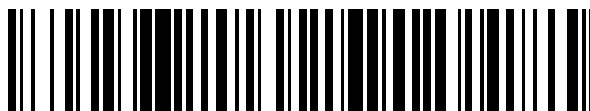


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 673 001**

51 Int. Cl.:

B01D 53/50	(2006.01)
B01D 53/77	(2006.01)
B01D 53/96	(2006.01)
B01D 1/16	(2006.01)
B01D 1/20	(2006.01)
C02F 1/04	(2006.01)
C02F 1/12	(2006.01)
C02F 1/44	(2006.01)
C02F 103/18	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.07.2013 PCT/JP2013/068554**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **08.01.2015 WO15001678**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.07.2013 E 13888724 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.04.2018 EP 3018100**

54 Título: **Sistema y método de tratamiento de agua**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.06.2018

73 Titular/es:
**mitsubishi heavy industries, ltd. (100.0%)
16-5, Konan 2-chome
Minato-Ku, Tokyo 108-8215, JP**

72 Inventor/es:
**UKAI, NOBUYUKI;
OKINO, SUSUMU;
EDA, MASAYUKI;
KAGAWA, SEIJI;
SUZUKI, HIDEO;
NAKASHOJI, HIROSHI;
USHIKU, TETSU y
YOSHIOKA, SHIGERU**

74 Agente/Representante:
UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 673 001 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

Sistema y método de tratamiento de agua

5 **Campo**

La presente invención se refiere a un sistema de tratamiento de agua y un método de tratamiento de agua para efluente generado, por ejemplo, en una central de caldera o una central química.

10 **Antecedentes**

Por ejemplo, en una planta de proceso como una central de generación de potencia o una planta química, se genera efluente, por ejemplo, a partir de una caldera, un reactor, un refrigerador de tipo húmedo para un condensador de vapor, o un dispositivo de tratamiento de agua. Se han propuesto varios tipos de dispositivos de tratamiento para realizar tratamiento de tal efluente, pero cualquiera de dichos dispositivos solamente puede implementarse con un aumento de costos. Para resolver tal problema, se ha propuesto una caldera con un dispositivo de tratamiento de efluente que se caracteriza porque el agua refrigerante (agua de purga) en un refrigerador de la caldera se pulveriza a un conducto de gas de combustión como una neblina de gotitas de un diámetro de 20 a 120 micras, neutralizando por ello el agua de purga alcalina (Documento de Patente 1).

También se ha propuesto un dispositivo de tratamiento de efluente en el que el efluente es pulverizado a un conducto de gas de combustión, incrementando por ello la cantidad de efluente que puede vaporizarse (Documento de Patente 2).

25 **Lista de citas**

Documentos de Patente

Documento de Patente 1: Solicitud de Patente japonesa publicada número 8-47693

Documento de Patente 2: Solicitud de Patente japonesa publicada número 2001-29939

Documento de Patente 3: US2012/240761

Documento de Patente 4: US2011/268637

Documento de Patente 5: US 2011/262331

40 **Resumen**

Problema técnico

Sin embargo, la invención según el Documento de Patente 1 puede realizar tratamiento de efluente con facilidad y a bajo costo, pero origina el problema de que el aumento de la cantidad de efluente con relación a la energía calorífica (la temperatura y la tasa de flujo) de los gases de combustión puede producir un aumento de la energía requerida para vaporizar el efluente con el resultado de que el efluente no puede ser tratado.

Por otra parte, la invención del Documento de Patente 2 hace posible reducir la cantidad de efluente por un dispositivo de concentración, pero origina el problema de producir degradación en la salida de la turbina de vapor porque el dispositivo de concentración pierde parte del vapor generado en la caldera.

Por lo tanto, es deseable que surja una técnica que pueda realizar eficientemente el tratamiento de efluente a bajo costo sin degradación de la eficiencia de la caldera, generándose el efluente en una planta de proceso, tal como una central de generación de potencia o una planta química, por ejemplo, a partir de una caldera, un reactor, un refrigerador de tipo húmedo de un condensador de vapor, o un dispositivo de tratamiento de agua.

En vista de dichos problemas, un objeto de la presente invención es proporcionar un sistema de tratamiento de agua y un método de tratamiento de agua para efluente generado en una planta.

60 **Solución del problema**

Para resolver los problemas anteriores, se facilita un sistema de tratamiento de agua incluyendo los elementos de la reivindicación 1.

65 Según un aspecto preferido de la presente invención, se facilita el sistema de tratamiento de agua según la reivindicación 1, incluyendo además un dispositivo de desalinización que quita contenido de sal presente en el

efluente, donde el dispositivo de secado por pulverización realiza secado por pulverización de agua concentrada de la que el contenido de sal ha sido concentrado por el dispositivo de desalinización.

5 Según otro aspecto preferido de la presente invención, se facilita el sistema de tratamiento de agua según la reivindicación 1, donde el dispositivo de desalinización incluye una unidad de separación de membrana.

Según otro aspecto preferido de la presente invención, se facilita el sistema de tratamiento de agua según la reivindicación 1, donde el dispositivo de desalinización quita contenido de sal bivalente presente en el efluente.

10 Según otro aspecto preferido de la presente invención, se facilita el sistema de tratamiento de agua según la reivindicación 1, donde el sistema de tratamiento de gases de combustión incluye un dispositivo de desulfuración húmeda, y la unidad de pulverización del dispositivo de secado por pulverización, a la que se introduce líquido separador, que se obtiene separando yeso procedente del dispositivo de desulfuración húmeda, realiza secado por pulverización del líquido separador junto con el efluente.

15 Según otro aspecto de la presente invención, se facilita un método de tratamiento de agua incluyendo los elementos de la reivindicación 5.

20 Según otro aspecto de la presente invención, se facilita el método de tratamiento de agua según la reivindicación 5, incluyendo además desalinización que incluye quitar contenido de sal presente en el efluente, donde el secado por pulverización, realizado por el dispositivo de secado por pulverización, incluye realizar secado por pulverización de agua concentrada de la que el contenido de sal ha sido concentrado por el dispositivo de desalinización.

25 Según otro aspecto preferido de la presente invención, se facilita el método de tratamiento de agua según la reivindicación 5, donde la desalinización incluye separación de membrana.

Según otro aspecto preferido de la presente invención, se facilita el método de tratamiento de agua según la reivindicación 5, donde la desalinización incluye quitar contenido de sal bivalente presente en el efluente.

30 Según otro aspecto de la presente invención, se facilita el método de tratamiento de agua según la reivindicación 5, donde el sistema de tratamiento de gases de combustión incluye desulfuración húmeda, y el secado por pulverización tiene líquido separador, que se obtiene separando yeso en la desulfuración húmeda, introducido en él, e incluye realizar secado por pulverización del líquido separador junto con el efluente.

35 **Efectos ventajosos de la invención**

La presente invención elimina la necesidad de realizar tratamiento de efluente descargado en una planta por una instalación de tratamiento de efluente industrial y puede eliminar la necesidad de drenar el efluente generado en la planta o reducir la cantidad de efluente.

40 **Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 es una vista esquemática que ilustra un sistema de tratamiento de agua según una primera realización para efluente generado en una planta.

45 La figura 2 es una vista esquemática que ilustra un sistema de tratamiento de agua según la primera realización para efluente generado en otra planta.

50 La figura 3 es una vista esquemática que ilustra un sistema de tratamiento de agua según la primera realización para efluente generado en otra planta.

La figura 4 es una vista esquemática que ilustra un dispositivo de secado por pulverización según la primera realización.

55 La figura 5 es una vista esquemática que ilustra un sistema de tratamiento de agua según una segunda realización para efluente generado en una planta.

60 La figura 6 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de un dispositivo de desalinización según esta realización.

La figura 7 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de otro dispositivo de desalinización según esta realización.

65 La figura 8 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de otro dispositivo de desalinización según esta realización.

La figura 9 es una vista esquemática que ilustra un sistema de tratamiento de agua según una tercera realización para efluente generado en una planta.

5 La figura 10 es una vista esquemática que ilustra un sistema de tratamiento de agua según la tercera realización para efluente generado en otra planta.

La figura 11 es una vista esquemática que ilustra un sistema de tratamiento de agua según la tercera realización para efluente generado en otra planta.

10 La figura 12 es una vista esquemática que ilustra un sistema de tratamiento de agua según la tercera realización para efluente generado en otra planta.

La figura 13 es una vista esquemática que ilustra un ejemplo de un dispositivo de separación que emplea un método de cal fría.

15 La figura 14 es una microfotografía de yeso obtenido por cristalización.

La figura 15 es una microfotografía de yeso obtenido por cristalización.

20 La figura 16 es una vista que ilustra un resultado de una simulación de la dependencia de pH de la cantidad de precipitación de yeso.

La figura 17 es una vista que ilustra un resultado de una simulación de dependencia de pH de la cantidad de precipitación de carbonato de calcio.

25 La figura 18 es una vista que ilustra un resultado de una simulación de dependencia de pH de la cantidad de precipitación de sílice.

30 La figura 19 es una vista esquemática que ilustra un sistema de tratamiento de agua según una cuarta realización para efluente generado en una planta.

Descripción de realizaciones

35 Ahora, con referencia a los dibujos adjuntos, realizaciones preferidas de la presente invención se describirán con más detalle más adelante. Obsérvese que la presente invención no se limitará por estas realizaciones, sino que también puede incluir las formadas por una combinación de cada una de una pluralidad de realizaciones, si la hay.

[Primera realización]

40 La figura 1 es una vista esquemática que ilustra un sistema de tratamiento de agua según una primera realización para efluente generado en una planta. Las figuras 2 y 3 son vistas esquemáticas que ilustran un sistema de tratamiento de agua según la primera realización para efluente generado en otra planta.

45 Como se representa en la figura 1, el sistema de tratamiento de agua según esta realización para efluente generado en una planta incluye: un sistema de tratamiento de gases de combustión 18 para realizar tratamiento de gases de combustión de caldera (denominados a continuación "gases de combustión") 12 procedentes de una caldera 11; y un dispositivo de secado por pulverización 23 que tiene una unidad de pulverización (no ilustrada en la figura 1) para pulverizar efluente 22 generado en la planta, por ejemplo, en un refrigerador 21 y que emplea parte 12a de los gases de combustión de caldera 12 para secado por pulverización.

50 El sistema de tratamiento de gases de combustión 18 ilustrado en la figura 1 quita, de los gases de combustión 12, sustancias peligrosas tales como óxido de nitrógeno (NOx), óxido de azufre (SOx), y mercurio (Hg), por ejemplo, en el caso de una caldera de combustión de carbón que emplea carbón como combustible o una caldera de combustión de aceite pesado que emplea aceite pesado como combustible. El sistema de tratamiento de gases de combustión 18 incluye: un dispositivo de desnitrificación 13 para quitar óxido de nitrógeno; un precalentador de aire 14 para recuperación de calor de los gases de combustión 12; un precipitador 15 para quitar hollín y polvo de los gases de combustión 12 después de la recuperación de calor; un dispositivo de desulfuración 16 para quitar óxido de azufre contenido en los gases de combustión 12 después de la extracción de polvo; y una chimenea 17 para descargar un gas limpio limpiado después de la desulfuración.

60 El dispositivo de secado por pulverización 23 incluye una unidad de introducción de gas para introducir parte 12a de los gases de combustión 12 a través de una línea de bifurcación L₁₁ ramificada de una línea de gases de combustión L₁₀ y una unidad de pulverización para dispersar o pulverizar el efluente 22. Además, el calor de la parte 12a de los gases de combustión 12 introducido se emplea para vaporizar y secar el efluente 22 que ha sido dispersado.

65

Además, en esta realización, la parte 12a de los gases de combustión 12 que fluye al precalentador de aire 14 son bifurcados de la línea de gases de combustión L₁₀ a través de la línea de bifurcación L₁₁, de modo que los gases de combustión 12 están a una temperatura alta (de 350 a 400°C) y así el efluente 22 puede ser pulverizado y secado con eficiencia. Obsérvese que los gases de combustión 12b que han contribuido al secado son realimentados a través de una línea de alimentación de gas L₁₂ a la línea de gases de combustión L₁₀ entre el precalentador de aire 14 y el precipitador 15. Obsérvese que los gases de combustión 12b que han contribuido al secado también pueden ser realimentados a uno o una pluralidad de puntos hacia arriba del precalentador de aire 14 o hacia abajo del precipitador 15.

La figura 4 es una vista esquemática que ilustra el dispositivo de secado por pulverización según la primera realización. Como se representa en la figura 4, el dispositivo de secado por pulverización 23 de esta realización incluye: una boquilla pulverizadora 24 para pulverizar, a un cuerpo principal 23a del dispositivo de secado por pulverización, el efluente 22 introducido desde el refrigerador 21 a través de una línea de introducción L₂₁; un orificio de entrada 23b que está dispuesto en el cuerpo principal 23a del dispositivo de secado por pulverización con el fin de introducir parte 12a de los gases de combustión 12 para secar un líquido pulverizado 22a; una región de secado 25 que está dispuesta en el cuerpo principal 23a del dispositivo de secado por pulverización con el fin de secar el efluente 22 con la parte 12a de los gases de combustión 12; y una salida de descarga 23c para descargar los gases de combustión 12b que han contribuido al secado. Obsérvese que el símbolo 26 denota una sustancia sólida separada en el cuerpo principal 23a del dispositivo de secado por pulverización.

Aquí se representa un ejemplo de un equilibrio entre la cantidad de gas de parte 12a de los gases de combustión 12 introducidos al dispositivo de secado por pulverización 23 y la cantidad de un líquido pulverizado del efluente 22.

La temperatura del gas se baja 200°C cuando la unidad de pulverización 24 pulveriza una cantidad de líquido de 100 kg/H del efluente 22 por una cantidad de gas de 1000 m³/H de la parte 12a de los gases de combustión 12 introducidos.

Además, la concentración de agua del gas se incrementa 10%. Por ejemplo, cuando la parte 12a de los gases de combustión introducida antes de la pulverización tiene una concentración de agua de 9% en el gas, los gases de combustión 12b que han contribuido al secado tendrán una concentración de agua de 19% en el gas después de la pulverización, con el resultado de un aumento de aproximadamente 10%.

La temperatura del gas con una disminución de 200°C es generalmente igual a la temperatura de los gases de combustión 12 después de haber pasado a través del precalentador de aire 14.

Sin embargo, dado que la cantidad de derivación de la parte 12a de los gases de combustión 12 al dispositivo de secado por pulverización 23 es aproximadamente 5%, los gases de derivación 12b que han contribuido al secado tienen un aumento del contenido de agua de aproximadamente 0,5% (= 10%/20) cuando han sido realimentados a la línea de gases de combustión L₁₀.

Además, los gases de combustión 12 que pasan a través de la línea de gases de combustión L₁₀ experimentan de la misma manera una reducción de 200°C de la temperatura de los gases porque el aire es pretratado en el precalentador de aire 14 y luego es suministrado a la caldera 11. Así, los gases de combustión 12 no tendrán una temperatura diferente cuando se hayan puesto en derivación y hayan vuelto. Es decir, cuando la temperatura de los gases en la entrada al precalentador de aire 14 es de 350°C, los gases que han pasado a través del precalentador de aire 14 tendrán una temperatura reducida y los gases de combustión 12b que hayan contribuido al secado en el dispositivo de secado por pulverización 23 a través de la línea de bifurcación L₁₁ y la línea de alimentación de gas L₁₂ tendrán una temperatura reducida 200°C de la misma manera y así tienen una temperatura igual en general.

Según esta realización, el efluente 22 descargado del refrigerador 21 es introducido a través de la boquilla de pulverización 24 al dispositivo de secado por pulverización 23 con el fin de secar el líquido pulverizado 22a por el calor de la parte 12a de los gases de combustión 12. Esto elimina la necesidad de realizar por separado el tratamiento del efluente 22 en una instalación de tratamiento de efluente industrial, eliminando así la necesidad de drenar el efluente 22 generado en una planta.

En esta realización, el drenaje de purga del refrigerador 21 se ha descrito como un ejemplo del efluente 22 generado en una planta. Sin embargo, la presente invención no se limita a ello, sino que también puede aplicarse en general a efluente procedente de una central de generación de potencia o una planta química.

Aquí, los ejemplos de efluente en la central térmica de carbón o la central térmica de aceite como el efluente generado regularmente distinto del agua refrigerante pueden incluir efluente reciclado de dispositivo de desalinización de condensado, efluente reciclado de prefiltro del dispositivo de desalinización de condensado, efluente reciclado de filtro de purificación, efluente reciclado de dispositivo de tratamiento de agua de compensación, efluente vario de cámara de análisis, efluente de dispositivo de desulfuración, efluente vario, efluente de muestreo, efluente doméstico, agua excedente de desecho de cenizas, y efluente de limpieza de instalación de descarga y transporte de carbón. Los ejemplos del efluente irregular distinto del efluente generado

regularmente pueden incluir efluente de limpieza del precalentador de aire, efluente de limpieza del calentador de gas-gas (GGH), efluente de limpieza de chimenea, efluente de limpieza química, efluente de arranque, efluente de almacén de carbón, efluente de muelle de descarga de carbón, y efluente de depósitos. Además, los ejemplos de agua refrigerante pueden incluir, distinta del agua refrigerante del refrigerador, agua de refrigeración de cojinetes y agua de refrigeración de condensador de vapor.

Aquí, el dispositivo de desnitrificación 13 dispuesto en el sistema de tratamiento de gases de combustión 18 de esta realización no es indispensable. Cuando los gases de combustión 12 procedentes de la caldera 11 tienen una concentración de trazas de óxido de nitrógeno o mercurio o los gases de combustión 12 contienen tales sustancias, por ejemplo, el dispositivo de desnitrificación 13 representado en la figura 1 puede eliminarse como en el sistema representado en la figura 2.

Además, el dispositivo de desulfuración 16 dispuesto en el sistema de tratamiento de gases de combustión 18 de esta realización no es indispensable. Cuando los gases de combustión 12 procedentes de la caldera 11 tienen una concentración de trazas de óxido de azufre o los gases de combustión 12 no contienen tal sustancia, por ejemplo, el dispositivo de desulfuración 16 representado en la figura 1 puede eliminarse como en el sistema representado en la figura 3.

Además, la línea de alimentación de gas L_{12} para los gases de combustión 12b procedente del dispositivo de secado por pulverización 23 que han contribuido al secado puede ser realimentada hacia arriba del precalentador de aire 14 cuando la caída de temperatura no es significativa.

Según esta realización, es posible realizar eficientemente el tratamiento de varios tipos de efluente a bajo costo sin degradación de la eficiencia de la caldera, generándose el efluente en una planta de proceso tal como una central de generación de potencia o una planta química.

[Segunda realización]

Ahora, se describirá un sistema de tratamiento de agua según una segunda realización para efluente generado en una planta. La figura 5 es una vista esquemática que ilustra el sistema de tratamiento de agua para efluente generado en una planta. Como se representa en la figura 5, el sistema de tratamiento de agua según esta realización para efluente generado en una planta tiene un dispositivo de desalinización 30 para quitar el contenido de sal presente en el efluente 22 del refrigerador 21. Entonces, el sistema de tratamiento de agua aspira agua concentrada 31, que ha sido desalinizada en un dispositivo de desalinización 30A, al dispositivo de secado por pulverización 23 a través de la línea de suministro L_{21} . Obsérvese que esta realización también puede incluir un modo en el que el dispositivo de desnitrificación o el dispositivo de desulfuración no se facilita como en el sistema de tratamiento de gases de combustión 18 representado en las figuras 2 y 3. En la figura 5, el símbolo L_{24} denota una línea de introducción para introducir el efluente 22 al dispositivo de desalinización 30A.

La figura 6 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo del dispositivo de desalinización según esta realización. Como se representa en la figura 6, el dispositivo de desalinización 30A según esta realización incluye: una unidad de suministro de inhibidor de incrustaciones para suministrar un inhibidor de incrustaciones 74 al efluente 22 conteniendo iones bivalentes tales como iones Ca; un primer dispositivo de desalinización 55A que está dispuesto hacia abajo de la unidad de suministro de inhibidor de incrustaciones y separa el efluente 22 en agua reciclada 33a y el agua concentrada 31 en la que los iones Ca o análogos se han concentrado; una cuba de cristalización 61 que está dispuesta hacia abajo del primer dispositivo de desalinización 55A y suministra yeso de cristal germen 32a al agua concentrada 31 en el primer dispositivo de desalinización 55A con el fin de cristalizar el yeso de agua concentrada 31a procedente del primer dispositivo de desalinización 55A; un ciclón de líquido 62 que sirve como una unidad de separación para separar yeso cristalizado 32 del agua concentrada 31a procedente del primer dispositivo de desalinización 55A; y un segundo dispositivo de desalinización 55B que está dispuesto hacia abajo de una unidad de separación 62 y separa el agua concentrada 31a en agua reciclada 33b y el agua concentrada 31b en la que se concentran los iones Ca o análogos.

En la realización representada en la figura 6, el primer dispositivo de desalinización 55A y el segundo dispositivo de desalinización 55B emplean un dispositivo de membrana de ósmosis inversa (RO) que tiene membranas de ósmosis inversa 55a y 55b, respectivamente. En lugar del dispositivo de membrana de ósmosis inversa, también es posible emplear, cuando sea apropiado, por ejemplo, una película de nanofiltración (NF), un electrodiálizador (ED), un electrodiálizador de polaridad reversible (EDR), un dispositivo de electrodesionización (EDI), un dispositivo de resina de intercambio de iones (IEx), un dispositivo de desalinización capacitiva (CDI), o un evaporador.

La cuba de cristalización 61 incluye el ciclón de líquido 62 que sirve como una unidad de separación, y el yeso separado 32 es deshidratado por un deshidratador 63. Obsérvese que, como un ejemplo modificado de esta realización, el ciclón de líquido 62 o la unidad de separación pueden eliminarse. En este caso, la parte inferior de la cuba de cristalización 61 y el deshidratador 63 están directamente conectados uno a otro.

El inhibidor de incrustaciones 74 tiene una función de reducir la generación de un cristal nuclear en el efluente 22, y también una función de reducir el crecimiento de cristales haciendo que sea adsorbido a la superficie de un cristal nuclear contenido en el efluente 22 (cristales germen o incrustaciones de diámetro reducido que se precipitan más allá de la concentración saturada).

Además, el inhibidor de incrustaciones 74 también tiene una función de dispersar partículas tal como cristales precipitados en agua (o de evitar la agregación). El inhibidor de incrustaciones 74 es, por ejemplo, un inhibidor de incrustaciones a base de ácido fosfónico, un inhibidor de incrustaciones a base de ácido policarboxílico, o su mezcla. Los ejemplos del inhibidor de incrustaciones 74 pueden incluir "FLOCON 260 (denominación comercial, fabricado por BWA)" aunque la presente invención no se limita a él.

Esta realización tiene una primera unidad de control de pH conectada para introducir un ácido o un agente de control de pH 75 después de que el inhibidor de incrustaciones 74 es suministrado a un recorrido de flujo hacia arriba del primer dispositivo de desalinización 55A. Esta realización también tiene una segunda unidad de control de pH conectada para introducir el ácido o el agente de control de pH 75 a la cuba de cristalización 61. Alternativamente, la segunda unidad de control de pH también puede estar conectada para introducir el ácido o el agente de control de pH 75 a una línea hacia arriba de la cuba de cristalización 61.

En el sistema de tratamiento de agua de esta realización, puede disponerse una cuba de sedimentación 53 y un filtro 54 hacia arriba de la unidad de suministro para el inhibidor de incrustaciones 74. También se puede disponer una unidad de oxidación 51 hacia arriba de la cuba de sedimentación 53 con el fin de suministrar aire para oxidación.

Además, de la misma manera, la cuba de sedimentación 53 y el filtro 54 están dispuestos entre el ciclón de líquido 62 y el segundo dispositivo de desalinización 55B. En un recorrido de flujo entre el filtro 54 y el segundo dispositivo de desalinización 55B está dispuesta una tercera unidad de control de pH para introducir el ácido o el agente de control de pH 75.

Ahora, se describirá cómo realizar el tratamiento de efluente o agua a tratar usando el sistema de control de agua de la primera realización.

Aquí, a modo de ejemplo, las propiedades del efluente 22 procedente del refrigerador 21 a tratar según la presente invención pueden incluir: un pH de 8, iones Na de 20 mg/l, iones K de 5 mg/l, iones Ca de 50 mg/l, iones Mg de 15 mg/l, iones HCO_3 de 200 mg/l, iones Cl de 200 mg/l, iones SO_4 de 120 mg/l, iones PO_4 de 5 mg/l, y iones SiO_2 de 35 mg/l, en los que los iones Ca, los iones Mg, los iones SO_4 y los iones HCO_3 tienen una concentración alta, de modo que las reacciones en su presencia pueden dar lugar a la generación de incrustaciones (tales como CaSO_4 y CaCO_3).

<Paso de pretratamiento>

En primer lugar, en la cuba de sedimentación 53 y el filtro 54, los iones metal presentes en el efluente 22 son quitados en líneas generales como un hidróxido de metal.

Cuando el efluente 22 presenta fuerte acidez, un agente alcalino (por ejemplo, Ca(OH)_2) 71 y un polímero (por ejemplo, polímero de base aniónica (fabricado por MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES MECHATRONICS SYSTEMS, LTD., denominación comercial: Hishifloc H_3O_5)) 72 son suministrados al efluente 22 en una cuba de dispensación adyacente 52 hacia arriba de la cuba de sedimentación 53 con el fin de controlar el pH en la cuba de sedimentación 53 dentro de una región de pH alcalino (por ejemplo, un pH de 8,5 a 11).

En esta región de pH, el carbonato de calcio y los hidróxidos de metal tienen baja solubilidad, de modo que, cuando el carbonato de calcio y los hidróxidos de metal se supersaturan, el carbonato de calcio y los hidróxidos de metal precipitan y luego sedimentan en la parte inferior de la cuba de sedimentación 53.

Además, la solubilidad de los hidróxidos de metal depende del pH. Los iones metal tienen una solubilidad más alta en un agua ácida más fuerte. Dado que muchos hidróxidos de metal tienen una solubilidad baja dentro de dicha región de pH, los metales contenidos en el efluente 22 sedimentan como hidróxidos de metal en la parte inferior de la cuba de sedimentación 53. Aquí, los sedimentos 53a son descargados por la parte inferior por separado.

El efluente 22, que es un líquido supernadante en la cuba de sedimentación 53, es descargado de la cuba de sedimentación 53. Se añade un floculante a base de hierro (por ejemplo, FeCl_3) 73 al efluente descargado 22, de modo que los sólidos, tales como carbonato de calcio o hidróxidos de metal, presentes en el efluente 22 son floculados como Fe(OH)_3 .

El efluente 22 es alimentado al filtro 54. El filtro 54 quita el sólido al que Fe(OH)_3 se ha floculado.

Entre los metales, Fe es ácido y tiende que precipitar como un hidróxido. El efluente 22 que contiene gran cantidad de iones Fe y fluye al primer dispositivo de desalinización 55A hará que se generen incrustaciones conteniendo Fe en el primer dispositivo de desalinización 55A y también que un hidróxido de hierro o análogos sedimente en la cuba de cristalización 61. Así, en esta realización, teniendo en cuenta la prevención de la generación de incrustaciones en el primer dispositivo de desalinización 55A, las condiciones de tratamiento en la cuba de sedimentación 53 y la cantidad de FeCl_3 a añadir y análogos se ponen según sea apropiado de modo que el efluente 22 tenga una concentración de iones Fe de 0,05 ppm o menos después del pretratamiento de álcali y antes de que fluya al primer dispositivo de desalinización 55A. Obsérvese que dicho pretratamiento puede eliminarse dependiendo de la calidad del agua del efluente 22.

<Paso de suministro de inhibidor de incrustaciones>

En la unidad de suministro para suministrar el inhibidor de incrustaciones 74, se suministra una cantidad predeterminada del inhibidor de incrustaciones 74 desde un depósito (no representado) al efluente 22. La unidad de control (no representada) realiza el control de modo que la concentración del inhibidor de incrustaciones 74 tenga un valor predeterminado que se pone dependiendo de la propiedad del efluente 22.

<Segundo paso de control de pH>

La unidad de suministro del agente de control de pH 75 para el segundo control de pH realiza el control de modo que el efluente 22 en la entrada del primer dispositivo de desalinización 55A tenga un valor de pH (por ejemplo, un pH de aproximadamente 5,5) al que el inhibidor de incrustaciones 74 reduce la precipitación de incrustaciones (yeso y carbonato de calcio) que contienen Ca. El control se logra midiendo el pH del efluente 22 en la entrada del primer dispositivo de desalinización 55A.

Obsérvese que, en un ejemplo modificado que no está provisto de la segunda unidad de control de pH, el segundo paso de control de pH se elimina.

<Paso de separación hacia arriba>

El primer dispositivo de desalinización 55A realiza tratamiento del efluente 22 cuyo pH ha sido controlado. El agua que ha pasado a través de la membrana de ósmosis inversa 55a del primer dispositivo de desalinización 55A es recogida como el agua reciclada 33a cuyo contenido de sal se ha extraído.

En el paso de separación hacia arriba, los iones y el inhibidor de incrustaciones 74 contenidos en el efluente 22 no pueden pasar a través de la membrana de ósmosis inversa 55a. Así, el agua concentrada 31a tiene una alta concentración de iones antes de pasar a través de la membrana de ósmosis inversa 55a. El agua concentrada 31a en el primer dispositivo de desalinización 55A es alimentada hacia la cuba de cristalización 61. Por ejemplo, cuando se emplea otro dispositivo de desalinización, tal como un dispositivo de desalinización capacitiva, el efluente 22 es separado a agua tratada y agua concentrada de una alta concentración de iones.

<Primer paso de control de pH>

La unidad de control (no representada) proporciona control de modo que el agua concentrada 31a del primer dispositivo de desalinización 55A en la cuba de cristalización 61 tenga un valor de pH al que la función del inhibidor de incrustaciones 74 se baja y el yeso en el agua concentrada 31a puede precipitar (por ejemplo, un pH de 4 o menos).

<Paso de cristalización>

El agua concentrada 31a cuyo pH ha sido ajustado en el primer paso de control de pH se almacena en la cuba de cristalización 61. Cuando se ha dispuesto una unidad de suministro de cristales germen, la unidad de suministro de cristales germen añade un cristal germen o el yeso de cristal germen 32a al agua concentrada 31a en la cuba de cristalización 61.

En el primer paso de control de pH, la función del inhibidor de incrustaciones 74 se reduce en la cuba de cristalización 61. Así, el yeso supersaturado en la cuba de cristalización 61 cristaliza. Cuando el yeso de cristal germen 32a es suministrado por separado como el cristal germen en el paso de cristalización, el crecimiento de cristales del yeso 32 tiene lugar con el yeso de cristal germen suministrado 32a como núcleo.

Aquí, parte del yeso 32 separado por el deshidratador 63 se emplea como el yeso de cristal germen 32a.

Cuando se suministra el yeso de cristal germen 32a, no se realiza ajuste al pH por la adición del agente de control de pH 75, de modo que el pH de un líquido que pasa a través del primer dispositivo de desalinización 55A puede estar en el lado alcalino. En este caso, la pureza del yeso 32 es ligeramente inferior a cuando el ácido 75 se añade para regular el pH. Esto es debido a que el pH en el lado alcalino hace que se genere el cristal de carbonato de

calcio (CaCO₃). Esto hace que el carbonato de calcio (CaCO₃) se mezcle con el yeso (CaSO₄) y así disminuye la pureza.

5 Como en esta realización, en el primer paso de control de pH en el que se añade un ácido como el agente de control de pH 75, el pH es controlado a un valor predeterminado y, en el paso de cristalización, se añade el yeso de cristal germen 32a, permitiendo por ello que precipite un yeso de alta pureza 32 de bajo contenido de agua.

10 Aquí, las figuras 14 y 15 son microfotografías de yeso obtenido por cristalización. La figura 14 representa un resultado de observación bajo una condición con el yeso de cristal germen 32a o un cristal germen añadido. La figura 15 representa un resultado de observación bajo una condición con el yeso de cristal germen 32a o un cristal germen no añadido.

15 Como se representa en la figura 14, cuando se añade el yeso de cristal germen 32a, precipitan trozos de yeso más grandes. En general, cuanto mayor es el yeso precipitado, menor es el contenido de agua. Con un tamaño de grano medio de 10 µm o más, preferiblemente de 20 µm o más, puede obtenerse dicho yeso de un contenido de agua suficientemente reducido. Aquí, "el tamaño de grano medio" usado en la presente invención es el tamaño de grano medido con el método (el método de difracción por láser) que se especifica en JISZ8825.

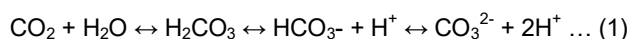
20 A partir de los resultados de las figuras 14 y 15, el pH puede ajustarse a un valor predeterminado en el primer paso de control de pH y luego se añade el cristal germen en el paso de cristalización, por lo que precipita yeso de alta pureza bajo en contenido de agua. Cuanto mayor es la cantidad de cristal germen añadido (cuanto más alta es la concentración de cristal germen en la cuba de cristalización 61), mayor es la velocidad de precipitación del yeso 32. La cantidad del cristal germen o el yeso de cristal germen 32a añadido se pone, según sea apropiado, en base al tiempo de residencia, la concentración del inhibidor de incrustaciones, y el pH en la cuba de cristalización 61.

25 Además, el ciclón de líquido 62 que sirve como una unidad de separación separa, del agua concentrada 31a, el yeso 32 que tiene un tamaño de grano medio de 10 µm o mayor o preferiblemente de 20 µm o más. Parte del yeso 32 recogido en el deshidratador 63 adyacente al ciclón de líquido 62 que sirve como una unidad de separación se almacena en un depósito de cristal germen 65 a través de una unidad de circulación de cristal germen (no representada). Parte del yeso recogido 32 es suministrada desde el depósito de cristal germen 65 a la cuba de cristalización 61.

30 Aquí, en el depósito de cristal germen 65, el yeso almacenado 32 experimenta tratamiento con ácido. Cuando el inhibidor de incrustaciones 74 se adhiere al yeso 32 separado en el deshidratador 63, el tratamiento con ácido disminuye la función del inhibidor de incrustaciones adherido. Aunque el tipo del ácido aquí usado no se limita a uno concreto, el ácido sulfúrico es el óptimo por tener en cuenta el ahorro de energía del segundo dispositivo de desalinización 55B.

35 El yeso cristalizado en la cuba de cristalización 61 tiene una amplia distribución de tamaño de grano. Sin embargo, dado que los granos del yeso 32 de tamaño igual o mayor de 10 µm son recogidos por separado del agua concentrada 31a en el ciclón de líquido 62, los trozos de yeso que tienen tamaños de grano más grandes pueden usarse como un cristal germen. Si se dispone de granos de cristal germen más grandes, entonces los granos de yeso más grandes pueden cristalizar en mayor cantidad. Es decir, es posible obtener yeso de alta calidad con una tasa de recogida alta. Además, los granos de yeso más grandes pueden separarse fácilmente en el ciclón de líquido 40 45 62, de modo que el ciclón de líquido 62 puede ser de tamaño reducido, y también puede ahorrarse energía. Los granos de yeso más grandes pueden ser deshidratados más fácilmente en el deshidratador 63, de modo que el deshidratador 63 puede ser de tamaño reducido y también se puede ahorrar energía.

50 Aquí, dado que el sistema de tratamiento de agua de la figura 6 es un sistema abierto distinto del dispositivo de membrana de ósmosis inversa, el efluente 22 y el agua concentrada 31a están en contacto con aire, haciendo que los iones carbonato se disuelvan en él. Sin embargo, como se ha descrito anteriormente, en el primer paso de control de pH o el segundo paso de control de pH, el efluente 22 o el agua concentrada 31a es regulado de manera que esté dentro de una región de pH donde aparece una alta solubilidad de carbonato de calcio. En la etapa precedente de la cuba de cristalización 61 o en la cuba de cristalización 61, los iones carbonato en el agua 55 concentrada han sido reducidos, con el carbonato de calcio en solubilidad de saturación o menos. Además, dado que la adición de un ácido como el agente de control de pH 75 proporciona una región de pH bajo, la ecuación de equilibrio en (1) siguiente representa un entorno de una menor concentración de iones carbonato. Esto hace que el carbonato de calcio se mantenga a una concentración suficientemente baja en la cuba de cristalización 61 en comparación con la concentración saturada, permitiendo que no cristalice carbonato de calcio. Así, el yeso recogido 60 32 casi no contiene carbonato de calcio. Esto permite que el yeso 32 tenga una pureza alta.



65 Además, en la región ácida, la sal conteniendo metal tiene alta solubilidad. Incluso cuando el metal se deja en el efluente 22 incluso después del pretratamiento (la cuba de sedimentación 53), los hidróxidos conteniendo metal nunca precipitarán en el paso de cristalización si el pH del agua concentrada 31a en el primer dispositivo de

desalinización 55A se reduce en el primer paso de control de pH como se ha descrito anteriormente. Además, cuando el efluente 22 tiene una propiedad de contener gran cantidad de iones Fe, la concentración de Fe se reduce a través de dicho pretratamiento, y así casi no sedimenta hidróxido conteniendo $\text{Fe}(\text{OH})_3$ en la cuba de cristalización 61.

Como se ha descrito anteriormente, el uso del método de tratamiento de agua y el sistema de tratamiento de agua de esta realización hacen posible recoger por separado, como sustancias valiosas, el yeso de alta pureza 32 que casi no contiene impurezas tal como carbonato de calcio o hidróxidos de metal en el efluente 22 descargado del refrigerador 21.

Aquí, cuando cristalizan granos de yeso más grandes 32 que tienen un tamaño de grano medio de $10\ \mu\text{m}$ o más, preferiblemente de $20\ \mu\text{m}$ o más, la velocidad de cristalización se reduce en general y por ello se prolonga el tiempo de residencia en la cuba de cristalización 61. En esta realización, el pH se ajusta con el fin de disminuir la función del inhibidor de incrustaciones 74, y la concentración de cristal germen se incrementa para asegurar una tasa de cristalización apropiada.

<Paso de recogida>

El agua concentrada 31a conteniendo el yeso 32 es descargada de la cuba de cristalización 61 y alimentada al ciclón de líquido 62 que sirve como una unidad de separación, lo que permite que el yeso 32 se separe del agua concentrada descargada 31a. Los granos de yeso 32 que tienen un tamaño medio de $10\ \mu\text{m}$ o más sedimentan en la parte inferior del ciclón de líquido 62, mientras que los granos de yeso que tienen un tamaño inferior a $10\ \mu\text{m}$ quedan en el líquido supernadante. El yeso 32 sedimentado en la parte inferior del ciclón de líquido 62 es transferido al deshidratador 63 y deshidratado más y a continuación recogido. En el paso de recogida, es posible separar y recoger, a una tasa de recogida alta, el yeso 32 que tiene un bajo contenido de agua y una alta pureza sin contener impurezas. En esta realización, dado que se añade cristal germen para cristalización, los granos de yeso 32 que tienen un tamaño medio de $10\ \mu\text{m}$ o más precipitan principalmente, de modo que los trozos de yeso que tienen diámetros de grano reducidos se encuentran en un porcentaje bajo. Aquí, el líquido separador 64 separado en el deshidratador 63 también puede ser suministrado al dispositivo de secado por pulverización 23 para secado por pulverización.

Además, en vez de suministrarse al dispositivo de secado por pulverización 23 para secado por pulverización, el líquido separador 64 también puede ser aspirado al agua concentrada descargada 31a en el ciclón de líquido 62 para tratamiento en el segundo dispositivo de desalinización 55B conjuntamente con el agua concentrada 31a.

Cuando el ciclón de líquido 62 que sirve como una unidad de separación se elimina como un ejemplo modificado de esta realización, el agua concentrada en el lado de sedimentación se descarga de la parte inferior de la cuba de cristalización 61. En el agua concentrada en la parte inferior de la cuba de cristalización 61 sedimentan granos de yeso cristalizado más grandes 32. Si el agua concentrada conteniendo principalmente granos de yeso más grandes 32 puede ser deshidratada en el deshidratador 63, puede recogerse yeso 32 de una alta pureza. Además, dado que el yeso 32 tiene un bajo contenido de agua, el deshidratador 63 no tiene que aumentar su volumen.

<Paso de separación hacia abajo>

El agua concentrada 31a en el lado de supernadante descargado del ciclón de líquido 62 es alimentada a la cuba de sedimentación 53 y el filtro 54. En los mismos pasos que los de la cuba de sedimentación 53 y el filtro 54 mencionados anteriormente, se extraen el yeso 32 y el carbonato de calcio que quedan en el agua concentrada después del paso de separación y los hidróxidos de metal que quedan en el agua concentrada.

El agua concentrada 31a procedente del primer dispositivo de desalinización 55A descargada del filtro 54 es alimentada al segundo dispositivo de desalinización 55B. Antes de que el agua concentrada 31a en el primer dispositivo de desalinización 55A pueda fluir al segundo dispositivo de desalinización 55B, también se le puede añadir adicionalmente el inhibidor de incrustaciones 74.

Además, después de añadir el inhibidor de incrustaciones 74 al agua concentrada 31a procedente del primer dispositivo de desalinización 55A, también se le puede suministrar el ácido 75.

En el segundo dispositivo de desalinización 55B se trata el agua concentrada 31a procedente del primer dispositivo de desalinización 55A. El agua que ha pasado a través de una membrana de ósmosis inversa 55b del segundo dispositivo de desalinización 55B se recoge como agua transmitida o el agua reciclada 33b. El agua concentrada 31b en el segundo dispositivo de desalinización 55B es descargada del sistema.

La provisión del segundo dispositivo de desalinización 55B hace posible recoger el agua reciclada 33b del agua concentrada 31a en el lado de líquido supernadante después de la cristalización del yeso 32. Esto permite obtener una mejor tasa de recogida de agua.

El agua concentrada 31a procedente del primer dispositivo de desalinización 55A tiene una baja concentración de iones porque el yeso 32 ha sido extraído por el tratamiento en la cuba de cristalización 61. Así, es posible que el segundo dispositivo de desalinización 55B proporcione una presión osmótica reducida en comparación con el caso en el que el yeso 32 no se extrae, permitiendo así ahorrar energía.

Además, también es aceptable proporcionar un evaporador (no ilustrado en la figura 6). En el evaporador, el agua es vaporizada a partir del agua concentrada, y los iones contenidos en el agua concentrada precipitan como sólido y luego se recogen como sólido. Dado que el agua se recoge hacia arriba del evaporador para reducir considerablemente la cantidad del agua concentrada, el evaporador se puede hacer compacto y también se puede ahorrar energía requerida para la vaporización. En esta realización, como un dispositivo de desalinización se emplea "el dispositivo de desalinización/cristalización" que incluye: el primer dispositivo de desalinización 55A para desalinizar el efluente 22 después de introducir el inhibidor de incrustaciones 74 en el efluente 22; la cuba de cristalización 61 para cristalizar el yeso 32 después del primer dispositivo de desalinización 55A; y el ciclón de líquido 62 para separar el yeso cristalizado 32. Sin embargo, la presente invención no se limita a ello.

Como un dispositivo de desalinización distinto del "dispositivo de desalinización/cristalización" representado en la figura 6, también puede ser aceptable emplear, como otra realización, un dispositivo de separación que emplea un método de cal fría como el mostrado en la figura 13.

La figura 13 ilustra esquemáticamente un ejemplo de un dispositivo de separación que emplea el método de cal fría.

Como se representa en la figura 13, el dispositivo de desalinización que emplea el método de cal fría añade hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) 92 al efluente 22 en una cuba de dispensación 91 y permite que el carbonato de calcio (CaCO_3) 94 sedimente en una cuba de sedimentación 93 y luego se extraiga.

A continuación, se añade carbonato sódico (NaCO_3) 96 a una cuba de dispensación 95, y el carbonato de calcio (CaCO_3) 94 sedimenta en una cuba de sedimentación 97 y luego se extrae.

Posteriormente, se añade un floculante a base de hierro (por ejemplo, FeCl_3) 73 para flocular sólidos suspendidos (por ejemplo, sustancias sólidas en flotación tales como yeso, sílice, carbonato de calcio e hidróxido de magnesio). Posteriormente, de forma análoga a la operación representada en la figura 6, se introducen el inhibidor de incrustaciones 74 y el agente de control de pH 75 para tratamiento de separación de membrana cuando se realiza el tratamiento en el primer dispositivo de desalinización 55A.

Otros ejemplos pueden incluir: un método de tratamiento optimizado y separación única (OPUS) (proporcionado por Veolia) en el que, después de desgasificar el agua a tratar y de extraer de ella el aceite libre, se lleva a cabo ablandamiento químico para filtrar partículas de estado sólido flotantes tales como metales, y a continuación se usa una membrana de ósmosis inversa para tratamiento; y un método de ósmosis inversa de alta eficiencia (HERO) (proporcionado por GE) en el que el agua a tratar es tratada por ablandamiento químico o una resina de intercambio de iones para quitar, por ejemplo, Ca y Mg, a continuación se añade un ácido para ajustar pHwo, se separa un gas CO_2 , a continuación se ajusta el pH a álcali para ionización con el fin de evitar la precipitación, y luego se usa una membrana de ósmosis inversa para tratamiento.

Además, los dispositivos de desalinización primero y segundo 55A y 55B de esta realización emplean una "membrana RO" como la unidad de separación de membrana. Sin embargo, también se puede usar una "membrana NF" como una membrana de separación.

Cuando se usa la membrana NF, de forma análoga a la membrana RO, los iones bivalentes pueden quitarse, pero los iones monovalentes no pueden extraerse por completo. Así, por ejemplo, el agua reciclada no puede suministrarse como agua de relleno de desulfuración al dispositivo de desulfuración y se suministra preferiblemente, por ejemplo, al refrigerador como agua de alimentación. Esto es debido a que la membrana NF no puede quitar el inhibidor de incrustaciones 74.

El sistema de tratamiento de agua de esta realización puede separar eficientemente metales bivalentes (por ejemplo, sal de calcio o sal de magnesio), iones de ácido sulfúrico, y iones carbonato, contenidos en el efluente 22. Además, cuando se usa la membrana RO, es posible quitar sal de bario y sal de estroncio además de sal de calcio y sal de magnesio.

Según esta realización, es posible aumentar considerablemente la cantidad de efluente (antes de ser concentrado) que puede pulverizarse y secarse concentrando el efluente 22 usando el dispositivo de desalinización 30 representado en la figura 6. Por ejemplo, el dispositivo de desalinización/cristalización puede usarse para eliminar 20 veces ($= 100/(100 - 95)$) el efluente a drenar si la tasa de recogida del agua reciclada es 95%.

Aquí, el dispositivo de desulfuración 16 usado en el sistema de tratamiento de gases de combustión 18 de esta realización puede ser alguno del dispositivo de desulfuración de tipo húmedo, el dispositivo de desulfuración de tipo

seco, y el dispositivo de desulfuración de tipo semisecho. Sin embargo, para eliminar la necesidad de drenar el efluente, puede aplicarse preferiblemente el dispositivo de desulfuración de tipo seco.

La figura 7 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de otro dispositivo de desalinización según esta realización. En el dispositivo de desalinización 30A representado en la figura 6, la unidad de oxidación 51, la cuba de sedimentación 53, y el filtro 54 están dispuestos hacia arriba del primer dispositivo de desalinización 55A para sedimentar y quitar componentes metálicos y componentes de calcio en el efluente 22 como hidróxidos de metal y carbonato de calcio, respectivamente. Sin embargo, la presente invención también puede estar configurada de modo que elimine el pretratamiento.

Como se representa en la figura 7, un dispositivo de desalinización 30B de esta realización está provisto del primer dispositivo de desalinización 55A, una cuba de cristalización 61, el ciclón de líquido 62, y el segundo dispositivo de desalinización 55B, en el que hacia arriba de los dispositivos de desalinización primero y segundo 55A y 55B, el inhibidor de incrustaciones 74 se añade en cada posición con el fin de evitar que se adhieran incrustaciones a las membranas 55a y 55b de los dispositivos de desalinización primero y segundo 55A y 55B. Obsérvese que el agente de control de pH 75 a añadir es un ácido (por ejemplo, ácido sulfúrico) o un agente alcalino (tal como hidróxido de sodio).

Dependiendo del tipo del efluente 22, se elimina el pretratamiento, y el dispositivo de desalinización se construye de forma simplificada.

Los ejemplos del efluente 22 a tratar en dicho dispositivo de desalinización simplificado 30B pueden incluir efluente que tiene una baja concentración de iones carbonato. Además, el dispositivo de desalinización simplificado 30B también puede aplicarse a efluente que tiene una baja concentración de componentes de incrustaciones tales como Ca^{2+} o Mg^{2+} .

Aquí, el agente de control de pH 75 a usar es un ácido o un agente alcalino. Los ejemplos de un ácido a usar para bajar el pH pueden incluir agentes típicos de control de pH tales como ácido clorhídrico, ácido sulfúrico y ácido cítrico. Además, los ejemplos de un agente alcalino para aumentar el pH pueden incluir agentes típicos de control de pH tales como hidróxido de sodio.

La figura 8 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de otro dispositivo de desalinización según esta realización.

Además, como sucede con un dispositivo de desalinización 30C representado en la figura 8, hacia abajo del lado de agua concentrada del segundo dispositivo de desalinización 55B, también puede disponerse un tercer dispositivo de desalinización 55C para realizar tratamiento de desalinización de tres etapas.

La provisión del tercer dispositivo de desalinización 55C que incluye una membrana de ósmosis inversa 55c permitirá recoger más agua reciclada 33c del agua concentrada 31b, proporcionando así una tasa mejorada de recogida de agua de 97%. Obsérvese que entre el segundo dispositivo de desalinización 55B y el tercer dispositivo de desalinización 55C están dispuestos la cuba de sedimentación 53, una unidad de pretratamiento del filtro 54, y adición del inhibidor de incrustaciones 74 y el ácido 75, como se representa en la figura 6; sin embargo, estos componentes no se representan en la figura 8.

[Tercera realización]

Ahora se describirá un sistema de tratamiento de agua según una tercera realización para efluente generado en una planta. La figura 9 es una vista esquemática que ilustra el sistema de tratamiento de agua para efluente generado en una planta. Como se representa en la figura 9, el sistema de tratamiento de agua según esta realización para efluente generado en una planta está provisto de un dispositivo de desulfuración de tipo húmedo como un dispositivo de desulfuración del sistema de tratamiento de gases de combustión 18, en el que una parte 43a de un líquido separado 43 después de la separación del yeso 32 del efluente de desulfuración 41 procedente del dispositivo de desulfuración de tipo húmedo 16 se introduce a través de una línea de suministro L_{34} al dispositivo de secado por pulverización 23.

En esta realización, aparte del efluente 22 del refrigerador 21, parte 43a del líquido separador 43 para el que el yeso 32 se ha separado del efluente de desulfuración 41 del dispositivo de desulfuración de tipo húmedo 16 que emplea un método de cal/yeso también se pulveriza y seca en el dispositivo de secado por pulverización 23 con el fin de eliminar completamente la necesidad de drenar el efluente en la planta.

En esta realización, el dispositivo de desulfuración de tipo húmedo 16 quita óxido de azufre presente en los gases de combustión 12 en un método de desulfuración por el método de cal/yeso. Cuando se quita el óxido de azufre, se suministra suspensión de cal, el yeso 32 se separa en un deshidratador 42 de la suspensión de yeso que es el efluente de desulfuración 41 a descargar a través de una línea de descarga L_{31} del dispositivo de desulfuración 16, y el líquido separador 43 es realimentado como agua de compensación a través de una línea de retorno L_{32} al

dispositivo de desulfuración 16. Obsérvese que el símbolo L_{33} denota una línea de circulación de suspensión a través de la que circula la suspensión de yeso de desulfuración.

5 En esta realización, parte 43a del líquido separador 43 es introducida a través de la línea de suministro L_{34} al dispositivo de secado por pulverización 23 y luego se pulveriza y seca conjuntamente con el efluente 22 con el fin de eliminar la necesidad de drenar el efluente.

10 Además, el agua reciclada 33 obtenida realizando tratamiento del efluente 22 en el dispositivo de desalinización 30 se une a través de una línea de suministro de agua reciclada L_{23} a la línea de retorno L_{32} , a lo largo de la que el líquido separador 43 es realimentado al dispositivo de desulfuración 16, y a continuación se usa como agua de compensación para la suspensión de yeso para uso en el dispositivo de desulfuración 16.

15 Como se ha descrito anteriormente, según esta realización, es posible eliminar la necesidad de drenar el efluente de desulfuración 41 del dispositivo de desulfuración de tipo húmedo 16 con el fin de obtener el agua reciclada 33 (33a, 33b) recuperada en los dispositivos de desalinización 55A y 55B usando el dispositivo de desalinización 30, reutilizándola por ello en la planta reduciendo al mismo tiempo la cantidad de agua de compensación enviada al dispositivo de desulfuración 16.

20 Aquí, el agua reciclada 33 puede ser reutilizada en la planta, por ejemplo, como agua de compensación de agua refrigerante, agua de compensación de dispositivo de desulfuración, y agua de compensación de caldera. Sin embargo, la invención no se limita a estos usos.

25 Por otra parte, como se representa en la figura 10, el agua sedimentada que contiene el yeso sedimentado 32 procedente de la cuba de cristalización 61 en el dispositivo de desalinización 30 puede ser introducida a través de una línea de suministro L_{22} al deshidratador 42, que separa el yeso 32 del efluente de desulfuración 41 procedente del dispositivo de desulfuración 16, con el fin de separar el yeso 32.

30 Esto puede eliminar la provisión del deshidratador 63 que separa el líquido sedimentado del ciclón de líquido 62 en el dispositivo de desalinización 30 representado en la figura 6.

35 Además, como se representa en la figura 11, una parte 43a del agua separada 43 procedente del deshidratador 42 puede ser suministrada a la cuba de cristalización 61 con el fin de sedimentar el yeso 32 en la cuba de cristalización 61, de modo que el yeso 32 se separe del agua concentrada conteniendo el yeso 32 en el ciclón de líquido 62 y el deshidratador 63 que se representan en la figura 6.

Esto puede separar activamente el yeso 32 del líquido separador 43a del efluente de desulfuración 41 en el dispositivo de desalinización 30. Como resultado, es posible reducir la carga de secado por pulverización en el dispositivo de secado por pulverización 23.

40 Por otra parte, como se representa en la figura 12, parte 43a del agua separada 43 del deshidratador 42 también puede ser introducida a una línea de introducción L_{24} , a través de la que el efluente 22 es aspirado al dispositivo de desalinización 30, de modo que el agua separada del dispositivo de desulfuración 16 o parte 43a del líquido separador 43 conteniendo el yeso 32 se desalinice en el dispositivo de desalinización 30.

45 Esto puede separar activamente el yeso 32 del líquido separador 43a del efluente de desulfuración 41 en el dispositivo de desalinización 30. Como resultado, es posible reducir la carga de secado por pulverización en el dispositivo de secado por pulverización 23.

50 Esto puede separar activamente el yeso 32 del líquido separador 43a del efluente de desulfuración 41 en el dispositivo de desalinización 30. Como resultado, es posible reducir la carga de secado por pulverización en el dispositivo de secado por pulverización 23.

55 En los ejemplos modificados representados en la figura 11 y la figura 12, es posible aumentar la cantidad de yeso a recuperar. Además, dado que se reduce la cantidad a tratar en el dispositivo de secado por pulverización 23, la carga de tratamiento puede reducirse, así como el aumento de la carga en el precipitador 15. Así, se puede evitar un exceso considerable de la capacidad de tratamiento del precipitador 15.

60 Aquí, por ejemplo, se supone que en una planta térmica de 110 MW de potencia, la cantidad de agua a suministrar al refrigerador 21 es $7900 \text{ m}^3/\text{d}$ y la cantidad del efluente 22 del refrigerador 21 es $1200 \text{ m}^3/\text{d}$. En este caso, suponiendo que la tasa de recogida del agua reciclada 33 (33a, 33b, 33c) en el dispositivo de desalinización de tratamiento de tres etapas 30 representado en la figura 8 es 97%, se recoge un líquido de $1164 \text{ m}^3/\text{d}$. Para aplicar el agua reciclada recogida 33 al agua de compensación para el dispositivo de desulfuración de tipo húmedo 16 en el sistema de tratamiento de gases de combustión 18 de la planta térmica de 110 MW de potencia, se precisa una cantidad de líquido de aproximadamente $1000 \text{ m}^3/\text{d}$, de modo que el agua reciclada 33 reciclada en el dispositivo de desalinización 30 puede cubrir toda la cantidad requerida.

65

Además, las cantidades de líquido del agua concentrada 31 y la parte 43a del agua separada 43 a secar en el dispositivo de secado por pulverización 23 son $36 \text{ m}^3/\text{d}$ y $38 \text{ m}^3/\text{d}$, respectivamente, eliminando así la carga en el dispositivo de secado por pulverización 23.

5 Además, en esta realización, la precipitación de sílice en el efluente no se toma en cuenta, y así, para tomar en cuenta la precipitación de sílice, se sigue preferiblemente el paso siguiente de control de pH.

Aquí, con referencia a las figuras 16 a 18, se describirá el comportamiento de precipitación de yeso, sílice, y carbonato de calcio en el efluente 22.

10 La figura 16 representa un resultado de simulación de la dependencia de la cantidad de precipitación de yeso del pH. La figura 17 representa un resultado de simulación de la dependencia de la cantidad de precipitación de carbonato de calcio del pH. La figura 18 representa un resultado de simulación de la dependencia de la cantidad de precipitación de sílice del pH. En estos dibujos, el eje horizontal representa pH y el eje vertical representa las respectivas cantidades de precipitación (mol) de yeso, carbonato de calcio y sílice. Las simulaciones se realizaron usando un software de simulación fabricado por OLI en las condiciones en las que cada componente de estado sólido se mezcla con $0,1 \text{ mol/l}$ en el agua, con H_2SO_4 añadido como un ácido y $\text{Ca}(\text{OH})_2$ añadido como un álcali.

20 Por la figura 16 se puede entender que el yeso se precipita independientemente del pH, y precipita en toda la región de pH. Sin embargo, una vez que se añade el inhibidor de incrustaciones de calcio, se halla que el yeso se disuelve en el agua en la región de pH alto. Según la figura 17, el carbonato de calcio precipita a un pH superior a 5. Según la figura 18, tiende a disolverse sílice en el agua a un pH de 10 o más.

25 Así, teniendo en cuenta el comportamiento de precipitación de yeso (sulfato de calcio), sílice y carbonato de calcio en el efluente 22, los controles de pH primero a tercero se realizarán de la siguiente manera.

1) Primer control de pH (pH de 10 o más)

30 El primer control de pH se lleva a cabo para medir el pH del efluente 22 hacia arriba del primer dispositivo de desalinización 55A con un medidor de pH (no representado) con el fin de controlar el valor de pH a 10 o más.

Esto se realiza porque, como se representa en la figura 18, se disuelve sílice a un pH de 10 o más.

35 En el caso del primer control de pH, se suministra una cantidad del inhibidor de incrustaciones (inhibidor de incrustaciones de calcio) 74 que sea suficiente para inhibir la adherencia de yeso y carbonato de calcio (sustancias a adherirse) a la membrana 55a.

2) Segundo control de pH (pH de 10 o menos)

40 El segundo control de pH se lleva a cabo para medir el pH del efluente 22 hacia arriba del primer dispositivo de desalinización 55A con un medidor de pH (no representado) con el fin de controlar el valor de pH a 10 o menos.

Esto se realiza porque, como se representa en la figura 18, se precipita sílice a un pH de 10 o menos.

45 En el caso del segundo control de pH, se suministra una cantidad del inhibidor de incrustaciones 74 que es suficiente para inhibir la adherencia de yeso, carbonato de calcio y sílice (sustancias a adherirse) a la membrana 55a.

50 Aquí, los inhibidores de incrustaciones 74 a usar para sílice incluyen dos tipos de inhibidores: un inhibidor de incrustaciones de calcio, y un inhibidor (denominado "un inhibidor de incrustaciones de sílice") para evitar que precipite sílice como incrustaciones en el agua a tratar. El inhibidor de incrustaciones de sílice a emplear puede incluir, por ejemplo, un inhibidor de incrustaciones a base de ácido policarboxílico y su mezcla. Un ejemplo específico puede incluir FLOCON260 (denominación comercial, fabricado por BWA).

55 3) Tercer control de pH (pH de 6,5 o menos)

El tercer control de pH se lleva a cabo para medir el pH del efluente 22 hacia arriba del primer dispositivo de desalinización 55A con un medidor de pH (no representado) con el fin de controlar el valor de pH a 6,5 o menos.

60 Esto se realiza porque, como se representa en la figura 17, se disuelve carbonato de calcio a un pH de 6,5 o menos.

65 En el caso del tercer control de pH, se suministra una cantidad del inhibidor de incrustaciones (inhibidor de incrustaciones de calcio o inhibidor de incrustaciones de sílice) 74 que es suficiente para inhibir la adherencia de yeso y sílice (sustancias a adherirse) a la membrana 55a.

La Tabla 1 presenta colectivamente los controles de pH primero a tercero.

Tabla 1

	pH		
	10 o más	De 10 a 6,5	6,5 o menos
Yeso	○	○	○
Carbonato de calcio	○	○	X
Sílice	X	○	○

X: Disuelto (Ausencia de inhibidor de incrustaciones)
 ○: Precipitado (Presencia de inhibidor de incrustaciones)

5 Como se muestra en la Tabla 1, en el caso de un pH de 10 o más, el inhibidor de incrustaciones (inhibidor de incrustaciones de calcio) 74 se suministra con el fin de inhibir las incrustaciones de yeso y carbonato de calcio (círculo en la Tabla), mientras que no hay que suministrar inhibidor de incrustaciones porque se disuelve sílice (X en la Tabla).

10 Además, en el caso de un pH de 6,5 a 10 inclusive, el inhibidor de incrustaciones (inhibidor de incrustaciones de calcio y el inhibidor de incrustaciones de sílice) 74 se suministra con el fin de inhibir las incrustaciones de yeso, carbonato de calcio y sílice (círculo en la Tabla).

15 Además, para un pH de 6,5 o menos, el inhibidor de incrustaciones (el inhibidor de incrustaciones de calcio, el inhibidor de incrustaciones de sílice) 74 se suministra con el fin de inhibir las incrustaciones de yeso y sílice (círculo en la Tabla), mientras que, dado que el carbonato de calcio se disuelve, se suministra menos cantidad de inhibidor de incrustaciones de calcio que en el caso del segundo control de pH porque hay que evitar las incrustaciones de yeso solamente (X en la Tabla).

20 Si la concentración de sílice en la primera agua concentrada 31a después de haberse concentrado en el primer dispositivo de desalinización 55A es igual o mayor que una concentración predeterminada, el rendimiento del inhibidor de incrustaciones de sílice es limitado. En este contexto, siendo la concentración de sílice una concentración predeterminada (por ejemplo, 200 mg/l) o menos, deberán realizarse los pasos del segundo y tercer control de pH, mientras que siendo la concentración de sílice la concentración predeterminada (por ejemplo, 200 mg/l) o más, deberá realizarse preferiblemente el primer paso de control de pH (disolución de sílice).

25 Esto puede permitir que el tratamiento de desalinización se realice evitando al mismo tiempo la precipitación de sílice a la membrana cuando haya una gran cantidad de componentes de sílice en el efluente 22.

30 **[Cuarta realización]**

Ahora, se describirá un sistema de tratamiento de agua según una cuarta realización para efluente generado en una planta. La figura 19 es una vista esquemática que ilustra el sistema de tratamiento de agua para efluente generado en una planta. Como se representa en la figura 19, el sistema de tratamiento de agua según esta realización para efluente generado en una planta es el mismo que el sistema de tratamiento de agua representado en la figura 5 según la segunda realización para efluente generado en una planta, a excepción de que, en lugar de que el agua concentrada 31 concentrada en el dispositivo de desalinización 30 sea pulverizada y secada en el dispositivo de secado por pulverización 23, el agua concentrada 31 se suministra a través de la línea de introducción L₂₁ a entre el precalentador de aire 14 y el precipitador 15 dispuestos en la línea de gases de combustión L₁₀ a través de la que los gases de combustión 12 son descargados de la caldera 11. Y el agua concentrada 31 introducida a la línea de gases de combustión L₁₀ se pulveriza y seca usando toda la cantidad de los gases de combustión 12. Obsérvese que el dispositivo de desalinización a usar puede ser alguno de los dispositivos de desalinización 30A a 30C representados en las figuras 6 a 8, y por ello no se repetirá la explicación.

45 Aunque el dispositivo de secado por pulverización 23 tiene que disponerse por separado en el sistema de tratamiento de agua según la segunda realización para efluente generado en una planta, el dispositivo de secado por pulverización 23 no tiene que disponerse en esta realización. Así, por ejemplo, cuando el espacio para acomodar el dispositivo de secado por pulverización 23 en la planta no puede asegurarse, toda la cantidad de los gases de combustión 12 puede ser usada para pulverizar y secar el agua concentrada 31, eliminando por ello la necesidad de drenar el efluente. Además, los costos para proporcionar el dispositivo de secado por pulverización 23 pueden reducirse.

55 **Lista de signos de referencia**

- 11: caldera
- 12: gases de combustión de caldera (gases de combustión)

- 18: sistema de tratamiento de gases de combustión
- 21: refrigerador
- 5 22: efluente
- 23: dispositivo de secado por pulverización
- 30: dispositivo de desalinización
- 10 31 (31a a 31c): agua concentrada
- 33 (33a a 33c): agua reciclada
- 15 55a a 55c: dispositivos de desalinización primero a tercero
- 61: cuba de cristalización
- 62: ciclón de líquido
- 20 74: inhibidor de incrustaciones
- 75: agente de control de pH
- 25

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de tratamiento de agua incluyendo:

- 5 un sistema de tratamiento de gases de combustión (18) que realiza tratamiento de gases de combustión de caldera (12);
- una unidad de suministro de inhibidor de incrustaciones (74) que está configurada para suministrar un inhibidor de incrustaciones (74) a un efluente (22) generado en una planta conteniendo iones Ca;
- 10 un primer dispositivo de desalinización (55A) que está dispuesto hacia abajo de la unidad de suministro de inhibidor de incrustaciones (74) y está configurado para separar el efluente (22) en agua reciclada (33a) y agua concentrada (31a) en la que se concentran iones Ca;
- 15 una cuba de cristalización (61) que está dispuesta hacia abajo del primer dispositivo de desalinización (55A) y está configurada para cristalizar yeso (32) procedente del agua concentrada (31a);
- una unidad de separación (62) que está configurada para separar el yeso cristalizado (32) del agua concentrada (31a) procedente del primer dispositivo de desalinización (55A);
- 20 un segundo dispositivo de desalinización (55B) que está dispuesto hacia abajo de la unidad de separación (62) y está configurado para separar el agua concentrada (31a) en agua reciclada (33b) y agua concentrada (31b) en la que se concentran iones;
- 25 un dispositivo de secado por pulverización (23) que incluye una unidad de pulverización (24), que está configurada para realizar secado por pulverización del agua concentrada (31), usando parte de los gases de combustión de caldera.

30 2. El sistema de tratamiento de agua según la reivindicación 1, donde el dispositivo de desalinización (55A, 55B) incluye una unidad de separación de membrana.

3. El sistema de tratamiento de agua según la reivindicación 1, donde el dispositivo de desalinización (55A, 55B) quita contenido de sal bivalente presente en el efluente (22).

- 35 4. El sistema de tratamiento de agua según la reivindicación 1 o 2, donde
- el sistema de tratamiento de gases de combustión incluye un dispositivo de desulfuración húmeda (16), y
- 40 la unidad de pulverización (24) del dispositivo de secado por pulverización (23) tiene líquido separador (43), que se obtiene separando yeso (32) del dispositivo de desulfuración húmeda (16), introducido en éste y realiza secado por pulverización del líquido separador junto con el efluente (22).

5. Un método de tratamiento de agua incluyendo:

- 45 tratar gases de combustión que incluye realizar tratamiento de gases de combustión de caldera; y
- suministrar un inhibidor de incrustaciones (74) a un efluente (22) generado en una planta conteniendo iones Ca;
- 50 desalinizar separando el efluente (22) en agua reciclada (33a) y agua concentrada (31a) en la que se concentran iones Ca;
- cristalizar yeso (32) del agua concentrada (31a);
- 55 separar el yeso cristalizado (32) del agua concentrada (31a);
- desalinizar separando el agua concentrada (31a) en agua reciclada (33b) y agua concentrada (31b) en la que se concentran iones Ca;
- 60 secar por pulverización el agua concentrada (31b), usando parte de los gases de combustión de caldera.

6. El método de tratamiento de agua según la reivindicación 5, donde la desalinización incluye separación de membrana.

- 65 7. El método de tratamiento de agua según la reivindicación 5, donde la desalinización incluye quitar contenido de sal bivalente presente en el efluente (22).

8. El método de tratamiento de agua según la reivindicación 5, donde el tratamiento de gases de combustión incluye desulfuración húmeda, y
- 5 el secado por pulverización (43) tiene líquido separador, que se obtiene separando yeso (32) en la desulfuración húmeda, introducido en éste, e incluye realizar secado por pulverización del líquido separador (43) junto con el efluente (22).

FIG.1

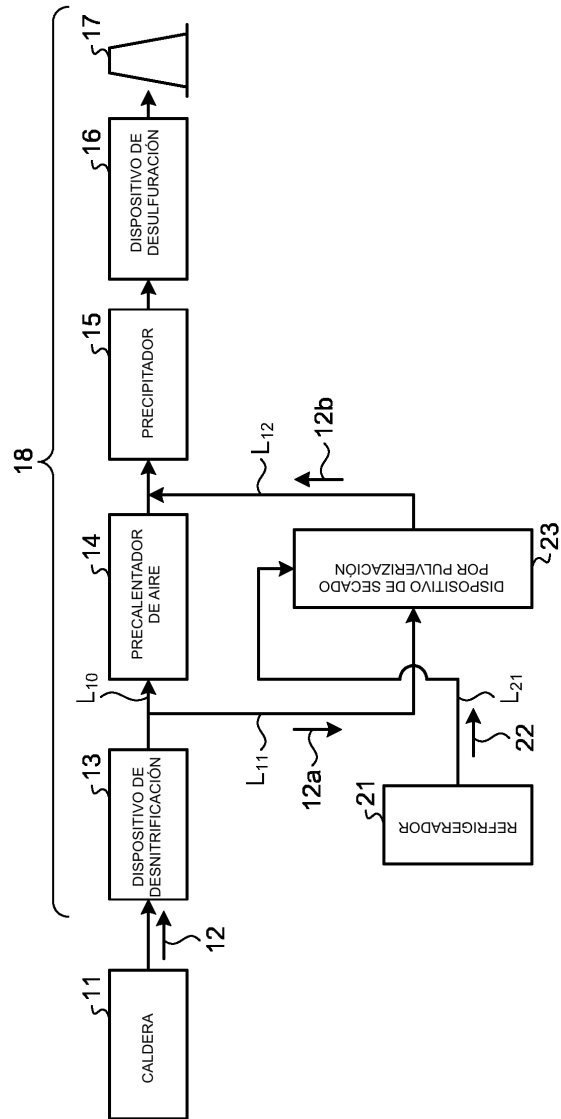


FIG.2

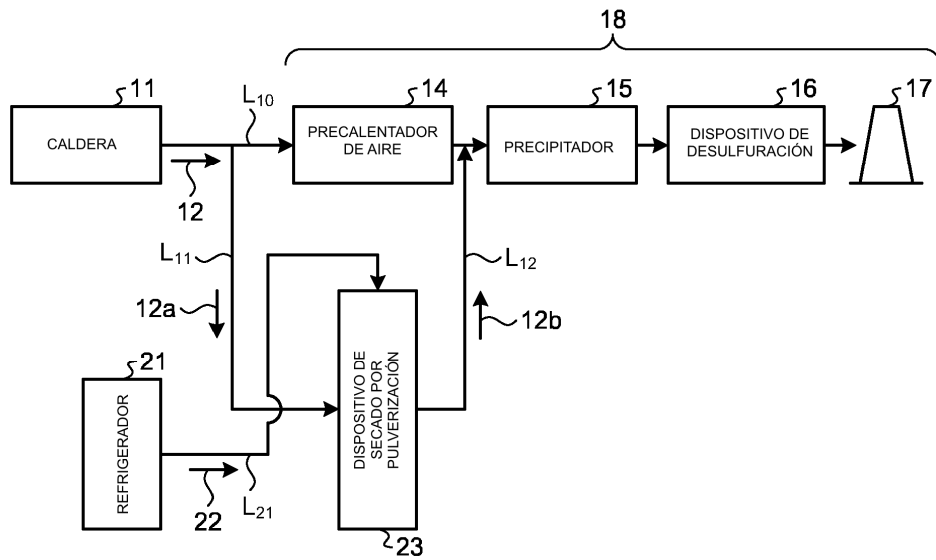


FIG.3

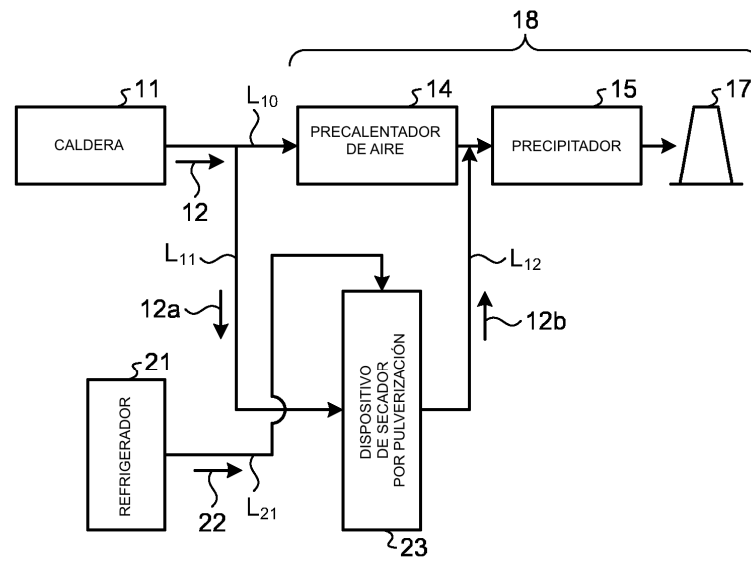


FIG.4

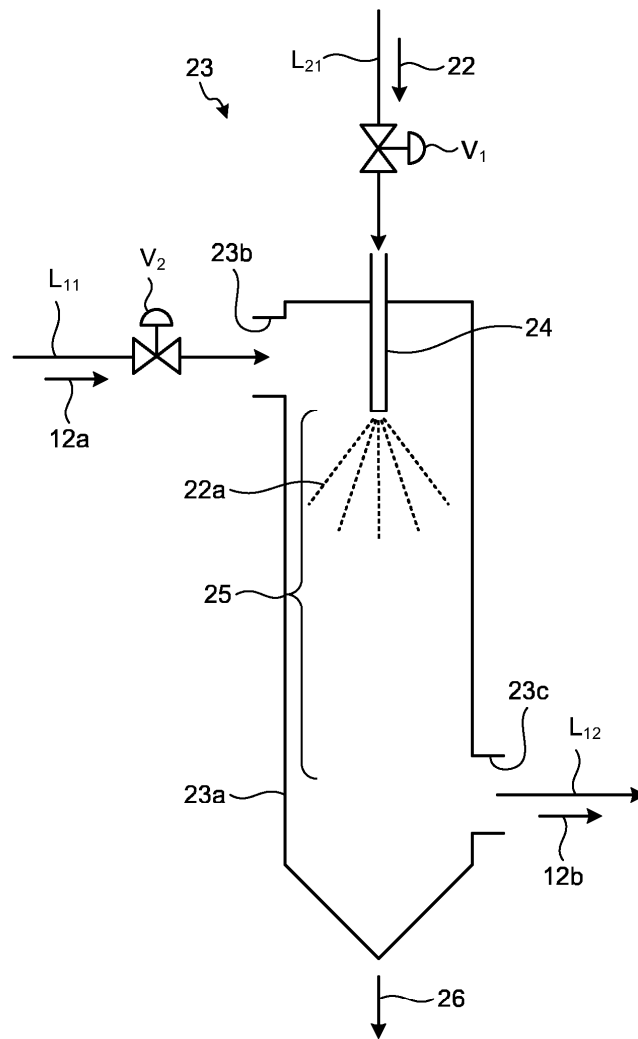


FIG.5

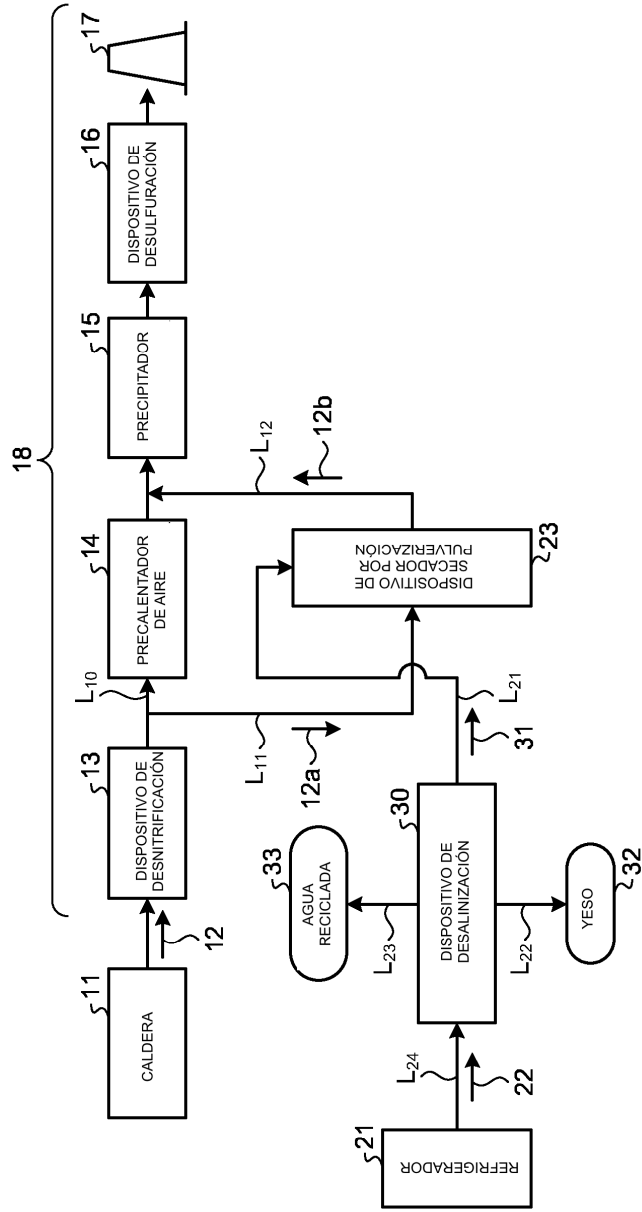


FIG.6

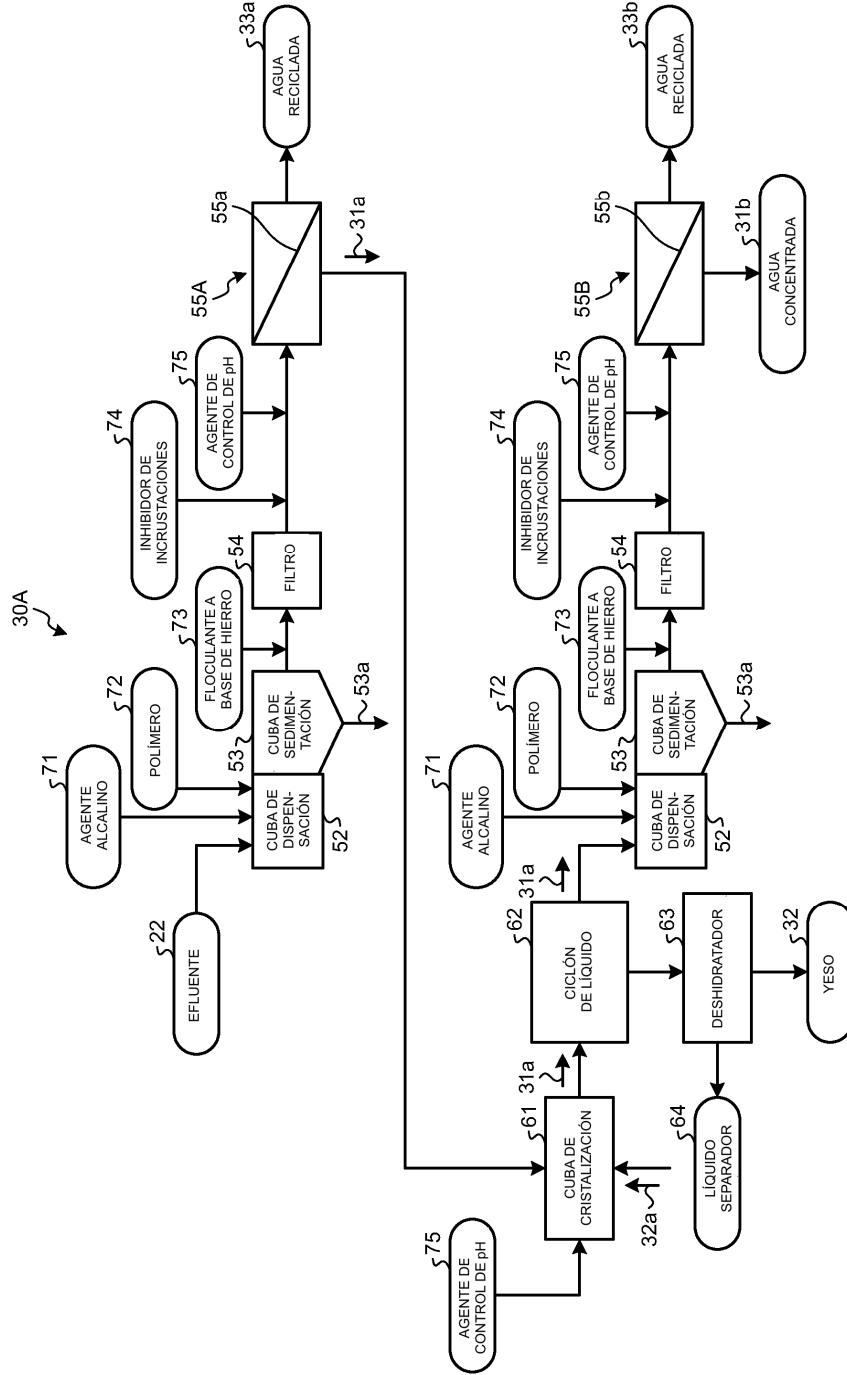


FIG.7

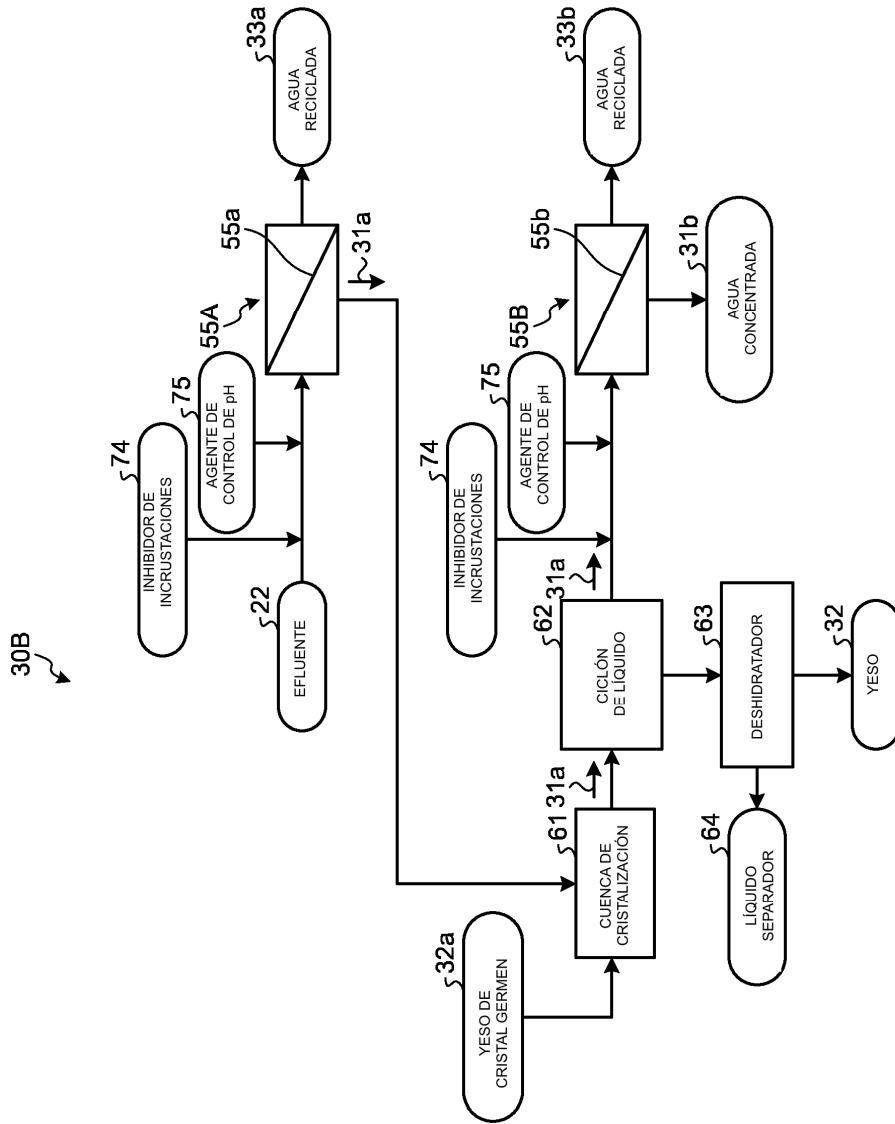


FIG.8

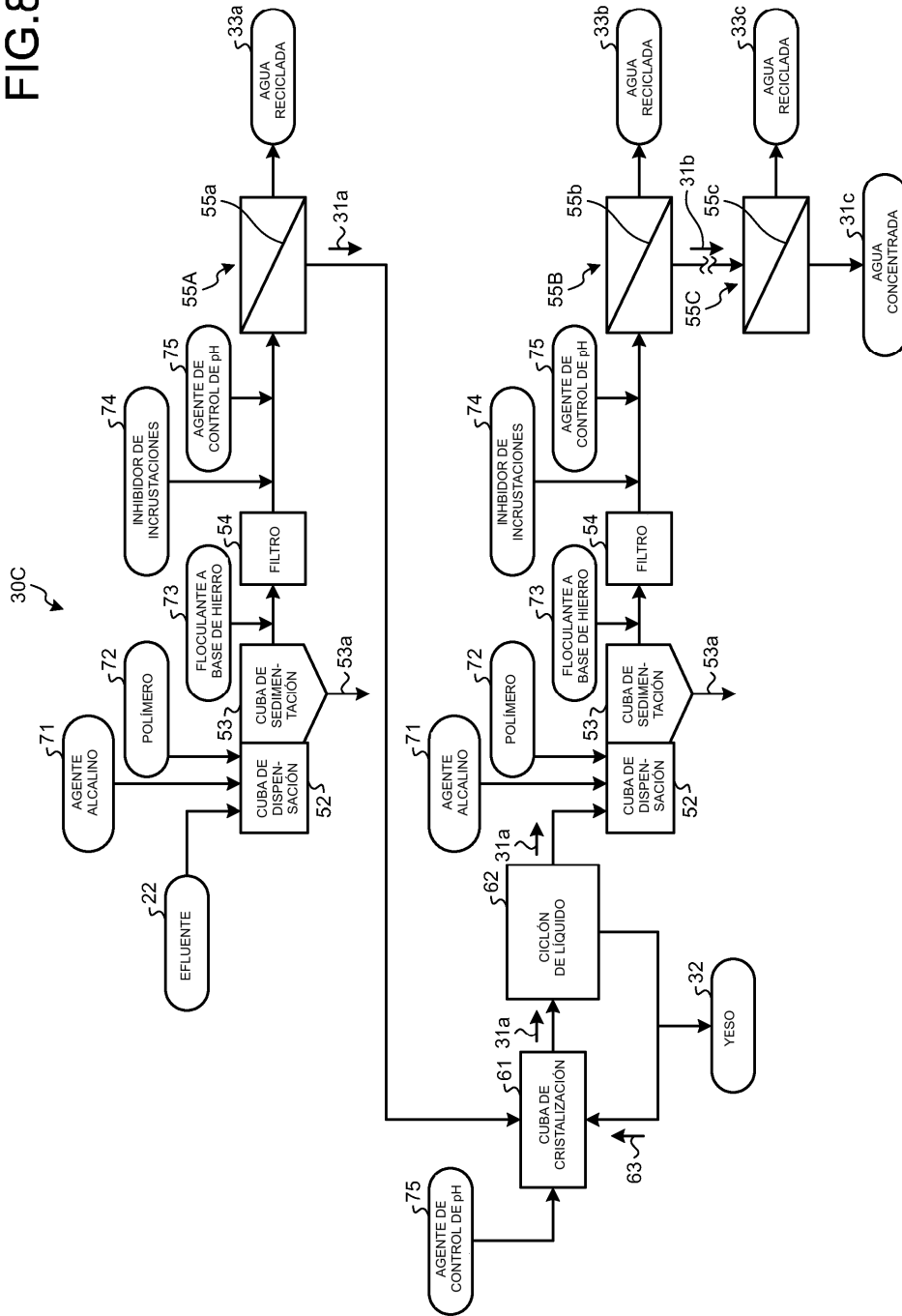


FIG.9

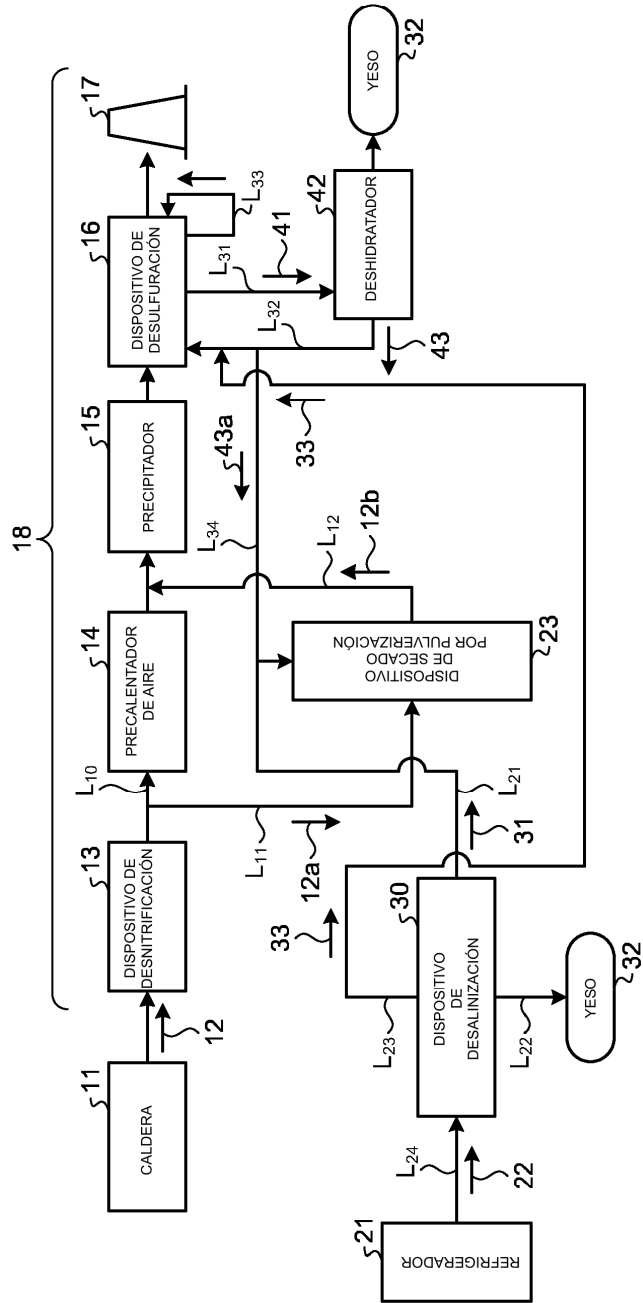


FIG.10

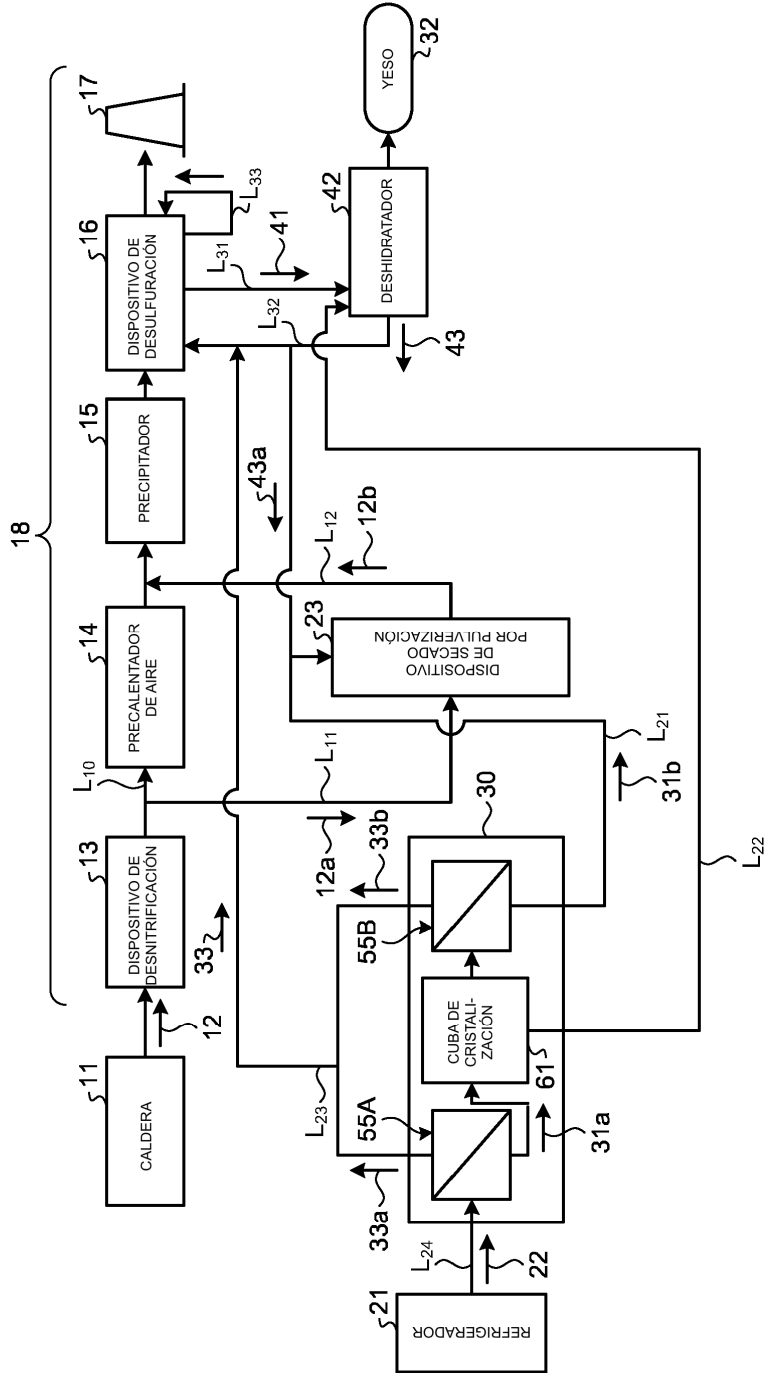


FIG.11

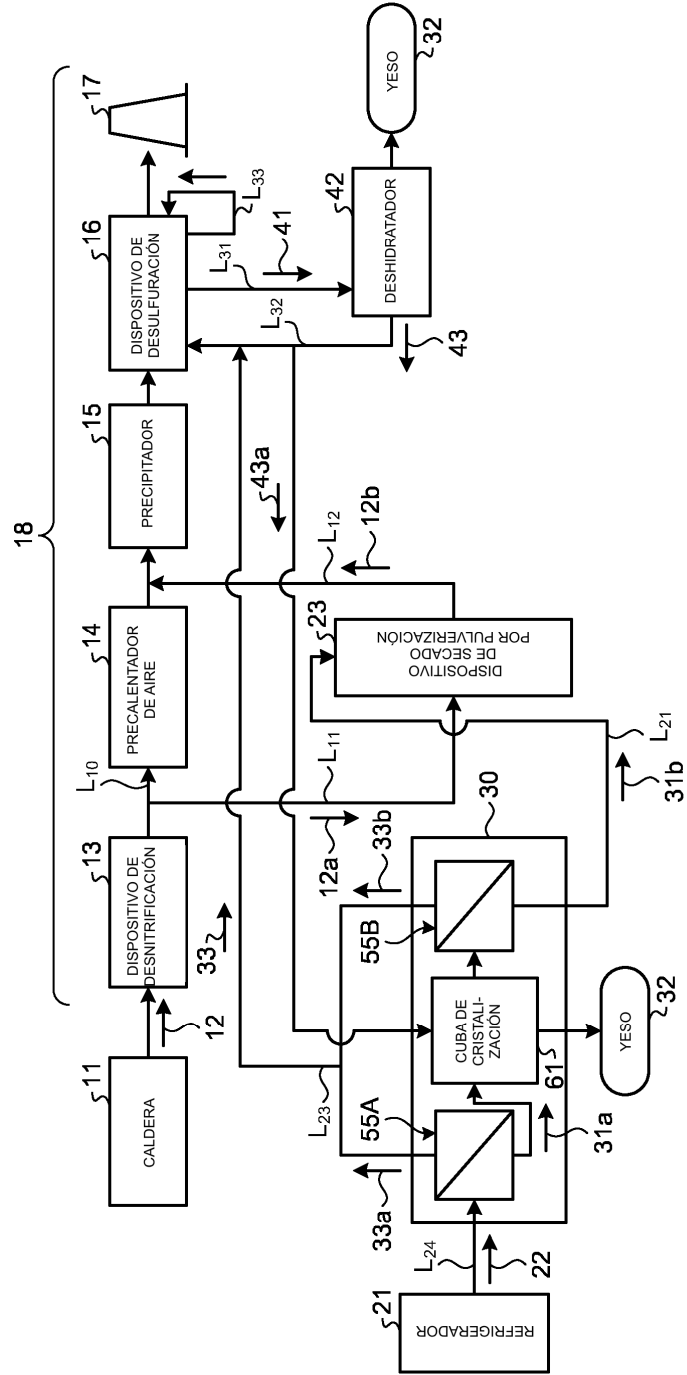


FIG.12

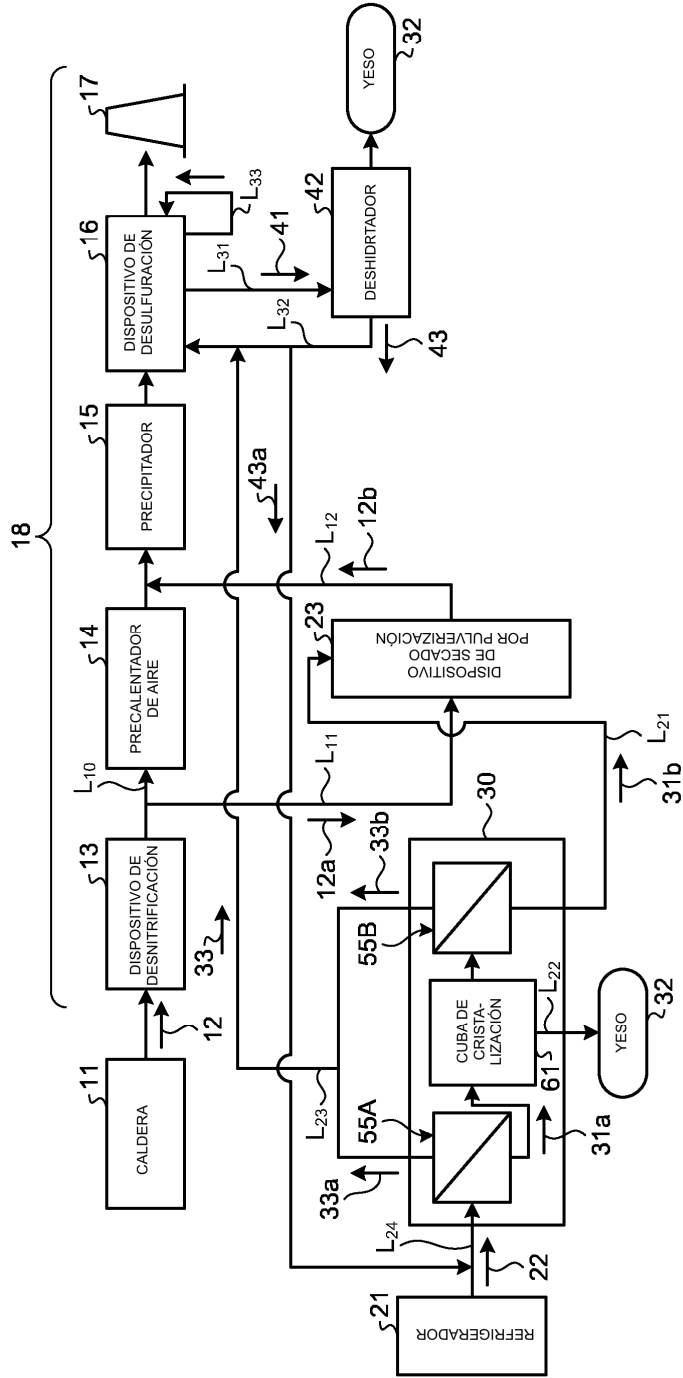


FIG.13

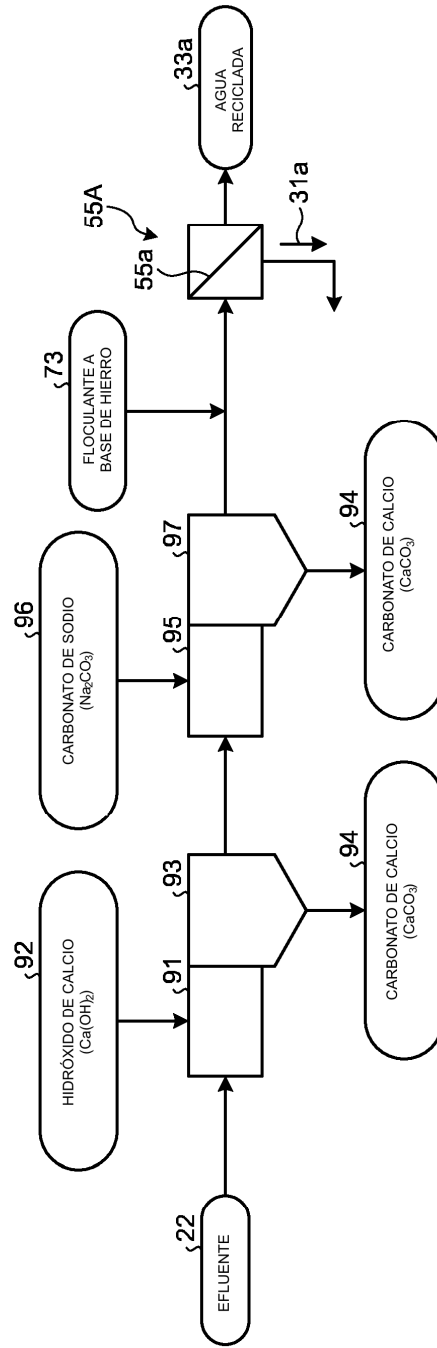


FIG.14

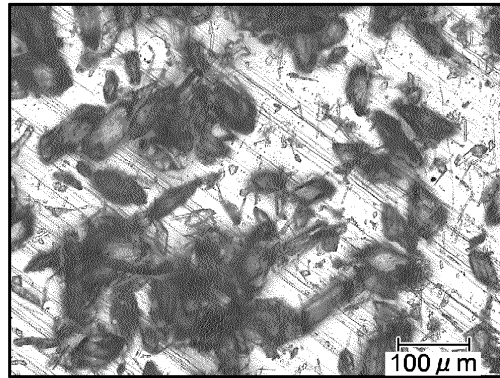


FIG.15

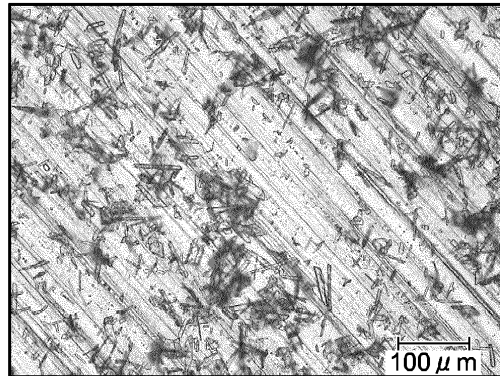


FIG.16

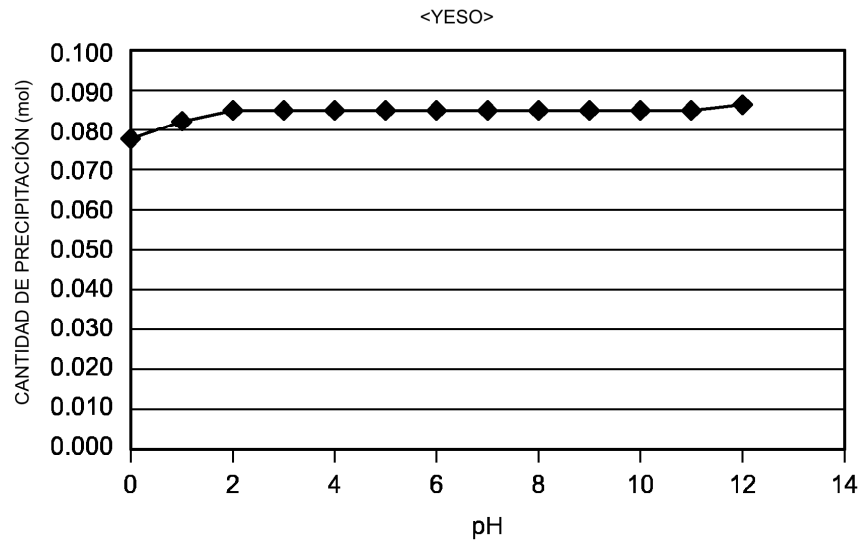


FIG.17

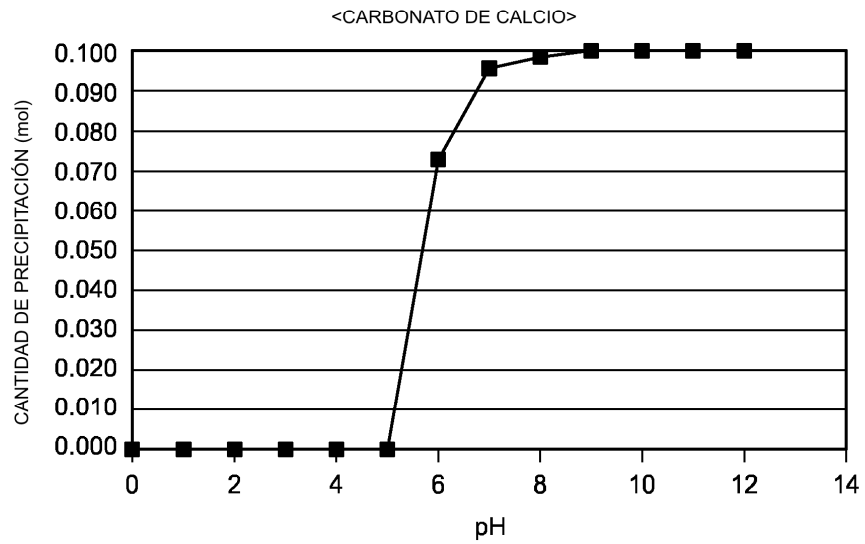


FIG.18

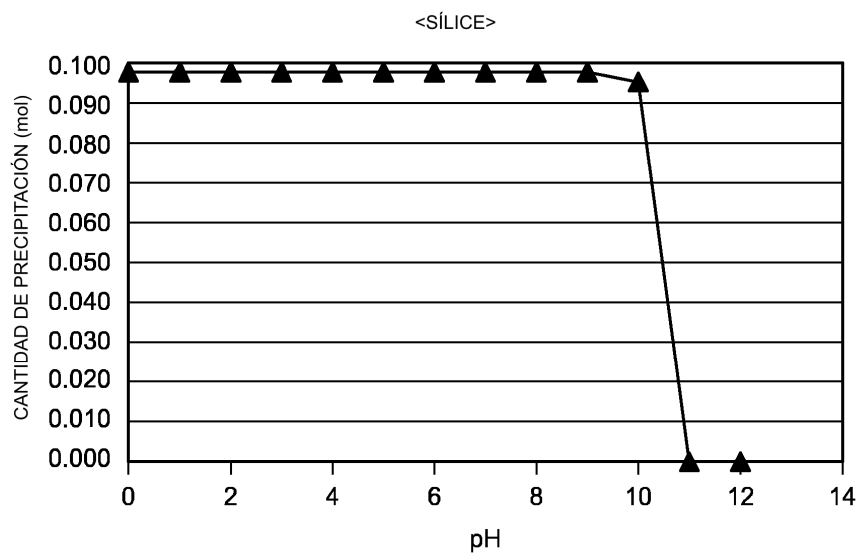


FIG.19

