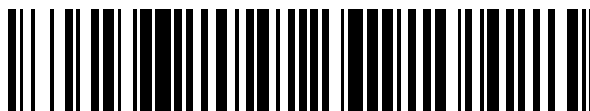


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 626 308**

51 Int. Cl.:

**B01D 53/64** (2006.01)  
**B01D 53/50** (2006.01)  
**B01D 53/75** (2006.01)  
**B01D 53/86** (2006.01)  
**B01D 53/90** (2006.01)  
**B01F 5/04** (2006.01)  
**F23J 15/02** (2006.01)  
**B01F 5/06** (2006.01)  
**B01F 3/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.08.2010 PCT/JP2010/063672**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **10.02.2011 WO11016584**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.08.2010 E 10806581 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.03.2017 EP 2463015**

54 Título: **Dispositivo de control de la polución del aire**

30 Prioridad:

**05.08.2009 JP 2009182709**  
**08.12.2009 JP 2009278759**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**24.07.2017**

73 Titular/es:

**mitsubishi hitachi power systems, ltd.**  
**(100.0%)**  
**3-1, Minatomirai 3-chome, Nishi-ku**  
**Yokohama 220-8401, JP**

72 Inventor/es:

**SHIJO, RIKUMA;**  
**SAKATA, NOBUYASU;**  
**KUSHIOKA, KIYONORI;**  
**MURAKAMI, MORITOSHI y**  
**UKAI, NOBUYUKI**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

ES 2 626 308 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

Dispositivo de control de la polución del aire

### 5 **Campo**

La presente invención se refiere a un dispositivo de control de la polución del aire para la realización de un tratamiento de oxidación del mercurio contenido en un gas de escape descargado desde una caldera u otro similar.

### 10 **Antecedentes**

Un gas de escape de combustión de carbón o gas de escape generado cuando se queman aceites pesados contiene a veces mercurio metálico ( $Hg^0$ ) además de hollín y polvo, óxidos de azufre ( $SO_x$ ) y óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ). En los últimos años, se han concebido varios métodos y dispositivos para el tratamiento de este mercurio metálico en combinación con un dispositivo de desnitración para la reducción del  $NO_x$  y un dispositivo de desulfuración por vía húmeda que usa un absorbente alcalino como un absorbente del  $SO_x$ .

Como un método para el tratamiento de mercurio metálico en un gas de escape, se ha sugerido un sistema en el que se pulveriza una solución de amoníaco ( $NH_3$ ) en un conducto de gas de escape sobre un lado aguas arriba de un dispositivo de desnitración a alta temperatura de modo que realice la reducción y desnitración; un agente auxiliar de oxidación tal como una solución de ácido clorhídrico ( $HCl$ ) también se pulveriza de modo que oxide (cloración) el mercurio sobre un catalizador de desnitración para obtener un cloruro de mercurio soluble en agua; y la cantidad de mercurio se reduce a continuación mediante un dispositivo de desulfuración por vía húmeda dispuesto en un lado aguas abajo (por ejemplo véase la bibliografía 1 de Patente).

Además, como un método para suministrar  $HCl$ , ha habido un método en el que se vaporiza una solución de ácido clorhídrico ( $HCl$ ) usando un carburador de cloruro de hidrógeno ( $HCl$ ) para obtener un gas de cloruro de hidrógeno ( $HCl$ ); y después de ajustarlo en una mezcla de gas que contiene  $HCl$  con una concentración predeterminada, el gas mezclado se dispersa en un conducto de gas de escape de modo que también se pulverice uniformemente dentro del gas de escape que contiene mercurio (por ejemplo, véase la bibliografía 2 de Patente).

Además, como otro método para suministrar  $HCl$ , ha habido un método en el que se añade un cloruro de amonio ( $NH_4Cl$ ) en polvo al conducto de gas de escape en un lado aguas arriba de un dispositivo de desnitración; el  $NH_4Cl$  se sublima en el ambiente a la alta temperatura del gas de escape, de modo que se gasifican respectivamente el  $HCl$  y el amoníaco ( $NH_3$ ); y el gas  $HCl$  gasificado y el gas  $NH_3$  se mezclan con el gas de escape (por ejemplo, véase la bibliografía 3 de Patente).

Con los métodos para tratamiento de mercurio metálico en un gas de escape tales como los que se han descrito anteriormente, cuando se usa una solución de ácido clorhídrico, existe un problema porque se requiere un gran cuidado y coste en su transporte, manejo y otros similares dado que el ácido clorhídrico es una sustancia peligrosa. Además, cuando se usa un carburador de  $HCl$ , se requiere vapor u otro similar como fuente de calor. Por ello, existe un problema porque se requieren costes para la instalación, operación, mantenimiento y otros similares del carburador de  $HCl$  y otros similares. Adicionalmente, cuando se usa  $NH_4Cl$  en polvo, necesita reducirse un diámetro de partículas del mismo para su dispersión. Por ello, existe un problema porque el manejo del mismo es difícil y no es fácil el control de la cantidad pulverizada del mismo.

### **Lista de menciones**

Bibliografía de patente

Bibliografía 1 de Patente: Solicitud de Patente Japonesa Abierta a Inspección Pública N.º Hei. 10-230137

Bibliografía 2 de Patente: Solicitud de Patente Japonesa Abierta a Inspección Pública N.º 2007-167743

Bibliografía 3 de Patente: Solicitud de Patente Japonesa Abierta a Inspección Pública N.º 2008-221087

### 55 **Sumario**

#### **Problema técnico**

A la vista de esto, para oxidar  $Hg^0$  con un catalizador de desnitración, se ha estudiado en los últimos años un método para pulverización de una solución de cloruro de amonio ( $NH_4Cl$ ) en un lado aguas arriba de un dispositivo de desnitración. En comparación con el método que usa una solución de ácido clorhídrico como en la técnica convencional, la peligrosidad de la solución de  $NH_4Cl$  es pequeña, y el transporte y manejo de la misma es por lo tanto fácil. Adicionalmente, dado que no hay necesidad de una instalación tal como un carburador para la pulverización del líquido, puede reducirse el coste. Un sistema de escape que usa cloruro de amonio líquido es conocido por el documento JP 2009-154067 A.

Se muestra en la FIG. 30 un diagrama esquemático de un sistema de control de la polución del aire para el gas de escape descargado de una caldera. Como se muestra en la FIG. 30, el sistema de control de la polución del aire 100 incluye: un dispositivo de pulverización de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  105 para pulverización de una solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  103 dentro del gas de escape 102 en un conducto de gas de escape 104, conteniendo el gas de escape 102  $\text{NO}_x$  y  $\text{Hg}^0$  descargados desde una caldera 101 para suministro de carbón como combustible; un dispositivo de reducción-desnitración 106 que incluye un catalizador de desnitración para la reducción del  $\text{NO}_x$  y la oxidación del  $\text{Hg}^0$ ; y un dispositivo de desulfuración 107 para la reducción de la cantidad de  $\text{HgCl}$  oxidado en el gas de escape 102. La solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  103 se pulveriza desde un tanque de solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  108 dentro del gas de escape 102 descargado desde la caldera 101 mediante toberas de pulverización 109. La solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  103 se gasifica, de modo que se mezclen un gas  $\text{NH}_3$  y un gas  $\text{HCl}$  con el gas de escape 102. Posteriormente, el gas de escape 102 se suministra al dispositivo de reducción-desnitración 106 para realizar la reducción del  $\text{NO}_x$  y la oxidación del  $\text{Hg}^0$  mediante un catalizador de desnitración en el dispositivo de reducción-desnitración 106. A continuación, el gas de escape 102, después de la eliminación del  $\text{NO}_x$ , intercambia calor con el aire 111 mediante un precalentador de aire (calentador de aire) 110 para recuperar el calor. A continuación, el gas de escape 102 se suministra a un precipitador electrónico 112, y se eliminan el hollín y polvo en el gas de escape 102 después de la recuperación del calor. El gas de escape 102 se suministra al dispositivo de desulfuración 107, poniéndole en un contacto gas-líquido con un lodo de cal y yeso 113 que se suministra al dispositivo de desulfuración 107 para reducir las cantidades de  $\text{SO}_x$  y  $\text{Hg}$ , y se descarga al exterior como un gas purgado 114 de una chimenea 115.

Además, se mide una concentración de  $\text{NO}_x$  en el gas de escape 102 mediante un medidor de  $\text{NO}_x$  116 dispuesto en el lado aguas arriba del dispositivo de reducción-desnitración 106 en el conducto de gas de escape 104, y se mide la concentración de  $\text{Hg}$  mediante un medidor de concentración de  $\text{Hg}$  117 dispuesto en el lado aguas abajo del dispositivo de desulfuración 107. Basándose en los valores medidos de la concentración de  $\text{NO}_x$  y la concentración de  $\text{Hg}$  medidas, se calcula una cantidad de suministro y una concentración de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  103 a ser suministrada desde el tanque de solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  108 por parte de una unidad aritmética 118. Basándose en la cantidad y concentración de suministro calculadas de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  103, se controla una cantidad de suministro de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  103 a ser suministrada al interior del conducto de gas de escape 104 por medios de control 119.

Además, se mide un potencial de oxidación-reducción mediante un dispositivo de medición del potencial de oxidación-reducción 120 dispuesto en una parte inferior del dispositivo de desulfuración 107 y se ajusta una cantidad de suministro de aire 121, impidiendo de ese modo la reducción y dispersión del óxido de mercurio.

Como se ha descrito anteriormente, la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  103 se suministra al interior del gas de escape 102 y, en consecuencia, puede reducirse la cantidad de  $\text{NO}_x$  en el gas de escape 102 y puede oxidarse el  $\text{Hg}$ .

En este caso, de acuerdo con el sistema de control de la polución del aire 100 mostrado en la FIG. 30, cuando se pulveriza la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  103, si se adhiere la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  103 a una superficie de la pared del conducto del gas de escape 104 o una estructura del conducto del gas de escape 104 antes de la gasificación del mismo, existe la posibilidad de una rotura u otro similar debido a corrosión, deposición de cenizas, y choques térmicos. Por ello, tal como se muestra en la FIG. 31, es necesario disponer las toberas de pulverización 109 en posiciones a una cierta distancia de separación del borde de la superficie de la pared del conducto del gas de escape 104.

Sin embargo, si las toberas de pulverización 109 se pulverizan desde las posiciones a una cierta distancia de separación del borde de la pared del conducto del gas de escape 104, la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  103 no puede pulverizarse al interior del conducto del gas de escape 104 uniformemente. Por lo tanto, la concentración de  $\text{NH}_3$  después de las gasificaciones del  $\text{NH}_3$  y  $\text{HCl}$  producidas a partir de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  103 se convierte en irregular, dando como resultado un problema ya que se deteriora la capacidad de desnitración.

A la vista de los problemas anteriormente descritos, un objeto de la presente invención es proporcionar un dispositivo de control de la polución del aire capaz de suministrar uniformemente un agente reductor y un agente de cloración del mercurio al interior de un conducto de gas de escape sin irregularidades de concentración y capaz de mantener la capacidad de eliminación de mercurio y la capacidad de reducción de óxido de nitrógeno.

## 55 Solución al problema

Para resolver los problemas anteriormente descritos, pueden emplearse las siguientes configuraciones. De acuerdo con un aspecto de la presente invención, un dispositivo de control de la polución del aire para reducir las cantidades de un óxido de nitrógeno y mercurio contenido en un gas de escape de una caldera, comprendiendo el dispositivo:

60 una unidad de suministro de agente auxiliar de reducción-oxidación para pulverización en un estado líquido de un agente auxiliar de reducción-oxidación que produce un gas oxidante y un gas reductor tras la gasificación del mismo en el interior de un conducto de gas de escape en un lado aguas abajo de la caldera;

65 una unidad de mezcla proporcionada en un lado aguas abajo de una zona en donde se gasifica el agente auxiliar de reducción-oxidación, para el fomento de la mezcla del gas oxidante y del gas reductor, que se producen tras la gasificación del agente auxiliar de reducción-oxidación, con el gas de escape;

una unidad de reducción-desnitración que incluye un catalizador de desnitración para la reducción de un óxido de nitrógeno en el gas de escape con el gas de reducción y para la oxidación del mercurio bajo la coexistencia con el gas de oxidación; y

5 una unidad de desulfuración por vía húmeda para la reducción de la cantidad de mercurio oxidado en la unidad de reducción-desnitración usando un absorbente alcalino

caracterizado por que comprende una pluralidad de aletas directoras proporcionadas con los elementos auxiliares de fomento de la mezcla y dispuestas sobre el lado aguas arriba del dispositivo de reducción-nitración y aguas abajo de la unidad de mezcla para el fomento de la mezcla del gas HCl y del gas NH<sub>3</sub> dentro del gas de escape, consistiendo  
10 los elementos auxiliares de fomento de la mezcla en una pluralidad de elementos con forma de placa que se extienden en una dirección perpendicular a las nervaduras para la conexión entre la pluralidad de aletas directoras para la perturbación del flujo de gas del gas de escape.

15 Ventajosamente, en el dispositivo de control de la polución del aire, el agente auxiliar de reducción-oxidación es cloruro de amonio.

Ventajosamente, en el dispositivo de control de la polución del aire, la unidad de mezcla incluye una unidad que incluye una pluralidad de elementos de inducción de flujo vorticial para la generación de un flujo vorticial en el gas de escape, estando dispuestos los elementos de inducción de flujo vorticial de modo que estén perpendiculares a una  
20 dirección de flujo del gas de escape.

Ventajosamente, en el dispositivo de control de la polución del aire, la unidad de mezcla se forma proporcionando una pluralidad de las unidades en la dirección del flujo del gas de escape.

25 Ventajosamente, en el dispositivo de control de la polución del aire, el elemento de inducción del flujo vorticial incluye: un par de primeras placas de inducción de flujo vorticial que tienen superficies opuestas sobre un lado de entrada del gas de escape; y un par de segundas placas de inducción del flujo vorticial que tienen superficies opuestas sobre un lado de descarga del gas de escape, y en una parte de conexión a la que se conectan la primera placa de inducción de flujo vorticial y la segunda placa de inducción de flujo vorticial, la primera placa de inducción  
30 de flujo vorticial y la segunda placa de inducción de flujo vorticial se conectan a la misma de modo que las superficies opuestas de las mismas se dirijan de modo diferente.

Ventajosamente, en el dispositivo de control de la polución del aire, una anchura L y una altura D del elemento de inducción de flujo vorticial están dentro de intervalos definidos por las siguientes expresiones:

$$35 \text{MÍN}(B, H) / 10 \leq L \leq \text{MÍN}(B, H) \quad \dots (1)$$

$$\text{MÍN}(B, H) / 10 \leq D \leq 5 \times \text{MÍN}(B, H) \quad \dots (2)$$

40 en las que B indica la longitud de un lado en una sección transversal del conducto de gas de escape en una posición de instalación del mismo, H indica una longitud del otro lado en la sección transversal del conducto de gas de escape, y MÍN(B, H) indica un valor de una longitud de un lado más corto de la longitud B de un lado en la sección transversal en el conducto de gas de escape y la longitud H del otro lado en la sección transversal del conducto de gas de escape.

45 Ventajosamente, en el dispositivo de control de la polución del aire, incluye adicionalmente uno o ambos de entre una unidad de suministro de gas amoniaco para suministro de un gas amoniaco dentro del conducto de gas de escape y una unidad de suministro de gas de cloruro de hidrógeno para suministro de un gas de cloruro de hidrógeno dentro del conducto de gas de escape, que se proporcionan entre la unidad de suministro del agente  
50 auxiliar de reducción-oxidación y la unidad de reducción-desnitración.

### Efectos ventajosos de la invención

De acuerdo con la presente invención, se fomenta la mezcla de gas de oxidación y gas de reducción, que se  
55 generan con la gasificación del agente auxiliar de reducción-oxidación, con el gas de escape sobre el lado aguas abajo de la zona en donde se gasifica el agente auxiliar de reducción-oxidación. Por lo tanto, el gas de oxidación y el gas de reducción pueden suministrarse uniformemente dentro del conducto de gas de escape sin irregularidades de concentración. Por ello, es posible poseer una capacidad de oxidación de mercurio y mantener una capacidad de reducción de óxido de nitrógeno en el dispositivo de reducción-desnitración. Es posible también impedir una rotura  
60 del conducto de gas de escape o una estructura en el conducto de gas de escape debido a que tengan lugar choques térmicos, corrosión, deposición de cenizas en el gas de escape y otros similares.

### Breve descripción de los dibujos

65 La FIG. 1 es un diagrama esquemático que muestra la configuración de un dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con una primera realización de la presente invención.

La FIG. 2 es un diagrama que muestra parte de la configuración del dispositivo de control de la polución del aire.  
La FIG. 3 es un diagrama que ilustra un ángulo de inyección de una solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  pulverizada desde una tobera de pulverización con respecto al conducto de gas de escape.

La FIG. 4 es un diagrama que muestra un ejemplo de la configuración del medio de suministro de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

La FIG. 5 es un diagrama que muestra un ejemplo de inserción de las toberas de pulverización en el interior del conducto de gas de escape.

La FIG. 6 es un diagrama que muestra otro ejemplo de inserción de las toberas de pulverización dentro del conducto de gas de escape.

La FIG. 7 es una vista en planta que muestra un ejemplo de un mezclador.

La FIG. 8 es una vista en planta de un elemento de inducción de flujo vorticial que forma el mezclador.

La FIG. 9 es una vista frontal del elemento de inducción de flujo vorticial.

La FIG. 10 es una vista en perspectiva del elemento de inducción de flujo vorticial.

La FIG. 11 es un diagrama esquemático que muestra un flujo de gas de un gas de escape cuando el mezclador se instala dentro del conducto de gas de escape.

La FIG. 12 es una vista parcial ampliada de la FIG. 11.

La FIG. 13 es un diagrama que muestra esquemáticamente un ejemplo de la distribución de concentración de gas  $\text{NH}_3$  en el gas de escape cuando el mezclador no se instala dentro del conducto de gas de escape.

La FIG. 14 es un diagrama que muestra esquemáticamente un ejemplo de la distribución de concentración de gas  $\text{NH}_3$  en el gas de escape cuando se instala el mezclador dentro del conducto de gas de escape.

La FIG. 15 es un diagrama que muestra la relación entre una caída de presión del mezclador y una dimensión del mezclador.

La FIG. 16 es un diagrama que muestra una sección transversal de un conducto de gas de escape de un dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con una segunda realización (no parte de la presente invención) tal como se ve desde una dirección de flujo del gas de escape.

La FIG. 17 es un diagrama que muestra una sección transversal del conducto de gas de escape de un dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con una tercera realización (no parte de la presente invención) tal como se ve desde una dirección de flujo del gas de escape.

La FIG. 18 es un diagrama que muestra la configuración de la tobera de pulverización en una forma simplificada.

La FIG. 19 es una vista ampliada parcial de la tobera de pulverización.

La FIG. 20 es un diagrama que muestra una sección transversal de un conducto de gas de escape de un dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con una cuarta realización (no parte de la presente invención) tal como se ve desde una dirección de flujo del gas de escape.

La FIG. 21 es un diagrama que muestra un conducto de gas de escape de un dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con una quinta realización (no parte de la presente invención) tal como se ve desde una dirección del lado corto del mismo.

La FIG. 22 es un diagrama que muestra el conducto de gas de escape tal como se ve desde una dimensión del lado largo del mismo.

La FIG. 23 es un diagrama que muestra un conducto de gas de escape de un dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con una sexta realización (no parte de la presente invención) tal como se ve desde una dirección del lado corto del mismo.

La FIG. 24 es un diagrama que muestra el conducto de gas de escape tal como se ve desde una dirección del lado largo del mismo.

La FIG. 25 es un diagrama que muestra el conducto de gas de escape tal como se ve desde la dirección del lado corto del mismo.

La FIG. 26 es un diagrama que muestra el conducto de gas de escape tal como se ve desde una dirección del lado largo del mismo.

La FIG. 27 es un diagrama que muestra parte de un dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la presente invención.

La FIG. 28 es una vista en perspectiva parcial ampliada que muestra el área del símbolo de referencia Z en la FIG. 27.

La FIG. 29 es un diagrama que muestra la configuración de un dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con una octava realización (no parte de la presente invención) de una forma simplificada.

La FIG. 30 es un diagrama que muestra un diagrama esquemático de un sistema de control de la polución del aire para el gas de escape descargado desde una caldera.

La FIG. 31 es un diagrama que muestra una disposición de las toberas de pulverización tal como se ve desde una dirección de flujo del gas de escape en un conducto de gas de escape.

### Descripción de realizaciones

La presente invención se describirá en detalle a continuación con referencia a los dibujos. Nótese que la presente invención no está limitada a esas realizaciones. Además, los elementos constituyentes en las siguientes realizaciones incluyen aquellos que pueden concebirse fácilmente por los expertos en la materia o aquellos sustancialmente iguales.

[Primera realización]

Se describirá un dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con una primera realización de la presente invención con referencia a los dibujos.

5 La FIG. 1 es un diagrama esquemático que muestra la configuración del dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la primera realización de la presente invención. La FIG. 2 es un diagrama que muestra parte de la configuración del dispositivo de control de la polución del aire.

10 Como se muestra en las FIGS. 1 y 2, un dispositivo de control de la polución del aire 10 de acuerdo con la presente realización es un dispositivo de control de la polución del aire para la reducción de las cantidades de óxido de nitrógeno (NOx) y mercurio (Hg) contenidos en el gas de escape 12 de una caldera 11. El dispositivo 10 incluye: un medio de suministro de la solución de cloruro de amonio (NH<sub>4</sub>Cl) (medio de suministro del agente auxiliar de reducción-oxidación) 16 para la pulverización, en un estado líquido, de la solución de cloruro de amonio (NH<sub>4</sub>Cl) 14 que contiene cloruro de amonio (NH<sub>4</sub>Cl) como un agente auxiliar de reducción-oxidación mediante una tobera de pulverización 15 en un conducto de gas de escape 13 aguas abajo de la caldera 11; un mezclador (medio de mezcla) 17, que se proporciona sobre el lado aguas abajo de la zona en donde se gasifica el NH<sub>4</sub>Cl, para fomento de la mezcla, con el gas de escape 12, de gas cloruro de hidrógeno (HCl), un gas de oxidación y un gas amoniaco (NH<sub>3</sub>) como un gas de reducción que se produce cuando se gasifica el NH<sub>4</sub>Cl; un dispositivo de reducción-desnitración (medio de reducción-desnitración) 18 que incluye un catalizador de desnitración para la reducción del NOx en el gas de escape 12 con un gas NH<sub>3</sub> y para la oxidación del Hg bajo la coexistencia con un gas HCl; un intercambiador de calor (calentador de aire) 19 para la realización de un intercambio de calor del gas de escape desnitrado 12; un precipitador 20 para la reducción de las cantidades de hollín y polvo en el gas de escape desnitrado 12; y un dispositivo de desulfuración por vía húmeda 22 para la reducción de la cantidad de Hg oxidado en el dispositivo de reducción-desnitración 18 usando un lodo de caliza y yeso 21 como un absorbente alcalino.

Nótese que aunque se use NH<sub>4</sub>Cl como un agente auxiliar de reducción-oxidación en el dispositivo de control de la polución del aire 10 de acuerdo con la presente realización, la presente invención no está limitada al mismo. Puede usarse cualquier agente auxiliar de reducción-oxidación siempre que genere un gas de oxidación y un gas de reducción cuando se gasifica.

Además, el agente auxiliar de reducción-oxidación usado en la presente invención se refiere a uno que funciona como un agente auxiliar de oxidación usado para la oxidación de mercurio (Hg) bajo la coexistencia con un gas de oxidación y un agente de reducción para la reducción de NOx mediante un gas de reducción. En la presente realización, se usa el gas HCl como el gas de oxidación, y se usa el gas NH<sub>3</sub> como el gas de reducción.

La solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 se suministra al gas de escape 12 descargado desde la caldera 11 mediante el medio de suministro de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 16. El medio de suministro de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 16 incluye la tobera de pulverización 15. La tobera de pulverización 15 incluye: una tubería de suministro de la solución de cloruro de amonio (NH<sub>4</sub>Cl) 25 para el suministro de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 en un estado líquido al interior del conducto de gas de escape 13; y una tubería de suministro de aire 27 para el suministro, al interior del conducto de gas de escape 13, de aire 26 para la compresión y pulverización de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 dentro del conducto de gas de escape 13, y está compuesta de una tobera de dos fluidos. La tobera de pulverización 15 incluye orificios de tobera para la inyección simultáneamente de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 y del aire 26 en las partes de punta de la tubería de suministro de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 25 y de la tubería de suministro de aire 27.

La solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 se ajusta dentro del tanque de solución de cloruro de amonio (NH<sub>4</sub>Cl) 28 para que tenga una concentración predeterminada. Además, se ajusta un caudal de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 suministrada desde la tubería de suministro de solución de NH<sub>4</sub>Cl 25 mediante una válvula V1. La solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 pasa a través de la tubería de suministro de solución de NH<sub>4</sub>Cl 25 desde el tanque de solución de NH<sub>4</sub>Cl 28 y se pulveriza al interior del conducto de gas de escape 13 desde la tobera de pulverización 15.

El medio de suministro de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 16 incluye una tobera de pulverización 15 dispuesta de tal manera que la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 se suministra de modo que impida que la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 se adhiera a una pared interior 13a del conducto de gas de escape 13 a través del que está fluyendo el gas de escape 12. Una disposición preferida para el suministro de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 mientras se impide que la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 se adhiera a la pared interior 13a del conducto de gas de escape 13 a través del que fluye el gas de escape 12, es una configuración en la que la tobera de pulverización 15 se dispone en el interior del conducto de gas de escape 13 con una cierta distancia o separación mayor desde la pared interior 13a del conducto de gas de escape 13. Una cierta distancia o mayor se refiere a una distancia suficiente para que una gotita de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 pulverizada se gasifique antes de alcanzar la pared interior 13a del conducto de gas de escape 13 desde el orificio de tobera de la tobera de pulverización 15. A la vista de la dimensión real del conducto de gas de escape y las condiciones de tratamiento reales, se prefiere que el orificio de la tobera de la tobera de pulverización 15 se proporcione en una posición de separación de 0,5 m o mayor desde una superficie de la pared del conducto de gas de escape 13, por ejemplo.

La razón por la que la posición del orificio de tobera de la tobera de pulverización 15 se fija en la posición a 0,5 m o más larga de separación de la superficie de la pared del conducto del gas de escape 13 es que es necesario tener en consideración una velocidad del flujo de gas del gas de escape 12, una velocidad inicial de una gotita de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 pulverizada desde la tobera de pulverización 15, un diámetro de gotita, un ángulo del chorro de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 pulverizada desde la tobera de pulverización 15 con respecto al conducto del gas de escape 13, una temperatura de gas del gas de escape 12, una temperatura de la gotita de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14, y otros similares tal como se muestra a continuación. En un ejemplo del mismo, puede determinarse como sigue, por ejemplo.

Es decir, cuando la velocidad del flujo de gas del gas de escape 12 dentro del conducto de gas de escape 13 es de aproximadamente 15 m/s, la velocidad inicial de la gotita de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 pulverizada desde la tobera de pulverización 15 es de aproximadamente 300 m/s, la temperatura de gas del gas de escape 12 es de aproximadamente 350 °C, y la temperatura de la gotita de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 es de aproximadamente 20 °C, una cantidad estimada de tiempo que le lleva a una gotita de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 evaporarse después de ser pulverizada y la distancia de traslado estimada que recorre una gotita de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 antes de la evaporación de la misma varía dependiendo del diámetro de gotita de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14.

Se muestran en la Tabla 1 ejemplos de una relación entre un diámetro de gotita de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14, una cantidad de tiempo que le lleva a la gotita evaporarse después de ser pulverizada, y una distancia de traslado que recorre una gotita antes de la evaporación de la misma. En la Tabla 1, t representa una cantidad de tiempo que le lleva a una gotita de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 evaporarse después de ser pulverizada, y l representa una distancia de traslado que recorre una gotita antes de la evaporación de la misma.

[Tabla 1]

DIÁMETRO DE GOTITA (µm)	CANTIDAD DE TIEMPO DESDE LA PULVERIZACIÓN A LA EVAPORACIÓN t (s)	DISTANCIA DE TRASLADO QUE RECORRE UNA GOTITA ANTES DE LA EVAPORACIÓN l (m)
40	0,032	0,76
60	0,068	1,6
80	0,119	2,7

Tal como se muestra en la Tabla 1, cuando el diámetro de la gotita de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 es de aproximadamente 40 µm, la cantidad de tiempo t que le lleva a esta gotita evaporarse después de ser pulverizada es de aproximadamente 0,032 s, y la distancia de traslado l que recorre la gotita de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 antes de la evaporación de la misma se calcula que es aproximadamente 0,76 m desde la tobera de pulverización 15 en una dirección paralela al flujo del gas de escape 12. También, cuando el diámetro de la gotita de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 es de aproximadamente 60 µm, la cantidad de tiempo t que le lleva a esta gotita evaporarse después de ser pulverizada es de aproximadamente 0,068 s, y la distancia de traslado l que recorre la gotita de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 antes de la evaporación de la misma se calcula que es aproximadamente 1,6 m desde la tobera de pulverización 15 en una dirección paralela al flujo del gas de escape 12. También, cuando el diámetro de la gotita de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 es de aproximadamente 80 µm, la cantidad de tiempo t que le lleva a esta gotita evaporarse después de ser pulverizada es de aproximadamente 0,119 s, y la distancia de traslado l que recorre la gotita de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 antes de la evaporación de la misma se calcula que es aproximadamente 2,7 m desde la tobera de pulverización 15 en la dirección de pulverización.

A continuación, se examinará un ángulo de inyección de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 pulverizada desde la tobera de pulverización 15 con respecto al conducto del gas de escape 13. La FIG. 3 es un diagrama que ilustra un ángulo de inyección de la solución de NH<sub>4</sub>Cl pulverizada desde la tobera de pulverización con respecto al conducto de gas de escape. En la FIG. 3, α indica un ángulo de inyección de una gotita de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 pulverizada desde un orificio de tobera 15a de la tobera de pulverización 15 con respecto a la superficie de la pared del conducto de gas de escape 13, y x indica una distancia más corta desde la pared interior 13a del conducto de gas de escape 13 a los orificios de tobera 15a de la tobera de pulverización 15.

Tal como se muestra en la FIG. 3, la tobera de pulverización 15 se dispone de modo que satisfaga la siguiente expresión (i) de acuerdo con el ángulo de inyección α de una gotita de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 pulverizada desde el orificio de tobera 15a de la tobera de pulverización 15 con respecto a la superficie de la pared del conducto de gas de escape 13 y, en consecuencia, es posible impedir que la gotita pulverizada desde la tobera de pulverización 15 colisione contra la superficie de la pared del conducto de gas de escape 13.

$$l \times \sin \alpha < x \quad \dots (i)$$

Nótese, sin embargo, que l representa una distancia de traslado que recorre una gotita de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 antes de la evaporación de la misma.

La Tabla 2 muestra ejemplos de una distancia más corta  $x$  desde la pared interior 13a del conducto de gas de escape 13 al orificio de tobera 15a de la tobera de pulverización 15 cuando el ángulo de inyección  $\alpha$  de una gotita de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 pulverizada desde el orificio de tobera 15a de la tobera de pulverización 15 con respecto a la superficie de la pared del conducto de gas de escape 13 es de aproximadamente  $10^\circ$  con respecto a una dirección del flujo de gas del gas de escape 12.

[Tabla 2]

DIÁMETRO DE GOTITA ( $\mu\text{m}$ )	DISTANCIA MÁS CORTA DESDE LA PARED INTERIOR DEL CONDUCTO DE GAS DE ESCAPE AL ORIFICIO DE TOBERA DE LA TOBERA DE PULVERIZACIÓN $x$ (m)
40	0,13 (= $0,76 \times \text{sen } 10^\circ$ )
60	0,28 (= $1,6 \times \text{sen } 10^\circ$ )
80	0,47 (= $2,7 \times \text{sen } 10^\circ$ )

Tal como se muestra en la Tabla 2, cuando el diámetro de la gotita de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 es de aproximadamente  $40 \mu\text{m}$ , la distancia más corta  $x$  desde la pared interior 13a del conducto de gas de escape 13 al orificio de tobera 15a de la tobera de pulverización 15 es de aproximadamente  $0,13 \text{ m}$ . También, cuando el diámetro de la gotita de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 es de aproximadamente  $60 \mu\text{m}$ , la distancia más corta  $x$  desde la pared interior 13a del conducto de gas de escape 13 al orificio de tobera 15a de la tobera de pulverización 15 es de aproximadamente  $0,28 \text{ m}$ . También, cuando el diámetro de la gotita de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 es de aproximadamente  $80 \mu\text{m}$ , la distancia más corta  $x$  desde la pared interior 13a del conducto de gas de escape 13 al orificio de tobera 15a de la tobera de pulverización 15 es de aproximadamente  $0,47 \text{ m}$ .

Por lo tanto, cuando el ángulo de inyección  $\alpha$  de la gotita de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 pulverizada desde el orificio de tobera 15a de la tobera de pulverización 15 con respecto a la superficie de la pared del conducto de gas de escape 13 es de aproximadamente  $10^\circ$  con respecto a la dirección de flujo del gas del gas de escape 12, el orificio de tobera 15a de la tobera de pulverización 15 necesita proporcionarse a  $0,13 \text{ m}$  o a más distancia de separación del conducto de gas de escape 13 cuando el diámetro de la gotita de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 es de aproximadamente  $40 \mu\text{m}$ . También, cuando el diámetro de gotita de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 es de aproximadamente  $60 \mu\text{m}$ , el orificio de tobera 15a de la tobera de pulverización 15 necesita proporcionarse a  $0,28 \text{ m}$  o a más distancia de separación desde el conducto de gas de escape 13. También, cuando el diámetro de gotita de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 es de aproximadamente  $80 \mu\text{m}$ , el orificio de tobera 15a de la tobera de pulverización 15 necesita proporcionarse a  $0,47 \text{ m}$  o más distancia de separación desde el conducto de gas de escape 13.

Por lo tanto, el orificio de tobera 15a de la tobera de pulverización 15 se proporciona en una posición a  $0,5 \text{ m}$  o más distancia de separación desde la superficie de pared del conducto de gas de escape 13, por ejemplo. Como resultado, el orificio de tobera 15a de la tobera de pulverización 15 puede posicionarse con una distancia suficiente para que la gotita de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 pulverizada se gasifique antes de alcanzar la pared interior 13a del conducto de gas de escape 13 desde la tobera de pulverización 15 dependiendo de la velocidad del flujo de gas del gas de escape 12, la velocidad inicial de la gotita de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 pulverizada desde el orificio de tobera 15a de la tobera de pulverización 15, el diámetro de la gotita, el ángulo de inyección de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 pulverizada desde la tobera de pulverización 15 con respecto al conducto de gas de escape 13, la temperatura de gas del gas de escape 12, la temperatura de la gotita de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 y otros similares. Como resultado, la tobera de pulverización 15 puede suministrar la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 mientras impide que la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 se adhiera a la pared interior 13a del conducto de gas de escape 13 a través del que está fluyendo el gas de escape 12.

Como se ha descrito anteriormente, la tobera de pulverización 15 se configura como una tobera de dos fluidos para la inyección simultáneamente de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 y el aire 26 para compresión. El aire 26 se suministra desde una unidad de suministro de aire 31 a la tobera de pulverización 15 a través de la tubería de suministro de aire 27 y a continuación se usa como aire de compresión cuando se pulveriza la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 desde la tobera de pulverización 15. El aire 26 hace posible por ello pulverizar la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 inyectada desde la tobera de pulverización 15 en una forma de finas gotitas en el conducto de gas de escape 13.

Además, se ajusta un caudal del aire 26 suministrado desde la tubería de suministro de aire 27 mediante una válvula V2. El tamaño de una gotita de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 pulverizada desde un orificio de tobera de la tobera de pulverización 15 puede ajustarse mediante el caudal del aire 26 suministrado desde la tubería de suministro de aire 27.

Además, el caudal del aire 26 inyectado desde la tobera de pulverización 15 está preferentemente en un intervalo de entre 100 o mayor y 10.000 o menor en la relación aire-agua (relación en volumen), por ejemplo. Esto es para permitir que la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 inyectada desde la tobera de pulverización 15 se pulverice en una forma de finas gotitas dentro del conducto de gas de escape 13.



El medio de suministro de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  16 pulveriza la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 dentro del conducto de gas de escape 13 desde la tobera de pulverización 15 usando la tobera de pulverización 15. Sin embargo, la presente invención no está limitada a ello. Solo se necesita que el medio de suministro de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  16 sea capaz de pulverizar establemente la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 dentro del conducto de gas de escape 13. La FIG. 4 es un diagrama que muestra un ejemplo de la configuración del medio de suministro de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Tal como se muestra en la FIG. 4, en el medio de suministro de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  16, la tobera de pulverización 15 tiene una estructura de doble tubería en la que una tubería interior de la misma es la tubería de suministro de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  25 y una tubería exterior de la misma es la tubería de suministro de aire 27, y el orificio de tobera 15a está provisto en la parte de punta del orificio de tobera 15a. La tobera de pulverización 15 se configura de modo que la tubería de suministro de aire 27 rodee la tubería de suministro de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  25 y la tobera de pulverización 15 se inserte dentro del conducto de gas de escape 13. En consecuencia, el aire 26 fluye entre la tubería de suministro de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  25 y la tubería de suministro de aire 27. Como resultado, es posible impedir que el calor del gas de escape 12 en el conducto de gas de escape 13 se transfiera a la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 por el aire 26. Por ello puede impedirse que la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 se caliente por el calor del gas de escape 12, siendo capaz por lo tanto de mantenerse un estado líquido de la misma hasta un punto inmediatamente antes de que se inyecte la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14.

Además, el medio de suministro de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  16 incluye, dentro del conducto de gas de escape 13, una tubería de soplado 32 insertada dentro del conducto de gas de escape 13 de modo que rodee la tobera de pulverización 15, y la tubería de suministro de aire 34 para el suministro de aire 33 dentro de la tubería de soplado 32. Además, el orificio de tobera 15a de la tobera de pulverización 15 se proporciona en un orificio de inyección 35 sobre una superficie de pared lateral de una parte de punta de la tubería de soplado 32.

El aire 33 se usa para una dispersión adicional de las gotitas de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 dentro del conducto de gas de escape 13. El aire 33 se alimenta desde una unidad de suministro de aire 36 a la tubería de soplado 32 a través de la tubería de suministro de aire 34, y se inyecta desde un hueco 37 entre el orificio de inyección 35 de la tubería de soplado 32 y el orificio de tobera 15a de la tobera de pulverización 15. Mediante la inyección del aire 33 desde el hueco 37, las gotitas de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 pulverizadas desde la tobera de pulverización 15 pueden dispersarse dentro del conducto de gas de escape 13. Además, tal como se muestra en la FIG. 1, se ajusta el caudal del aire 33 suministrado desde la unidad de suministro de aire 36 mediante una válvula V3.

El aire 33 se usa para impedir que el  $\text{NH}_4\text{Cl}$  de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 pulverizada desde la tobera de pulverización 15 se adhiera a la tubería de soplado 32 y para la supresión del incremento de temperatura en la tobera de pulverización 15 de modo que se impida la ebullición de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 y la precipitación de partículas de cloruro de amonio. Tal como se muestra en la FIG. 4, dado que la tubería de soplado 32 se inserta dentro del conducto de gas de escape 13 de modo que rodee la tobera de pulverización 15 y el aire 33 fluye entre la tubería de soplado 32 y la tubería de suministro de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  25 de la tobera de pulverización 15, el aire 33 sirve como aire para la refrigeración de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14.

Por lo tanto, es posible impedir que el calor del gas de escape 12 en el conducto de gas de escape 13 se transfiera desde el interior de la tubería de suministro de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  25 a la tobera de pulverización 15 desde el exterior de la tubería de soplado 32. Por ello, puede impedirse el incremento de temperatura dentro de la tobera de pulverización 15 y puede impedirse el calentamiento de la solución  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14, mediante lo que puede impedirse la ebullición de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 dentro de la tobera de pulverización 15. De ese modo, la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 puede mantener un estado líquido de la misma hasta un punto inmediatamente antes de que se inyecte. Además, puede impedirse también la corrosión de la tobera de pulverización 15.

Pueden usarse materiales metálicos como materiales para la formación de la tubería de suministro de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  25 y la tubería de suministro de aire 27 dado que se puede impedir un incremento de temperatura en el interior de la tobera de pulverización 15. Por ejemplo, como materiales para la formación de la tubería de suministro de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  25 y de la tubería de suministro de aire 27, ejemplos para la tubería de suministro de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  25 incluyen un metal resistente a la corrosión, por ejemplo, una aleación resistente al calor y resistente a la corrosión basada en níquel tal como Hastelloy C, y una tubería de acero revestida de resina (parte de baja temperatura). Ejemplos de la tubería de suministro de aire 27 incluyen acero al carbono, acero inoxidable, y otros similares.

Además, aunque la tobera de pulverización 15 emplea una tobera de dos fluidos para pulverización de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14, la presente invención no está limitada a la misma. Puede usarse una tobera de fluido único típicamente usada para la pulverización de un líquido.

Además, dado que la tobera de pulverización 15 tiene una estructura de tubería doble con la tubería de suministro de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  25 y la tubería de suministro de aire 27 de modo que la periferia de la tubería de suministro de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  25 está rodeada por la tubería de suministro de aire 27, es posible impedir que la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 sea calentada por el calor del gas de escape 12. Sin embargo, dado que la tubería de soplado 32 se proporciona alrededor de la tobera de pulverización 15, se hace posible impedir que la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 se caliente por el calor del gas de escape 12 de una forma más estable.

Aunque la tubería de suministro de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 25 se proporciona dentro de la tubería de suministro de aire 27, la tubería de suministro de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 25 puede proporcionarse no en el interior de la tubería de suministro de aire 27 sino en el exterior de la tubería de suministro de aire 27.

5 Además, el aire 26 se suministra desde la unidad de suministro de aire 31 y el aire 33 se suministra desde la unidad de suministro de aire 36, es decir, el aire se suministra respectivamente desde diferentes fuentes de suministro. Sin embargo, la presente invención no está limitada a ello, y el aire puede suministrarse desde la misma fuente de suministro. Es decir, el aire 33 puede ser aire suministrado desde la unidad de suministro de aire 31. Además, el aire 26 puede ser aire suministrado desde la unidad de suministro de aire 36.

10 Además, las gotitas de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14, que se pulverizan dentro del conducto de gas de escape 13 desde la tobera de pulverización 15, se evaporan por una alta temperatura ambiente del gas de escape 12, produciendo de ese modo finas partículas sólidas del NH<sub>4</sub>Cl. Las finas partículas sólidas de NH<sub>4</sub>Cl se dividen en HCl y NH<sub>3</sub> tal como en la expresión (1) siguiente y se subliman. Por ello, la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 se pulveriza desde la tobera de pulverización 15, mediante lo que puede producirse HCl y NH<sub>3</sub> a partir de las gotitas de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 pulverizada. A continuación, puede suministrarse por lo tanto el gas NH<sub>3</sub> y el gas HCl dentro del conducto de gas de escape 13.



20 Además, la temperatura del gas de escape 12 en el conducto de gas de escape 13 es alta, por ejemplo, 320 °C o mayor y 420 °C o menor. La tubería de suministro de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 25 de la tobera de pulverización 15 se proporciona en el interior de la tubería de soplado 32, y se usa el aire 33 para la refrigeración de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14. Por ello, mediante el mantenimiento del estado líquido de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 hasta un punto inmediatamente antes de que se inyecte desde la tobera de pulverización 15 y la pulverización de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 en forma de gotitas desde la tobera de pulverización 15, las gotitas pulverizadas de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 pueden gasificarse por la alta temperatura ambiente del gas de escape 12.

30 Además, las gotitas de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 pulverizadas desde la tobera de pulverización 15 son preferentemente finas gotitas que tienen un diámetro en un intervalo de entre 1 nm o mayor y 100 μm o menor de promedio. Dado que pueden generarse finas gotitas en un intervalo de entre un 1 nm o mayor y 100 μm o menor de promedio, las partículas sólidas del NH<sub>4</sub>Cl producidas a partir de las gotitas de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 pulverizada pueden dividirse en NH<sub>3</sub> y HCl con un corto tiempo de residencia en el gas de escape 12 y pueden sublimarse. Por ello, no hay necesidad de calentar la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 por adelantado, siendo capaz por ello de impedir la degradación y corrosión del conducto de gas de escape 13 y de la tobera de pulverización 15.

35 La solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 puede producirse mediante la disolución de polvos de cloruro de amonio (NH<sub>4</sub>Cl) en agua. Dado que pueden ajustarse las cantidades respectivas de suministro de los polvos de NH<sub>4</sub>Cl y de agua, la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 puede ajustarse a una concentración predeterminada. La solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 puede producirse mediante la mezcla de una solución de HCl con una solución de NH<sub>3</sub> con una relación de concentración predeterminada.

45 Además, la concentración de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 está preferentemente en un intervalo del 20 % en peso o mayor y del 30 % en peso o menor cuando la temperatura de una gotita de la misma es de 20 °C, por ejemplo. La Tabla 3 muestra relaciones entre una temperatura de una gotita de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14, la solubilidad de la misma, y una concentración de la misma. Esto es porque la solubilidad de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 se determina aproximadamente por la temperatura de una gotita de la misma tal como se muestra en la Tabla 3.

[Tabla 3]

TEMPERATURA (°C)	SOLUBILIDAD (g/100g DE AGUA)	CONCENTRACIÓN (% EN PESO)
0	29,4	22,7
20	37,2	27,1
40	45,8	31,4
60	55,2	35,6
80	65,6	39,6
100	77,3	43,6

50 Aunque depende de las condiciones de combustión de la caldera 11, la temperatura del gas de escape 12 en el conducto de gas de escape 13 está preferentemente en un intervalo de 320 °C o mayor y 420 °C o menor, más preferentemente en un intervalo de 320 °C o mayor y 380 °C o menor, y aún más preferentemente en un intervalo de 350 °C o mayor y 380 °C o menor, por ejemplo. Esto es debido a que estos intervalos de temperatura hacen posible generar eficientemente una reacción de eliminación del NO<sub>x</sub> y una reacción de oxidación del Hg simultáneamente sobre el catalizador de desnitración.

Por ello, la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 puede pulverizarse en un estado líquido desde la tobera de pulverización 15, mediante lo que la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 puede dividirse en el gas  $\text{HCl}$  y el gas  $\text{NH}_3$  por la alta temperatura ambiente del gas de escape 12, y estos gases pueden suministrarse al interior del conducto de gas de escape 13. Como resultado, las distribuciones de concentración del gas  $\text{HCl}$  y del gas  $\text{NH}_3$  pueden hacerse uniformes en el gas de escape 12. Además, dado que puede impedirse que la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 se adhiera a la superficie de la pared del conducto de gas de escape 13 antes de la gasificación de la misma, es posible impedir una rotura del conducto de gas de escape 13 provocada por la corrosión del conducto de gas de escape 13, u otros similares.

La FIG. 5 es un diagrama que muestra un ejemplo de inserción de las toberas de pulverización dentro del conducto de gas de escape. En el dispositivo de control de la polución del aire 10 de acuerdo con la presente realización, la tobera de pulverización 15 se inserta perpendicularmente dentro del conducto de gas de escape 13 tal como se muestra en la FIG. 5, y la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 se pulveriza en la dirección del flujo de gas del gas de escape 12 desde el orificio de tobera 15a proporcionado sobre la superficie de la pared lateral en la parte de punta de la tobera de pulverización 15. Sin embargo, la presente invención no está limitada a la misma. La FIG. 6 es un diagrama que muestra otro ejemplo de inserción de las toberas de pulverización dentro del conducto de gas de escape. Tal como se muestra en la FIG. 6, la tobera de pulverización 15 puede insertarse dentro del conducto de gas de escape 13 oblicuamente con un ángulo predeterminado, el orificio de tobera 15a puede proporcionarse en la parte de punta de la tobera de pulverización 15, y la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 puede pulverizarse desde el orificio de tobera 15a proporcionado en la parte de punta de la tobera de pulverización 15.

El gas de escape 12 se suministra al mezclador 17 después de contener en él el gas  $\text{HCl}$  y el gas  $\text{NH}_3$  producidos por las gotitas de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 pulverizada desde los medios de suministro de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  16. El gas de escape 12 se agita en el mezclador 17, y puede fomentarse de ese modo la mezcla del gas  $\text{HCl}$  y del gas  $\text{NH}_3$  dentro del gas de escape 12. Esto puede proporcionar una distribución de concentración uniforme del gas  $\text{HCl}$  y del gas  $\text{NH}_3$  en el gas de escape 12.

El mezclador 17 de la presente realización se proporciona sobre el lado aguas abajo de la zona en donde se gasifica la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 pulverizada desde la tobera de pulverización 15. Bajo condiciones típicas de operación de planta, se prefiere que el mezclador 17 se proporcione a 1 m o más en el lado aguas abajo de la posición de suministro en la que se suministra la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14. Esto es debido a que bajo condiciones realistas de operación de plantas, si el mezclador 17 está en una posición a menos de 1 m de separación desde la posición de suministro en la que se suministra la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14, las gotitas de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 frecuentemente contactan con el mezclador 17 antes de la vaporización de las mismas. Por ello, el mezclador 17 se proporciona a 1 m o más en el lado aguas abajo de la posición de suministro en la que se suministra la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14, mediante lo que puede fomentarse adicionalmente la mezcla del gas  $\text{HCl}$  y del gas  $\text{NH}_3$  en el gas de escape 12. Además, a la vista de una disposición realista del dispositivo, el mezclador 17 está separado de la posición de suministro de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 en una distancia de hasta aproximadamente 10 m.

Además, se muestra una configuración del mezclador 17 en las FIGS. 7 a 10. La FIG. 7 es una vista en planta que muestra un ejemplo del mezclador. La FIG. 8 es una vista en planta de un elemento de inducción de flujo vorticial que forma el mezclador. La FIG. 9 es una vista frontal del elemento de inducción de flujo vorticial, y la FIG. 10 es una vista en perspectiva del elemento de inducción de flujo vorticial. Nótese que en las FIGS. 7 a 10, la parte del número de referencia 42 se muestra con sombreado para clarificar una diferencia con el elemento de número de referencia 46.

Tal como se muestra en la FIG. 7, el mezclador 17 de la presente realización se forma mediante una unidad de seis elementos de inducción de flujo vorticial 41 para la generación de un flujo vorticial en el gas de escape 12, que se disponen de modo que estén perpendiculares a la dirección de flujo del gas de escape 12. Tal como se muestra en las FIGS. 8 a 10, el elemento de inducción de flujo vorticial 41 incluye un par de primeras placas de inducción de flujo vorticial 42 que tienen superficies opuestas 42a sobre un lado de entrada del gas de escape 12, y un par de segundas placas de inducción de flujo vorticial 43 que tienen superficies opuestas 43a sobre un lado de descarga del gas de escape 12. En un elemento intermedio con forma de placa plana 44 como una parte de conexión para la conexión de las primeras placas de inducción de flujo vorticial 42 y las segundas placas de inducción de flujo vorticial 43, la primera placa de inducción de flujo vorticial 42 y la segunda placa de inducción de flujo vorticial 43 se conectan al mismo de tal manera que las superficies opuestas 42a de la primera placa de inducción de flujo vorticial 42 y las superficies opuestas 43a de la segunda placa de inducción de flujo vorticial 43 se dirigen de modo diferente. En la presente realización, las superficies opuestas 42a de la primera placa de inducción de flujo vorticial 42 y las superficies opuestas 43a de la segunda placa de inducción de flujo vorticial 43 se disponen de modo que se diferencien entre sí en aproximadamente  $90^\circ$ .

La primera placa de inducción de flujo vorticial 42 y la segunda placa de inducción de flujo vorticial 43 se forma cada una en una forma aproximadamente triangular. Además, dado que las primeras placas de inducción de flujo vorticial 42 se proporcionan sobre el lado de entrada del gas de escape 12 y las segundas placas de inducción de flujo vorticial 43 se proporcionan sobre el lado de descarga del gas de escape 12, las primeras placas de inducción de flujo vorticial 42 se posicionan por debajo de las segundas placas de inducción de flujo vorticial 43 cuando el elemento de inducción de flujo vorticial 41 se ve desde la parte frontal del mismo. Además, el elemento intermedio

44 es una placa plana y funciona como un pivote para la conexión de las primeras placas de inducción de flujo vorticial 42 y de las segundas placas de inducción de flujo vorticial 43. Además, la primera placa de inducción de flujo vorticial 42 se proporciona con una placa de soporte inferior 45, y la segunda placa de inducción de flujo vorticial 43 se proporciona con una placa de soporte superior 46. Los elementos de inducción de flujo vorticial 41 adyacentes entre sí se conectan entre sí mediante las placas de soporte inferior 45 y las placas de soporte superior 46 de los mismos.

Tal como se muestra en la FIG. 10, cuando el gas de escape 12 fluye al interior del elemento de inducción de flujo vorticial 41, el gas de escape 12 colisiona contra lados invertidos de las superficies opuestas 42a de las primeras placas de inducción de flujo vorticial 42. Como resultado, el flujo de gas del mismo se cambia, y el gas de escape 12 fluye de ese modo en una dirección de las segundas placas de inducción de flujo vorticial 43. Posteriormente, el gas de escape 12 colisiona contra lados invertidos de las superficies opuestas 43a de las segundas placas de inducción de flujo vorticial 43, cambiando de ese modo adicionalmente el flujo de gas del mismo. Por ello, el gas de escape 12 cambia el flujo de gas del mismo mediante las primeras placas de inducción de flujo vorticial 42 y las segundas placas de inducción de flujo vorticial 43, fluyendo por ello de tal manera que se desvía de las primeras placas de inducción de flujo vorticial 42 y las segundas placas de inducción de flujo vorticial 43 y fluyendo mientras se revuelve respecto a la dirección de influjo del gas de escape 12 en el elemento de inducción de flujo vorticial 41 hacia la dirección de descarga del gas de escape 12.

Además, aunque las superficies opuestas 42a de la primera placa de inducción de flujo vorticial 42 y las superficies opuestas 43a de la segunda placa de inducción de flujo vorticial 43 se disponen de modo que se dirijan de modo diferente en aproximadamente  $90^\circ$  en la presente realización, la presente invención no está limitada a ello. El ángulo entre la dirección de la superficie opuesta 42a de la primera placa de inducción de flujo vorticial 42 y la dirección de la superficie opuesta 43a de la segunda placa de inducción de flujo vorticial 43 puede ser cualquier ángulo siempre que pueda fluir el gas de escape 12 que fluye al interior del elemento de inducción de flujo vorticial 41 mientras hace que se revuelva respecto a la dirección de influjo del gas de escape 12 en el elemento de inducción de flujo vorticial 41 hacia la dirección de descarga del gas de escape 12.

Además, aunque el mezclador 17 se forma como una unidad en la que se disponen seis elementos de inducción de flujo vorticial 41 perpendicularmente a la dirección de flujo del gas de escape 12 tal como se muestra en la FIG. 7 en la presente realización, la presente invención no está limitada a ello. El número de elementos de inducción de flujo vorticial 41 a disponer se cambia apropiadamente dependiendo del área del conducto de gas de escape 13, y otros similares.

Además, aunque el mezclador 17 se forma como una única unidad en la que se disponen seis elementos de inducción de flujo vorticial 41 en la dirección de flujo del gas de escape 12 en la presente realización, la presente invención no está limitada a ello. Pueden proporcionarse en múltiples etapas una pluralidad de unidades, cada una teniendo una pluralidad de elementos de inducción de flujo vorticial 41 dispuestos en la dirección de flujo del gas de escape 12. Además, el mezclador 17 de la presente realización puede proporcionarse con una unidad en la que se dispone una pluralidad de elementos de inducción de flujo vorticial 41 en una dirección perpendicular a la dirección de flujo del gas de escape 12, y también puede proporcionarse una pluralidad de unidades, cada una teniendo una pluralidad de elementos de inducción de flujo vorticial 41 dispuestas en la dirección de flujo del gas de escape 12.

La FIG. 11 es un diagrama que muestra esquemáticamente un flujo de gas del gas de escape cuando se instala el mezclador dentro del conducto de gas de escape, y la FIG. 12 es una vista ampliada parcial de la FIG. 11. Nótese que en las FIGS. 11 y 12, se proporcionan seis elementos de inducción de flujo vorticial 41 en una dirección del ancho del conducto de gas de escape 13 como en la FIG. 7.

Tal como se muestra en las FIGS. 11 y 12, cuando el gas de escape 12 pasa a través del elemento de inducción de flujo vorticial 41, el gas de escape 12 colisiona contra las primeras placas de inducción de flujo vorticial 42 y las segundas placas de inducción de flujo vorticial 43. Como resultado, se cambia el flujo de gas del mismo, y el gas de escape 12 fluye de ese modo de tal manera que se desvía de las primeras placas de inducción de flujo vorticial 42 y de las segundas placas de inducción de flujo vorticial 43. Por lo tanto, el gas de escape 12 puede fluir, mientras se revuelve, desde el lado inferior del conducto de gas de escape 13 hacia el lado superior del mismo. Como resultado, es posible fomentar la mezcla del gas HCl y del gas  $\text{NH}_3$  con el gas de escape 12.

Además, dado que el mezclador 17 se proporciona sobre el lado aguas abajo de la zona en la que se gasifica la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 pulverizada desde la tobera de pulverización 15, es posible impedir que las gotitas de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 hagan contacto con el mezclador 17 antes de la gasificación de las mismas. Por ello, es posible impedir una rotura del mezclador 17 debido a que tenga lugar un choque térmico, corrosión del mezclador 17, deposición de cenizas en el gas de escape 12, y otros similares.

Las FIGS. 13 y 14 son vistas en sección transversal tomadas a lo largo de la línea A-A de la FIG. 2. La FIG. 13 es un diagrama que muestra esquemáticamente un ejemplo de la distribución de concentración del gas  $\text{NH}_3$  en el gas de escape cuando el mezclador no se instala dentro del conducto de gas de escape. La FIG. 14 es un diagrama que muestra esquemáticamente un ejemplo de la distribución de concentración del gas  $\text{NH}_3$  en el gas de escape cuando

se instala el mezclador dentro del conducto de gas de escape. Nótese que en la FIG. 13, el número de referencia 104 indica un conducto de gas de escape en el sistema de control de la polución del aire convencional mostrado en la FIG. 34.

5 Tal como se muestra en las FIGS. 13 y 14, las irregularidades en la distribución de concentración de gas NH<sub>3</sub> en el gas de escape 12 inmediatamente antes de fluir al interior del dispositivo de reducción-desnitración 18 en un caso en el que no se instala el mezclador 17, es mayor que en un caso en el que se instala el mezclador 17 dentro del conducto de gas de escape 13.

10 Por ello, dado que la mezcla del gas NH<sub>3</sub> con el gas de escape 12 en el conducto de gas de escape 13 puede fomentarse proporcionando el mezclador 17 sobre el lado aguas abajo de la zona en donde se gasifica la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 pulverizada desde la tobera de pulverización 15, pueden suprimirse irregularidades en la distribución de concentración del gas NH<sub>3</sub> en el gas de escape 12. Las irregularidades en la distribución de concentración del gas NH<sub>3</sub> se mantienen dentro de aproximadamente el 5 %, por ejemplo, haciendo de ese modo la distribución sustancialmente uniforme. Por ello, es posible mejorar una eficiencia en la reducción de NOx con el catalizador de desnitración en el dispositivo de reducción-desnitración 18.

Además, dado que el mezclador 17 se proporciona sobre el lado aguas abajo de la zona en donde se gasifica la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 pulverizada desde la tobera de pulverización 15, puede también fomentarse la mezcla del gas HCl, además del gas NH<sub>3</sub>, con el gas de escape 12 en el conducto de gas de escape 13. Por ello, pueden suprimirse irregularidades en la distribución de la concentración de gas HCl en el gas de escape 12. Las irregularidades en la distribución de concentración de gas HCl se mantienen también dentro de aproximadamente el 5 %, por ejemplo, haciendo por ello la distribución sustancialmente uniforme. Por ello, es posible mejorar una capacidad de oxidación del Hg con el catalizador de desnitración en el dispositivo de reducción-desnitración 18.

25 Además, tal como se muestra en las FIGS. 7 a 10, la anchura L y la altura D del elemento de inducción de flujo vorticial 41 están preferentemente dentro de los intervalos de las expresiones siguientes (2) y (3).

$$\text{MÍN}(B, H) / 10 \leq L \leq \text{MÍN}(B, H) \quad \dots (2)$$

$$\text{MÍN}(B, H) / 10 \leq D \leq 5 \times \text{MÍN}(B, H) \quad \dots (3)$$

Nótese sin embargo que B representa un lado largo de la sección transversal del conducto de gas de escape en la posición de instalación, H representa un lado corto de la sección transversal del conducto de gas de escape, y MÍN(B, H) representa el más corto de entre el lado largo B de la sección transversal del conducto de gas de escape y el lado corto H de la sección transversal del conducto de gas de escape. Cuando el lado largo B y el lado corto H de la sección transversal del conducto de gas de escape tienen la misma longitud, puede usarse cualquiera de ellos.

La razón por la que el elemento de inducción de flujo vorticial 41 se realiza para que caiga dentro de los intervalos de las expresiones (2) y (3) anteriores es que se requiere una determinación a la vista de las condiciones para la caída de presión del mezclador 17, irregularidades en la concentración del NH<sub>3</sub> en el gas de escape 12, la manejabilidad durante la fabricación, condiciones de operación realistas, la capacidad de mantenimiento, etc.

La FIG. 15 es un diagrama que muestra la relación entre la caída de presión del mezclador 17 y la dimensión del mezclador. Tal como se muestra en la FIG. 15, para que la caída de presión del mezclador 17 sea de 245,1 Pa (25 mm H<sub>2</sub>O) o menor, se necesita satisfacer la siguiente expresión (4). Además, para que las irregularidades de concentración en la concentración de NH<sub>3</sub> en el gas de escape 12 se mantengan dentro del 5 %, se necesita satisfacer la expresión siguiente (5).

$$\text{MÍN}(B, H) \times D/L^2 \geq 2 \quad \dots (4)$$

$$\text{MÍN}(B, H) \times D/L^2 \leq 5 \quad \dots (5)$$

Es decir, como condiciones de caída de presión, para que la caída de presión del mezclador 17 sea de 245,1 Pa (25 mm H<sub>2</sub>O) o menor, se necesita satisfacer la expresión (4) anterior. Además, para que las irregularidades en la concentración de NH<sub>3</sub> en el gas de escape 12 se mantengan en el 5 % o menor como un efecto ventajoso del mezclador 17, se necesita satisfacer la expresión (5) anterior.

Además, el mezclador 17 necesita satisfacer la expresión (2) anterior y la expresión (6) siguiente con el fin de mantener la capacidad de manejo durante la fabricación, condiciones de operación realistas, y la capacidad de mantenimiento.

$$\text{MÍN}(B, H) / 10 \leq L \leq \text{MÍN}(B, H) \quad \dots (2)$$

$$\text{MÍN}(B, H) / 10 \leq D \quad \dots (6)$$

A partir de las expresiones (4) y (5) anteriores, D puede expresarse como en la expresión (7) siguiente.

$$2L^2 / \text{MÍN}(B, H) \leq D \leq 5L^2 / \text{MÍN}(B, H) \dots (7)$$

5 Mediante la sustitución de la expresión (2) anterior dentro de la expresión (7) anterior, D puede expresarse como en la expresión (8) siguiente.

$$\text{MÍN}(B, H) / 50 \leq D \leq 5 \times \text{MÍN}(B, H) \dots (8)$$

10 Si se tiene en consideración la expresión (6) anterior en la expresión (8) anterior, D puede expresarse como en la expresión (3) anterior.

$$\text{MÍN}(B, H) / 10 \leq D \leq 5 \times \text{MÍN}(B, H) \dots (3)$$

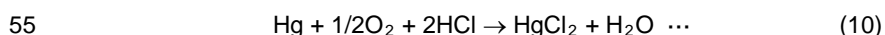
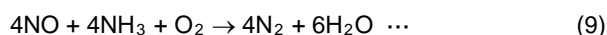
15 Cuando la anchura L y la altura D del elemento de inducción de flujo vorticial 41 están dentro de los intervalos de las expresiones (2) y (3) anteriores tal como se ha descrito anteriormente, pueden instalarse una pluralidad de elementos de inducción de flujo vorticial 41 dentro del conducto de gas de escape 13. Por ello, es posible fomentar la mezcla del HCl y el NH<sub>3</sub> con el gas de escape 12.

20 Además, las formas de la primera placa de inducción de flujo vorticial 42 y de la segunda placa de inducción de flujo vorticial 43 no están limitadas a las formas triangulares formadas de modo que se extiendan desde la placa de soporte inferior 45 y la placa de soporte superior 46 al elemento intermedio 44, respectivamente. Puede usarse cualquier forma siempre que pueda generar un flujo vorticial en el gas de escape 12, fomentando de ese modo la mezcla del gas HCl y del gas NH<sub>3</sub> con el gas de escape 12. Por ejemplo, las formas de la primera placa de inducción de flujo vorticial 42 y de la segunda placa de inducción de flujo vorticial 43 pueden ser de un tipo de línea curva, un tipo corrugado, u otros similares, que se extienden desde unos extremos de la segunda placa de inducción de flujo vorticial 43 y la primera placa de inducción de flujo vorticial 42 hacia los otros extremos de las mismas.

30 Por ello, de acuerdo con el dispositivo de control de la polución del aire 10 de la presente realización, se proporciona una pluralidad de elementos de inducción de flujo vorticial 41 en una dirección de sección transversal del conducto de gas de escape 13 como el mezclador 17 y, en consecuencia, puede fomentarse la mezcla del gas HCl y del gas NH<sub>3</sub> con el gas de escape 12. Por ello, es posible conseguir una homogeneización de las distribuciones de concentración del NH<sub>3</sub> y el HCl generados por la gasificación de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 pulverizada desde la tobera de pulverización 15. Como resultado, es posible mejorar una capacidad de oxidación del Hg y una capacidad de reducción del NOx por el catalizador de desnitración en el dispositivo de reducción-desnitración 18, y es posible también impedir una rotura del conducto de gas de escape 13 o una estructura en el interior del conducto de gas de escape tal como el mezclador 17 debido a que tenga lugar un choque térmico, corrosión del conducto de gas de escape 13, deposición de cenizas en el gas de escape 12, y otros similares.

40 Además, tal como se muestra en la FIG. 1, el gas HCl y el gas NH<sub>3</sub> generados a partir de las gotitas de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 se suministran al dispositivo de reducción-desnitración 18 junto con el gas de escape 12. Tal como se muestra en la FIG. 2, el dispositivo de reducción-desnitración 18 se compone de tres capas de catalizador de desnitración 47-1 a 47-3. Además, el flujo de gas del gas de escape 12 se iguala mediante una placa de corriente 48 antes de que el gas de escape 12 pase a través del dispositivo de reducción-desnitración 18. El gas NH<sub>3</sub> generado por la descomposición del NH<sub>4</sub>Cl se usa en el dispositivo de reducción desnitración 18 para la reducción del NOx y la desnitración, y el gas HCl se usa para la oxidación del Hg. Por ello, las cantidades de NOx y de Hg se reducen en el gas de escape 12.

50 Es decir, el gas NH<sub>3</sub> realiza la reducción y desnitración del NOx como en la siguiente expresión (9) sobre el catalizador de desnitración de las capas de catalizador de desnitración 47-1 a 47-3 llenadas en el dispositivo de reducción-desnitración 18. El gas HCl realiza la oxidación de mercurio del Hg como en la siguiente expresión (10).

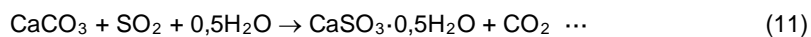


60 Además, aunque el dispositivo de reducción-desnitración 18 se compone de tres capas de catalizador de desnitración 47-1 a 47-3, la presente invención no está limitada al ello. El dispositivo de reducción-desnitración 18 puede cambiar adecuadamente el número de capas de catalizador de desnitración dependiendo de la capacidad de desnitración del mismo.

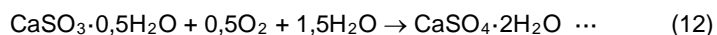
65 Además, tal como se muestra en la FIG. 1, después de que el NOx y el Hg en el gas de escape 12 se sometan respectivamente a reducción y oxidación en el dispositivo de reducción-desnitración 18, el gas de escape 12 se pasa a través del calentador de aire 19 y el precipitador 20, y se suministra al dispositivo de desulfuración por vía húmeda 22. Además, puede proporcionarse una unidad de recuperación del calor entre el calentador de aire 19 y el precipitador 20.

En el dispositivo de desulfuración por vía húmeda 22, el gas de escape 12 se alimenta desde un lado de la superficie de pared en una parte del fondo en un cuerpo del dispositivo 49, y se suministra el lodo de caliza y yeso 21 usado como un absorbente alcalino al interior del cuerpo del dispositivo 49 mediante una línea de suministro de absorbente 50 de modo que se inyecte hacia el lado de la parte superior desde una tobera 51. El gas de escape 12 que se eleva desde el lado de la parte inferior en el cuerpo del dispositivo 49 y el lodo de caliza y yeso que cae 21 después de ser inyectado desde la tobera 51 se oponen entre sí para conseguir un contacto gas-líquido. El HgCl y los óxidos de azufre (SOx) en el gas de escape 12 se absorben dentro del lodo de caliza y yeso 21, quedando de ese modo separados y reducidos en cantidad en el gas de escape 12. Como resultado, se purga el gas de escape 12. El gas de escape 12 purgado por el lodo de caliza y yeso 21 se descarga como gas purgado 52 desde el lado de la parte superior y a continuación se descarga al exterior del sistema desde una chimenea 53.

El lodo de caliza y yeso 21 usado para la desulfuración del gas de escape 12 se produce mezclando un lodo de caliza CaCO<sub>3</sub> obtenida por la disolución de polvos de caliza en agua, un lodo de yeso CaSO<sub>4</sub> obtenido mediante la reacción de caliza con SOx en el gas de escape 12 y oxidando adicionalmente el resultante, y agua. Por ejemplo, el lodo de caliza y yeso 21 puede ser el obtenido mediante el bombeo de un líquido acumulado en una parte inferior 65 del cuerpo del dispositivo 49 en el dispositivo de desulfuración por vía húmeda 22. En el cuerpo del dispositivo 49, el SOx en el gas de escape 12 reacciona con el lodo de caliza y yeso 21 según la siguiente expresión (11).



Por otro lado, el lodo de caliza y yeso 21, que ha absorbido el SOx en el gas de escape 12, se mezcla con agua 54 suministrada al interior del cuerpo del dispositivo 49, y se somete a un tratamiento de oxidación por aire 55 suministrado a la parte del fondo 65 del cuerpo del dispositivo 49. Ahí, el lodo de caliza y yeso 21 que ha fluido hacia abajo en el cuerpo del dispositivo 49 reacciona con el agua 54 y el aire 55 según la siguiente expresión (12).



Además, el lodo de caliza y yeso 21, que se acumula en la parte del fondo 65 del dispositivo de desulfuración por vía húmeda 22 y que se ha usado para la desulfuración, se extrae de la parte del fondo 65 después del tratamiento de oxidación del mismo y se suministra a un deshidratador 56. Posteriormente, se descarga al exterior del sistema como una torta deshidratada (yeso) 57 que contiene cloruro de mercurio (HgCl). Como deshidratador 56, puede usarse un filtro de cinta u otro similar, por ejemplo. Además, el filtrado que ha sido deshidratado (filtrado deshidratado) se somete a un tratamiento de efluentes tal como la eliminación de sólidos suspendidos y un metal pesado en el filtrado deshidratado, y un ajuste del pH del filtrado deshidratado, por ejemplo. Parte del filtrado deshidratado que se ha sometido a tratamiento de efluentes se envía de vuelta al dispositivo de desulfuración por vía húmeda 22, y otra parte del filtrado deshidratado se trata como agua descargada.

Además, aunque el lodo de caliza y yeso 21 se usa como un absorbente alcalino, puede usarse otra solución como un absorbente alcalino siempre que pueda absorber HgCl en el gas de escape 12.

El lodo de caliza y yeso 21 no está limitado a ser suministrado por un método en el que el lodo de caliza y yeso 21 se inyecta hacia el lado de la parte superior desde la tobera 51, y puede hacerse fluir hacia abajo desde la tobera 51 de modo que se oponga al gas de escape 12, por ejemplo.

<Control de la cantidad pulverizada de solución de NH<sub>4</sub>Cl>

Se proporciona un caudalímetro 61 para la medición de un caudal del gas de escape 12 en el lado aguas arriba de la tobera de pulverización 15. El caudal del gas de escape 12 se mide por el caudalímetro 61. El valor del caudal del gas de escape 12 medido por el caudalímetro 61 se envía a un dispositivo de control 62. Basándose en el valor del caudal del gas de escape 12, pueden ajustarse el caudal, ángulo, velocidad inicial, y otros similares de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 pulverizada desde la tobera de pulverización 15.

Además, se proporciona un medidor de concentración de NOx 63 en un lado de salida del dispositivo de desulfuración por vía húmeda 22. El valor de la concentración de NOx en el gas purgado 52 medida por el medidor de concentración de NOx 63 se transmite al dispositivo de control 62. El dispositivo de control 62 puede comprobar la relación de reducción del NOx en el dispositivo de reducción-desnitración 18 basándose en el valor de la concentración de NOx en el gas purgado 52 medida por el medidor de concentración de NOx 63. Por ello, se controlan la concentración de NH<sub>4</sub>Cl, el caudal de suministro y otros similares de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 basándose en el valor de concentración de NOx en el gas purgado 52 medida por el medidor de concentración de NOx 63, mediante lo que puede hacerse que la concentración de NH<sub>4</sub>Cl de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 pulverizada desde la tobera de pulverización 15 satisfaga una capacidad de desnitración predeterminada.

Además, se proporcionan medidores de concentración de mercurio (Hg) 64-1 y 64-2 para la medición de un contenido de Hg en el gas de escape 12 descargado desde la caldera 11 en el conducto de gas de escape 13. El medidor de concentración de Hg 64-1 se proporciona en el conducto de gas de escape 13 entre la caldera 11 y la tobera de pulverización 15, y el medidor de concentración de Hg 64-2 se proporciona entre el dispositivo de

reducción-desnitración 18 y el intercambiador de calor 19. Los valores de la concentración de Hg en el gas de escape 12 medidos por los medidores de concentración de Hg 64-1 y 64-2 se transmiten al dispositivo de control 62. El dispositivo de control 62 puede comprobar los contenidos de Hg contenidos en el gas de escape 12 basándose en los valores de las concentraciones de Hg en el gas de escape 12 medidas por los medidores de concentración de Hg 64-1 y 64-2. Dado que la concentración de NH<sub>4</sub>Cl y el caudal de suministro de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 se controlan basándose en los valores de las concentraciones de Hg en el gas de escape 12 medidas por los medidores de concentración de Hg 64-1 y 64-2, puede hacerse que la concentración de NH<sub>4</sub>Cl y el caudal de suministro de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 pulverizada desde la tobera de pulverización 15 satisfagan la capacidad de desnitración predeterminada y para mantener la capacidad de oxidación del Hg.

Además, se proporciona un dispositivo de control de medición del potencial de oxidación-reducción (controlador ORP) 66 para la medición de un potencial de oxidación-reducción del lodo de caliza y yeso 21 en la parte inferior 65 del dispositivo de desulfuración por vía húmeda 22. El valor del potencial de oxidación-reducción del lodo de caliza y yeso 21 se mide por el controlador de ORP 66. Basándose en el valor de potencial de oxidación-reducción medido, se ajusta la cantidad de suministro del aire 55 suministrada a la parte inferior 65 del dispositivo de desulfuración por vía húmeda 22. Se ajusta la cantidad de suministro del aire 55 suministrada a la parte inferior 65, de modo que sea posible impedir que se reduzca el Hg oxidado atrapado en el lodo de caliza y yeso 21 acumulado en la parte del fondo 65 del dispositivo de desulfuración por vía húmeda 22 y también que sea emitido desde la chimenea 53.

El potencial de oxidación-reducción del lodo de caliza y yeso 21 en el dispositivo de desulfuración por vía húmeda 22 está preferentemente en un intervalo de 150 mV o mayor y 600 mV o menor, por ejemplo, para impedir la nueva dispersión del Hg desde el lodo de caliza y yeso 21. Esto es debido a que si el potencial de oxidación-reducción está dentro del intervalo anteriormente descrito, el Hg atrapado en el lodo de caliza y yeso 21 como HgCl<sub>2</sub> está en una zona estable, y es posible por lo tanto impedir la nueva dispersión del mismo en el aire.

Además, aunque se usa NH<sub>4</sub>Cl como un agente auxiliar de reducción-oxidación en el dispositivo de control de la polución del aire 10 de acuerdo con la presente realización, puede usarse un haluro de amonio distinto del NH<sub>4</sub>Cl, tal como bromuro de amonio (NH<sub>4</sub>Br) o yoduro de amonio (NH<sub>4</sub>I), como un agente auxiliar de reducción-oxidación y puede usarse una solución obtenida mediante la disolución de dicho haluro de amonio en agua.

Tal como se ha descrito anteriormente, de acuerdo con el dispositivo de control de la polución del aire 10 de la presente realización, es posible fomentar la mezcla de HCl y NH<sub>3</sub>, que se producen tras la gasificación del NH<sub>4</sub>Cl, con el gas de escape 12 en el lado aguas abajo de la zona en donde se gasifica el NH<sub>4</sub>Cl de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14, que se ha pulverizado en el conducto de gas de escape 13 en el lado aguas arriba del dispositivo de reducción-desnitración 18. Por ello, el HCl y NH<sub>3</sub> pueden suministrarse uniformemente dentro del conducto de gas de escape 13 sin irregularidades de concentración. Como resultado, en el dispositivo de reducción-desnitración 18, es posible mantener la capacidad de eliminación de Hg y la capacidad de reducción del NO<sub>x</sub>. Es posible también impedir una rotura del conducto de gas de escape 13 o de una estructura en el interior del conducto de gas de escape tal como el mezclador 17 debido a que tengan lugar choques térmicos, corrosión del conducto de gas de escape 13 o del mezclador 17, deposición de cenizas en el gas de escape 12, y otros similares.

#### Segunda realización

Se describirá un dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con una segunda realización con referencia a los dibujos. La segunda realización no forma parte de la invención reivindicada. Dado que el dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la segunda realización de la presente invención tiene una configuración similar al dispositivo de control de la polución del aire 10 mostrado en la FIG. 1 de acuerdo con la primera realización de la presente invención, se hará una descripción de la presente realización con referencia solo a un diagrama que muestra la configuración de toberas de pulverización en un conducto de gas de escape. La FIG. 16 es un diagrama que muestra una sección transversal del conducto de gas de escape del dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la segunda realización tal como se ve desde una dirección de flujo del gas de escape. Nótese que los elementos que se superponen con la configuración del dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la primera realización se indican mediante los mismos números de referencia y se omitirá la descripción de los mismos.

Tal como se muestra en la FIG. 16, el dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la presente realización se forma mediante la disposición de una pluralidad de toberas de pulverización 70 en el conducto de gas de escape 13 de modo que satisfaga la siguiente expresión (13).

$$a \leq b/5 \quad \dots (13)$$

Nótese sin embargo que *a* indica una distancia entre orificios de tobera de la tobera de pulverización, y *b* indica una longitud del lado largo de las longitudes de la sección transversal en el conducto de gas de escape.

Dado que la pluralidad de toberas de pulverización 70 se disponen en el conducto de gas de escape 13 de modo que satisfagan la expresión (13) anterior, el número de toberas de pulverización 70 a disponerse en el conducto de



gas de escape 13 puede incrementarse en comparación con la técnica convencional, y las toberas de pulverización 15 pueden disponerse apropiadamente en el conducto de gas de escape 13. Por lo tanto, las cantidades de  $\text{NH}_3$  y  $\text{HCl}$  pulverizadas al interior del gas de escape 12 pueden incrementarse adicionalmente, fomentando de ese modo la mezcla del gas  $\text{NH}_3$  y del gas  $\text{HCl}$  dentro del gas de escape 12.

5 Además, la pluralidad de toberas de pulverización 70 se dispone preferentemente en el conducto de gas de escape 13 de modo que satisfaga la siguiente expresión (14).

$$a \leq b/10 \dots (14)$$

10 Por ello, de acuerdo con el dispositivo de control de la polución del aire de la presente realización, dado que se dispone la pluralidad de toberas de pulverización 70 del conducto de gas de escape 13 de modo que satisfaga la expresión (13) anterior, es posible fomentar la mezcla de  $\text{NH}_3$  con el gas de escape 12. Por ello, el gas  $\text{HCl}$  y el gas  $\text{NH}_3$  pueden suministrarse uniformemente dentro del conducto de gas de escape 13 sin irregularidades de concentración, y es posible mejorar la capacidad de oxidación de  $\text{Hg}$  y la capacidad de reducción de  $\text{NO}_x$  en el dispositivo de reducción-desnitración 18.

#### Tercera realización

20 Se describirá un dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la tercera realización con referencia a los dibujos. La tercera realización no forma parte de la invención reivindicada.

25 Dado que el dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la tercera realización tiene una configuración similar al dispositivo de control de la polución del aire 10 mostrado en la FIG. 1 de acuerdo con la primera realización de la presente invención, se hará una descripción en la presente realización con referencia solo a los diagramas que muestran la configuración de las toberas de pulverización en un conducto de gas de escape. La FIG. 17 es un diagrama que muestra una sección transversal del conducto de gas de escape del dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la tercera realización de la presente invención tal como se ve desde una dirección del flujo del gas de escape. La FIG. 18 es un diagrama que muestra la configuración de la tobera de pulverización de una forma simplificada. Nótese que los elementos que se superponen con las configuraciones de los dispositivos de control de la polución del aire de acuerdo con la primera y segunda realizaciones se indicarán mediante los mismos números de referencia y se omitirá la descripción de los mismos.

30 Tal como se muestra en las FIGS. 17 y 18, el dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la presente realización incluye toberas de pulverización 71 teniendo cada una cuatro orificios de tobera 71a para pulverización de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14. Mediante el incremento del número de orificios de tobera 71a de la tobera de pulverización 71, es posible incrementar una cantidad de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 pulverizada al interior del conducto de gas de escape 13 desde una tobera de pulverización 71, fomentando de ese modo la mezcla del gas  $\text{HCl}$  y del gas  $\text{NH}_3$  con el gas de escape 12.

35 Como resultado, es posible mejorar adicionalmente la capacidad de oxidación de  $\text{Hg}$  y la capacidad de reducción de  $\text{NO}_x$  en el dispositivo de reducción-desnitración 18.

40 Además, una distancia  $c$  entre los orificios de tobera 71a es preferentemente de 0,3 m o más corta. Dado que una gotita tiene aproximadamente 40  $\mu\text{m}$ , la distancia de traslado de la gotita en la dirección horizontal (es decir, la distancia más corta  $x$  desde la pared interior 13a del conducto de gas de escape 13 al orificio de tobera 71a de la tobera de pulverización 71) es de 0,13 m según la Tabla 2. Dado que la gotita, después de ser evaporada y sublimada, fluye en la dirección del flujo del gas, es deseable para la homogenización de la distribución de concentración que las gotitas pulverizadas desde los dos orificios de tobera 71a se superpongan entre sí antes de la evaporación y sublimación de las mismas. Se muestra en la FIG. 19 una vista parcial ampliada de la tobera de pulverización 71. Tal como se muestra en la FIG. 19, la suma de distancias sobre las que se mueven las gotitas emitidas desde los dos orificios de tobera 71a en la dirección horizontal antes de la evaporación de las mismas es de 0,26 m (0,13 m x 2). Por ello, mediante el ajuste de la distancia  $c$  entre los orificios de tobera 71a a 0,3 m o más corta, las gotitas inyectadas desde los dos orificios de tobera 71a pueden superponerse entre sí. Además, es frecuentemente el caso en el que un diámetro de gotita usado de modo realista está en un intervalo de 40  $\mu\text{m}$  o mayor y 80  $\mu\text{m}$  o más pequeño con vistas a la controlabilidad y dimensión del dispositivo de las mismas. Cuando el diámetro de gotita es de aproximadamente 40  $\mu\text{m}$  como el límite inferior de las mismas, mediante el ajuste de la distancia  $c$  entre los orificios de tobera 71a a 0,3 m o más corta, las gotitas pulverizadas desde los dos orificios de tobera 71a pueden solaparse entre sí.

45 Además, aunque cada tobera de pulverización 71 está provista con cuatro orificios de tobera 71a en el dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la presente realización, la presente invención no está limitada a ello. Pueden proporcionarse dos, tres, o cinco o más orificios de tobera 71a.

65

## Cuarta realización

Se describirá un dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la cuarta realización con referencia a los dibujos. La cuarta realización no forma parte de la invención reivindicada.

Dado que el dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la cuarta realización tiene una configuración similar al dispositivo de control de la polución del aire 10 mostrado en la FIG. 1 de acuerdo con la primera realización de la presente invención, se hará una descripción en la presente realización con referencia solo a un diagrama que muestra la configuración de las toberas de pulverización en un conducto de gas de escape. El dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la cuarta realización puede cambiar una cantidad pulverizada desde cada tobera de pulverización cuando se proporcionan veinticuatro toberas de pulverización en el conducto de gas de escape 13. La FIG. 20 es un diagrama que muestra una sección transversal del conducto de gas de escape del dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la cuarta realización de la presente invención tal como se ve desde una dirección del flujo del gas de escape. Nótese que los elementos que se superponen con las configuraciones de los dispositivos de control de la polución del aire de acuerdo con la primera a tercera realizaciones se indicarán mediante los mismos números de referencia y se omitirá la descripción de los mismos.

Como se muestra en la FIG. 20, en el dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la presente realización, una cantidad pulverizada de cada una de las toberas de pulverización 70-1, 70-11 a 70-13, 70-23, y 70-24 proporcionada sobre el lado corto del conducto de gas de escape 13 se hace mayor que una cantidad pulverizada de cada una de las toberas de pulverización 70-2 a 70-10 y 70-14 a 70-22 proporcionadas sobre el lado largo del conducto de gas de escape 13. Por ejemplo, si la cantidad pulverizada de cada una de las toberas de pulverización 70-2 a 70-10 y 70-14 a 70-22 se supone que es 1, la cantidad pulverizada de cada una de las toberas de pulverización 70-1, 70-11 a 70-13, 70-23, y 70-24 se establece en 1,5.

Dado que la cantidad pulverizada de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 pulverizada desde cada una de las toberas de pulverización 70-1, 70-11 a 70-13, 70-23, y 70-24 proporcionada sobre el lado corto del conducto de gas de escape 13 se hace mayor que la cantidad pulverizada de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 pulverizada desde cada una de las toberas de pulverización 70-2 a 70-10 y 70-14 a 70-22 proporcionadas sobre el lado largo del conducto de gas de escape 13, es posible pulverizar de modo eficiente la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 hasta partes en el extremo del conducto de gas de escape 13. Por ello el gas  $\text{HCl}$  y el gas  $\text{NH}_3$  puede suministrarse también al gas de escape 12 que fluye cerca de las partes extremas del conducto de gas de escape 13, mejorando de ese modo adicionalmente la capacidad de oxidación de  $\text{Hg}$  y la capacidad de reducción de  $\text{NO}_x$  en el dispositivo de reducción-desnitración 18.

Además, el dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la presente realización, cuando la cantidad pulverizada de cada una de las toberas de pulverización 70-2 a 70-10 y 70-14 a 70-22 proporcionadas sobre el lado largo del conducto de gas de escape 13 se supone que es 1, la cantidad pulverizada de cada una de las toberas de pulverización 70-1, 70-11 a 70-13, 70-23, y 70-24 proporcionada sobre el lado corto del conducto de gas de escape 13 se establece en 1,5. Sin embargo, la presente invención no está limitada a ello. La relación entre las toberas de pulverización proporcionadas sobre el lado corto del conducto de gas de escape 13 y las toberas de pulverización proporcionadas sobre el lado largo del conducto de gas de escape 13 se ajusta adecuadamente dependiendo de la concentración de  $\text{NO}_x$  y de la concentración de  $\text{Hg}$  en el gas de escape 12, la cantidad pulverizada de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14, y otros similares.

Aunque se proporcionan veinticuatro toberas de pulverización 70-1 a 70-24 dentro del conducto de gas de escape 13 en el dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la presente realización, la presente invención no está limitada a ello. Puede proporcionarse una pluralidad de toberas de pulverización dependiendo de un área de instalación en el conducto de gas de escape 13, y otros similares.

## Quinta realización

Se describirá un dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con una quinta realización con referencia a los dibujos. La quinta realización no forma parte de la invención reivindicada.

Dado que el dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la quinta realización tiene una configuración similar al dispositivo de control de la polución del aire 10 mostrado en la FIG. 1 de acuerdo con la primera realización de la presente invención, se hará una descripción en la presente realización con referencia solo a diagramas que muestran una configuración de un conducto de gas de escape. La FIG. 21 es un diagrama que muestra el conducto de gas de escape del dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la quinta realización de la presente invención tal como se ve desde una dirección del lado corto del mismo. La FIG. 22 es un diagrama que muestra el conducto de gas de escape tal como se ve desde una dirección del lado largo del mismo. Nótese que los elementos que se superponen con las configuraciones del dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la primera a cuarta realizaciones se indicarán mediante los mismos números de referencia y se omitirá la descripción de los mismos.

Como se muestra en las FIGS. 21 y 22, en el dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la presente realización, el conducto de gas de escape 13 incluye elementos salientes 72 proporcionados sobre la pared interior del conducto de gas de escape 13 sobre el lado aguas abajo de la posición de suministro en la que se suministra la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 dentro del conducto de gas de escape 13 y en la zona en donde se han gasificado gotitas de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14. Se reduce una anchura de la abertura del conducto de gas de escape 13 a través del que puede fluir el gas de escape 12 proporcionando los elementos salientes 72 sobre la pared interior del conducto de gas de escape 13.

Por ello, es posible generar un vórtice debido al flujo de gas del gas de escape 12 en la proximidad de la superficie de la pared del conducto de gas de escape 13. Como resultado, es posible fomentar la mezcla del gas  $\text{HCl}$  y del gas  $\text{NH}_3$  en el gas de escape 12 que fluye cerca de la superficie de la pared del conducto de gas de escape 13, mejorando de ese modo la capacidad de oxidación de  $\text{Hg}$  y la capacidad de reducción de  $\text{NO}_x$  en el dispositivo de reducción-desnitración 18.

Además, la posición de instalación del elemento saliente 72 se fija preferentemente en una zona en donde ya se han gasificado las gotitas de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 pulverizadas desde la tobera de pulverización 15 para impedir que las gotitas de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 colisionen contra el elemento saliente 72. Particularmente, el elemento saliente 72 se proporciona preferentemente a 1 m o más en el lado aguas abajo separado de la tobera de pulverización 15.

Además, aunque la forma del elemento saliente 72 es una forma de placa en el dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la presente realización, la presente invención no está limitada a ello. Pueden usarse otras formas tales como una forma de caja o una forma triangular.

#### Sexta realización

Se describirá un dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con una sexta realización con referencia a los dibujos. La sexta realización no forma parte de la invención reivindicada.

Dado que el dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la sexta realización tiene una configuración similar al dispositivo de control de la polución del aire 10 mostrado en la FIG. 1 de acuerdo con la primera realización de la presente invención, se hará una descripción en la presente realización con referencia solo a diagramas que muestran una configuración de un conducto de gas de escape. La FIG. 23 es un diagrama que muestra el conducto de gas de escape del dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la sexta realización de la presente invención tal como se ve desde una dirección del lado corto del mismo. La FIG. 24 es un diagrama que muestra el conducto de gas de escape tal como se ve desde una dirección del lado largo del mismo. Nótese que los elementos que se superponen con las configuraciones del dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la primera a quinta realizaciones se indicarán mediante los mismos números de referencia y se omitirá la descripción de los mismos.

Como se muestra en las FIGS. 23 y 24, el dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la presente realización se forma con una parte estrechada 73 para el estrechamiento de un paso en el conducto de gas de escape 13 proporcionado sobre el lado aguas abajo de la posición de suministro en la que se suministra la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 dentro del conducto de gas de escape 13. Dado que la parte estrechada 73 para estrechamiento del paso del conducto de gas de escape 13 se proporciona sobre la superficie de la pared del conducto de gas de escape 13, es posible generar un vórtice debido al flujo de gas del gas de escape 12 en la proximidad de la superficie de la pared del conducto de gas de escape 13. Como resultado, es posible fomentar la mezcla del gas  $\text{HCl}$  y del gas  $\text{NH}_3$  en el gas de escape 12 que fluye cerca de la superficie de la pared del conducto de gas de escape 13. Por ello, es posible suprimir irregularidades de concentración del gas  $\text{HCl}$  y del gas  $\text{NH}_3$  en el gas de escape 12, mejorando de ese modo la capacidad de oxidación de  $\text{Hg}$  y la capacidad de reducción de  $\text{NO}_x$  en el dispositivo de reducción-desnitración 18.

Además, aunque el paso del conducto de gas de escape 13 se estrecha para formar la parte estrechada 73 en el dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la presente realización, la presente invención no está limitada a ello. Por ejemplo, tal como se muestra en las FIGS. 25 y 26, puede proporcionarse un elemento estrechado 74 que tiene la misma forma que la parte estrechada 73 sobre la superficie de pared del conducto de gas de escape 13.

Por ello, es posible generar un vórtice debido al flujo de gas del gas de escape 12 en la proximidad del elemento estrechado 74. Como resultado, es posible fomentar la mezcla del gas  $\text{HCl}$  y del gas  $\text{NH}_3$  en el gas de escape 12 que fluye cerca de la superficie de la pared del conducto de gas de escape 13.

Además, como en el caso del elemento saliente 72 en la quinta realización, la posición de instalación de la parte estrechada 73 se proporciona preferentemente en la zona en donde ya se han gasificado las gotitas de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 pulverizadas desde la tobera de pulverización 15 para impedir que las gotitas de la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14 colisionen contra la parte estrechada 73. Particularmente, la parte estrechada 73 se proporciona preferentemente en una posición a 1 m o más en el lado aguas abajo separada de las toberas de pulverización 15.

## Séptima realización

Se describirá un dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la invención tal como se define en la reivindicación independiente 1 de acuerdo con los dibujos. Dado que el dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la séptima realización de la presente invención tiene una configuración similar al dispositivo de control de la polución del aire 10 mostrado en la FIG. 1 de acuerdo con la primera realización de la presente invención, se hará una descripción en la presente realización con referencia solo a diagramas que muestran una configuración de un conducto de gas de escape. La FIG. 27 es un diagrama que muestra parte del dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la séptima realización de la presente invención. La FIG. 28 es una vista en perspectiva parcial ampliada que muestra el área de referencia de símbolo Z en la FIG. 27. Nótese que los elementos que se superponen con las configuraciones del dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la primera a sexta realizaciones se indicarán mediante los mismos números de referencia y se omitirá la descripción de los mismos.

Tal como se muestra en las FIGS. 27 y 28, el dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la presente realización se forma proporcionando aletas directoras 75 dispuestas sobre el lado aguas arriba del dispositivo de reducción-desnitración 18 con elementos auxiliares de fomento de la mezcla 76 para el fomento de la mezcla del gas HCl y del gas NH<sub>3</sub> en el gas de escape 12. Los elementos auxiliares de fomento de la mezcla 76 son una pluralidad de elementos con forma de placa que se extienden en una dirección perpendicular a las nervaduras 77 para la conexión entre la pluralidad de aletas directoras 75. Al proporcionar las nervaduras 77 para la conexión entre las aletas directoras 75 con los elementos auxiliares de fomento de la mezcla 76, puede perturbarse el flujo de gas del gas de escape 12. Por lo tanto, incluso cuando no es suficiente la mezcla del gas HCl y del gas NH<sub>3</sub> en el gas de escape 12 en el mezclador 17, puede fomentarse la mezcla del gas HCl y del gas NH<sub>3</sub> en el gas de escape 12 sobre el lado aguas arriba del dispositivo de reducción-desnitración 18. Por ello, es posible suprimir las irregularidades de concentración del gas HCl y del gas NH<sub>3</sub> en el gas de escape 12, mejorando de ese modo la capacidad de oxidación de Hg y la capacidad de reducción de NO<sub>x</sub> en el dispositivo de reducción-desnitración 18.

## Octava realización

Se describirá un dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la octava realización con referencia a los dibujos. La octava realización no forma parte de la invención reivindicada.

La FIG. 29 es un diagrama que muestra la configuración de un dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la octava realización de la presente invención en una forma simplificada. Nótese que dado que el dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la presente realización tiene una configuración similar a los dispositivos de control de la polución del aire de acuerdo con la primera a séptima realizaciones, los elementos idénticos se indicarán mediante los mismos números de referencia y se omitirá la descripción redundante.

Como se muestra en la FIG. 29, un dispositivo de control de la polución del aire 80 de acuerdo con la presente realización incluye un medio de inyección de gas amoníaco (NH<sub>3</sub>) 82, proporcionado entre el medio de suministro de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 16 y el dispositivo de reducción-desnitración 18, para el suministro del gas amoníaco (NH<sub>3</sub>) 81 dentro del conducto de gas de escape 13 como un agente reductor. El medio de inyección de gas NH<sub>3</sub> 82 se compone de una unidad de suministro de gas NH<sub>3</sub> 83 para almacenamiento del gas NH<sub>3</sub> 81, una trayectoria de alimentación de gas amoníaco (NH<sub>3</sub>) 84 para la alimentación del gas NH<sub>3</sub> 81 al conducto de gas de escape 13, y una tobera de inyección 85 para la inyección del gas NH<sub>3</sub> 81 dentro del conducto de gas de escape 13. Además, se ajusta una cantidad inyectada del gas NH<sub>3</sub> 81 inyectado desde la tobera de inyección 85 mediante una válvula V4. A diferencia de las gotitas tales como las de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14, el gas NH<sub>3</sub> 81 no provoca daños tales como un daño al conducto de gas de escape 13 incluso si colisiona contra el conducto de gas de escape 13. Por ello, el gas NH<sub>3</sub> 81 puede inyectarse también a una zona de la superficie de pared del conducto de gas de escape 13. Como resultado, es posible incrementar la concentración de NH<sub>3</sub> en la zona de baja concentración cerca de la pared del conducto de gas de escape 13, y es posible por lo tanto suprimir las irregularidades de concentración del gas HCl y del gas NH<sub>3</sub> en el gas de escape 12.

Además, la posición en la que se suministra al gas NH<sub>3</sub> 81 al interior del conducto de gas de escape 13 desde la tobera de inyección 85 está preferentemente a 1 m o más en el lado aguas abajo de la posición de pulverización de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14. Esto es para impedir que las gotitas de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 colisionen contra la tobera de inyección 85.

Por ello, de acuerdo con un dispositivo de control de la polución del aire 80 de la presente realización, mediante la inyección del gas NH<sub>3</sub> 81 dentro del conducto de gas de escape 13 por los medios de inyección de gas NH<sub>3</sub> 82 después de la pulverización de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 al interior del conducto de gas de escape 13, es posible incrementar la concentración de NH<sub>3</sub> en la zona de baja concentración cerca de la pared del conducto de gas de escape 13. Por ello es posible suprimir las irregularidades de concentración del gas HCl y del gas NH<sub>3</sub> en el gas de escape 12 y también mantener la capacidad de oxidación de Hg y mejorar la capacidad de reducción de NO<sub>x</sub> en el dispositivo de reducción-desnitración 18.

<Control de la cantidad inyectada de gas NH<sub>3</sub>>

El caudalímetro 61 para la medición de un caudal del gas de escape 12 se proporciona sobre el lado aguas arriba de la tobera de pulverización 15, y se mide un caudal del gas de escape 12. Basándose en el valor de caudal del gas de escape 12 medido por el caudalímetro 61, el dispositivo de control 62 puede ajustar el caudal, ángulo, velocidad inicial y otros similares del gas NH<sub>3</sub> 81 inyectado desde la tobera de inyección 85.

Por ello, cuando el equilibrio de concentración de NO<sub>x</sub> en el gas de escape 12 descargado desde una instalación de combustión tal como la caldera 11 es mayor que el usual y la cantidad necesaria de NH<sub>3</sub> no puede suministrarse por lo tanto solo mediante la pulverización de la solución de NH<sub>4</sub>Cl 14 dentro del conducto de gas de escape 13, se inyecta el gas NH<sub>3</sub> 81 desde la tobera de inyección 85 dentro del conducto de gas de escape 13, suministrando de ese modo la cantidad necesaria de gas NH<sub>3</sub> para la reducción de NO<sub>x</sub> en el gas de escape 12. Es posible también reducir irregularidades de las distribuciones de concentración del gas HCl y del gas NH<sub>3</sub> suministrado al interior del gas de escape 12 dentro del conducto de gas de escape 13. Como resultado, es posible suprimir las irregularidades de concentración del gas HCl y del gas NH<sub>3</sub> en el gas de escape 12 y también mejorar la capacidad de oxidación de Hg y mantener la capacidad de reducción de NO<sub>x</sub> en el dispositivo de reducción-desnitración 18.

Además, puede controlarse la cantidad de suministro de gas NH<sub>3</sub> 81 suministrado desde la unidad de suministro de gas NH<sub>3</sub> 83 mediante el uso del valor del medidor de concentración de NO<sub>x</sub> 63.

Además, aunque solo se proporciona la unidad de suministro de gas NH<sub>3</sub> 83 y se suministra de ese modo el gas NH<sub>3</sub> 81 dentro del conducto de gas de escape 13 en el dispositivo de control de la polución del aire 80 de acuerdo con la presente realización, la presente invención no está limitada a ello. En lugar de la unidad de suministro de gas NH<sub>3</sub> 83, puede proporcionarse una unidad de suministro de gas cloruro de hidrógeno (HCl) para suministro de un gas cloruro de hidrógeno (HCl) dentro del conducto de gas de escape 13 como un gas de oxidación, suministrando de ese modo el gas HCl dentro del conducto de gas de escape 13. Como resultado, es posible suministrar, al gas de escape 12, la cantidad necesaria de gas HCl para la oxidación de Hg. Además, basándose en la velocidad del flujo del gas de escape 12 medida por el caudalímetro 61, es posible ajustar la cantidad pulverizada, ángulo de pulverización, y velocidad inicial del gas HCl suministrado desde la unidad de suministro de gas HCl.

Adicionalmente, puede proporcionarse tanto la unidad de suministro de gas NH<sub>3</sub> 83 como la unidad de suministro de gas HCl. Basándose en la velocidad de flujo del gas de escape 12 medida por el caudalímetro 61, es posible ajustar las cantidades pulverizadas, ángulos de pulverización, y velocidades iniciales del gas NH<sub>3</sub> 81 y del gas HCl suministrados desde la unidad de suministro de gas NH<sub>3</sub> 83 y la unidad de suministro de gas HCl. Con esta configuración, el gas NH<sub>3</sub> y el gas HCl se suministran por separado al gas de escape 12, y es posible por lo tanto manejar apropiadamente el caso en el que varía la concentración de NO<sub>x</sub> o Hg en el gas de escape 12.

El agente auxiliar de oxidación usado como el gas de oxidación no está limitado a HCl, y puede usarse otro haluro de hidrógeno distinto al HCl, tal como bromuro de hidrógeno (HBr) o yoduro de hidrógeno (HI), como gas de oxidación.

### Aplicabilidad industrial

Tal como se ha descrito anteriormente, el dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la presente invención puede fomentar la mezcla del gas HCl y del gas NH<sub>3</sub>, que se generan a partir de finas gotitas de la solución de NH<sub>4</sub>Cl pulverizada al interior del conducto de gas de escape, con el gas de escape. Por ello, el dispositivo de control de la polución del aire de acuerdo con la presente invención es adecuado para su uso como un dispositivo de control de la polución del aire para la reducción de las cantidades de Hg y NO<sub>x</sub> en el gas de escape.

### Lista de signos de referencia

- 10, 80 dispositivo de control de la polución del aire
- 11 caldera
- 12 gas de escape
- 13 conducto de gas de escape
- 14 solución de cloruro de amonio (NH<sub>4</sub>Cl)
- 15 tobera de pulverización
- 16 medio de suministro de la solución de cloruro de amonio (NH<sub>4</sub>Cl) (medio de suministro del agente auxiliar de reducción-oxidación)
- 17 mezclador (medio de mezcla)
- 18 dispositivo de reducción-desnitración (medio de reducción-desnitración)
- 19 intercambiador de calor (calentador de aire)
- 20 precipitador
- 21 lodo de caliza y yeso
- 22 dispositivo de desulfuración por vía húmeda
- 25 tubería de suministro de la solución de cloruro de amonio (NH<sub>4</sub>Cl)

## ES 2 626 308 T3

	26, 33, 55 aire
	27, 34 tubería de suministro de aire
	28 tanque de solución de cloruro de amonio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ )
	31, 36 unidad de suministro de aire
5	32, 70 tubería de soplado
	35 orificio de inyección
	37 hueco
	41 elemento de inducción de flujo vorticial
	42 primera placa de inducción de flujo vorticial
10	43 segunda placa de inducción de flujo vorticial
	44 elemento intermedio (parte de conexión)
	45 placa de soporte inferior
	46 placa de soporte superior
	47-1 a 47-3 capa de catalizador de desnitración
15	48 placa de corriente
	49 cuerpo del dispositivo
	50 línea de alimentación de absorbente
	51 tobera
	52 gas purgado
20	53 chimenea
	54 agua
	56 deshidratador
	57 yeso
	61 caudalímetro
25	62 dispositivo de control
	63 medidor de concentración de $\text{NO}_x$
	64-1, 64-2 medidor de concentración de mercurio (Hg)
	65 parte inferior
	66 dispositivo de control de medición del potencial de oxidación-reducción (controlador de ORP)
30	72 elemento saliente
	73 parte estrechada
	74 elemento estrechado
	75 aleta directora
	76 elemento auxiliar de fomento de la mezcla
35	77 nervadura
	78 placa de dispersión y vorticial
	78a parte de placa plana
	78b parte de placa corrugada
	79 elemento de soporte
40	81 gas amoniaco ( $\text{NH}_3$ )
	82 medios de inyección del gas amoniaco ( $\text{NH}_3$ )
	83 unidad de suministro del gas $\text{NH}_3$
	84 trayectoria de alimentación del gas amoniaco ( $\text{NH}_3$ )
	85 tobera de inyección
45	V1 a V4 válvula

## REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de control de la polución del aire (10; 80) para reducir las cantidades de un óxido de nitrógeno y mercurio contenido en un gas de escape de una caldera (11), comprendiendo el dispositivo:

- una unidad de suministro de agente auxiliar de reducción-oxidación (16) para pulverización en estado líquido de un agente auxiliar de reducción-oxidación que produce un gas oxidante y un gas reductor tras gasificación del mismo en el interior de un conducto de gas de escape (13) en un lado aguas abajo de la caldera (11);
- una unidad de mezcla (17) proporcionada en un lado aguas abajo de una zona en donde se gasifica el agente auxiliar de reducción-oxidación, para el fomento de la mezcla del gas oxidante y del gas reductor, que se producen tras la gasificación del agente auxiliar de reducción-oxidación, con el gas de escape;
- una unidad de reducción-desnitración (18) que incluye un catalizador de desnitración para la reducción de un óxido de nitrógeno en el gas de escape con el gas de reducción y para la oxidación del mercurio bajo la coexistencia con el gas de oxidación; y
- una unidad de desulfuración por vía húmeda (22) para la reducción de la cantidad de mercurio oxidado en la unidad de reducción-desnitración (18) usando un absorbente alcalino;

**caracterizado por que** comprende una pluralidad de aletas directoras (75) provistas de elementos auxiliares de fomento de la mezcla (76) y dispuestas sobre el lado aguas arriba del dispositivo de reducción-nitración (18) y aguas abajo de la unidad de mezcla (17) para el fomento de la mezcla del gas HCl y del gas NH<sub>3</sub> dentro del gas de escape (12), consistiendo los elementos auxiliares de fomento de la mezcla en una pluralidad de elementos con forma de placa que se extienden en una dirección perpendicular a unas nervaduras (77) para la conexión entre la pluralidad de aletas directoras (75) para la perturbación del flujo de gas del gas de escape.

2. El dispositivo de control de la polución del aire (10; 80) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el agente auxiliar de reducción-oxidación es cloruro de amonio.

3. El dispositivo de control de la polución del aire (10; 80) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que la unidad de mezcla (17) incluye una unidad que incluye una pluralidad de elementos de inducción de flujo vorticial (41) para la generación de un flujo vorticial en el gas de escape, estando dispuestos los elementos de inducción de flujo vorticial (41) para ser perpendiculares a una dirección de flujo del gas de escape.

4. El dispositivo de control de la polución del aire (10; 80) de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la unidad de mezcla (17) se forma proporcionando una pluralidad de las unidades en la dirección del flujo del gas de escape.

5. El dispositivo de control de la polución del aire (10; 80) de acuerdo con la reivindicación 3 o 4, en el que el elemento de inducción del flujo vorticial (41) incluye:

- un par de primeras placas de inducción de flujo vorticial (42) que tienen superficies opuestas (42a) sobre un lado de entrada del gas de escape; y
- un par de segundas placas de inducción del flujo vorticial (43) que tienen superficies opuestas (43a) sobre un lado de descarga del gas de escape, y

en una parte de conexión (44) a la que están conectadas la primera placa de inducción de flujo vorticial (42) y la segunda placa de inducción de flujo vorticial (43), la primera placa de inducción de flujo vorticial (42) y la segunda placa de inducción de flujo vorticial (43) están conectadas a la misma de modo que las superficies opuestas de las mismas se dirijan de modo diferente.

6. El dispositivo de control de la polución del aire (10; 80) de acuerdo con la reivindicación 5, en el que una anchura L y una altura D del elemento de inducción de flujo vorticial (41) están dentro de intervalos definidos por las siguientes expresiones:

$$\text{MÍN}(B, H) / 10 \leq L \leq \text{MÍN}(B, H) \quad \dots (1)$$

$$\text{MÍN}(B, H) / 10 \leq D \leq 5 \times \text{MÍN}(B, H) \quad \dots (2)$$

en las que B indica una longitud de un lado en una sección transversal del conducto de gas de escape (13) en una posición de instalación del mismo, H indica una longitud del otro lado en la sección transversal del conducto de gas de escape (13), y MÍN(B, H) indica un valor de una longitud de un lado más corto de la longitud B de un lado en la sección transversal en el conducto de gas de escape (13) y la longitud H del otro lado en la sección transversal del conducto de gas de escape (13).

7. El dispositivo de control de la polución del aire (10; 80) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende uno o ambos de entre una unidad de suministro de gas amoniacado para suministro de un gas amoniacado dentro del conducto de gas de escape (13) y una unidad de suministro de gas de cloruro de hidrógeno para suministro de un gas de cloruro de hidrógeno dentro del conducto de gas de escape (13), que están dispuestos entre la unidad de suministro del agente auxiliar de reducción-oxidación (16) y la unidad de reducción-desnitración

(18).



FIG.1

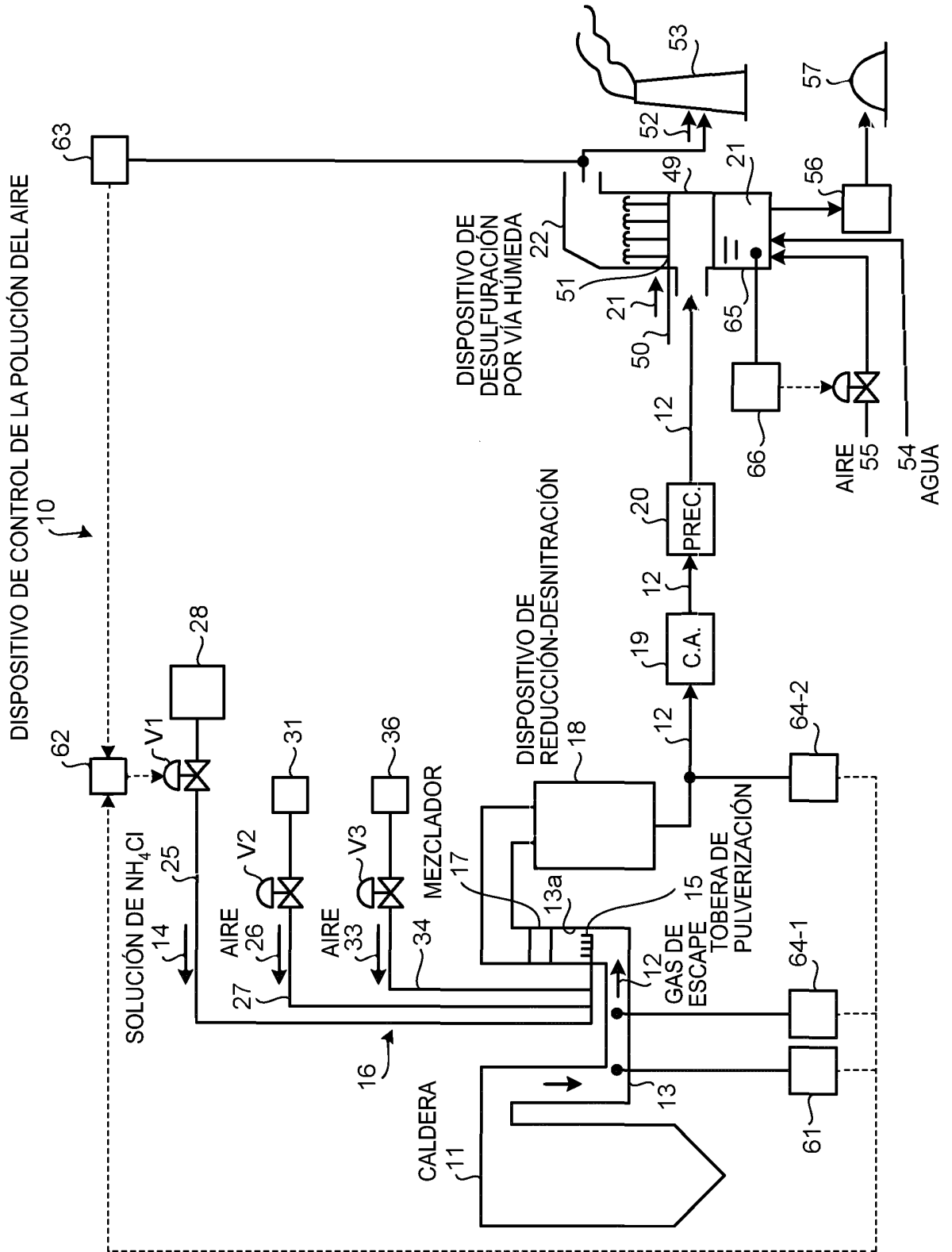


FIG.2

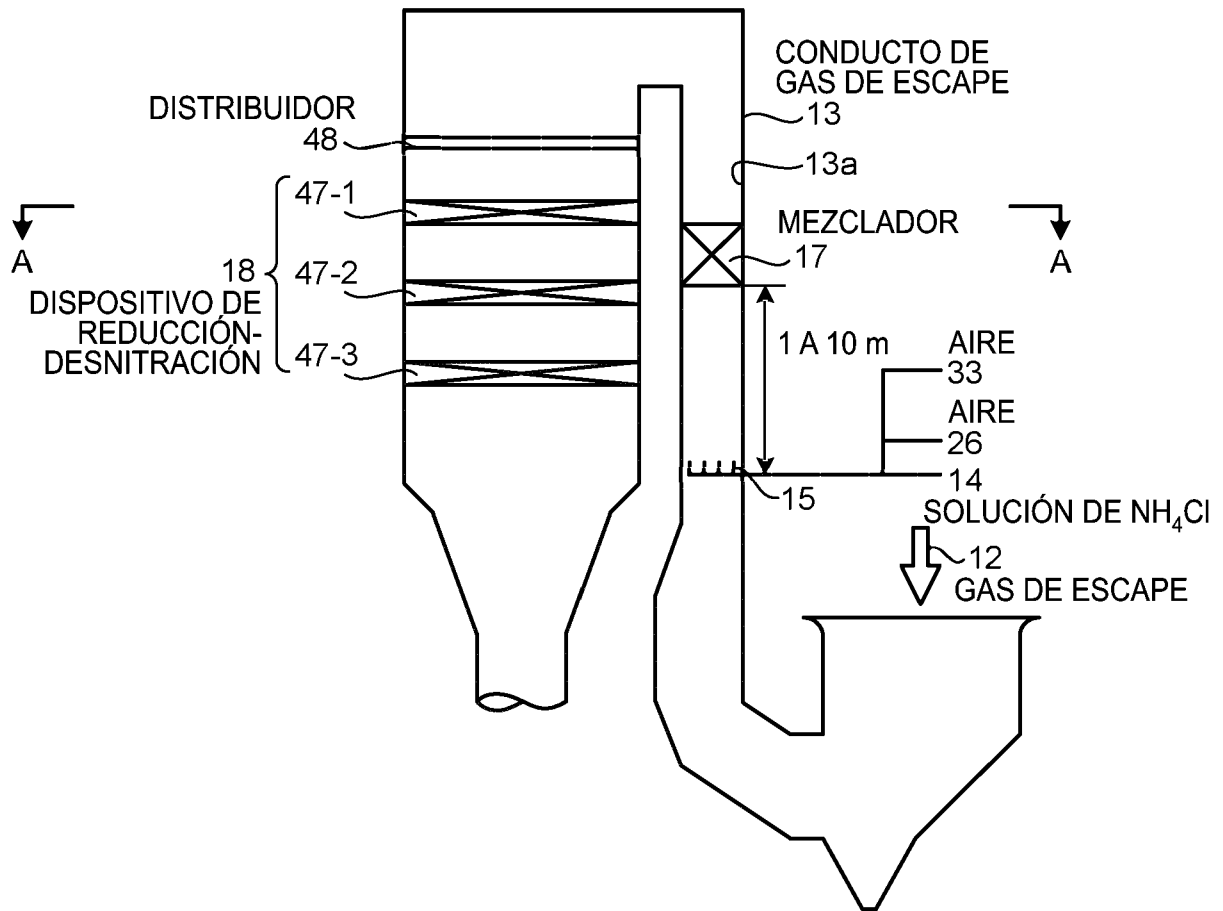


FIG.3

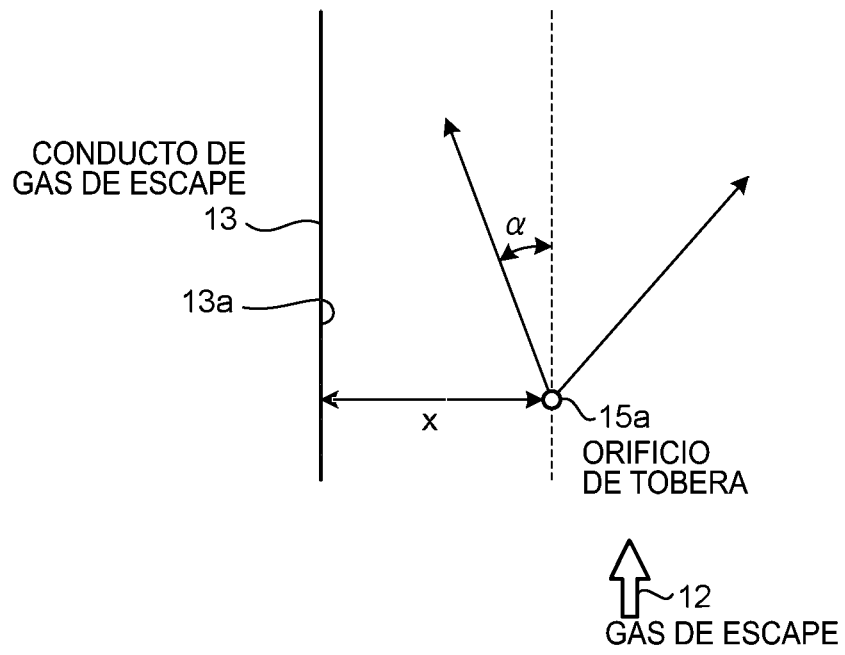


FIG.4

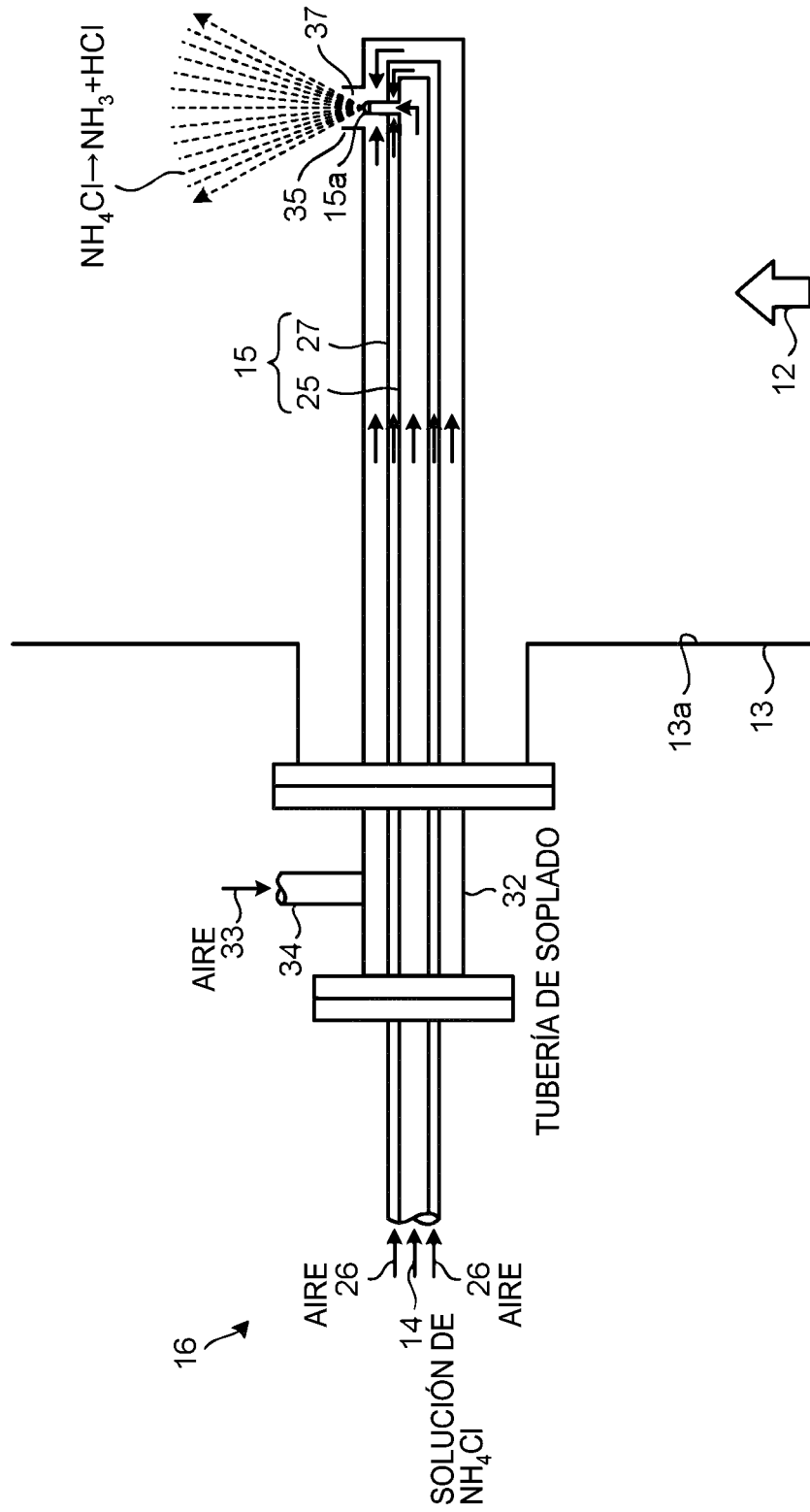


FIG.5

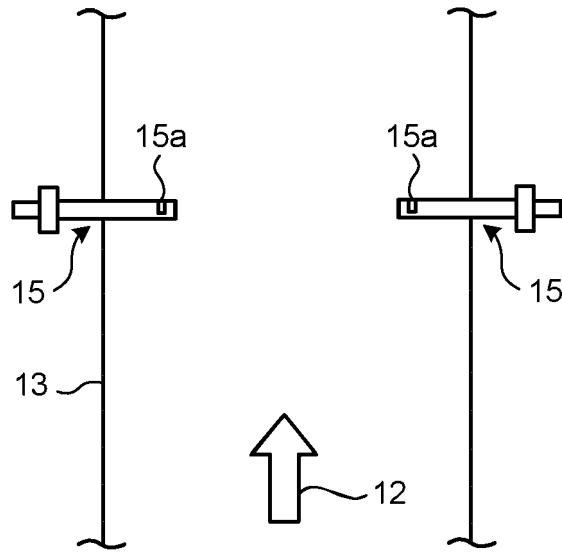


FIG.6

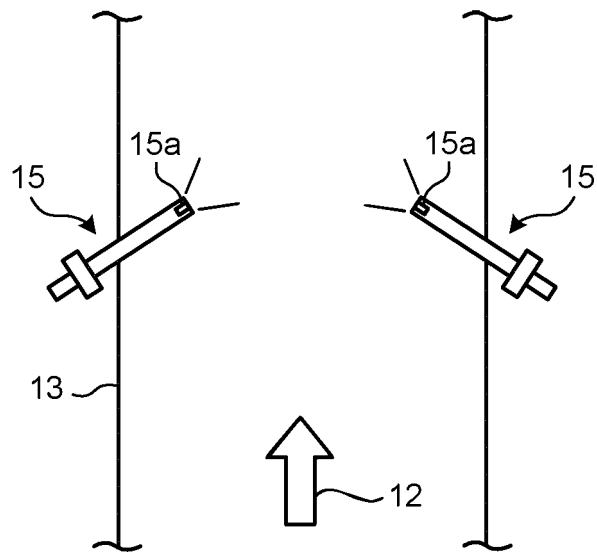


FIG.7

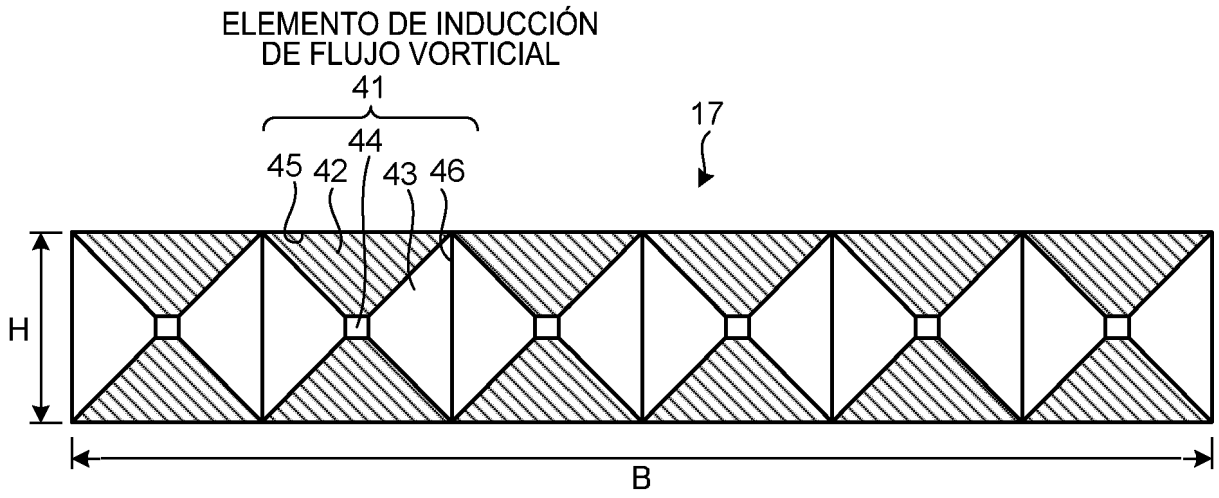


FIG.8

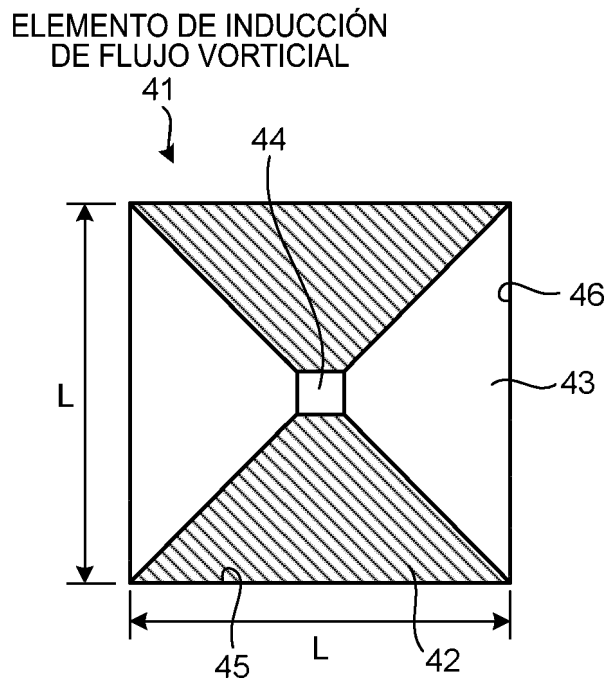


FIG.9

ELEMENTO DE INDUCCIÓN  
DE FLUJO VORTICIAL

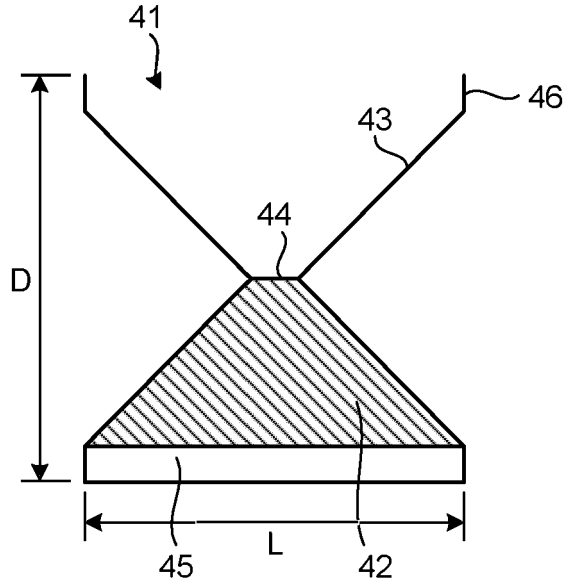


FIG.10

ELEMENTO DE INDUCCIÓN  
DE FLUJO VORTICIAL

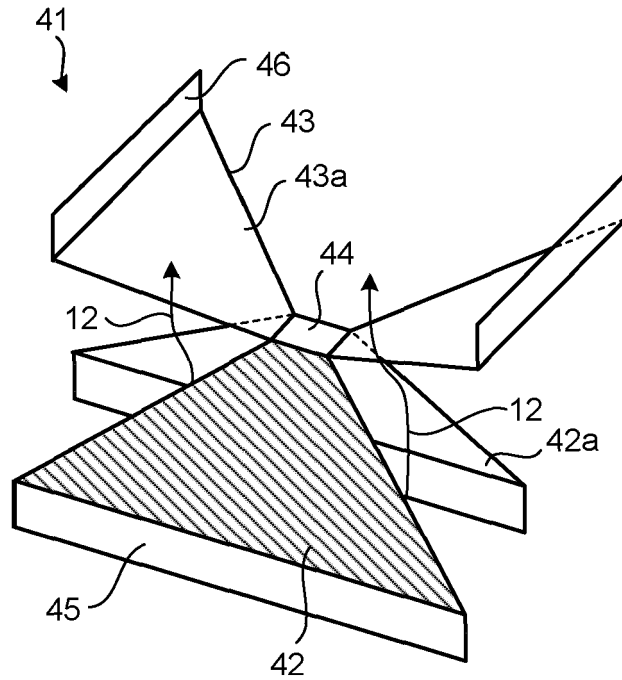


FIG.11

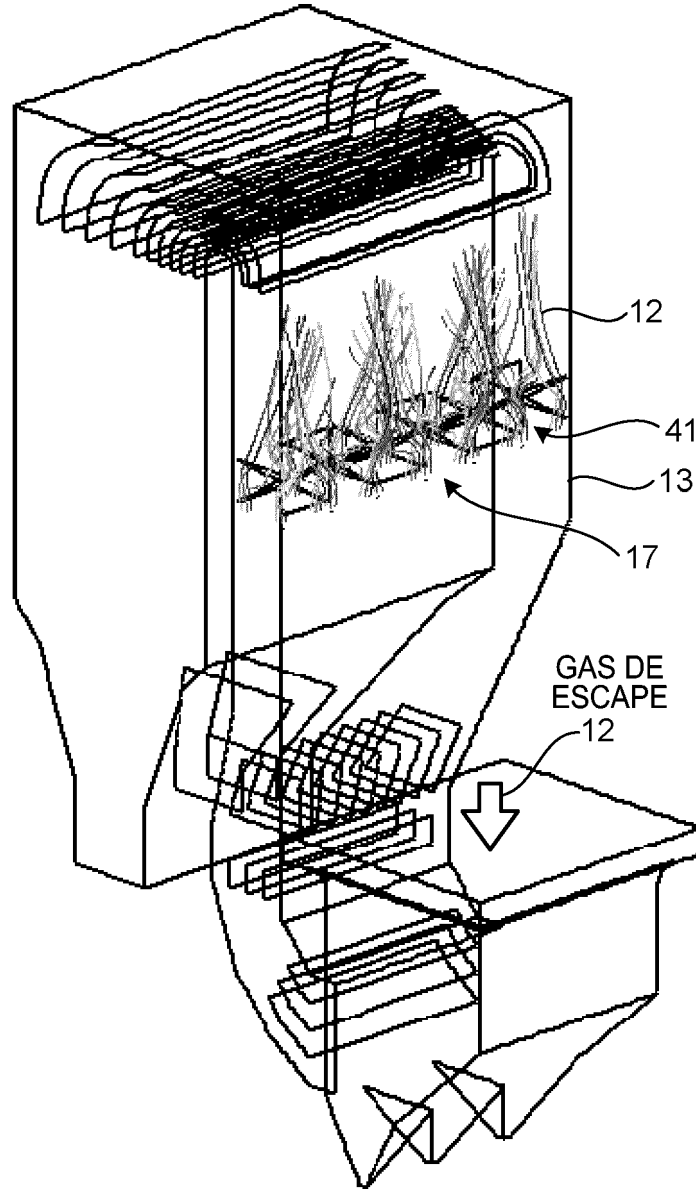




FIG.12

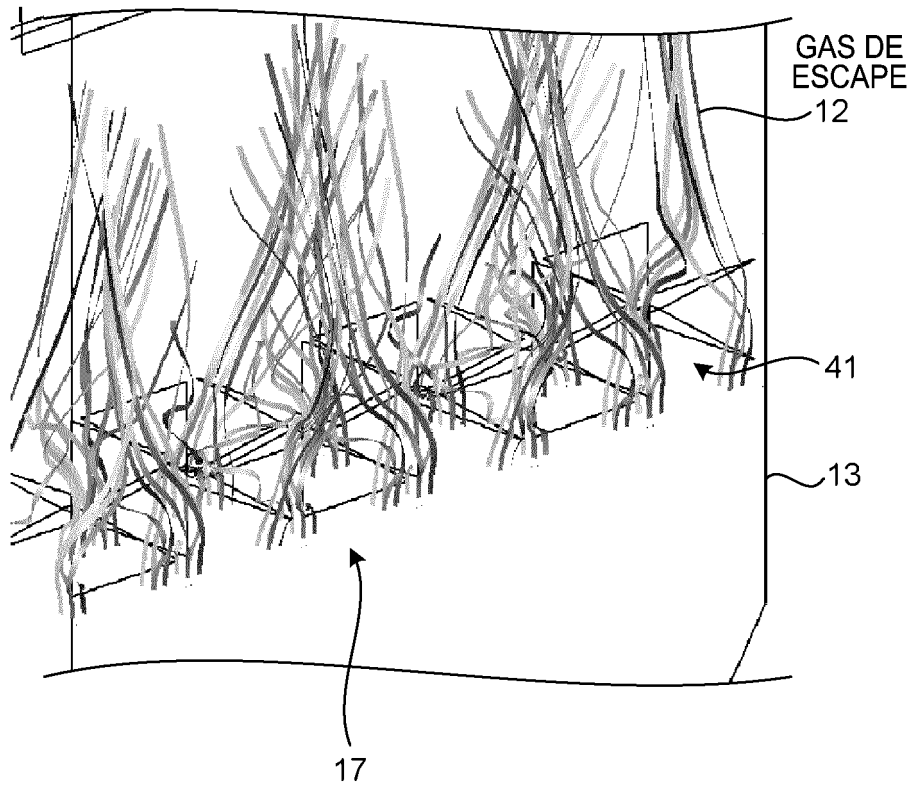


FIG.13

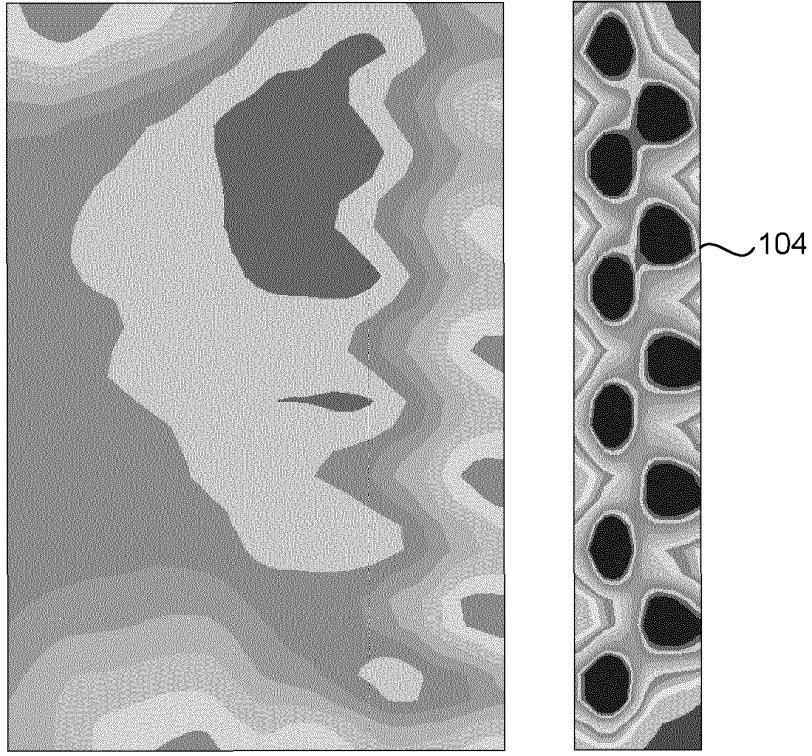


FIG.14

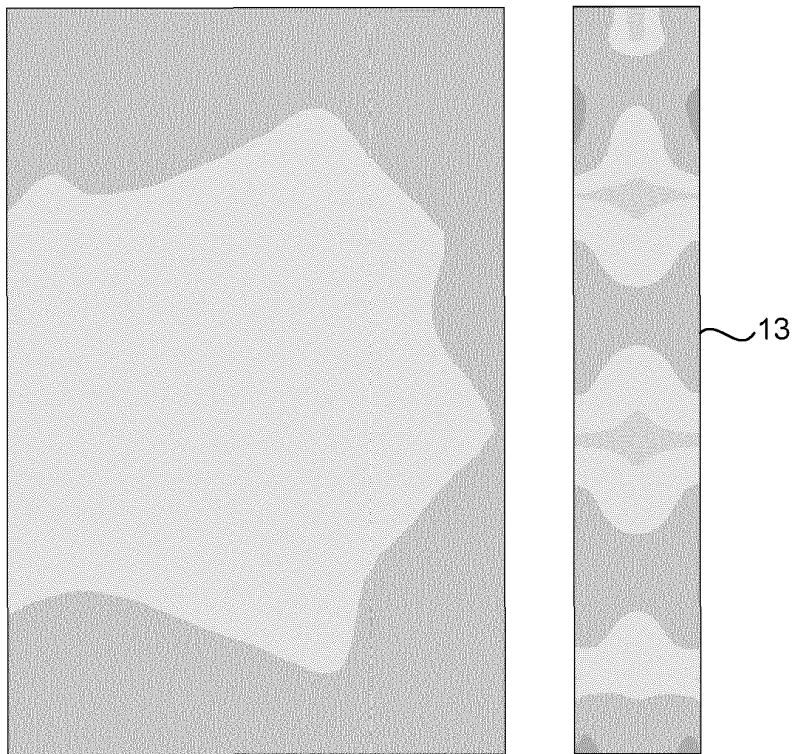


FIG.15

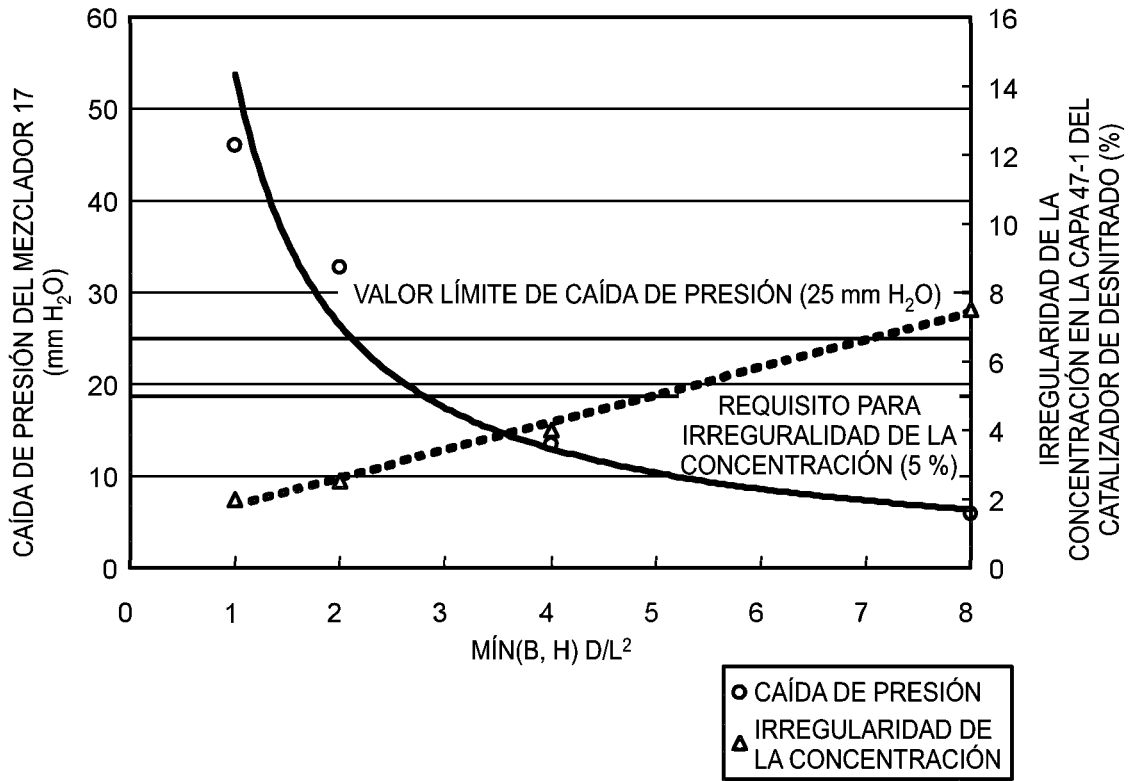


FIG.16

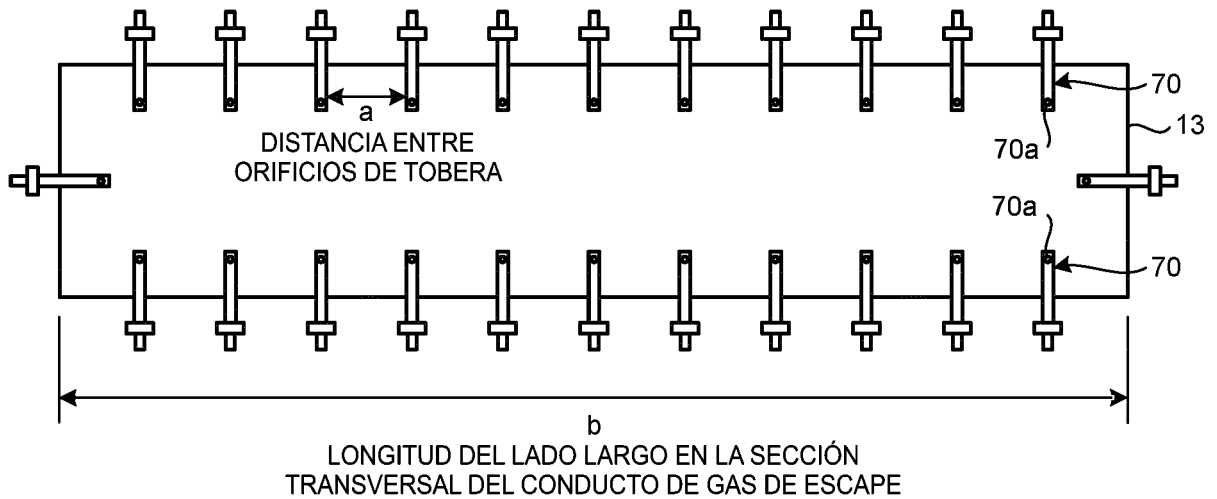


FIG.17

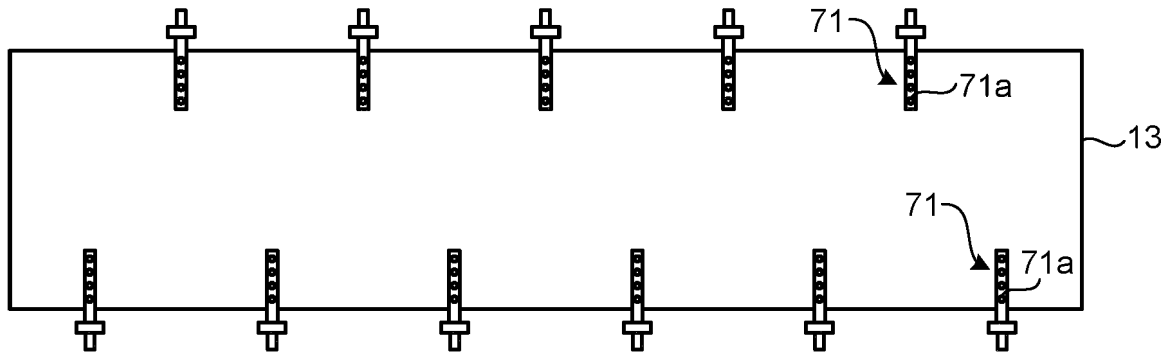


FIG.18

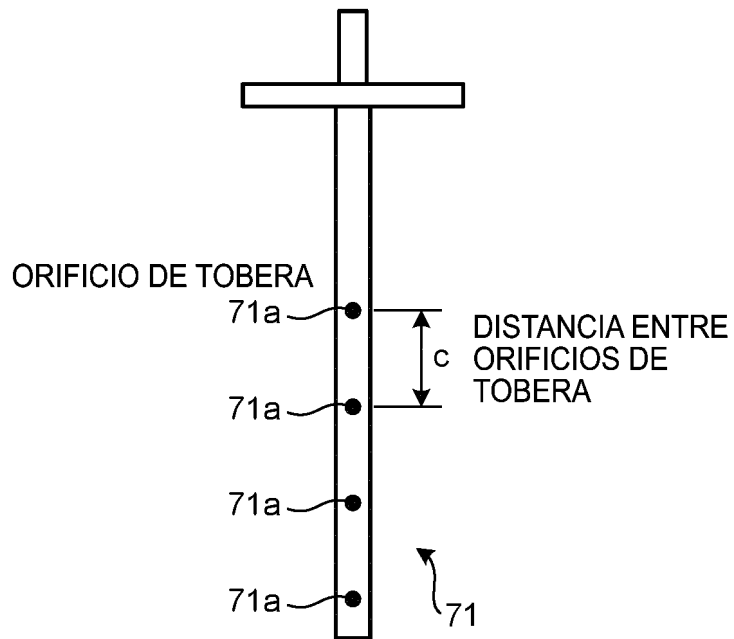


FIG.19

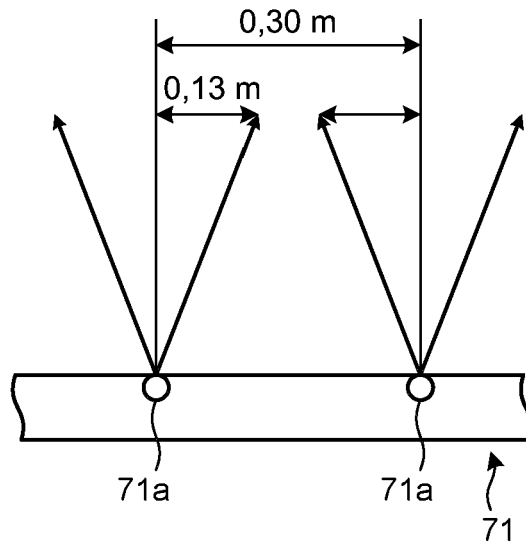


FIG.20

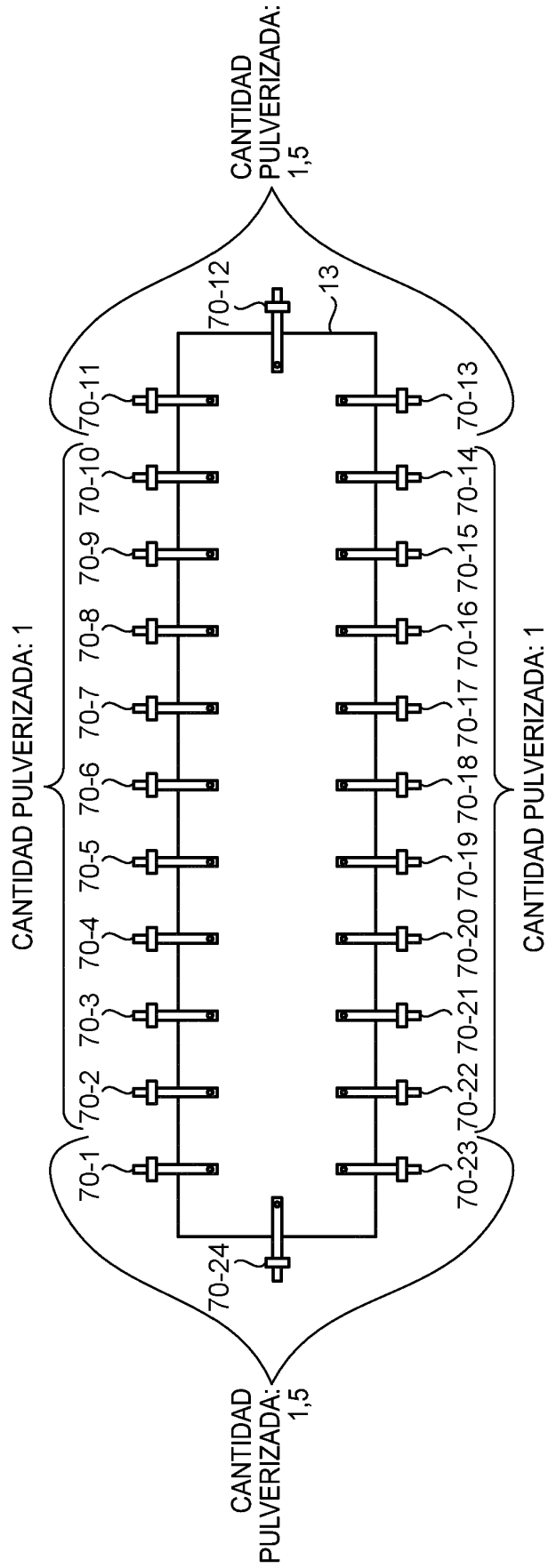


FIG.21

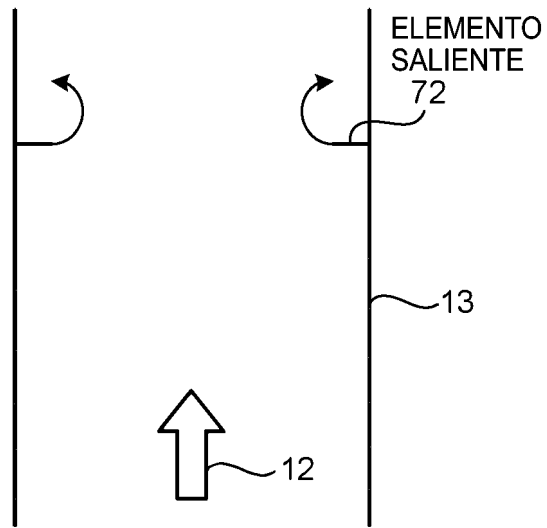


FIG.22

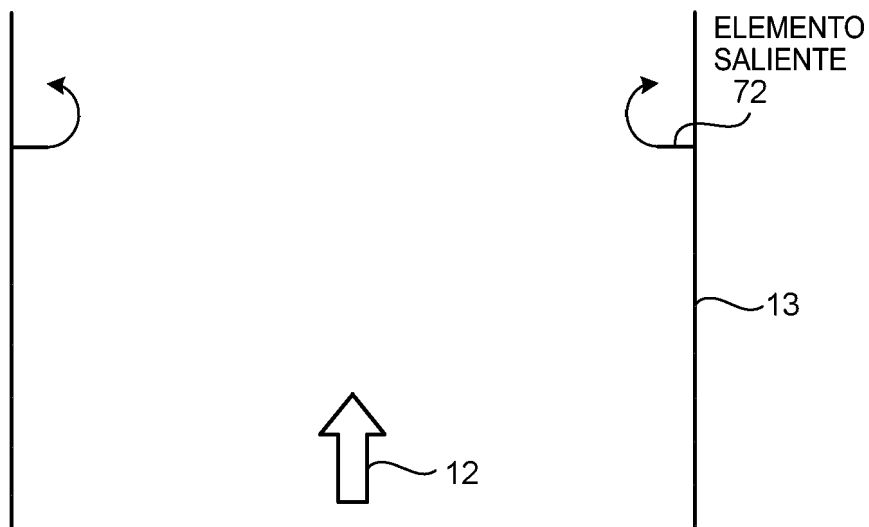


FIG.23

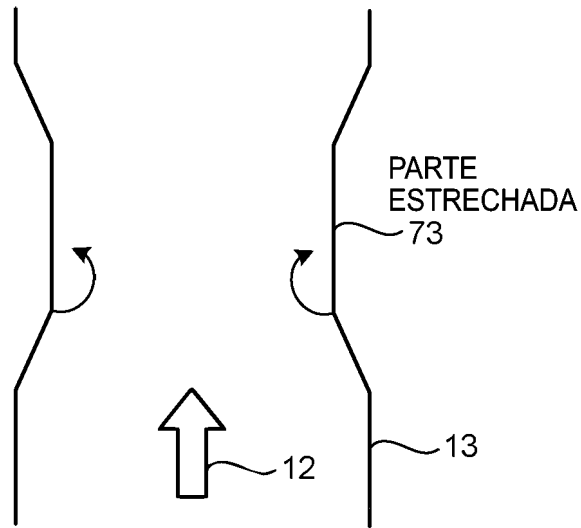


FIG.24

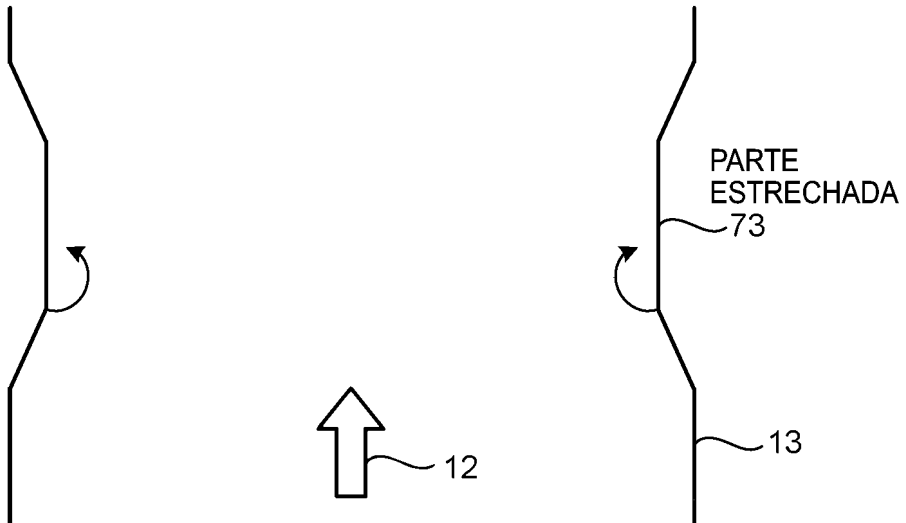




FIG.25

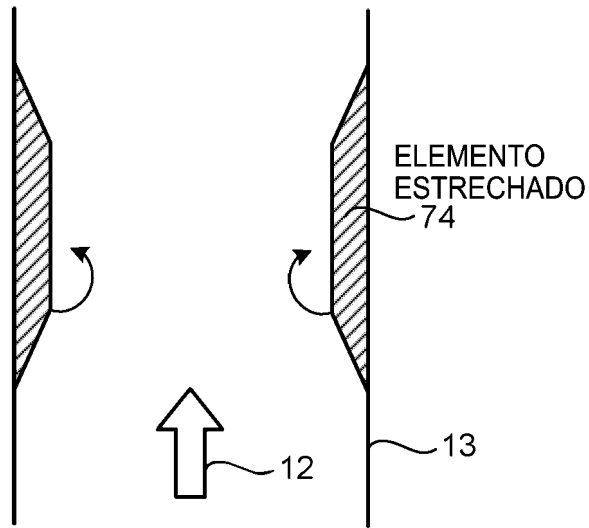


FIG.26

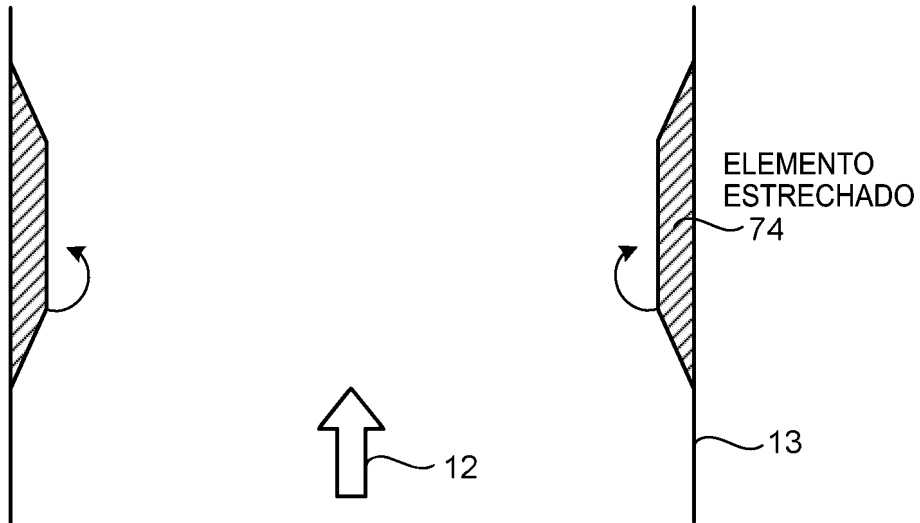


FIG.27

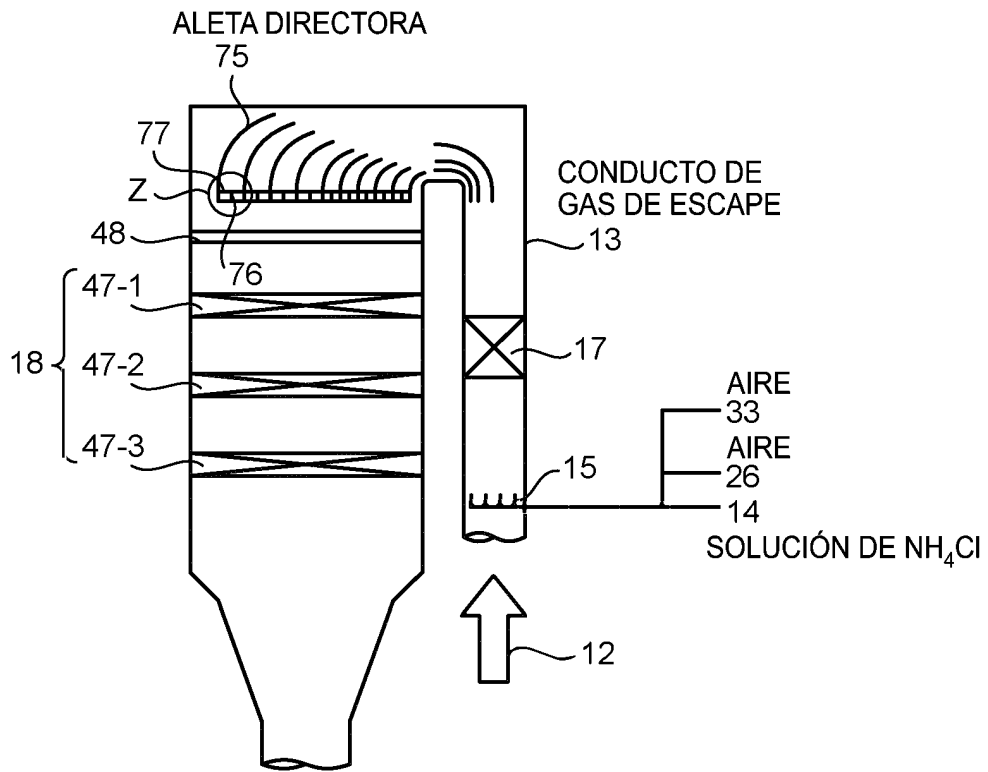


FIG.28

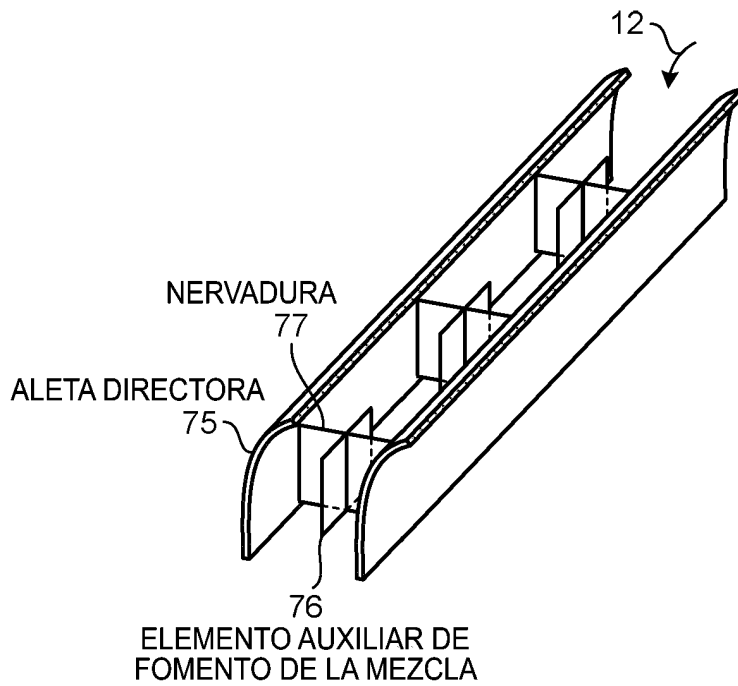


FIG.29

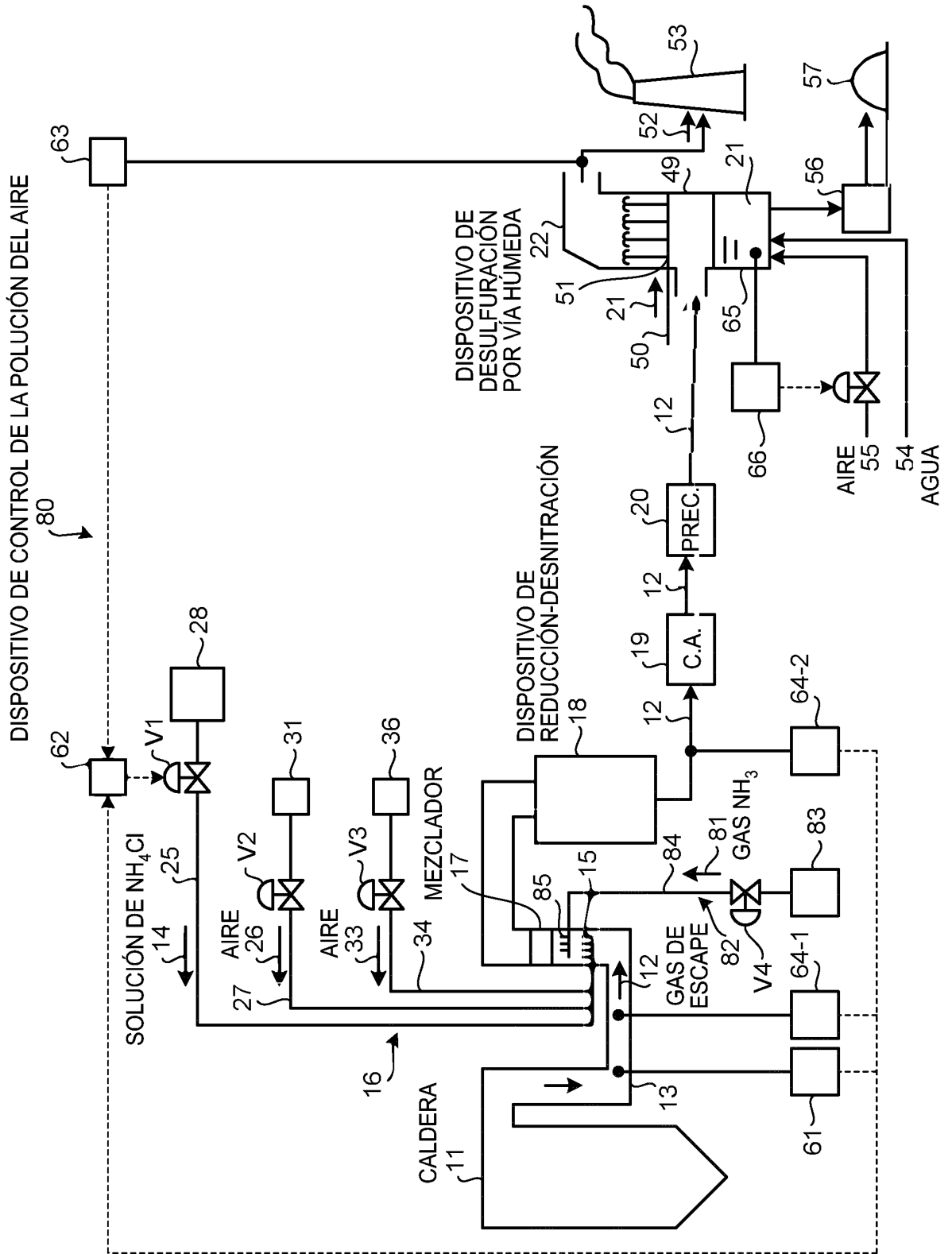


FIG.30

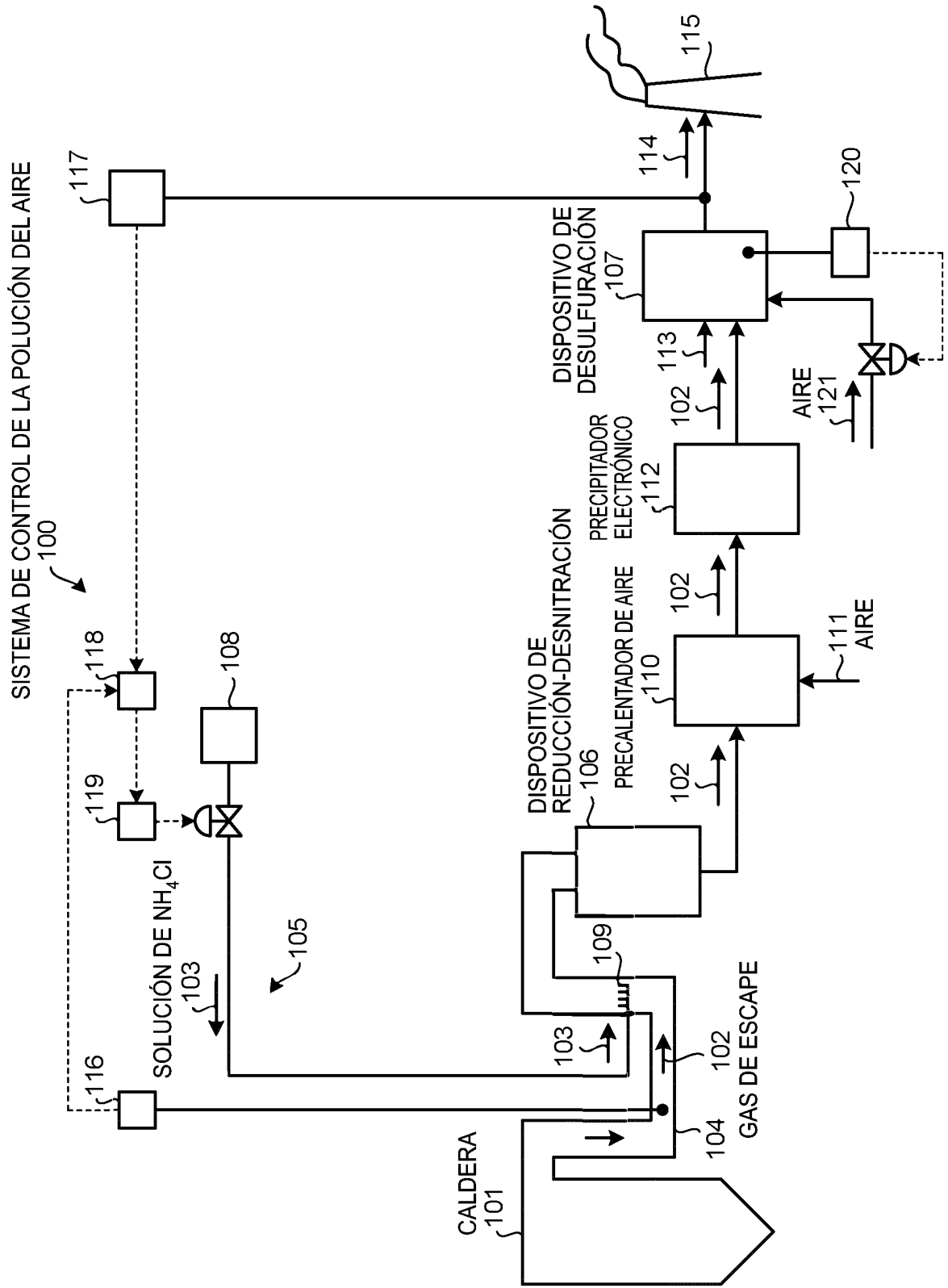


FIG.31

