

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 608 671**

51 Int. Cl.:

|                   |           |                   |           |
|-------------------|-----------|-------------------|-----------|
| <b>B01D 53/50</b> | (2006.01) | <b>C02F 1/78</b>  | (2006.01) |
| <b>B01D 53/77</b> | (2006.01) | <b>C02F 11/00</b> | (2006.01) |
| <b>C02F 1/28</b>  | (2006.01) |                   |           |
| <b>C02F 1/44</b>  | (2006.01) |                   |           |
| <b>C02F 1/52</b>  | (2006.01) |                   |           |
| <b>C02F 1/58</b>  | (2006.01) |                   |           |
| <b>C02F 1/62</b>  | (2006.01) |                   |           |
| <b>C02F 1/72</b>  | (2006.01) |                   |           |
| <b>C02F 1/74</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: **25.02.2010 PCT/JP2010/052955**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **01.09.2011 WO11104840**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.02.2010 E 10846505 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.11.2016 EP 2540378**

54 Título: **Sistema de tratamiento de gases de escape y método de tratamiento de gases de escape**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**12.04.2017**

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;**  
**MURAKAMI, MORITOSHI;**  
**OKINO, SUSUMU;**  
**NAGAYASU, TATSUTO y**  
**KAGAWA, SEIJI**

74 Agente/Representante:  
**VEIGA SERRANO, Mikel**

ES 2 608 671 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 de tratamiento de gases de escape y método de tratamiento de gases de escape

**5 Sector de la técnica**

La presente invención se refiere a un sistema de control de contaminación de aire y un método de control de contaminación de aire para purificar los gases de combustión descargados de una caldera.

**10 Estado de la técnica**

Convencionalmente, se ha conocido un sistema de control de contaminación de aire para tratar los gases de combustión descargados de una caldera instalada en una planta de generación de energía térmica o similar. El sistema de control de contaminación de aire incluye un equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> que elimina los óxidos de nitrógeno de los gases de combustión descargados de una caldera, un calentador de aire que recupera el calor de los gases de combustión que tienen que pasar a través del equipo de eliminación de NO<sub>x</sub>, un precipitador que reduce el polvo en los gases de combustión después de la recuperación de calor, y un desulfurizador que reduce los óxidos de azufre en los gases de combustión después de la reducción de polvo. Como desulfurizador, se ha usado, en general, un desulfurizador húmedo que reduce los óxidos de azufre en los gases de combustión poniendo un absorbente tal como una suspensión de piedra caliza en contacto de gas-líquido con los gases de combustión.

En los gases de combustión descargados de la caldera, sustancias dañinas como el mercurio gaseoso pueden estar contenidas en una pequeña cantidad distinta de óxidos de nitrógeno y óxidos de azufre. Por lo tanto, en el sistema de control de contaminación de aire descrito anteriormente como un método de eliminación de mercurio en los gases de combustión, tal método se ha usado de modo que un agente de cloración se atomiza por gas en un equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> ascendente o de alta temperatura en un conducto de gases de combustión, el mercurio se oxida (se clora) en un catalizador de eliminación de NO<sub>x</sub> para preparar cloruro de mercurio soluble, y el cloruro de mercurio se disuelve en un absorbente mediante un desulfurizador húmedo descendente (véase, por ejemplo, la literatura de patente 1).

La literatura de patente 2 desvela un sistema de control de contaminación de aire de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

La literatura de patente 3 desvela el uso de un coagulante de sulfuro para precipitar el mercurio en las aguas residuales resultantes de un depurador húmedo.

**Lista de citas****Literatura de patentes**

Literatura de patente 1: solicitud de patente japonesa abierta a inspección pública n.º 2009-262081  
 Literatura de patente 2: solicitud de patente internacional WO 2009/093576  
 Literatura de patente 3: solicitud de patente europea EP 1837075

**45 Objeto de la invención****Problema técnico**

En el método de eliminación de mercurio descrito anteriormente, si el cloruro de mercurio en los gases de combustión se disuelve en un absorbente, la concentración de mercurio en el absorbente aumenta y la fase de mercurio se cambia de la fase líquida a la fase gaseosa debido al equilibrio de gas-líquido, provocando de este modo el problema de que el mercurio se disperse en los gases de combustión en el desulfurizador.

Por lo tanto, es deseable evitar la dispersión de mercurio en los gases de combustión en el desulfurizador.

La presente invención ha logrado resolver el problema anterior, y un objeto de la presente invención es proporcionar un sistema de control de contaminación de aire y un método de control de contaminación de aire capaces de evitar la dispersión de mercurio en los gases de combustión en un desulfurizador.

**60 Solución al problema**

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, un sistema de control de contaminación de aire incluye: una caldera que quema el combustible; un equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> que descompone los óxidos de nitrógeno en los gases de combustión descargados de la caldera; y un desulfurizador que hace que los óxidos de azufre en los gases de combustión pasen a través del equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> para absorberse por un absorbente, reduciendo de este modo los óxidos de azufre en los gases de combustión; un dispositivo de tratamiento de aguas residuales que

incluye una unidad de separación de sólido-líquido que separa las aguas residuales descargadas del desulfurizador en una fracción sólida y una fracción líquida, y una unidad de eliminación de mercurio que elimina el mercurio en las aguas residuales; y una unidad de retorno de aguas residuales tratadas que devuelve al menos una parte de las aguas residuales tratadas, que se tratan por el dispositivo de tratamiento de aguas residuales, al desulfurizador, en el que la unidad de eliminación de mercurio incluye una unidad de separación que separa los sólidos de mercurio de las aguas residuales añadiendo un adyuvante de coagulación en las aguas residuales para solidificar el mercurio, el adyuvante de coagulación es el sulfuro, y el dispositivo de tratamiento de aguas residuales incluye una unidad de oxidación de agente auxiliar que oxida el adyuvante de coagulación contenido en el líquido separado en el que se han separado los sólidos de mercurio.

Ventajosamente, en el sistema de control de contaminación de aire, el dispositivo de tratamiento de aguas residuales incluye una unidad de eliminación de iones halógenos que elimina los iones halógenos en las aguas residuales.

Ventajosamente, el sistema de control de contaminación de aire incluye además: un calentador de aire dispuesto entre el equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> y el desulfurizador para recuperar el calor de los gases de combustión; y una unidad de suministro de aguas residuales instalada al menos en una posición de una vía para suministrar combustible a la caldera, en el interior de la caldera, y en el interior de un conducto de gas de combustión entre la caldera y el calentador de aire, para suministrar una parte de las aguas residuales tratadas que se tratan por el dispositivo de tratamiento de aguas residuales.

Ventajosamente, en el sistema de control de contaminación de aire, se proporciona un tubo de derivación al menos en una posición paralela al equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> o en paralelo al calentador de aire, y la unidad de suministro de aguas residuales está dispuesta en el tubo de derivación.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, un método de control de contaminación de aire incluye: una etapa de eliminación de NO<sub>x</sub> para descomponer los óxidos de nitrógeno en los gases de combustión descargados de una caldera que quema el combustible mediante el equipo de eliminación de NO<sub>x</sub>; una etapa de desulfuración para hacer que los óxidos de azufre en los gases de combustión que tienen que pasar a través del equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> se absorban por un absorbente en un desulfurizador, reduciendo de este modo los óxidos de azufre en los gases de combustión; una etapa de tratamiento de aguas residuales que incluye una etapa de separación de sólido-líquido para separar las aguas residuales descargadas del desulfurizador en una fracción sólida y una fracción líquida, y una etapa de eliminación de mercurio para eliminar el mercurio en las aguas residuales; y una etapa de retorno de aguas residuales tratadas para devolver al menos una parte de las aguas residuales tratadas, que se tratan en etapa de tratamiento de aguas residuales, al desulfurizador, en el que la etapa de eliminación de mercurio en la etapa de tratamiento de aguas residuales es una etapa para separar los sólidos de mercurio de las aguas residuales (28) añadiendo un adyuvante de coagulación en las aguas residuales (28) para solidificar el mercurio, el adyuvante de coagulación es un sulfuro, y

la etapa de tratamiento de aguas residuales incluye una etapa de oxidación para oxidar el adyuvante de coagulación contenido en el líquido separado en el que se han separado los sólidos de mercurio.

Ventajosamente, en el método de control de contaminación de aire, la etapa de tratamiento de aguas residuales incluye una etapa de eliminación de iones halógenos para eliminar iones halógenos en las aguas residuales.

Ventajosamente, en el método de control de contaminación de aire, un calentador de aire que recupera el calor de los gases de combustión está dispuesto entre el equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> y el desulfurizador; y el método de control de contaminación de aire comprende, además, una etapa de suministro de aguas residuales para suministrar una parte de las aguas residuales tratadas, que se tratan en la etapa de tratamiento de aguas residuales, a al menos una vía para suministrar combustible a la caldera, en el interior de la caldera, y en el interior de un conducto de gas de combustión entre la caldera y el calentador de aire.

Ventajosamente, en el método de control de contaminación de aire, un tubo de derivación está dispuesto al menos en una posición paralela al equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> o en paralelo al calentador de aire, y las aguas residuales tratadas se suministran en el interior del tubo de derivación.

### **Efectos ventajosos de la invención**

De acuerdo con el sistema de control de contaminación del aire y el método de control de contaminación de aire de la presente invención, las aguas residuales tratadas después de que se retire el mercurio en las aguas residuales desulfuradas descargadas de un desulfurizador, se devuelven al desulfurizador, permitiendo de este modo disminuir la concentración de mercurio en un absorbente en el desulfurizador. Como resultado, puede evitarse la dispersión de mercurio en los gases de combustión en el desulfurizador.

## Descripción de las figuras

La figura 1 es un diagrama de configuración esquemático de un sistema de control de contaminación de aire de acuerdo con una primera realización (no de acuerdo con la invención).

La figura 2 es un ejemplo de configuración de un dispositivo de tratamiento de aguas residuales de acuerdo con la primera realización (no de acuerdo con la invención).

La figura 3 es un ejemplo de configuración de un dispositivo de tratamiento de aguas residuales de acuerdo con una segunda realización (no de acuerdo con la invención).

La figura 4 es un ejemplo de configuración de un dispositivo de tratamiento de aguas residuales de acuerdo con una tercera realización.

La figura 5 es un diagrama de configuración esquemático de un sistema de control de contaminación de aire de acuerdo con una cuarta realización (de acuerdo con la invención sólo en la medida en que contiene las características de la tercera realización).

## Descripción detallada de la invención

A continuación se explicarán en detalle realizaciones a modo de ejemplo de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos. La presente invención no se limita a las realizaciones. Además, los elementos constituyentes en las siguientes realizaciones incluyen aquellos que pueden suponerse fácilmente por los expertos en la materia o que son sustancialmente equivalentes.

Primera realización (no de acuerdo con la invención)

La figura 1 es un diagrama de configuración esquemático de un sistema de control de contaminación de aire 10A de acuerdo con una primera realización. El sistema de control de contaminación de aire 10A en la figura 1 elimina las sustancias perjudiciales, tales como los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), los óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>) y el mercurio (Hg) procedentes de los gases de combustión 25 descargados de una caldera 11, tal como una caldera de combustión de carbón que usa carbón como combustible o una caldera de combustión de petróleo pesado que usa petróleo pesado como combustible.

El sistema de control de contaminación de aire 10A en la figura 1 incluye un equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> 12 que elimina los óxidos de nitrógeno en los gases de combustión 25 de la caldera 11, un calentador de aire 13 que recupera el calor de los gases de combustión 25 que tienen que pasar a través del equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> 12, un precipitador 14 que reduce el polvo en los gases de combustión 25 después de la recuperación de calor, un desulfurizador 15 que reduce los óxidos de azufre en los gases de combustión 25 después de la reducción de polvo de acuerdo con un método húmedo, un dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16 que elimina las sustancias perjudiciales, tales como el mercurio, de las aguas residuales desulfuradas 28 descargadas del desulfurizador 15, y una unidad de retorno de aguas residuales tratadas 17 (en lo sucesivo en el presente documento, "línea de agua de relleno") que devuelve al menos una parte de las aguas residuales tratadas 40, que se tratan por el dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16, al desulfurizador 15. La caldera 11, el equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> 12, el calentador de aire 13, el precipitador 14, y el desulfurizador 15 están conectados por un conducto de gases de combustión D, y los gases de combustión 25 descargados de la caldera 11 se purifican a través de procesos en los dispositivos respectivos y, a continuación, se descargan al exterior desde una chimenea 27. El sistema de control de contaminación de aire 10A devuelve las aguas residuales tratadas 40 (40A, 40B y 40C), después de eliminarse las sustancias perjudiciales, tales como el mercurio contenido en las aguas residuales desulfuradas 28 descargadas del desulfurizador 15, al desulfurizador 15, de manera que las aguas residuales tratadas 40 se hacen circular entre el desulfurizador 15 y el dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16. De acuerdo con la configuración descrita anteriormente, se disminuye la concentración de mercurio en un absorbente a usar en el desulfurizador 15.

El equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> 12 elimina los óxidos de nitrógeno en los gases de combustión 25 de la caldera 11, e incluye una capa de catalizador de eliminación de NO<sub>x</sub> (no mostrada) en su interior. En un proceso de eliminación de NO<sub>x</sub>, los gases de combustión 25 introducidos en el equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> 12 entran en contacto con la capa de catalizador de eliminación de NO<sub>x</sub>, y los óxidos de nitrógeno en los gases de combustión 25 se descomponen en gas nitrógeno (N<sub>2</sub>) y agua (H<sub>2</sub>O) y se eliminan. Cuando aumenta el contenido de cloro (Cl) en los gases de combustión 25, aumenta la proporción de un mercurio metálico bivalente soluble en agua, y el mercurio puede recogerse fácilmente por el desulfurizador 15 que se describe a continuación. Por lo tanto, como se muestra en la figura 1, un sistema de suministro de HCl 18 se instala en un lado ascendente del equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> 12 para suministrar cloruro de hidrógeno (HCl) 19 en los gases de combustión 25 en el conducto de gases de combustión D desde el sistema de suministro de HCl 18. En consecuencia, el mercurio contenido en los gases de combustión 25 se oxida (se clora) en el catalizador de eliminación de NO<sub>x</sub>, y se convierte en cloruro de mercurio soluble (HgCl).

El calentador de aire 13 es un intercambiador de calor que recupera el calor de los gases de combustión 25 en los que se han eliminado los óxidos de nitrógeno por el equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> 12. Debido a que la temperatura de los gases de combustión 25 que tienen que pasar a través del equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> 12 es tan alta como aproximadamente de 350 °C a 400 °C, el calentador de aire 13 realiza un intercambio de calor entre los gases de

combustión de alta temperatura 25 y el aire de combustión a una temperatura normal. El aire de combustión, que alcanza una alta temperatura mediante el intercambio de calor, se suministra a la caldera 11. Por otro lado, los gases de combustión 25 que se han sometido a un intercambio de calor con el aire de combustión a una temperatura normal se enfrían hasta aproximadamente 150 °C.

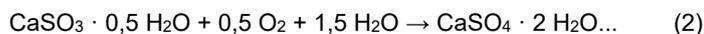
5 El precipitador 14 reduce el polvo en los gases de combustión 25 después de la recuperación de calor. Como precipitador 14, pueden mencionarse un precipitador centrífugo, un precipitador de filtrado, y un precipitador eléctrico; sin embargo, no está especialmente limitado a los mismos.

10 El desulfurizador 15 reduce los óxidos de azufre en los gases de combustión 25 después de la reducción de polvo de acuerdo con un método húmedo. En el desulfurizador 15, una suspensión de piedra caliza 20 (una solución en la que se disuelve polvo de piedra caliza en el agua) se usa como un absorbente alcalino, y la temperatura dentro del desulfurizador se ajusta a aproximadamente 30 °C-50 °C. En un proceso de desulfuración, la suspensión de piedra caliza 20 se suministra desde un sistema de suministro de suspensión de piedra caliza 21 a una parte inferior de columna 22 del desulfurizador 15. La suspensión de piedra caliza 20 suministrada a la parte inferior de columna 22 del desulfurizador 15 se suministra a unas boquillas 23 en el desulfurizador 15 a través de una línea de suministro de absorbente (no mostrada), y se expulsa desde las boquillas 23 hacia una parte superior de columna 24 del desulfurizador 15. Debido a que los gases de combustión 25 que se elevan desde la parte inferior de columna 22 del desulfurizador 15 se ponen en contacto de gas-líquido con la suspensión de piedra caliza 20 expulsada desde las boquillas 23, los óxidos de azufre y el cloruro de mercurio en los gases de combustión 25 se absorben por la suspensión de piedra caliza 20, y se separan y se eliminan de los gases de combustión 25. Los gases de combustión 25 purificados por la suspensión de piedra caliza 20 se descargan desde la parte superior de columna 24 del desulfurizador 15 como gas purgado 26, y se descargan al exterior del sistema desde la chimenea 27.

25 En el interior del desulfurizador 15, los óxidos de azufre SO<sub>x</sub> en los gases de combustión 25 provocan una reacción con la suspensión de piedra caliza 20 representada por la siguiente expresión (1).



30 La suspensión de piedra caliza 20 que ha absorbido SO<sub>x</sub> en los gases de combustión 25 se oxida por el aire (no mostrado) suministrado a la parte inferior de columna 22 del desulfurizador 15, para provocar una reacción con el aire representada por la siguiente expresión (2).



35 De esta manera, se captura SO<sub>x</sub> en los gases de combustión 25 en un estado de yeso CaSO<sub>4</sub> · 2 H<sub>2</sub>O en el desulfurizador 15.

40 Como se ha descrito anteriormente, mientras que una solución acumulada en la parte inferior de columna 22 del desulfurizador 15 de un tipo húmedo y bombeada se usa como la suspensión de piedra caliza 20, el yeso CaSO<sub>4</sub> · 2 H<sub>2</sub>O se mezcla en la suspensión de piedra caliza 20 para bombearse por una operación del desulfurizador 15, de acuerdo con las expresiones de reacción anteriores (1) y (2). La suspensión de yeso y piedra caliza (una suspensión de piedra caliza mezclada con yeso) a bombear se denomina en lo sucesivo en el presente documento "absorbente".

45 El absorbente (suspensión de yeso y piedra caliza) usado para la desulfuración se descarga al exterior desde la parte inferior de columna 22 del desulfurizador 15 como el agua residual desulfurada 28, y se suministra al dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16 a través de una línea de aguas residuales desulfuradas 29. Además de yeso, en el agua residual desulfurada 28 se incluye un metal pesado, tal como mercurio, e iones halógenos, tales como Cl<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, I<sup>-</sup>, y F<sup>-</sup>.

50 En el desulfurizador 15, el mercurio Hg se adsorbe por los cristales de yeso CaSO<sub>4</sub> · 2 H<sub>2</sub>O producidos para reducir el mercurio. Una relación de reducción de mercurio con respecto a una cantidad de producción de yeso varía de acuerdo con la propiedad de la piedra caliza, la concentración de iones halógenos, las condiciones de funcionamiento del desulfurizador o similares; sin embargo, la relación es de aproximadamente 2 mg/kg (cantidad de reducción de Hg/cantidad de producción de CaSO<sub>4</sub> · 2 H<sub>2</sub>O). En un carbón que tiene una alta relación de contenido de mercurio (o una baja relación de contenido de azufre) con una relación en peso que es igual o superior a 2 mg/kg, puede que el mercurio no se adsorba en las partículas de yeso. En este caso, la concentración de mercurio en el líquido sobrenadante de una suspensión de yeso y piedra caliza aumenta en el desulfurizador 15, y tal fenómeno se produce porque una parte del mercurio en el líquido sobrenadante se dispersa desde el líquido sobrenadante a una fase gaseosa (gases de combustión), debido al equilibrio de gas-líquido. Por lo tanto, la concentración de mercurio en el líquido sobrenadante necesita disminuirse con el fin de evitar la dispersión de mercurio. Por lo tanto, como se explica a continuación, después de que el agua residual desulfurada 28 se suministra al dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16 y se realiza un proceso de tratamiento de aguas residuales que incluye un proceso de separación de sólido-líquido y un proceso de eliminación de mercurio, el agua residual tratada 40 se devuelve de nuevo al desulfurizador 15, de manera que el agua residual tratada 40 se hace circular entre el desulfurizador 15 y el dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16, disminuyendo de este modo la concentración de mercurio en el

absorbente.

La figura 2 es una configuración a modo de ejemplo del dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16 mostrado en la figura 1. El dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16 ejemplificado en la figura 2 incluye una unidad de separación de sólido-líquido 31 que separa el agua residual desulfurada 28 en una fracción sólida que incluye yeso y una fracción líquida, y una unidad 32 que elimina sustancias tales como el mercurio, el boro, y el selenio que permanecen en el agua residual desulfurada 28 (en lo sucesivo en el presente documento, "unidad de eliminación de mercurio 32").

Como la unidad de separación de sólido-líquido 31 se usa, por ejemplo, un filtro de correa, un separador centrífugo, o un sedimentador centrífugo de tipo decantador. El yeso 34 en el agua residual desulfurada 28 descargada del desulfurador 15 se separa por la unidad de separación de sólido-líquido 31. En este momento, el cloruro de mercurio en el agua residual desulfurada 28 se separa del líquido junto con el yeso 34 en un estado de adsorción en yeso. El yeso separado 34 se descarga al exterior del sistema de control de contaminación de aire (en lo sucesivo en el presente documento, "exterior del sistema"). Por otro lado, una pequeña cantidad de sustancias tales como el mercurio, el boro, y el selenio (el mercurio se explica específicamente a continuación como la sustancia) que no pueden adsorberse en el yeso 34 están contenidas en el líquido separado 35. Estas sustancias se eliminan por la unidad de eliminación de mercurio 32 descrita a continuación.

En la unidad de eliminación de mercurio 32, se solidifica el mercurio contenido en el líquido separado 35, y el sólido de mercurio 36 o similares se separan del líquido separado 35. En un ejemplo mostrado en la figura 2, para realizar una eliminación de mercurio de alta precisión, el proceso de eliminación de mercurio incluye procedimientos multi-etapa. La unidad de eliminación de mercurio 32 incluye una unidad de mezcla de agente auxiliar 32a, una unidad de separación de sólido-líquido (unidad de concentración) 32b, una unidad de separación de sólido-líquido (unidad de deshidratación) 32c, y una unidad de tratamiento de precisión 32d. La unidad de mezcla de agente auxiliar 32a mezcla un adyuvante de coagulación en el líquido separado 35 para solidificar el mercurio y, a continuación, la unidad de separación de sólido-líquido (unidad de concentración) 32b concentra el sólido de mercurio 36 y un material particulado. Como la unidad de concentración, se usa una sedimentación gravitacional, una filtración de arena o similares. La unidad de separación de sólido-líquido (unidad de deshidratación) 32c deshidrata el sólido de mercurio concentrado 36 y un material particulado. Como la unidad de deshidratación, se usa una separación centrífuga, un filtro de correa o similares. El sólido de mercurio deshidratado 36 o similares se descarga al exterior del sistema. El líquido separado 38 producido por la unidad de separación de sólido-líquido (unidad de deshidratación) 32c se mezcla con el líquido separado 37, que se separa por la unidad de separación de sólido-líquido (unidad de concentración) 32b, y se suministra a la unidad de tratamiento de precisión 32d, donde se elimina una pequeña cantidad de un sólido de mercurio 39 y se elimina un material particulado restante en el líquido separado 37. Como el tratamiento de precisión, se usa un método que usa la separación de ciclón o la separación de membrana. El sólido de mercurio 39 o similares eliminado por la unidad de eliminación de mercurio 32 se descarga al exterior del sistema.

El agua residual tratada 40A en la que se eliminan los sólidos de mercurio 36 y 39 por la unidad de eliminación de mercurio 32 se devuelve al desulfurador 15 como agua de relleno para el desulfurador 15 a través de la línea de agua de relleno 17. El agua residual tratada 40A devuelta al desulfurador 15 se usa repetidamente como un absorbente, y se somete a un tratamiento de aguas residuales por el dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16. Es decir, se hace circular el agua residual tratada 40A entre el desulfurador 15 y el dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16. Una cantidad del agua residual tratada 40A que se ha hecho circular a través del dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16 (una cantidad del agua residual tratada devuelta 40A) se determina de acuerdo con un nivel de ajuste de la concentración de mercurio y la concentración de iones halógenos en el absorbente en el desulfurador 15. Por ejemplo, cuando la concentración de mercurio en el absorbente se ajusta baja, se aumenta la cantidad del agua residual tratada devuelta 40A.

En la figura 2, una parte del agua residual tratada 40A, que se trata por el dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16, se suministra a una línea de agua atomizada 44 descrita a continuación. Esto corresponde a una cuarta realización descrita a continuación, y en la primera realización, el agua residual tratada 40A no se suministra a la línea de agua atomizada 44.

Es decir, en la primera realización, cuando una cantidad del agua residual tratada 40A, que se trata por el dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16, es igual a o menor que un valor establecido de una cantidad de agua de relleno establecida de antemano, toda el agua residual tratada 40A se devuelve al desulfurador 15 como agua de relleno. Por otro lado, cuando la cantidad del agua residual tratada 40A es más que el valor establecido de la cantidad de agua de relleno establecida de antemano, se descarga una cantidad sobrante del agua residual tratada 40A al exterior del sistema.

Como se ha descrito anteriormente, el sistema de control de contaminación de aire 10A de acuerdo con la primera realización incluye el dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16 que tiene la unidad de separación de sólido-líquido 31 que separa el agua desulfurada 28 descargada del desulfurador 15 en una fracción sólida y una fracción líquida y la unidad eliminación de mercurio 32 que elimina el mercurio en el agua desulfurada 28, y la línea de agua

de relleno 17 para el retorno de al menos una parte del agua residual tratada 40, que se trata por el dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16, al desulfurizador 15. El agua desulfurada 28 descargada del desulfurizador 15 se suministra al dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16 para eliminar el mercurio, y al menos una parte del agua residual tratada después de la eliminación del mercurio, se devuelve al desulfurizador 15, de manera que el agua residual tratada 40A se hace circular entre el desulfurizador 15 y el dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16, permitiendo de este modo disminuir la concentración de mercurio en el absorbente en el desulfurizador 15. Como resultado, puede evitarse una situación de este tipo en la que el mercurio en el absorbente se cambia de una fase líquida a una fase gaseosa en el desulfurizador 15, y puede evitarse que el mercurio se disperse en los gases de combustión 25.

#### Segunda realización

A continuación, se explica un sistema de control de contaminación de aire de acuerdo con una segunda realización (no de acuerdo con la invención). Debido a que los elementos constituyentes del sistema de control de contaminación de aire de acuerdo con la segunda realización son idénticos a los del sistema de control de contaminación de aire 10A mostrado en la figura 1, también se usa la figura 1 para las explicaciones de los mismos. La figura 3 es una configuración a modo de ejemplo del dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16 de acuerdo con la segunda realización. El dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16 mostrado en la figura 3 incluye una unidad 50 que elimina iones halógenos, tales como iones de cloro (Cl<sup>-</sup>), iones de bromo (Br<sup>-</sup>), iones de yodo (I<sup>-</sup>), e iones de flúor (F<sup>-</sup>) (en lo sucesivo en el presente documento, "unidad de eliminación de iones halógenos 50"), además de la configuración del dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16 explicada en la primera realización.

Los iones halógenos, tales como iones de cloro (Cl<sup>-</sup>), iones de bromo (Br<sup>-</sup>), iones de yodo (I<sup>-</sup>), e iones de flúor (F<sup>-</sup>) tienen una propiedad tal que se evita la adsorción del mercurio por el yeso en el proceso de desulfuración realizado por el desulfurizador 15. Por lo tanto, si la concentración de iones halógenos en el agua residual tratada para devolverse al desulfurizador 15 es alta, la concentración de mercurio en el líquido sobrenadante del absorbente aumenta, y tal fenómeno hace que una parte de mercurio en el líquido sobrenadante se disperse en la fase gaseosa (gases de combustión). Por lo tanto, es deseable que la unidad de eliminación de iones halógenos 50 elimine los iones halógenos del líquido separado 41, que se separa por la unidad de eliminación de mercurio 32, para disminuir la concentración de iones halógenos. Como la unidad de eliminación de iones halógenos 50, puede mencionarse una unidad de concentración que usa una membrana de ósmosis inversa, una unidad de concentración que usa una membrana de intercambio de iones, una unidad de concentración que usa electrodiálisis, así como una técnica de destilación o de cristalización.

El tratamiento por parte de la unidad de eliminación de iones halógenos 50 puede realizarse cada vez que el líquido separado 41 se suministra desde la unidad de eliminación de mercurio 32. Sin embargo, una configuración puede ser tal que se mida la concentración de iones halógenos en el líquido separado 41, y los iones halógenos se reduzcan sólo cuando la concentración de iones halógenos supere un valor establecido, y cuando la concentración de iones halógenos sea menor que el valor establecido, puede omitirse el tratamiento por parte de la unidad de eliminación de iones halógenos 50.

El agua residual tratada 40B en la que los iones halógenos se concentran y se reducen por la unidad de eliminación de iones halógenos 50 se devuelve al desulfurizador 15 a través de la línea de agua de relleno 17 como agua de relleno para el desulfurizador 15. De manera similar a la primera realización, la cantidad de agua residual tratada 40B que se ha hecho circular a través del dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16 se determina de acuerdo con el nivel de ajuste de la concentración de mercurio y la concentración de iones halógenos en el absorbente en el desulfurizador 15.

En la figura 3, una parte del agua residual tratada 40B, que se trata por el dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16, se suministra a la línea de agua atomizada 44 descrita a continuación. Esto corresponde a la cuarta realización descrita a continuación, y en la segunda realización, el agua residual tratada 40B no se suministra a la línea de agua atomizada 44. Además, en la figura 3, el líquido concentrado 42 producido por la unidad de eliminación de iones halógenos 50 se mezcla en la línea de agua atomizada 44. Esto también corresponde a la cuarta realización, y en la segunda realización, el líquido concentrado 42 se descarga al exterior del sistema.

De manera similar a la primera realización, cuando una cantidad del agua residual tratada 40B, que se trata por el dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16, es igual a o menor que un valor establecido de una cantidad de agua de relleno establecida de antemano, se devuelve todo el agua residual tratada 40B al desulfurizador 15 como agua de relleno. Por otro lado, cuando la cantidad de agua residual tratada 40B es más que el valor establecido de la cantidad de agua de relleno establecida de antemano, se descarga una cantidad sobrante del agua residual tratada 40B al exterior del sistema.

Como se ha explicado anteriormente, el dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16 en el sistema de control de contaminación de aire 10A de acuerdo con la segunda realización, incluye la unidad de eliminación de iones halógenos 50 que elimina iones halógenos, tales como iones de cloro (Cl<sup>-</sup>), iones de bromo (Br<sup>-</sup>), iones de yodo (I<sup>-</sup>), e

iones de flúor (F<sup>-</sup>) que evitan la adsorción del mercurio en el yeso, además de la configuración del dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16 explicada en la primera realización. De acuerdo con el sistema de control de contaminación de aire 10A de la segunda realización constituida como se ha descrito anteriormente, además de los efectos de la primera realización, puede disminuirse la concentración de iones halógenos en el agua residual tratada 40. En consecuencia, puede facilitarse la migración de mercurio a yeso (solidificación), y puede evitarse la dispersión del mercurio en la fase gaseosa.

#### Tercera realización

A continuación, se explica un sistema de control de contaminación de aire de acuerdo con una tercera realización. Debido a que los elementos constituyentes del sistema de control de contaminación de aire de acuerdo con la tercera realización son idénticos a los del sistema de control de contaminación de aire 10A mostrado en la figura 1, también se usa la figura 1 para las explicaciones de los mismos. La figura 4 es una configuración a modo de ejemplo del dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16 de acuerdo con la tercera realización. El dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16 mostrado en la figura 4 incluye una unidad de oxidación de agente auxiliar 53, además de la configuración del dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16 explicada en la segunda realización. En un proceso de mezcla de agente auxiliar realizado por la unidad de eliminación de mercurio 32, cuando se usa un sulfuro tal como el sulfuro de hidrógeno H<sub>2</sub>S, el sulfuro de sodio Na<sub>2</sub>S, el sulfuro de hidrógeno de sodio NaHS, o el sulfuro de metal M<sub>x</sub>S<sub>y</sub> (M es un elemento metálico tal como Mn o Fe, y x e y son números), un adyuvante de coagulación contenido en el agua residual tratada 40 puede actuar como un agente reductor para impedir de este modo la oxidación, en el momento de la devolución del agua residual tratada 40 al desulfurizador 15. Por lo tanto, cuando se usa sulfuro como adyuvante de coagulación, es deseable que la unidad de oxidación de agente auxiliar 53 someta al adyuvante de coagulación contenido en el líquido separado 41, separado por la unidad de tratamiento de precisión 32d, a un tratamiento de oxidación. Como el tratamiento de oxidación, específicamente, se añade un agente oxidante para hacer que el sulfuro reaccione con el agente oxidante. Como el agente oxidante, pueden mencionarse aire, oxígeno O<sub>2</sub>, peróxido de hidrógeno H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, ozono O<sub>3</sub>, compuestos de ácido clórico, compuestos de manganeso, y compuestos de hierro.

Los iones halógenos en el líquido separado 41 sometidos al tratamiento por la unidad de oxidación de agente auxiliar 53 se concentran y se eliminan por la unidad de eliminación de iones halógenos 50. El agua residual tratada 40C en la que se eliminan los iones halógenos se devuelve al desulfurizador 15 a través de la línea de agua de relleno 17 como agua de relleno para el desulfurizador 15. De manera similar a la primera realización, la cantidad de agua residual tratada 40C que se ha hecho circular a través del dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16 se determina de acuerdo con el nivel de ajuste de la concentración de mercurio y la concentración de iones halógenos en el absorbente en el desulfurizador 15.

En la figura 4, una parte del agua residual tratada 40C, que se trata por el dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16, se suministra a la línea de agua atomizada 44 descrita a continuación. Esto corresponde a la cuarta realización descrita a continuación, y en la tercera realización, el agua residual tratada 40C no se suministra a la línea de agua atomizada 44. Además, en la figura 4, el líquido concentrado 42 producido por la unidad de eliminación de iones halógenos 50 se mezcla en la línea de agua atomizada 44. Esto también corresponde a la cuarta realización, y en la tercera realización, el líquido concentrado 42 se descarga al exterior del sistema.

De manera similar a la primera realización, cuando una cantidad del agua residual tratada 40C, que se trata por el dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16, es igual a o menor que un valor establecido de una cantidad de agua de relleno establecida de antemano, se devuelve todo el agua residual tratada 40C al desulfurizador 15 como agua de relleno. Por otro lado, cuando la cantidad de agua residual tratada 40C es más que el valor establecido de la cantidad de agua de relleno establecida de antemano, se descarga una cantidad sobrante del agua residual tratada 40C al exterior del sistema.

Como se ha descrito anteriormente, el dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16 en el sistema de control de contaminación de aire 10A de acuerdo con la tercera realización, incluye la unidad de oxidación de agente auxiliar 53 que oxida el adyuvante de coagulación, además de la configuración del dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16 explicada en la segunda realización. De acuerdo con el sistema de control de contaminación de aire 10A de la tercera realización, constituida como se ha descrito anteriormente, además de los efectos de las realizaciones primera y segunda, esta situación puede evitarse porque el adyuvante de coagulación contenido en el agua residual tratada 40 actúa como un agente reductor para inhibir la oxidación, en el momento de la devolución del agua residual tratada 40 al desulfurizador 15.

Las configuraciones del dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16 ejemplificadas en las figuras 2 a 4 son sólo ejemplos, y pueden cambiarse adecuadamente de acuerdo con la propiedad o similares del agua residual desulfurada 28. Por ejemplo, en los ejemplos mostrados en las figuras 2 a 4, la unidad de eliminación de mercurio 32 está constituida por múltiples etapas de un proceso de concentración, un proceso de deshidratación, y un proceso de tratamiento de precisión para eliminar el mercurio con mucha precisión. Sin embargo, la unidad de eliminación de mercurio 32 no necesita tener múltiples etapas, y puede seleccionarse y realizarse uno cualquiera de estos procesos. Por ejemplo, la configuración puede ser tal que se mide la concentración de mercurio en el líquido

separado 37, y cuando la concentración de mercurio es menor que un umbral, puede omitirse la unidad de tratamiento de precisión 32d.

5 Además, el orden del tratamiento por la unidad de separación de sólido-líquido 31, la unidad de eliminación de mercurio 32, y la unidad de eliminación de iones halógenos 50 no se limita al ejemplo mostrado en la figura 2. Por ejemplo, el tratamiento por la unidad de separación de sólido-líquido 31 puede realizarse después de realizar el tratamiento por la unidad de eliminación de mercurio 32, o el tratamiento por la unidad de eliminación de mercurio 32 puede realizarse después de realizar el tratamiento por la unidad de eliminación de iones halógenos 50.

10 Cuarta realización (de acuerdo con la invención sólo en la medida en que incluya las características de las reivindicaciones)

15 A continuación, se explica un sistema de control de contaminación de aire de acuerdo con una cuarta realización. Los elementos constituyentes, idénticos a los de las realizaciones primera a tercera, se indican con los mismos signos de referencia, y se omitirán las explicaciones de los mismos. La figura 5 es un diagrama de configuración esquemático de un sistema de control de contaminación de aire 10B de acuerdo con la cuarta realización. En las realizaciones primera a tercera, se explica que después de que el agua residual desulfurada 28 descargada del desulfurizador 15 se somete a un tratamiento de aguas residuales, el agua residual tratada 40 se devuelve al desulfurizador 15 como agua de relleno. Sin embargo, en el sistema de control de contaminación de aire 10B de acuerdo con la cuarta realización, además de las configuraciones de acuerdo con las realizaciones primera a tercera, una parte del agua residual tratada 40 se atomiza en al menos una vía para suministrar el combustible F a la caldera 11, el interior de un horno de la caldera 11, el interior del conducto de gases de combustión D entre la caldera 11 y el calentador de aire 13, y el interior del tubo de derivación 46 y un tubo de derivación 47.

25 El sistema de control de contaminación de aire 10B ejemplificado en la figura 5 incluye la línea de agua atomizada 44 y un dispositivo de atomización de aguas residuales 45, además de la caldera 11, el equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> 12, el calentador de aire 13, el precipitador 14, el desulfurizador 15, el dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16, y la línea de agua de relleno 17. Además, el tubo de derivación 46 para conectar el conducto de gases de combustión D en un lado ascendente y en un lado descendente del equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> 12 está dispuesto en una posición paralela al equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> 12. Del mismo modo, el tubo de derivación 47 para conectar el conducto de gases de combustión D en un lado ascendente y en un lado descendente del calentador de aire 13 está dispuesto en una posición paralela al calentador de aire 13. Al tener una configuración como esta, el agua residual tratada 40 también puede atomizarse en los gases de combustión 25 que circulan en los tubos de derivación respectivos 46 y 47. Los tubos de derivación respectivos 46 y 47 están configurados de tal manera que una cantidad de los gases de combustión que circulan por los mismos supera en varios puntos porcentuales la cantidad de los gases de combustión que circulan en el conducto de gases de combustión D.

35 Una cantidad predeterminada del agua residual tratada 40, que se trata por el dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16, se devuelve al desulfurizador 15 a través de la línea de agua de relleno 17. Sin embargo, cuando hay un exceso de agua residual tratada 40 después de que el agua residual tratada 40 se devuelve al desulfurizador 15, el agua residual tratada restante 40 se suministra a la línea de agua atomizada 44, de manera que el agua residual tratada 40 se suministra a la vía para suministrar el combustible F a la caldera 11, el interior de un horno de la caldera 11, el interior del conducto de gases de combustión D, y el interior de los tubos de derivación 46 y 47 por el dispositivo de atomización de aguas residuales 45.

45 Por ejemplo, cuando la cantidad del agua residual tratada 40, que se trata por el dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16, es igual a o menor que el valor establecido de la cantidad de agua de relleno establecida de antemano, toda el agua residual tratada 40 se devuelve al desulfurizador 15 como agua de relleno. Por otro lado, cuando la cantidad del agua residual tratada 40 es más que el valor establecido de la cantidad de agua de relleno establecida de antemano, una cantidad sobrante del agua residual tratada 40 se suministra a la línea de agua atomizada 44, de manera que el dispositivo de atomización de aguas residuales 45 suministra el agua residual tratada 40 a la vía para suministrar el combustible F en la caldera 11, y en el interior de la caldera 11, el conducto de gases de combustión D, y los tubos de derivación 46 y 47. Además, cuando la cantidad del agua residual tratada 40, que se trata por el dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16, es más que la suma de un valor establecido de la cantidad de agua de relleno establecida de antemano y un valor establecido de una cantidad de agua atomizada establecida de antemano, la cantidad sobrante del agua residual tratada 40 se descarga al exterior del sistema.

50 De manera similar a las realizaciones primera a tercera, la cantidad del agua residual tratada 40 (agua de relleno) a devolverse al desulfurizador 15 se determina de acuerdo con un nivel de ajuste de la concentración de mercurio y la concentración de iones halógenos en el absorbente en el desulfurizador 15. Por otro lado, la cantidad del agua residual tratada 40 (agua de relleno) a atomizar en el interior de un horno de la caldera 11, el interior del conducto de gases de combustión D, y el interior de los tubos de derivación 46 y 47 se determina de acuerdo con la cantidad del agua residual tratada 40 producida en proporción a la cantidad tratada de los gases de combustión 25 y una cantidad límite del agua residual tratada 40 que puede descargarse al exterior del sistema.

65

Una cualquiera de las configuraciones explicadas en la primera realización (figura 2) a la tercera realización (figura 4) se aplica al dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16. Por ejemplo, cuando el dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16 incluye la unidad de separación de sólido-líquido 31 y la unidad de eliminación de mercurio 32, como se muestra en la figura 2, una parte del agua residual tratada 40A, que se trata en la unidad de eliminación de mercurio 32, se suministra a la línea de agua atomizada 44.

Además, cuando el dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16 incluye la unidad de eliminación de mercurio 32 y la unidad de eliminación de iones halógenos 50, como se muestra en la figura 3, el líquido separado 41 tratado en la unidad de eliminación de mercurio 32, o el líquido en el que el líquido concentrado 42 de iones halógenos se mezcla con el líquido separado 41, se suministra a la línea de agua atomizada 44 como el agua residual tratada 40B. Por ejemplo, cuando el agua residual tratada 40 va a atomizarse en el conducto de gases de combustión D en un lado ascendente del equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> 12, el líquido mezclado del líquido concentrado 42 de iones halógenos y el líquido separado 41 se suministra a la línea de agua atomizada 44 como el agua residual tratada 40B, y se atomiza en el conducto de gases de combustión D. En consecuencia, puede aumentarse la concentración de iones de cloro en los gases de combustión 25, permitiendo de este modo aumentar la eficiencia de conversión de cloruro de mercurio en el equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> 12. Por otro lado, cuando el agua residual tratada 40B va a atomizarse en el conducto de gases de combustión D en un lado descendente del equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> 12 y en los tubos de derivación 46 y 47, el líquido concentrado 42 de iones halógenos no se mezcla, y sólo el líquido separado 41 se suministra a la línea de agua atomizada 44 como el agua residual tratada 40B, y se atomiza en el conducto de gases de combustión D y los tubos de derivación 46 y 47. El mismo tratamiento se realiza cuando el dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16 incluye la unidad de separación de sólido-líquido 31, la unidad de eliminación de mercurio 32, la unidad de oxidación de agente auxiliar 53, y la unidad de eliminación de iones halógenos 50, como se muestra en la figura 4.

El dispositivo de atomización de aguas residuales 45 incluye un depósito de aguas residuales 48 conectado al dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16 a través de la línea de agua atomizada 44 para acumular el agua residual tratada (agua atomizada) 40, y una pluralidad de tubos de suministro de aguas residuales (unidades de suministro de aguas residuales) P0 a P5 conectados respectivamente al depósito de aguas residuales 48 para suministrar el agua residual tratada 40 acumulada en el depósito de aguas residuales 48 en la vía para suministrar el combustible F a la caldera 11, el interior de un horno de la caldera 11, el interior del conducto de gases de combustión D, y el interior de los tubos de derivación 46 y 47. Las boquillas N1 a N5 para atomizar el agua residual tratada 40 están dispuestas en los extremos de los tubos de suministro de aguas residuales P1 a P5.

Los tubos de suministro de aguas residuales P0 a P5 se instalan en las posiciones donde se hacen circular los gases de combustión de alta temperatura 25 antes de la recuperación de calor por el calentador de aire 13, es decir, en el lado ascendente del calentador de aire 13. En el ejemplo mostrado en la figura 5, el tubo de suministro de aguas residuales P1 está conectado a la caldera 11, y la boquilla N1 está instalada en el interior de un horno de la caldera 11. En concreto, la boquilla N1 está instalada en el lado de un horno o en una pared del horno en una parte superior del horno, de manera que el agua residual desulfurada 28 se atomiza desde la boquilla N1 hacia una parte de la llama en el centro del horno o encima de la llama. El tubo de suministro de aguas residuales P2 está conectado al conducto de gases de combustión D entre la caldera 11 y el equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> 12, y la boquilla N2 está instalada en el interior del conducto de gases de combustión D. El tubo de suministro de aguas residuales P3 está conectado al tubo de derivación 46 para conectar los conductos de gases de combustión D en el lado ascendente y en el lado descendente del equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> 12, y la boquilla N3 está instalada en el interior del tubo de derivación 46. El tubo de suministro de aguas residuales P4 está conectado al conducto de gases de combustión D entre el equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> 12 y el calentador de aire 13, y la boquilla N4 está instalada en el interior del conducto de gases de combustión D. El tubo de suministro de aguas residuales P5 está conectado al tubo de derivación 47 para conectar los conductos de gases de combustión D en el lado ascendente y en el lado descendente del calentador de aire 13, y la boquilla N5 está instalada en el interior del tubo de derivación 47.

Como las boquillas N1 a N5 se usa, por ejemplo, una boquilla de dos fluidos o un atomizador rotatorio. Es deseable que un diámetro de rociado de las boquillas N1 a N5 sea tal que un diámetro de partícula máximo sea igual o inferior a 200 micrómetros y un diámetro de partícula promedio sea de 30 a 70 micrómetros. En consecuencia, se mejora la eficiencia de contacto con los gases de combustión 25, permitiendo de este modo mejorar la eficiencia de evaporación.

La temperatura de los gases de combustión en un horno de la caldera 11, donde está instalada la boquilla N1, es tan alta como 800 °C a 1200 °C, que es la temperatura más alta en el sistema, y por lo tanto puede evaporarse la mayor cantidad de agua residual tratada 40. Además, la temperatura de los gases de combustión en el interior del conducto de gases de combustión D donde está instalada la boquilla N2 es de aproximadamente 500 °C, y la temperatura de los gases de combustión en el interior del conducto de gases de combustión D donde está instalada la boquilla N4 y en los tubos de derivación 46 y 47, donde están instaladas las boquillas N3 y N5, es respectivamente de aproximadamente 350 °C a 400 °C, y aunque la temperatura es más baja que en el horno de la caldera 11, el agua residual tratada 40 puede evaporarse de manera fiable. Por otro lado, la temperatura de los gases de combustión 25 que tienen que pasar a través del calentador de aire 13 disminuye a aproximadamente 150 °C, y por lo tanto el agua residual tratada 40 no puede evaporarse suficientemente.

El tubo de suministro de aguas residuales P0 está instalado en la vía para suministrar el combustible F a la caldera 11. La vía para suministrar el combustible F a la caldera 11 está, específicamente, en el interior de un sistema de suministro de combustible (no mostrado) o un tubo para conectar el sistema de suministro de combustible y la caldera 11. El agua residual tratada 40 suministrada desde el tubo de suministro de aguas residuales P0 en el combustible F se mezcla con el combustible F, se introduce en la caldera 11 junto con el combustible F, y se evapora en la caldera.

Las válvulas de apertura/cierre V0 a V5 están instaladas, respectivamente, en los tubos de suministro de aguas residuales P0 a P5, y mediante el control de un grado de apertura/cierre de las válvulas de apertura/cierre V0 a V5, se ajusta un caudal del agua residual tratada 40 a suministrar a los tubos de suministro de aguas residuales P0 a P5. El agua residual tratada 40 acumulada en el depósito de aguas residuales 48 se atomiza, respectivamente, en la vía para suministrar el combustible F a la caldera 11, el interior de un horno de la caldera 11, el interior del conducto de gases de combustión D, y el interior de los tubos de derivación 46 y 47, a través de los tubos de suministro de aguas residuales P1 a P5.

El agua residual tratada 40 atomizada desde las boquillas N1 a N5 en los gases de combustión de alta temperatura 25 se evapora para convertirse en vapor de agua, y a partir de entonces, se suministra en el desulfurizador 15 junto con los gases de combustión 25. Debido a que la temperatura en el desulfurizador 15 es tan alta como de 30 °C a 50 °C, la mayor parte del vapor de agua introducido en el desulfurizador 15 se desvolatiliza, y se mezcla con la suspensión de piedra caliza 20 en la parte inferior de columna 22. Mientras tanto, el vapor de agua, que no se desvolatiliza, se descarga desde la chimenea 27 junto con el gas purgado 26.

Como se ha descrito anteriormente, la temperatura de los gases de combustión 25 es diferente de acuerdo con las posiciones en el conducto de gases de combustión D, y la eficiencia de evaporación del agua residual desulfurada 28 también es diferente. Por lo tanto, se optimiza el grado de apertura/cierre de las válvulas V0 a V5, teniendo en consideración la eficiencia de entrega de partículas secas y la eficiencia de evaporación de los gases de combustión 25.

Como se ha explicado anteriormente, en el sistema de control de contaminación de aire 10B de acuerdo con la cuarta realización, están instalados los tubos de suministro de aguas residuales P0 a P5 que suministran el agua residual tratada 40 a al menos una vía para suministrar el combustible F a la caldera 11, el interior de un horno de la caldera 11, el interior del conducto de gases de combustión D, y el interior de los tubos de derivación 46 y 47, además de la configuración de las realizaciones primera a tercera. Al menos una parte del agua residual tratada 40, que se trata por el dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16, se devuelve al desulfurizador 15 como agua de relleno, mientras que una parte del agua residual tratada 40 se suministra a la vía para suministrar el combustible F a la caldera 11, el interior de un horno de la caldera 11, el interior del conducto de gases de combustión D o similares. Es decir, en la cuarta realización, además de devolver el agua residual tratada 40 al desulfurizador 15 como agua de relleno, una parte del agua residual tratada 40 se suministra a la caldera 11, el conducto de gases de combustión D o similares. Por lo tanto, el agua residual tratada 40, que se trata por el dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16, puede reutilizarse en un grado máximo, además de los efectos en las realizaciones primera a tercera, y toda el agua residual tratada 40 puede reutilizarse en el sistema de control de contaminación de aire 10B. Como resultado, la descarga de las aguas residuales hacia el exterior del sistema puede reducirse considerablemente o puede eliminarse por completo.

Debido a que el agua residual tratada 40 se atomiza directamente en los gases de combustión de alta temperatura 25 antes de la recuperación de calor por el calentador de aire 13, incluso si la cantidad de agua residual tratada 40 a atomizar desde las boquillas N1 a N5 es grande, el agua residual tratada 40 puede evaporarse de manera fiable, y puede aumentarse la cantidad de agua residual tratada 40 a devolverse al conducto de gases de combustión D por unidad de tiempo. Como resultado, puede aumentarse la cantidad del agua residual desulfurada 28 por unidad de tiempo, permitiendo de este modo aumentar el rendimiento de los gases de combustión por unidad de tiempo en comparación con los métodos convencionales.

Además, los tubos de derivación 46 y 47 están dispuestos, respectivamente, en posiciones paralelas al equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> 12 y el calentador de aire 13, y el agua residual tratada 40 se atomiza en los gases de combustión 25 dentro de los tubos de derivación 46 y 47 y se evapora. Por lo tanto, cuando hay una posibilidad de que se generen partículas secas tales como cenizas debido a la evaporación del agua residual tratada 40, que pasa a través del equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> 12 y el calentador de aire 13 para disminuir los efectos de estos dispositivos, las partículas secas pueden entregarse de manera eficiente en el lado descendente del equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> 12 y el calentador de aire 13 a través de los tubos de derivación respectivos 46 y 47.

La configuración del dispositivo de atomización de aguas residuales 45 mostrado en la figura 5 es sólo un ejemplo, y el número de posiciones de instalación de los tubos de suministro de aguas residuales P0 a P5 no se limitan a la misma, y pueden cambiarse adecuadamente de acuerdo con la cantidad del agua residual tratada 40 y el tipo de gases de combustión 25. Es decir, los tubos de suministro de aguas residuales P0 a P5 solo necesitan instalarse al menos en una posición de la vía para suministrar el combustible F a la caldera 11, el interior de un horno de la caldera 11, el conducto de gases de combustión D desde una salida de la caldera 11 a una entrada del calentador

de aire, y los tubos de derivación 46 y 47.

Además, cuando las sustancias perjudiciales y el contenido de sólidos están contenidos en el agua residual tratada 40 sólo en una pequeña cantidad, e incluso si el agua residual tratada 40 se atomiza en el conducto de gases de combustión D en el lado ascendente del equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> 12 y el calentador de aire 13, no hay posibilidad de que disminuyan los efectos de estos dispositivos y no es necesario proporcionar los tubos de derivación 46 y 47. En el dispositivo de atomización de aguas residuales 45 mostrado en la figura 5, el agua residual tratada 40 procedente del dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16 se acumula temporalmente en el depósito de aguas residuales 48, y el agua residual tratada 40 se suministra desde el depósito de aguas residuales 48 a los tubos de suministro de aguas residuales P0 a P5. Sin embargo, el agua residual tratada 40 suministrada desde el dispositivo de tratamiento de aguas residuales 16 a través de la línea de agua atomizada 44 puede suministrarse directamente a los tubos de suministro de aguas residuales P0 a P5.

### Aplicabilidad Industrial

Como se ha descrito anteriormente, de acuerdo con el sistema de control de contaminación de aire y el método de control de contaminación de aire de la presente invención, debido a que es posible disminuir la concentración de mercurio en un absorbente en un desulfurizador, puede evitarse la dispersión de mercurio en los gases de combustión en el desulfurizador.

### Lista de signos de referencia

- 10A, 10B sistema de control de contaminación de aire
- 11 caldera
- 25 12 equipo de eliminación de NO<sub>x</sub>
- 13 calentador de aire
- 14 precipitador
- 15 desulfurizador
- 30 16 dispositivo de tratamiento de aguas residuales
- 17 línea de agua de relleno (unidad de retorno de aguas residuales tratadas)
- 18 sistema de suministro de HCl
- 19 cloruro de hidrógeno
- 20 suspensión de piedra caliza
- 35 21 sistema de suministro de suspensión de piedra caliza
- 22 parte inferior de columna
- 23 boquilla
- 24 parte superior de columna
- 26 gas purgado
- 27 chimenea
- 40 28 agua residual desulfurada
- 29 línea de aguas residuales desulfuradas
- 31 unidad de separación de sólido-líquido
- 32 unidad de eliminación de mercurio
- 40 aguas residuales tratadas (40A, 40B, 40C)
- 45 44 línea de agua atomizada
- 45 dispositivo de atomización de aguas residuales
- 46,47 tubo de derivación
- 48 depósito de aguas residuales
- 50 50 unidad de eliminación de iones halógenos
- 53 unidad de oxidación de agente auxiliar
- P0, P1, P2, P3, P4, P5 tubos de suministro de aguas residuales (unidad de suministro de aguas residuales)
- N1, N2, N3, N4, N5 boquillas
- F combustible

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de control de contaminación de aire (10A; 10B) que comprende:

- 5 una caldera (11) que quema el combustible;  
 un equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> (12) que descompone los óxidos de nitrógeno en los gases de combustión descargados de la caldera (11); y  
 un desulfurizador (15) que hace que los óxidos de azufre en los gases de combustión que tienen que pasar a través del equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> (12) se absorban por un absorbente, reduciendo de este modo los  
 10 óxidos de azufre en los gases de combustión;  
 un dispositivo de tratamiento de aguas residuales (16) que incluye una unidad de separación de sólido-líquido (31) que separa las aguas residuales (28) descargadas del desulfurizador (15) en una fracción sólida y una fracción líquida, y una unidad de eliminación de mercurio (32) que elimina el mercurio en las aguas residuales (28); y  
 15 una unidad de retorno de aguas residuales tratadas (17) que devuelve al menos una parte de las aguas residuales tratadas, que se tratan por el dispositivo de tratamiento de aguas residuales (16), al desulfurizador (15), estando el sistema de control de contaminación de aire (10A, 10B) **caracterizado por que**

20 la unidad de eliminación de mercurio (32) incluye una unidad de separación que separa los sólidos de mercurio de las aguas residuales (28) añadiendo un adyuvante de coagulación en las aguas residuales (28) para solidificar el mercurio  
 el adyuvante de coagulación es un sulfuro, y  
 el dispositivo de tratamiento de aguas residuales (16) incluye una unidad de oxidación de agente auxiliar (53) que oxida el adyuvante de coagulación contenido en el líquido separado en el que se han separado los sólidos de  
 25 mercurio.

2. El sistema de control de contaminación de aire (10A; 10B) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el dispositivo de tratamiento de aguas residuales (16) incluye una unidad de eliminación de iones halógenos (50) que elimina los iones halógenos en las aguas residuales (28).

3. El sistema de control de contaminación de aire (10A; 10B) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además:

35 un calentador de aire (13) dispuesto entre el equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> (12) y el desulfurizador (15) para recuperar el calor de los gases de combustión; y  
 una unidad de suministro de aguas residuales (P0-P5) instalada al menos en una posición de una vía para suministrar combustible a la caldera (11), en el interior de la caldera (11), y en el interior de un conducto de gases de combustión entre la caldera (11) y el calentador de aire (13), para suministrar una parte de las aguas residuales tratadas que se tratan por el dispositivo de tratamiento de aguas residuales (16).

4. El sistema de control de contaminación de aire (10A; 10B) de acuerdo con la reivindicación 3, en el que un tubo de derivación (46, 47) está dispuesto al menos en una posición paralela al equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> (12) o en paralelo al calentador de aire (13), y la unidad de suministro de aguas residuales (P0-P5) está dispuesta en el tubo de derivación (46, 47).

5. Un método de control de contaminación de aire que comprende:

- 50 una etapa de eliminación de NO<sub>x</sub> para descomponer los óxidos de nitrógeno en los gases de combustión descargados de una caldera (11) que quema el combustible mediante el equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> (12);  
 una etapa de desulfuración para hacer que los óxidos de azufre en los gases de combustión que tienen que pasar a través del equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> (12) se absorban por un absorbente en un desulfurizador (15), reduciendo de este modo los óxidos de azufre en los gases de combustión;  
 una etapa de tratamiento de aguas residuales que incluye una etapa de separación de sólido-líquido para separar las aguas residuales (28) descargadas del desulfurizador (15) en una fracción sólida y una fracción líquida, y una etapa de eliminación de mercurio para eliminar el mercurio en las aguas residuales (28); y  
 55 una etapa de retorno de aguas residuales tratadas para devolver al menos una parte de las aguas residuales tratadas, que se tratan en la etapa de tratamiento de aguas residuales, al desulfurizador (15),

estando el método **caracterizado por que**  
 60 la etapa de eliminación de mercurio en la etapa de tratamiento de aguas residuales es una etapa para separar los sólidos de mercurio de las aguas residuales (28) añadiendo un adyuvante de coagulación en las aguas residuales (28) para solidificar el mercurio,  
 el adyuvante de coagulación es un sulfuro, y  
 la etapa de tratamiento de aguas residuales incluye una etapa de oxidación para oxidar el adyuvante de coagulación contenido en el líquido separado en el que se han separado los sólidos de mercurio.

6. El método de control de contaminación de aire de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la etapa de tratamiento de aguas residuales incluye una etapa de eliminación de iones halógenos para eliminar los iones halógenos en las aguas residuales (28).
- 5 7. El método de control de contaminación de aire de acuerdo con la reivindicación 5, en el que un calentador de aire (13) que recupera el calor de los gases de combustión está dispuesto entre el equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> (12) y el desulfurizador (15); y  
el método de control de contaminación de aire comprende, además, una etapa de suministro de aguas residuales para suministrar una parte de las aguas residuales tratadas, que se tratan en la etapa de tratamiento de aguas  
10 residuales, a al menos una vía para suministrar combustible a la caldera (11), en el interior de la caldera (11), y en el interior de un conducto de gases de combustión entre la caldera (11) y el calentador de aire (13).
8. El método de control de contaminación de aire de acuerdo con la reivindicación 7, en el que un tubo de derivación  
15 (46, 47) está dispuesto al menos en una posición paralela al equipo de eliminación de NO<sub>x</sub> (12) o en paralelo al calentador de aire (13), y las aguas residuales tratadas se suministran al interior del tubo de derivación (46, 47).

FIG.1

SISTEMA DE CONTROL DE CONTAMINACIÓN DE AIRE

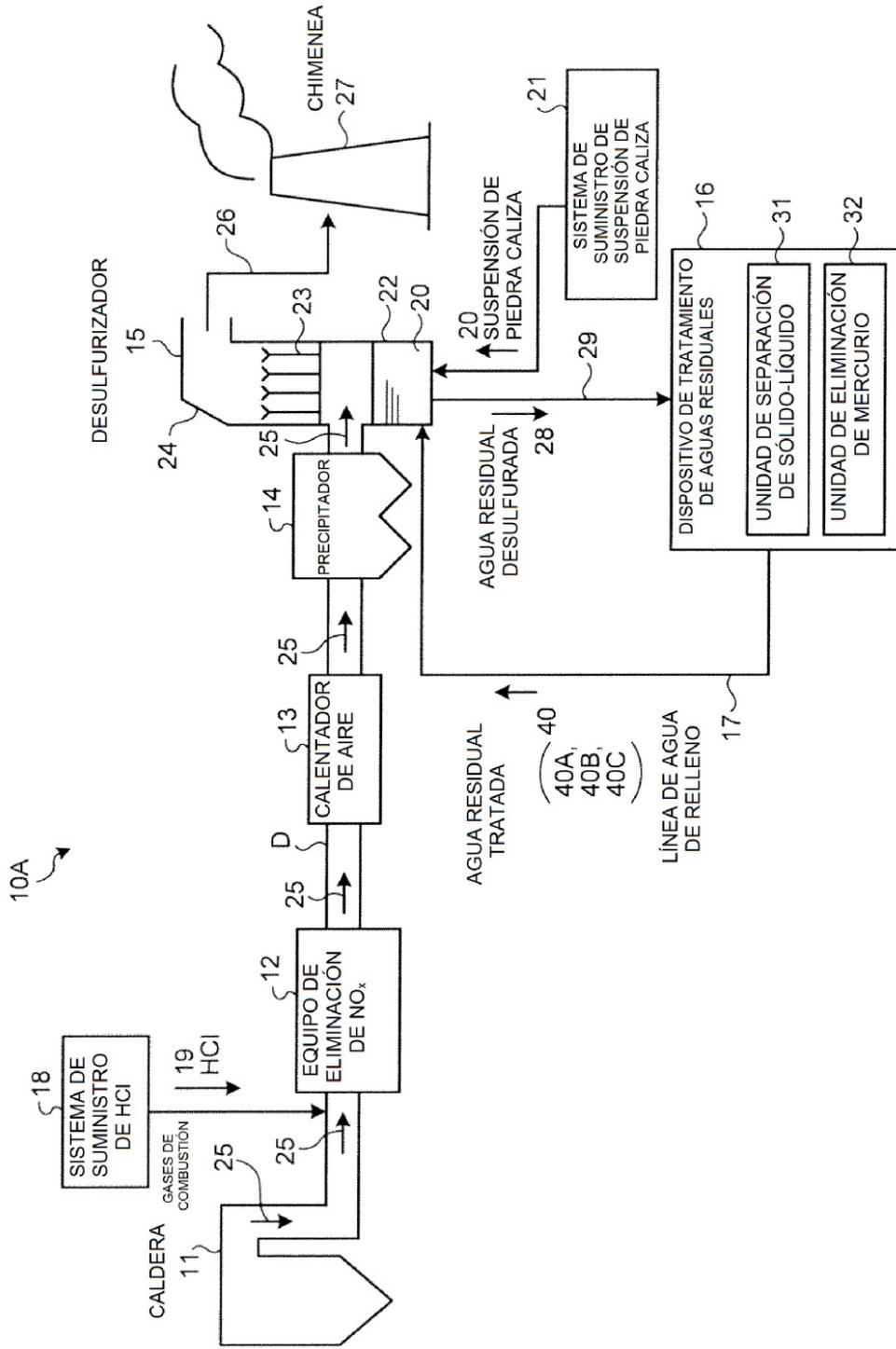




FIG.3

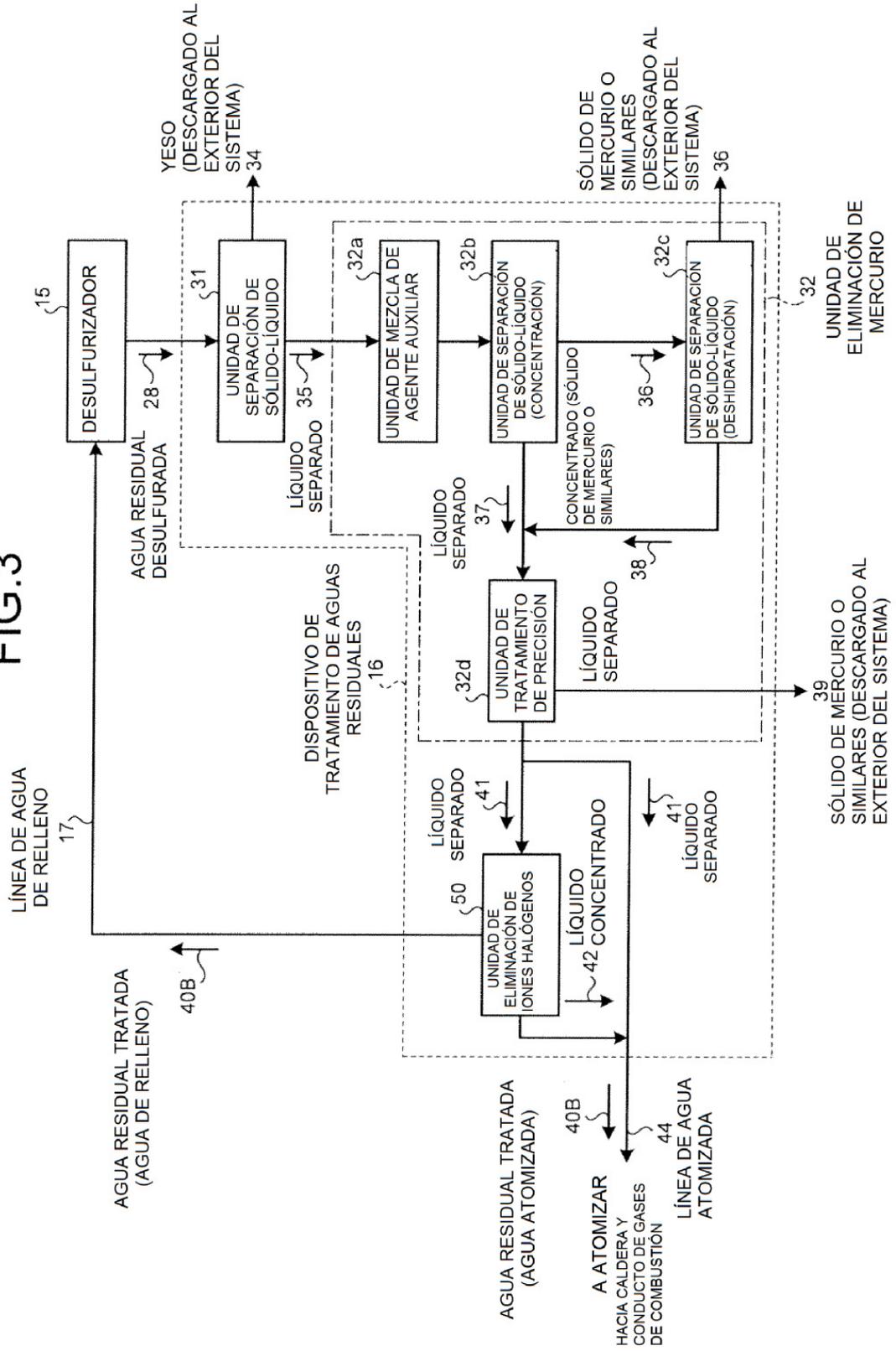


FIG.4

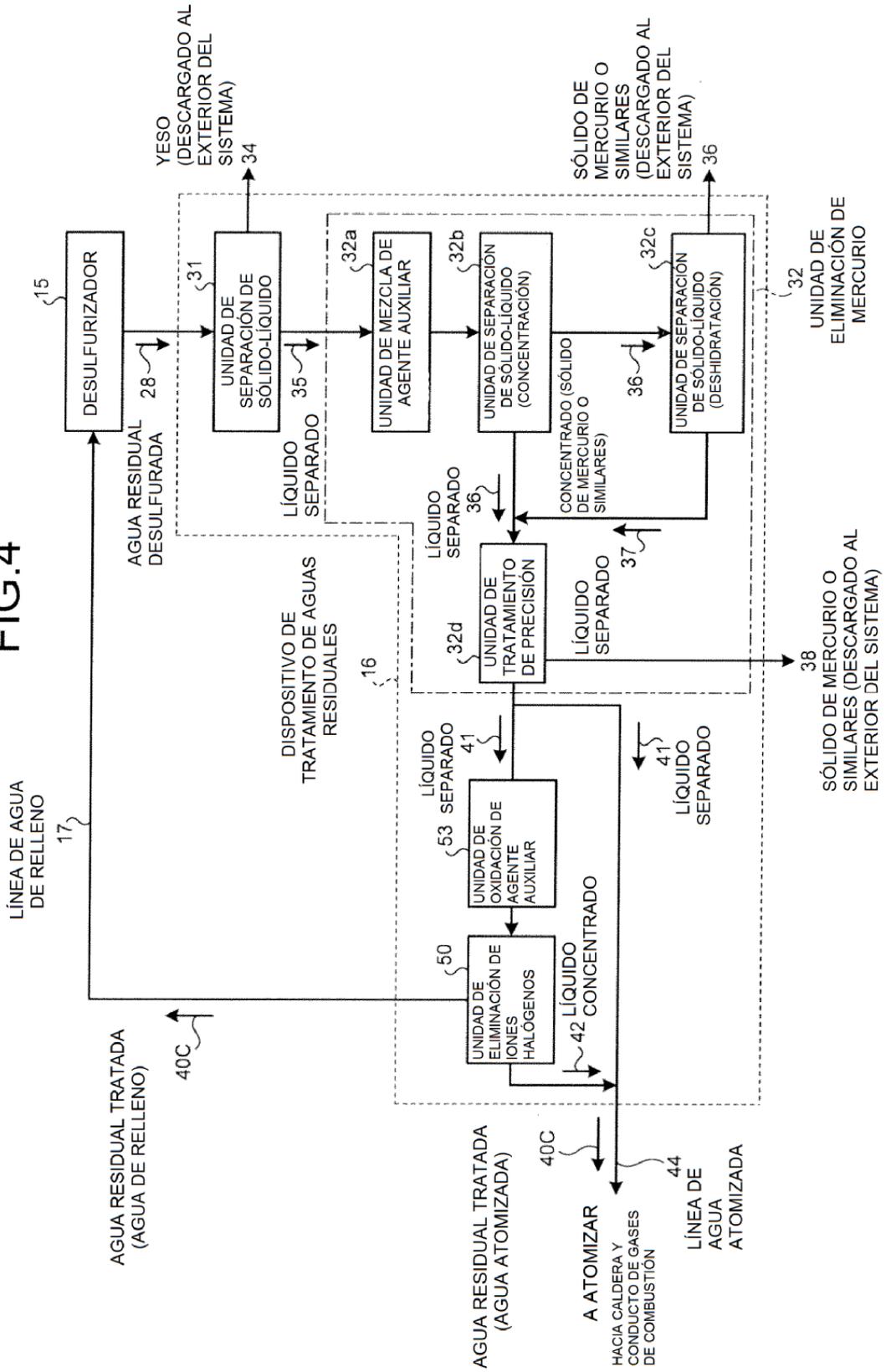


FIG.5

