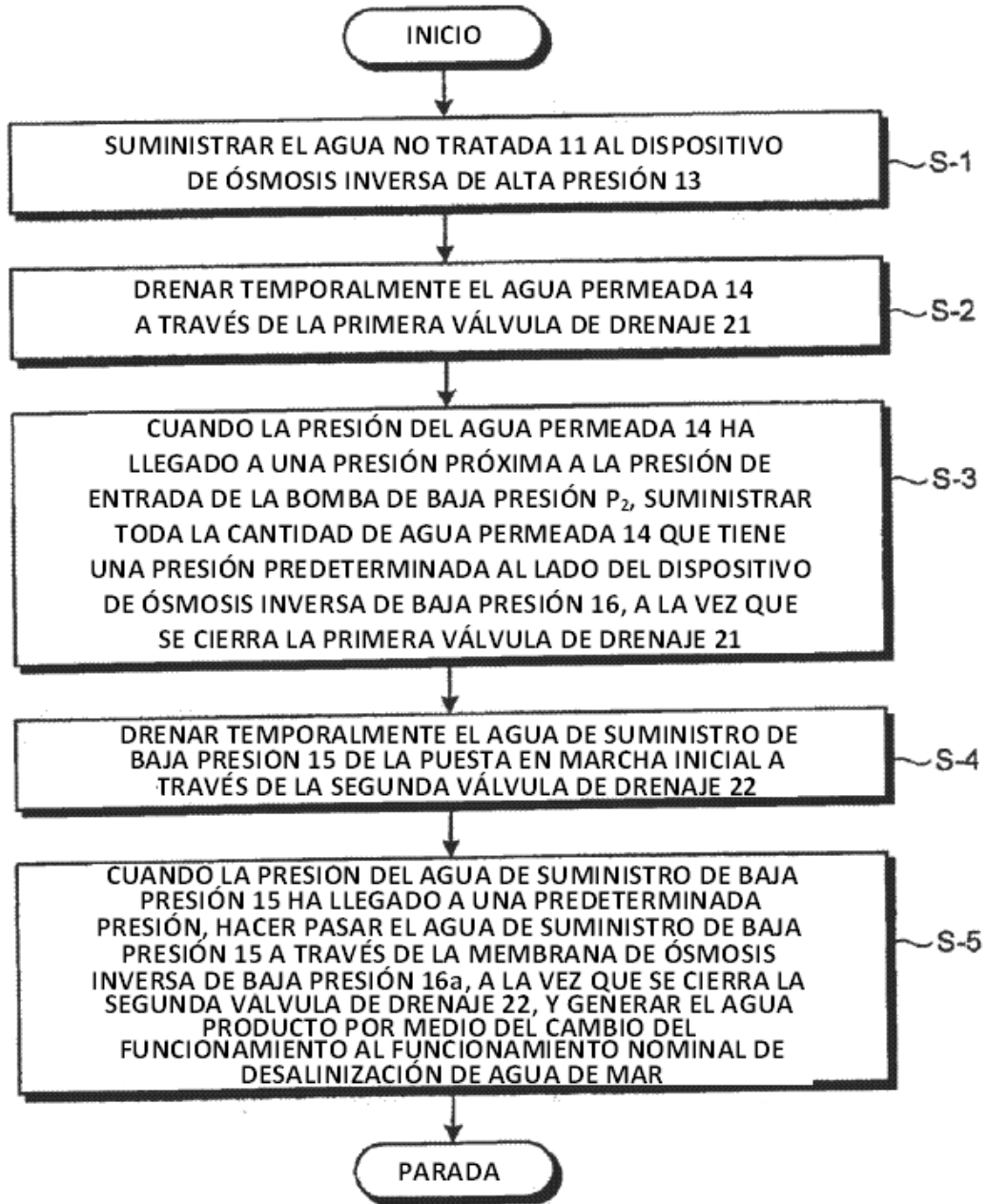


FIG.3A

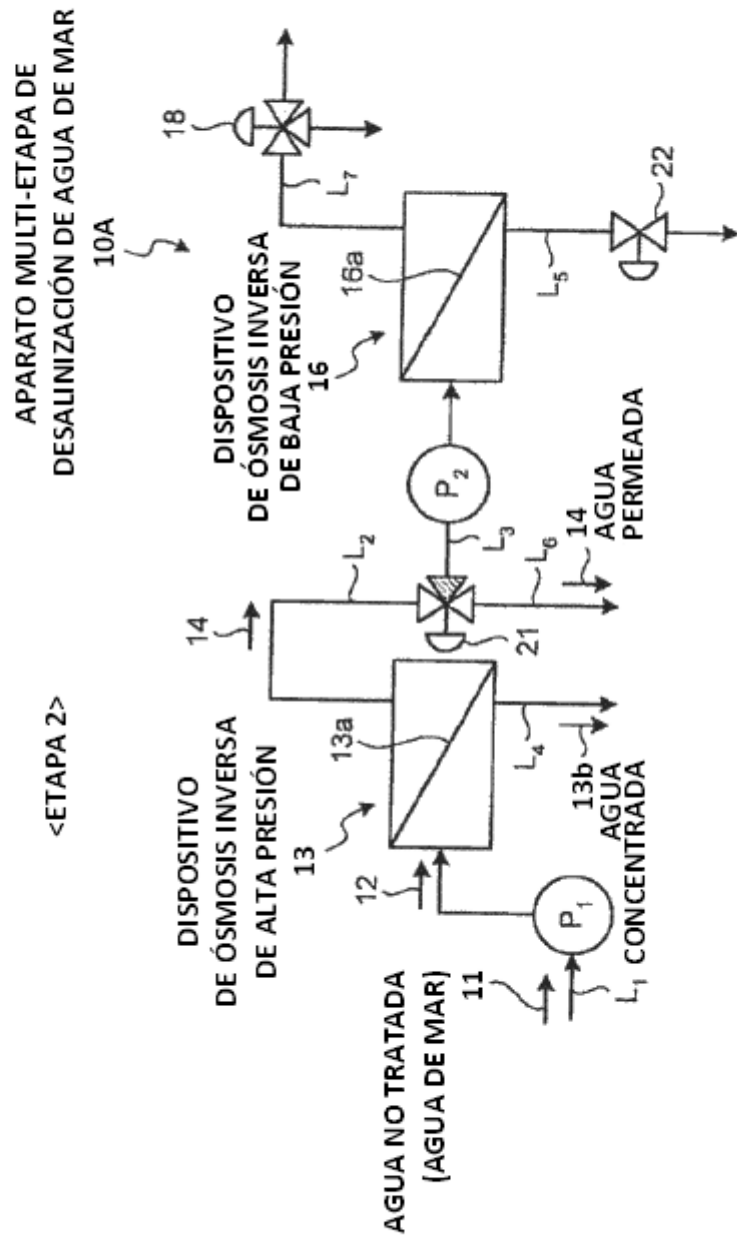


FIG.3B

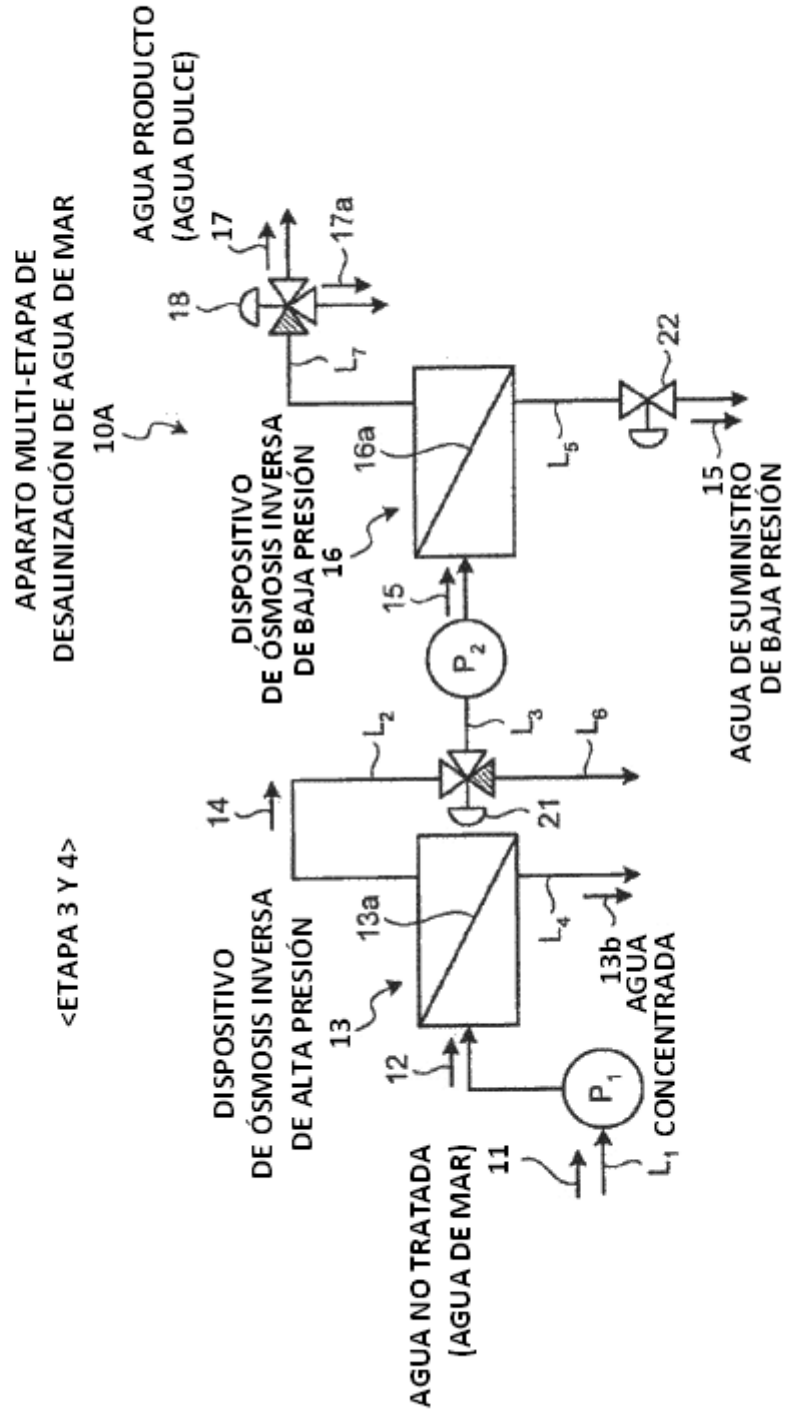




FIG.3C

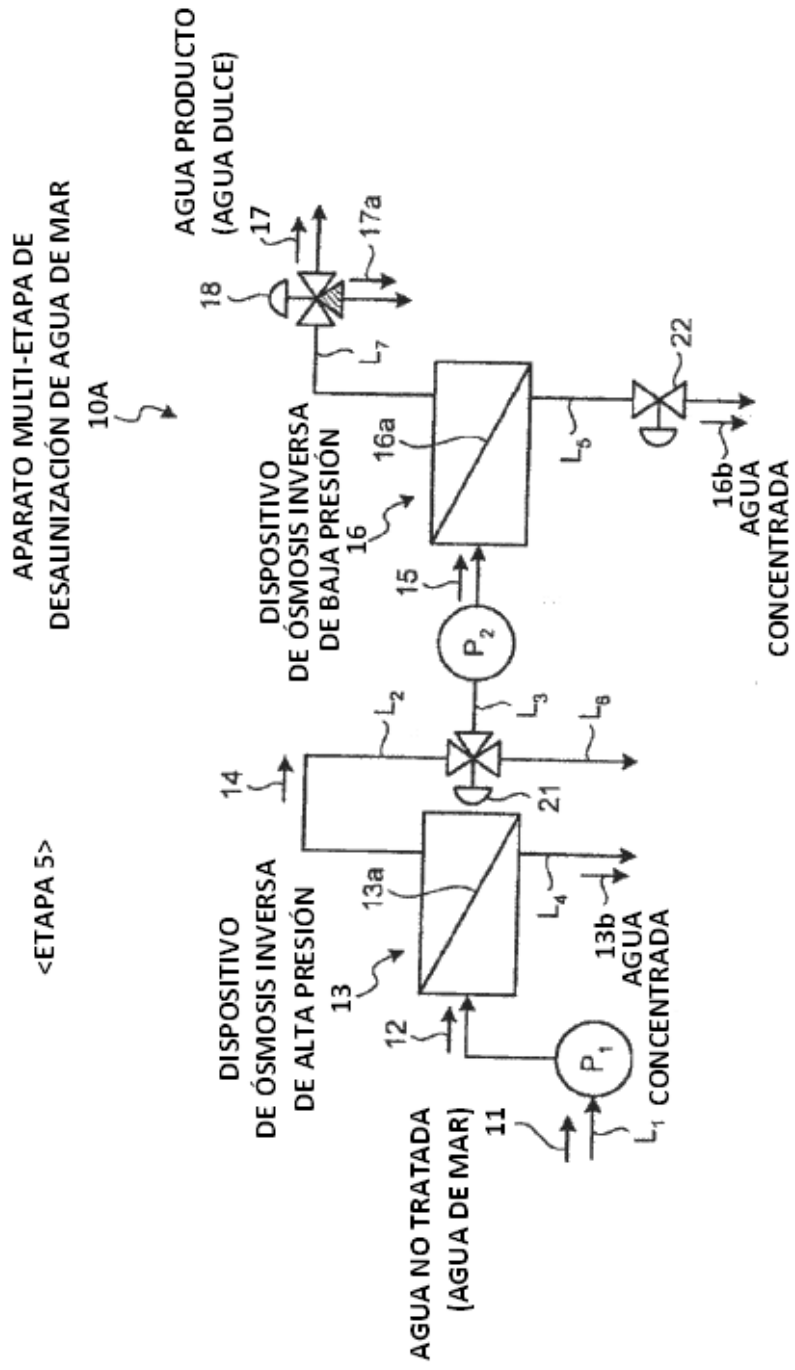


FIG.4

APARATO MULTI-ETAPA DE  
DESALINIZACIÓN DE AGUA DE MAR

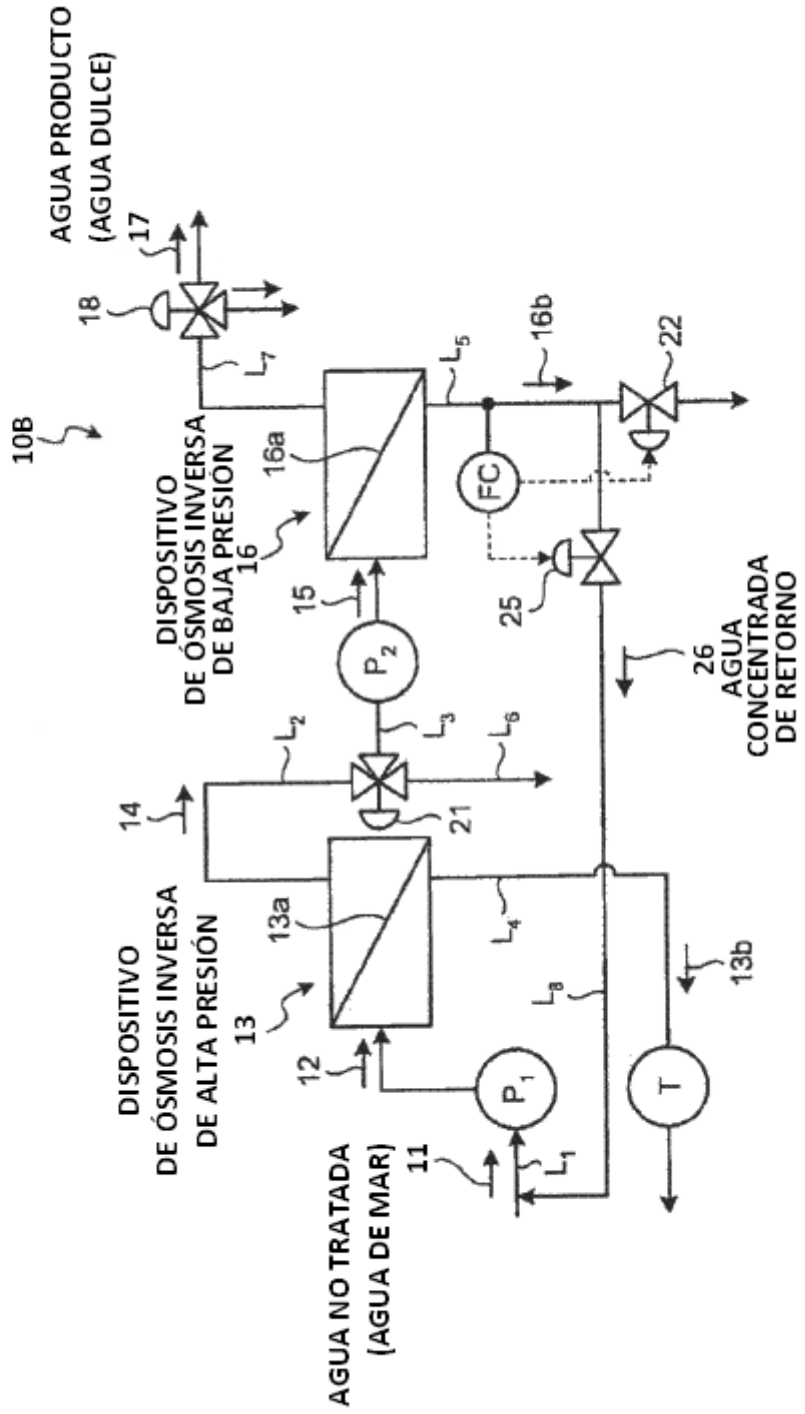


FIG.5

APARATO MULTI-ETAPA DE  
DESALINIZACIÓN DE AGUA DE MAR

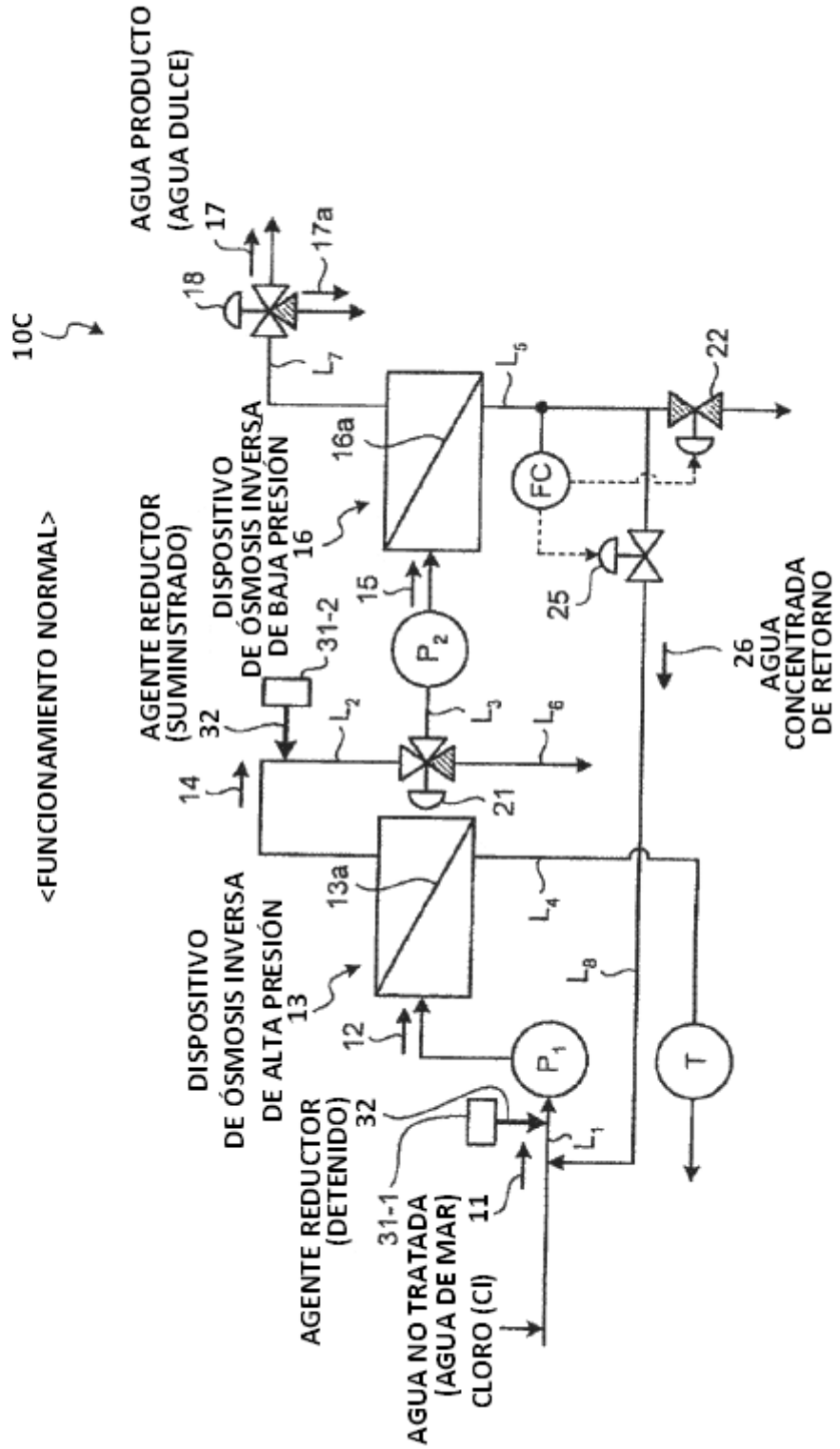


FIG.6A

APARATO MULTI-ETAPA DE  
DESALINIZACIÓN DE AGUA DE MAR

<OPERACIÓN DE ESTERILIZACIÓN:  
PRIMER MODO>

<<ETAPAS 1 Y 2>>

10C

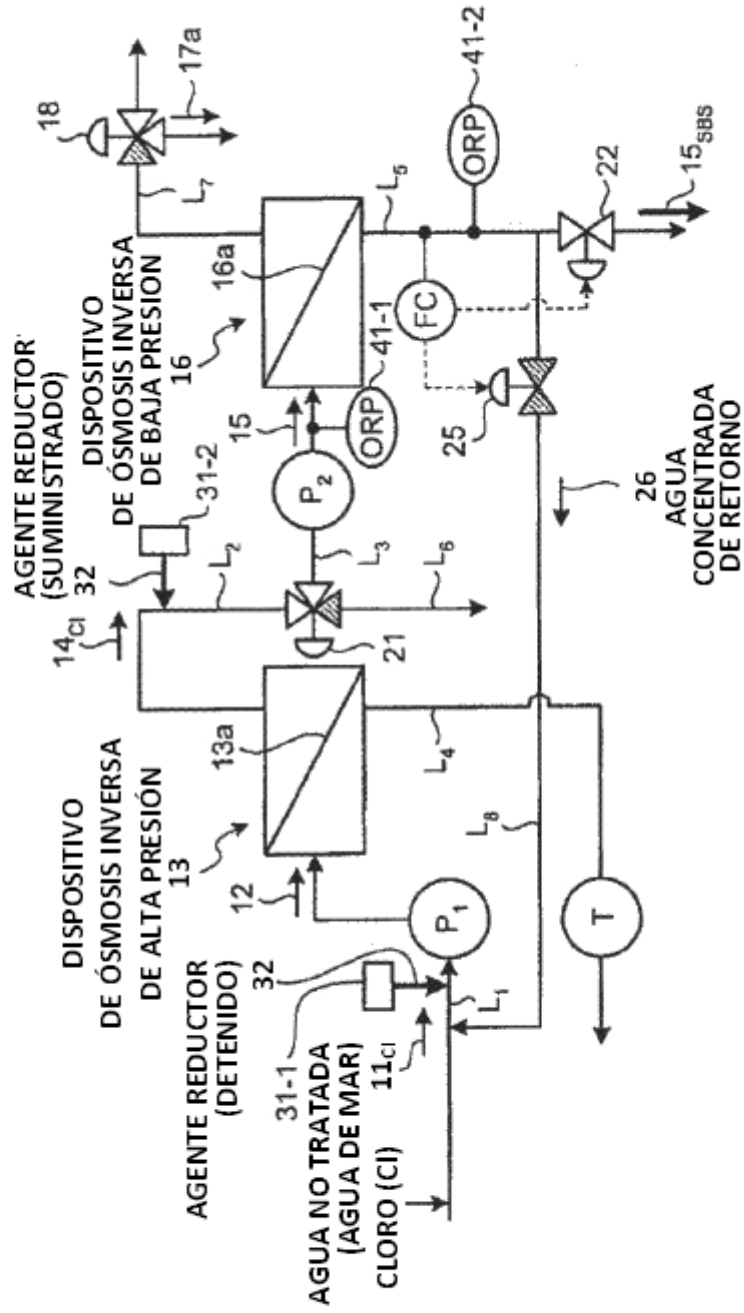
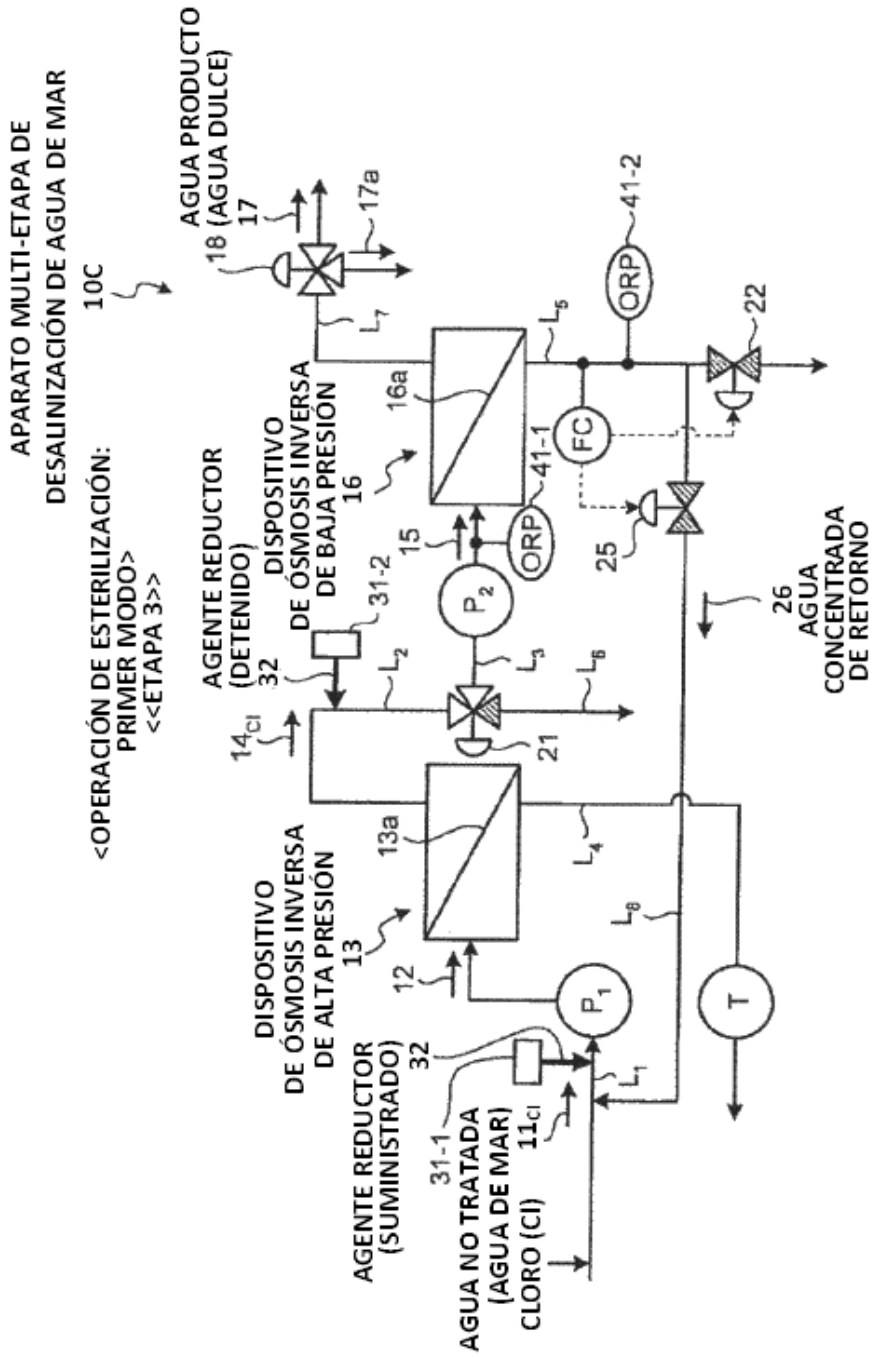


FIG.6B



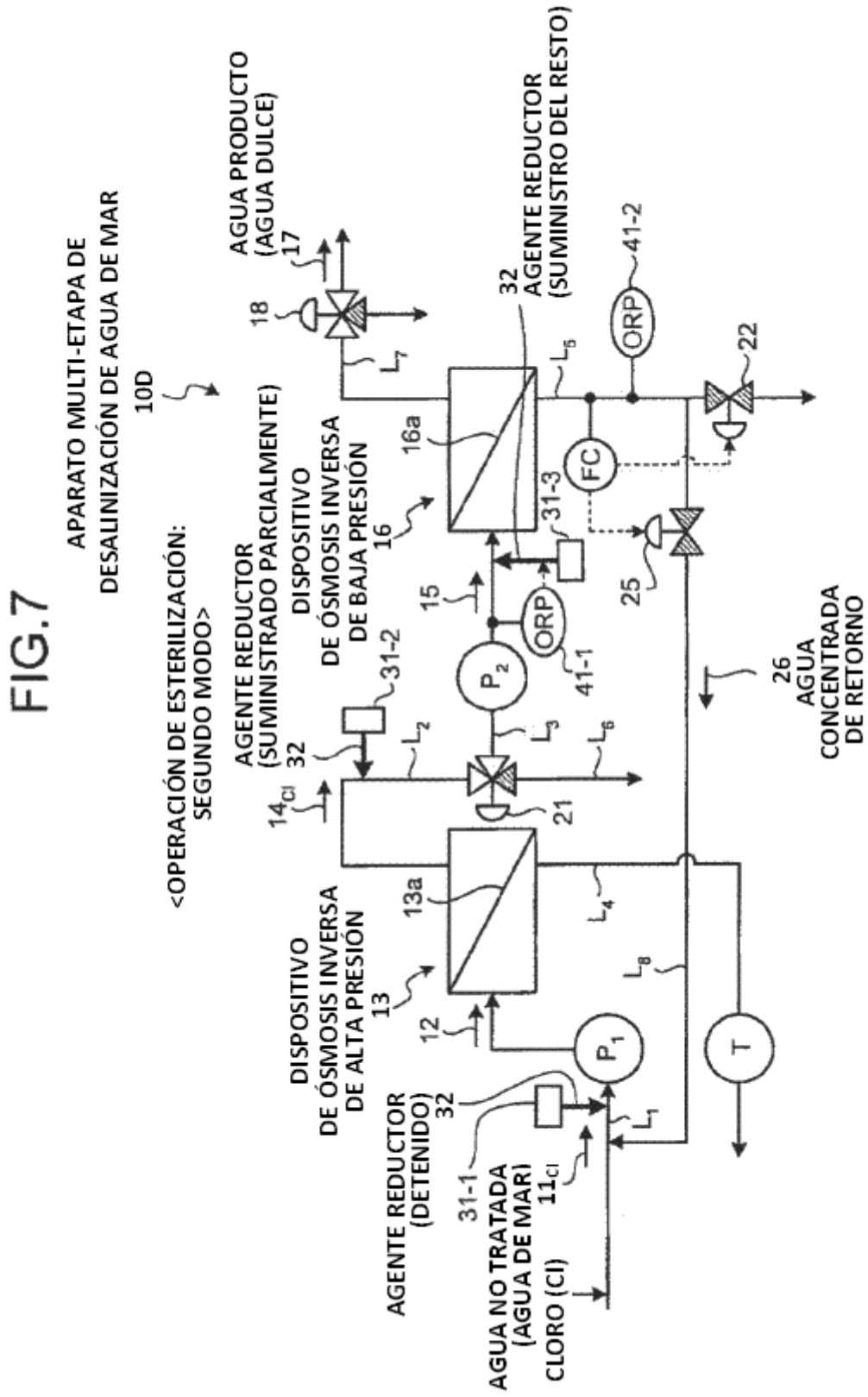


FIG.8

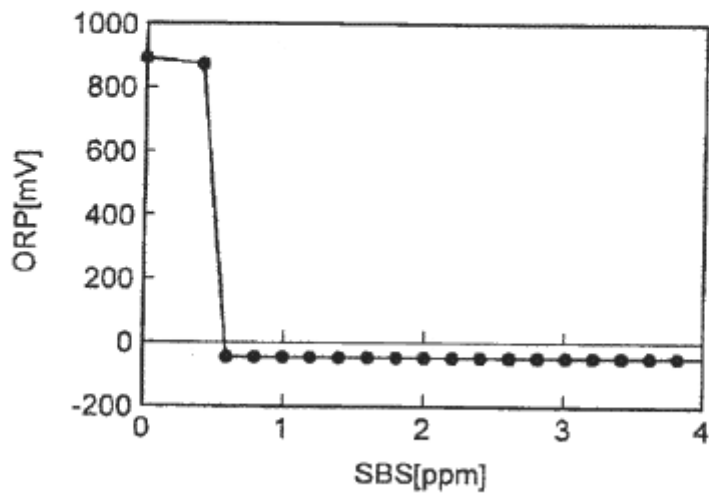


FIG.9

APARATO MULTI-ETAPA DE  
DESALINIZACIÓN DE AGUA DE MAR  
10E

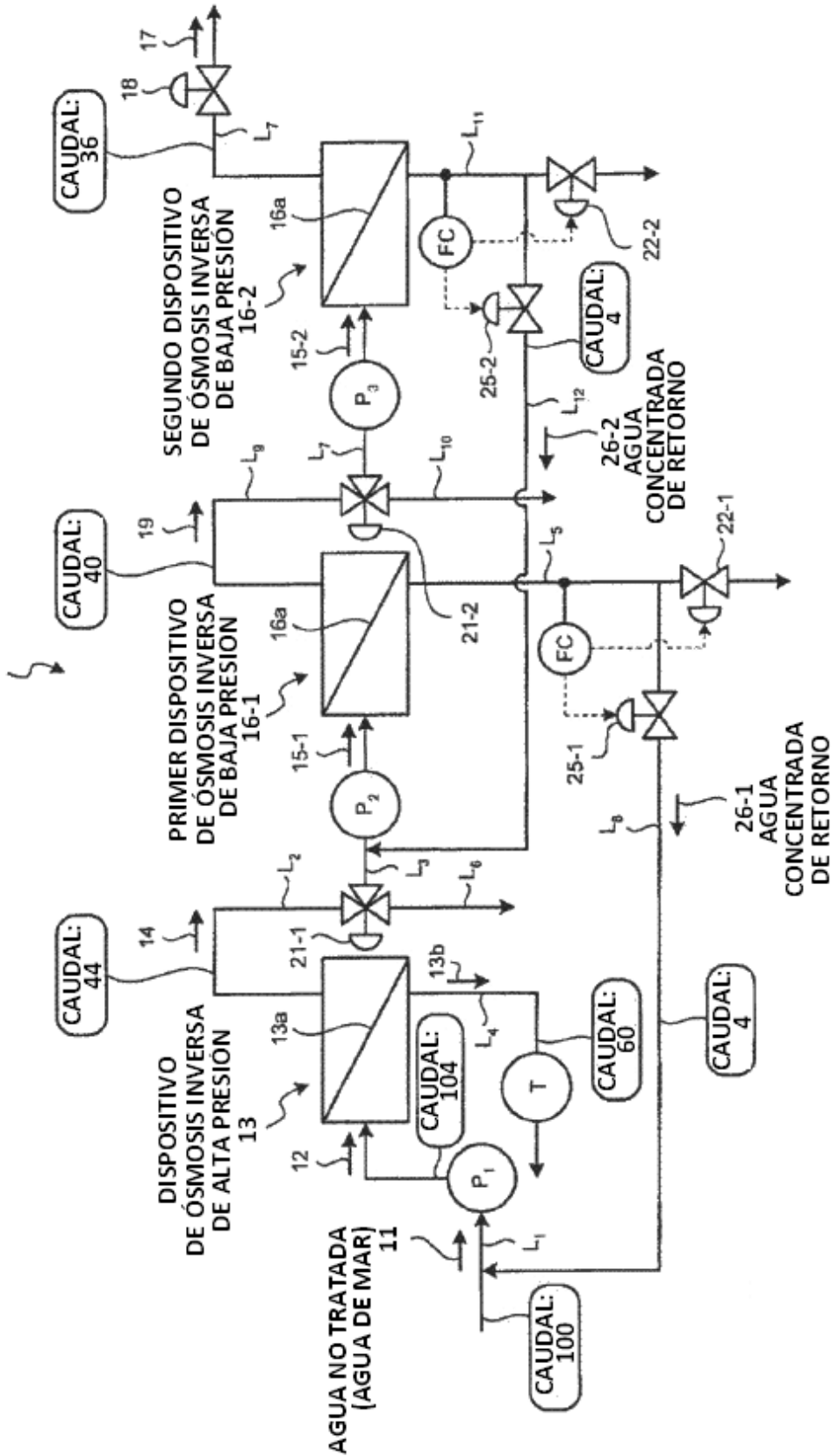




FIG.10

