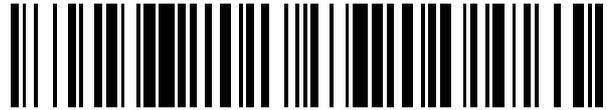


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 575 362**

51 Int. Cl.:

**B01D 53/79** (2006.01)

**B01D 53/56** (2006.01)

**F23L 7/00** (2006.01)

**F23J 15/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.04.2008 E 08746422 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.03.2016 EP 2152388**

54 Título: **Sistema de reducción de emisiones de NO<sub>x</sub> procedentes de un sistema de combustión en lecho fluidizado**

30 Prioridad:

**10.05.2007 US 747010**

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

**28.06.2016**

73 Titular/es:

**ALSTOM TECHNOLOGY LTD (100.0%)  
BROWN BOVERI STRASSE 7  
5400 BADEN, CH**

72 Inventor/es:

**ABDULALLY, IQBAL F.**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 575 362 T3**

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

## DESCRIPCIÓN

Sistema de reducción de emisiones de NO<sub>x</sub> procedentes de un sistema de combustión en lecho fluidizado

Antecedentes

5 La presente descripción se refiere a un método para reducir las emisiones de óxido de nitrógeno ("NO<sub>x</sub>") procedentes de un sistema de combustión en lecho fluidizado. En particular, esta descripción se refiere a la inyección selectiva de un reactivo en el sistema de combustión para la reducción de niveles de NO<sub>x</sub> en los productos gaseosos de combustión en el sistema de combustión en lecho fluidizado.

10 La figura 1 es una representación esquemática de la técnica anterior y muestra un sistema de combustión en lecho fluidizado 100. En el sistema de combustión en lecho fluidizado circulante 100, combustible, material de lecho y posible material sorbente son fluidizados en un horno 2 con aire de fluidización, que se introduce en el horno 2 a través de un orificio de introducción de aire 20. En general, se introduce aire en el horno 2 a través de varios orificios de introducción situados en diferentes niveles del horno 2, aunque para mayor claridad, la figura 1 solamente representa un único medio para la introducción de aire en el horno 2. Los gases de escape producidos en el horno 2 y otra materia particulada arrastrada en los gases de escape se descargan a través de una canalización de entrada de separador de sólidos 4 de las partes elevadas del horno 2 en un separador de sólidos 8. En el separador de sólidos 8, que suele ser un ciclón, la mayor parte de la materia particulada se separa de los gases de escape y es devuelta al horno 2 a través de una canalización de retorno de sólidos 6.

15 Los gases de escape son conducidos desde el separador de sólidos 8 a través de una canalización de salida 14 a una canalización de gases de escape 18, que comprende superficies de transferencia de calor (no mostradas) para enfriar los gases de escape y para producir vapor que se puede utilizar para calentar el aire fluidizado, respectivamente. Los gases de escape producidos en el horno 2, generalmente contienen NO<sub>x</sub>, que es perjudicial para el medio ambiente. Por tanto, es deseable neutralizar el NO<sub>x</sub> antes de descargar cualquier parte de los gases de escape a la atmósfera. Urea, amoníaco acuoso o anhidro (en adelante, amoníaco), u otros reactivos que tienen un radical de amonio se utilizan generalmente para neutralizar NO<sub>x</sub>.

20 Para reducir los niveles de emisión de NO<sub>x</sub>, se emplean métodos de reducción no catalítica selectiva ("RNCS") y métodos de reducción catalítica selectiva ("RCS"). En métodos RNCS, un reactivo tal como urea o amoníaco, se inyecta en el sistema de combustión para reaccionar con el NO<sub>x</sub>, formando nitrógeno ("N<sub>2</sub>") y agua ("H<sub>2</sub>O"). El reactivo se inyecta generalmente a través de numerosos orificios en diferentes lugares a través de todo el sistema de combustión, incluidos el horno, el separador y la canalización que conecta el horno y el separador.

25 Con referencia una vez más a la figura 1, el reactivo (para la neutralización de NO<sub>x</sub>) se introduce generalmente en el sistema de combustión en lecho fluidizado 100 ya sea por la canalización de entrada 4 a través de un orificio 22, o directamente por el separador de sólidos 8 a través otro orificio 24 o por la parte superior 12 del buscador de vórtice 16 situado en una caperuza en el extremo superior del separador de sólidos 8. Cada uno de estos puntos de introducción tiene inconvenientes.

30 Por ejemplo, la utilización ineficiente del reactivo a menudo impide que los métodos RNCS obtengan el grado deseado de disminución de niveles de NO<sub>x</sub>. Para un uso más eficiente del reactivo, es deseable tener un tiempo de permanencia prolongado del reactivo en el sistema, un alto grado de mezcla del reactivo con los gases de escape que contienen NO<sub>x</sub> y un bajo grado de mezcla del reactivo con los materiales particulados que circulan en el sistema. Los sistemas actuales sufren a menudo de un uso ineficiente del reactivo. Por ejemplo, los sistemas que inyectan el reactivo en el horno 2 y los sistemas que inyectan el reactivo en varios lugares a través de la canalización de entrada 4 pueden sufrir de exceso de mezcla del reactivo con los materiales particulados y de mezcla insuficiente del reactivo con los gases de escape que contienen NO<sub>x</sub>. Del mismo modo, los sistemas que inyectan el reactivo en el separador de sólidos 8 o en la parte superior 12 del buscador de vórtice 16 pueden sufrir de una distribución y de un tiempo de permanencia insuficientes y de una mezcla insuficiente del reactivo con los gases de escape que contienen NO<sub>x</sub>. Todo este sistema tiene orificios o lanzas de inyección que no penetran suficientemente en la mayor parte de la canalización de gas debido a la preocupación por una alta temperatura y por una obstrucción de los orificios. Una utilización ineficiente del reactivo da como resultado un uso excesivo del reactivo, que se añade al coste del método RNCS. Además, la adición de cantidades excesivas del reactivo puede generar nuevos problemas de contaminación.

35 40 45 50 55 Las altas temperaturas encontradas en el horno 2 y en el separador de sólidos 8 a menudo limitan los materiales y los tipos (por ejemplo, diseños) de los sistemas de reducción de NO<sub>x</sub> que pueden ser introducidos para reducir el contenido de NO<sub>x</sub> en la corriente de gases de escape. Además, el alto contenido de partículas en la corriente de gases de escape también se traduce en una degradación de los sistemas de reducción de NO<sub>x</sub>, reduciendo así la vida útil de tales dispositivos y aumentando la cantidad de mantenimiento que tiene que realizarse en el sistema de combustión en lecho fluidizado 100.

5 El documento US 5.681.536 da a conocer una lanza de inyección para inyectar una mezcla de aire y amoníaco anhidro en una caldera que tiene una corriente de gas de combustión que se mueve a través de la misma para reducir los óxidos de nitrógeno en la misma. El documento US 5.681.536 describe también que preferiblemente las toberas están situadas en la lanza de manera que la mezcla de aire y amoníaco se dirige a los gases de combustión en ángulo recto con la misma.

10 El documento WO 2005/001.338 A describe un dispositivo de inyección coaxial para inyectar y dispersar reactivos en un reactor que incluye una canalización externa para inyectar gas a alta velocidad, un inyector externo medio con al menos una tobera para inyectar líquido, una canalización interna media para inyectar gas a baja velocidad y un inyector interno con tobera para inyectar líquido. Los fluidos salen del inyector y el gas a alta velocidad dispersa los líquidos y otro gas en el espacio de reacción.

El documento US 4.985.218 A da a conocer la introducción de gases de neutralización en una corriente de gas de combustión a través de un orificio situado en el extremo longitudinal de la lanza.

15 El documento WO 91/00.134 da a conocer un aparato de inyección para distribuir agentes químicos en el efluente procedente de la combustión de un combustible carbonoso. El aparato comprende una lanza que tiene una pared interior, una pared exterior y un conducto interno. La lanza comprende un manguito de refrigeración que tiene orificios dispuestos sobre el mismo. Un eje de inyección está dispuesto en el conducto interno. El eje tiene orificios que están alineados con orificios de la lanza.

20 Por tanto, es deseable tener un sistema que permita una distribución y una mezcla suficientes del reactivo con los gases de escape que contienen NO<sub>x</sub> para reducir el contenido de NO<sub>x</sub> en la corriente de gases de escape. También es deseable tener un sistema de reducción de NO<sub>x</sub> que tenga un diseño sólido que pueda resistir temperaturas de funcionamiento en el sistema de combustión en lecho fluidizado 100 y que pueda resistir los efectos degradantes de las partículas presentes en los gases de escape.

#### Breve descripción

La invención se define en la reivindicación 1.

25 En el presente documento se describe un sistema que comprende un primer conducto interno en comunicación fluidica con una fuente de reactivo; y un primer conducto externo que comprende un extremo abierto para recibir el primer conducto interno y un extremo cerrado; comprendiendo el primer conducto externo un orificio para descargar reactivo procedente de la fuente de reactivo en una corriente de gases de escape.

30 En el presente documento también se describe un sistema de reducción de NO<sub>x</sub> que comprende un conducto que comprende un extremo cerrado y un extremo abierto que está en comunicación fluidica con una fuente de reactivo; comprendiendo el conducto un orificio para descargar reactivo procedente de la fuente de reactivo en una corriente de gases de escape; estando el orificio situado en una superficie aguas abajo del primer conducto externo.

35 En el presente documento también se describe un sistema de combustión en lecho fluidizado que comprende un horno; un separador de sólidos en comunicación fluidica con el horno; comprendiendo el separador de sólidos un buscador de vórtice; y una canalización de salida en comunicación fluidica con el buscador de vórtice; teniendo la canalización de salida un sistema de reducción de NO<sub>x</sub> situado aguas abajo del buscador de vórtice, en el que el sistema de reducción de NO<sub>x</sub> comprende un primer conducto interno en comunicación fluidica con una fuente de reactivo; y un primer conducto externo que comprende un extremo abierto para recibir el conducto interno y un extremo cerrado; comprendiendo el primer conducto externo un orificio para descargar reactivo procedente de la fuente de reactivo en una corriente de gases de escape; estando el orificio situado en una superficie aguas abajo del primer conducto externo.

45 En el presente documento también se describe un método que comprende inyectar un reactivo procedente de una fuente de reactivo en un sistema de reducción de NO<sub>x</sub> que comprende un primer conducto interno en comunicación fluidica con la fuente de reactivo; y un primer conducto externo que comprende un extremo abierto para recibir el primer conducto interno y un extremo cerrado; comprendiendo el primer conducto externo un orificio para descargar reactivo procedente de la fuente de reactivo en una corriente de gases de escape; estando el orificio situado en una superficie aguas abajo del primer conducto externo; y descargar el reactivo procedente del orificio en la corriente de gases de escape.

#### Breve descripción de las figuras

50 Con referencia ahora a las figuras, todas las partes iguales están numeradas como números iguales;

La figura 1 es una representación esquemática de la técnica anterior y muestra un sistema de combustión en lecho fluidizado;

La figura 2 representa un sistema de reducción de NO<sub>x</sub> 200 que comprende un conducto de alimentación 28 o una pluralidad de conductos de alimentación situados en la canalización de salida 14 aguas abajo de la salida de buscador de vórtice 16 del separador 8;

5 La figura 3 es una vista en sección transversal del sistema de reducción de NO<sub>x</sub> 200 que comprende conductos de alimentación individuales 28, 30 y 32, tomada por la sección XX' de la figura 2;

La figura 4 es una vista en sección transversal del sistema de reducción de NO<sub>x</sub> 200 que comprende conductos de alimentación dispuestos de manera opuesta 28 y 29; 30 y 31; y 32 y 33, tomada por la sección XX' de la figura 2;

La figura 5 representa una realización de la canalización de salida 14 que contiene un único conducto de alimentación 28; y

10 La figura 6 es una representación esquemática de un primer conducto de alimentación 28 y de un segundo conducto de alimentación 29 que entran en la canalización de salida 14 a través de paredes verticales opuestas de la canalización de salida 14.

#### Descripción detallada

15 El uso de los términos “un, una, uno” y “el, la” y referencias similares en el contexto de la descripción de la invención (especialmente en el contexto de las siguientes reivindicaciones) se han de interpretar como que incluyen tanto el singular como el plural, a menos que se indique lo contrario en este documento o se contradiga claramente por el contexto. El adverbio “aproximadamente” usado en relación a una cantidad incluye el valor establecido y tiene el significado dictado por el contexto (por ejemplo, incluye el grado de error asociado a la medición de la cantidad particular). Todos los intervalos descritos en este documento incluyen los parámetros, y los parámetros se pueden  
20 combinar independientemente entre sí.

En el presente documento se describe un sistema reducción de NO<sub>x</sub> para un sistema de combustión en lecho fluidizado que comprende un conducto de alimentación de reactivo que está dispuesto en la canalización de salida del separador y que está situado aguas abajo de la salida de buscador de vórtice del separador. En una realización  
25 ejemplar, el sistema reducción de NO<sub>x</sub> comprende una pluralidad de conductos de alimentación a través de los cuales se descarga el reactivo en la canalización de salida del separador. Cada conducto de alimentación comprende un conjunto concéntrico de conductos a través de los cuales se descarga el reactivo. El conducto interno que funciona a una temperatura relativamente baja proporciona de manera ventajosa rigidez y estabilidad a los conductos de alimentación a temperaturas de funcionamiento elevadas del sistema de combustión en lecho fluidizado.

30 El uso de un conjunto concéntrico de conductos proporciona al sistema de reducción de NO<sub>x</sub> un diseño sólido que puede resistir las temperaturas elevadas del sistema de combustión en lecho fluidizado sin ninguna distorsión dimensional adversa significativa de los conductos de alimentación. Además, el diseño del sistema de reducción de NO<sub>x</sub> minimiza de manera ventajosa degradaciones tales como bloqueo y desgaste provocadas por material  
35 particulado que generalmente es transportado por los gases de escape. El sistema también permite de manera ventajosa una distribución uniforme o sesgada del reactivo en la corriente de gases de escape a medida que se desplaza a través de la canalización de salida.

Con referencia ahora a la figura 2, el sistema de reducción de NO<sub>x</sub> 200 comprende un conducto de inyección de reactivo 26 que está en comunicación fluidica con un conducto de alimentación 28 o una pluralidad de conductos de alimentación situados en la canalización de salida 14 inmediatamente aguas abajo de la salida de buscador de  
40 vórtice 16 del separador 8.

La figura 3 es una vista en sección transversal del sistema de reducción de NO<sub>x</sub> 200, tomada por la sección XX' de la figura 2. Como puede apreciarse, el reactivo se descarga en la canalización de salida 14 a través de una pluralidad de conductos de alimentación independientes 28, 30 y 32 que están en comunicación fluidica con una fuente del reactivo a través del conducto de inyección de reactivo 26. Aunque la figura 3 representa una pluralidad de  
45 conductos de alimentación 28, 30 y 32, también se puede utilizar un solo conducto de alimentación 30. Los conductos de alimentación pueden estar dispuestos en horizontal, en vertical o en cualquier ángulo entre medias. Aunque la figura 2 muestra que los conductos de alimentación pueden estar dispuestos en un solo plano, también pueden estar dispuestos en múltiples planos si se desea. Por ejemplo, si se desea, los conductos de alimentación pueden estar dispuestos en una configuración escalonada en la canalización. Los conductos de alimentación 28, 30,  
50 32, pueden pasar a través de ambas paredes de la canalización de salida 14 como se representa en las figuras 2 y 3 o pueden pasar a través de una única pared de la canalización de salida.

Aunque la figura 3 muestra una pluralidad de conductos de alimentación individuales 28, 30 y 32, también es posible tener conductos de alimentación dispuestos de manera opuesta 28 y 29; 30 y 31; y 32 y 33 situados en la canalización de salida 14, como se muestra en la figura 4. Más adelante, en la figura 6, se describen conductos de  
55 alimentación dispuestos de manera opuesta. Cabe señalar que cuando el sistema de combustión en lecho fluidizado

funciona en condiciones menos estrictas, el primer conducto interno 80 puede ser eliminado con el conducto de inyección de reactivo 26 directamente conectado al primer conducto externo 40.

Como se muestra en las figuras 3 y 4, en general es deseable tener un promedio de aproximadamente 1 a aproximadamente 5 conductos de alimentación por 3,048 metros (10 pies lineales) de altura de la canalización de salida 14, en concreto aproximadamente 4 conductos de alimentación por cada 10 pies lineales de altura de la canalización de salida 14, y más en concreto aproximadamente 3 conductos de alimentación por cada 10 pies lineales de altura de la canalización de salida 14. En realizaciones ejemplares representadas en las figuras 3 y 4, para una canalización que tiene una altura de 3,048 metros (10 pies), el primer conducto de alimentación 28 (o los conductos de alimentación dispuestos de manera opuesta 28 y 29) se encuentra más cerca de la superficie superior de la canalización de salida que el tercer conducto de alimentación 32 (o los conductos de alimentación dispuestos de manera opuesta 32 y 33) que se encuentra en la superficie inferior de la canalización de salida. El segundo conducto de alimentación 30 se encuentra por encima del punto medio de la altura de la canalización de salida 14.

En una realización, los conductos de alimentación pueden estar distribuidos de manera uniforme en la canalización de salida. En otra realización, los conductos de alimentación pueden estar concentrados en una o más partes de la canalización de salida. Los conductos de alimentación pueden estar distribuidos en cualquier espacio en cualquier plano en base a mediciones o modelado por ordenador del flujo de gases de escape o a la distribución de NO<sub>x</sub> en la corriente de gases de escape. En una realización ejemplar representada en las figuras 3 y 4, para un conducto que tiene una altura de 3,048 metros (10 pies), el primer conducto de alimentación 28 (o los conductos de alimentación dispuestos de manera opuesta 28 y 29) se encuentra más cerca de la superficie superior de la canalización de salida que el tercer conducto de alimentación 32 (o los conductos de alimentación dispuestos de manera opuesta 32 y 33) que se encuentra en la superficie inferior de la canalización de salida. El segundo conducto de alimentación 30 se encuentra por encima del punto medio de la altura de la canalización de salida 14.

Según se muestra en las figuras 3 y 4, el primer conducto de alimentación 28 (o los conductos de alimentación dispuestos de manera opuesta 28 y 29) está dispuesto a una distancia de aproximadamente 1 pie a aproximadamente 0,61 metros (2 pies) de la superficie superior de la canalización de salida 14, mientras que el tercer conducto de alimentación 32 (o los conductos de alimentación dispuestos de manera opuesta 32 y 33) está dispuesto a una distancia de aproximadamente 0,61 metros (2 pies) a aproximadamente 0,915 metros (3 pies) de la superficie inferior de la canalización de salida 14. En una realización preferida, el primer conducto de alimentación 28 (o los conductos de alimentación dispuestos de manera opuesta 28 y 29) está dispuesto a una distancia de aproximadamente 1 pie y 6 pulgadas de la superficie superior de la canalización de salida 14, mientras que el tercer conducto de alimentación 32 (o los conductos de alimentación dispuestos de manera opuesta 32 y 33) está dispuesto a una distancia de aproximadamente 0,61 metros (2 pies) y 15,29 cm (6 pulgadas) de la superficie inferior de la canalización de salida 14.

La figura 5 representa una realización de la canalización de salida 14 que contiene un único conducto de alimentación 28. Como se puede ver en la figura 5, el conducto de alimentación comprende dos conductos, un primer conducto externo 40 y un primer conducto interno 80. El primer conducto externo 40 comprende un primer extremo 62 y un segundo extremo 64 y tiene una pluralidad de orificios 44, 46, 48, 50 y una pluralidad de separadores 52, 54, 56, 58, y 60 dispuestos entre el primer extremo 62 y el segundo extremo 64. El primer extremo o extremo cerrado 62 del primer conducto externo 40 está cerrado y sirve para dirigir los reactivos en el espacio que hay entre el primer conducto externo 40 y el primer conducto interno 80, como se representa en la figura 5. El segundo extremo o extremo abierto 64 del primer conducto externo 40 tiene una abertura para recibir el primer conducto interno 80. En una realización, el segundo extremo 64 del primer conducto externo 40 está fijado de manera permanente a y en contacto directo con la superficie externa del primer conducto interno 80 para formar una junta estanca al aire o a fluidos. En otra realización, el segundo extremo 64 del primer conducto externo 40 está fijado de manera permanente a la superficie externa del primer conducto interno 80, aunque no forma una junta estanca al aire o a fluidos.

El primer conducto externo 40 tiene preferiblemente un área en sección transversal cilíndrica y comprende un material que puede resistir las altas temperaturas y el ambiente erosivo y corrosivo del sistema de combustión en lecho fluidizado. En una realización, es deseable que el material resista temperaturas de aproximadamente 260 °C (500 °F) a aproximadamente 1.204 °C (2.200 °F). Un material ejemplar es un acero inoxidable tal como SS309.

Es deseable que el primer conducto externo 40 tenga un diámetro interior de aproximadamente 2,5 a aproximadamente 15 centímetros, en concreto de aproximadamente 5 a aproximadamente 12 centímetros y más en concreto de aproximadamente 8 a aproximadamente 10 centímetros. Un diámetro interior preferido es de aproximadamente 10 centímetros. Es deseable que el primer conducto externo 40 tenga un espesor de pared de aproximadamente 2,5 a aproximadamente 15 milímetros, en concreto de aproximadamente 5 a aproximadamente 12 milímetros y más en concreto de aproximadamente 8 a aproximadamente 10 milímetros. Un espesor de pared preferido es de aproximadamente 9 milímetros.

Los orificios pueden estar dispuestos en cualquier parte de la superficie del primer conducto externo 40. Éstos pueden estar distribuidos en el lado aguas arriba del conducto de alimentación 28 o en el lado aguas abajo del

5 primer conducto externo 40. Éstos pueden estar distribuidos por toda la superficie externa del primer conducto externo 40. En una realización preferida, la pluralidad de orificios 44, 46, 48 y 50 están dispuestos en la superficie externa del primer conducto externo 40 y están dispuestos en el lado aguas abajo del conducto de alimentación 28, como se muestra en la vista en sección transversal tomada por la sección ZZ' representada en la figura 5. La colocación y orientación de los orificios en el lado aguas abajo del conducto de alimentación 28 son ventajosas porque evitan que el orificio se obstruya con la materia particulada contenida en la corriente de gases de escape. Los orificios 44, 46, 48 y 50 pueden estar provistos de toberas, racores, distribuidores rociadores, o similares, o una combinación que comprende al menos uno de los anteriores.

10 Como se muestra en la figura 5, el eje central de cada orificio está dispuesto en un ángulo  $\theta$  con un radio vertical que comienza en el centro del conducto de alimentación 28 y termina en la superficie inferior del conducto de alimentación 28. El ángulo  $\theta$  puede variar en una cantidad de hasta 360 grados, en concreto aproximadamente 5 a aproximadamente 175 grados. Aunque los orificios correspondientes pueden ser escalonados en una variedad de ángulos entre aproximadamente 5 a aproximadamente 175 grados, es preferible tener el eje central de cada orificio inclinado en un ángulo  $\theta$  de aproximadamente 40 a aproximadamente 50 grados, en concreto alrededor de 45 grados.

15 Es deseable que el orificio tenga un diámetro interior de alrededor de 0,635 a alrededor de 2,5 centímetros, en concreto de aproximadamente 0,9 a aproximadamente 1,85 centímetros, y más en concreto de aproximadamente 1,25 a aproximadamente 1,5 centímetros. Un diámetro preferido para el orificio es de unos 1,27 centímetros. También es deseable que el orificio se extienda radialmente hacia el exterior una distancia de alrededor de 0,635 a 20 alrededor de 2,5 centímetros desde la superficie externa del primer conducto externo 40. Una extensión radial preferida es de aproximadamente 1,27 centímetros. Es deseable tener los orificios separados una distancia de aproximadamente 1,25 a aproximadamente 12 centímetros uno de otro, en concreto de aproximadamente 1,9 a aproximadamente 10 centímetros, y más en concreto de aproximadamente 2,5 a aproximadamente 5 centímetros. Una separación preferida para los orificios es de unos 2,5 centímetros. El conducto de alimentación 28 puede tener 25 dos o más orificios. En una realización, el conducto de alimentación 28 puede tener aproximadamente de 3 a aproximadamente 12 orificios por conducto de alimentación. Un número preferido de los orificios por conducto de alimentación es de 6 orificios.

30 La densidad de los orificios es de aproximadamente 15 a aproximadamente 200 orificios por metro cuadrado (orificios / m<sup>2</sup>) de área en sección transversal de canalización de salida 14, en concreto de alrededor de 25 a alrededor de 190 orificios por metro cuadrado de área en sección transversal de canalización de salida 14, y más en concreto de aproximadamente 30 a aproximadamente 185 orificios por metro cuadrado de área en sección transversal de canalización de salida 14. La relación entre área de orificio y área en sección transversal de canalización de salida 14 es de aproximadamente 30 a 600 centímetros cuadrados por metro cuadrado (cm<sup>2</sup> / m<sup>2</sup>).

35 Los separadores están en comunicación física con la superficie interior del primer conducto externo 40 y la superficie externa del primer conducto interno 80 y proporcionan soporte al primer conducto externo 40. Los separadores se pueden usar para mantener la concetricidad entre el primer conducto externo 40 y el primer conducto interno 80. En una realización preferida, que se muestra en la vista en sección transversal tomada por YY' de la figura 5, al menos tres separadores se pueden usar en un plano dado con el fin de soportar el primer conducto externo 40.

40 Con referencia ahora de nuevo a la figura 5, el primer conducto interno 80 tiene un primer extremo (o extremo abierto) 82 y un segundo extremo 84. El primer extremo 82 es abierto y permite que los reactivos sean descargados del primer conducto interno 80 al primer conducto externo 40. El segundo extremo 84 está en comunicación fluidica con una fuente que contiene el reactivo (no se muestra). Una bomba, ventilador o soplador y válvulas (no mostradas) pueden utilizarse para regular el flujo de reactivo en el conducto de alimentación 28.

45 El primer extremo 82 del primer conducto interno 80 está dispuesto a una distancia de aproximadamente 0,5 a aproximadamente 10 centímetros del primer extremo 62 del primer conducto externo 40. En una realización, es deseable tener el primer extremo 82 del primer conducto interno 80 dispuesto a una distancia de alrededor de 1 a alrededor de 8 centímetros, en concreto de aproximadamente 2 a aproximadamente 5 centímetros y más en concreto de aproximadamente 2,5 a aproximadamente 3 centímetros del primer extremo 62 del primer conducto externo 40.

50 El primer conducto interno 80 tiene preferiblemente un área en sección transversal cilíndrica y comprende un material que puede soportar las temperaturas y el ambiente corrosivo del sistema de combustión en lecho fluidizado. En una realización, es deseable que el material resista temperaturas de aproximadamente 260 °C (500 °F) a aproximadamente 1.204 °C (2.200 °F). Un material ejemplar es un acero inoxidable tal como SS309.

55 Es deseable que el primer conducto interno 80 tenga un diámetro interior de aproximadamente 2,5 a aproximadamente 10 centímetros, en concreto de aproximadamente 4 a aproximadamente 8 centímetros y más en concreto de aproximadamente 5 a aproximadamente 7 centímetros. Un diámetro interior preferido es de aproximadamente 6,4 centímetros. Es deseable que el primer conducto interno 80 tenga un espesor de pared de aproximadamente 2 a aproximadamente 10 milímetros, en concreto de aproximadamente 4 a aproximadamente 8

milímetros y más en concreto de aproximadamente 5 a aproximadamente 7 milímetros. Un espesor de pared preferido es de aproximadamente 5 milímetros.

5 En una realización ejemplar, la canalización de salida 14 puede tener dos conductos de alimentación que están dispuestos de manera opuesta y a través de los cuales puede ser descargado el reactivo para reducir los niveles de NO<sub>x</sub>. La figura 6 es una representación esquemática de un primer conducto de alimentación 28 y un segundo conducto de alimentación 29 que entran en la canalización de salida 14 a través de paredes verticales opuestas de la canalización de salida 14. Ambos conductos de alimentación 28 y 29 comprenden una pluralidad de orificios y una pluralidad de separadores como se describió anteriormente. Como puede verse en la figura 6, los primeros extremos opuestos 62 y 63 de los conductos de alimentación 28 y 29, respectivamente, están en comunicación física uno con otro. Los segundos extremos correspondientes 84 y 85 del primer conducto de alimentación 28 y el segundo conducto de alimentación 29 están en comunicación fluidica con una fuente que contiene el reactivo.

10 El segundo conducto de alimentación comprende un segundo conducto interno que está en comunicación fluidica con la fuente de reactivo. También comprende un segundo conducto externo que comprende un primer extremo o extremo abierto para recibir el segundo conducto interno. El extremo opuesto del segundo conducto externo tiene el extremo cerrado 63. El segundo conducto externo, al igual que el primer conducto externo que se ha descrito anteriormente, comprende un orificio para la descarga de reactivo procedente de la fuente de reactivo en la corriente de gases de escape

15 En una realización, en un modo de proceso, un reactivo tal como amoníaco o urea se inyecta desde la fuente de reactivo en el conducto interno o los respectivos conductos internos (cuando se utilizan conductos de alimentación opuestos). El reactivo puede ser un reactivo acuoso o un reactivo anhidro o cualquier producto químico que consista en un radical de amonio. Al salir del primer extremo exterior del conducto interno, el reactivo se distribuye en los espacios entre el conducto externo y el conducto interno. Después de salir del orificio o de la tobera, el reactivo se distribuye uniformemente en la corriente de gases de escape. Como se señaló anteriormente, el reactivo reacciona con el NO<sub>x</sub> para formar nitrógeno y agua.

20 En una realización, cuando se usa amoníaco o un radical de amonio como reactivo, se añade a la corriente de gases de escape en una proporción de volumen entre reactivo y aire de hasta aproximadamente 11%. Una proporción de volumen preferida entre amoníaco y aire es de aproximadamente 5.

25 Como se señaló anteriormente, los reactivos se pueden utilizar en forma acuosa si se desea. La concentración de amoníaco en agua puede estar en una cantidad de hasta 28 por ciento en peso (% en peso). Un valor preferido para la concentración de amoníaco en agua es 1% en peso.

30 En una realización, cuando se utiliza urea como reactivo, se añade a la corriente de gases de escape en una proporción de peso entre reactivo y agua de hasta aproximadamente 14. Una proporción de peso preferida entre la urea y el agua es de aproximadamente 1. La concentración de urea en agua puede estar en una cantidad de hasta 45% en peso. Un valor preferido para la concentración de urea en agua es 1% en peso.

35 En una realización, es deseable tener una razón estequiométrica molar normalizada (NSR) de radicales de amonio a NO<sub>x</sub> de hasta aproximadamente 10; en concreto de aproximadamente 0,5 a aproximadamente 3, y más en concreto de aproximadamente 1 a aproximadamente 2. Una NSR preferida es de aproximadamente 1,5.

40 El proceso anteriormente mencionado es ventajoso porque permite una distribución uniforme del reactivo en la corriente de gases de escape. El diseño del sistema de reducción de NO<sub>x</sub> disminuye la influencia de otros factores, tales como por ejemplo, la cantidad de materia particulada, el tiempo para la mezcla, el tiempo de permanencia total del reactivo en la corriente de gases de escape, la densidad de la corriente de gases de escape, la velocidad de la corriente de gases de escape, y similares. El diseño antes mencionado reduce la cantidad de escape de amoníaco. El escape de amoníaco se refiere a una parte del amoníaco sin reaccionar que no se consume en la neutralización de NO<sub>x</sub> que termina en la corriente de gases de escape 18.

45 En una realización, la cantidad de escape de amoníaco se reduce a menos de o igual a aproximadamente 10 partes por millón (ppm), en concreto menos de o igual a aproximadamente 5 ppm y más en concreto menos de o igual a aproximadamente 2 ppm.

50 Otra ventaja que proporciona el presente diseño es que el conducto interno sirve como una fuente de dureza y rigidez para los conductos de alimentación. Ya que los gases reactantes fríos pasan a través del conducto interno, el conducto interno funciona en una gama de temperaturas bajas que van de 10 °C (50 °F) a 343,3 °C (650 °F), la cual mantiene su rigidez y esto sirve para soportar mecánicamente el conducto de alimentación. Por tanto la distorsión de los conductos de alimentación se reduce al mínimo cuando el conducto de alimentación se somete a las temperaturas elevadas del sistema de combustión en lecho fluidizado. Además, se elimina la necesidad de una estructura de soporte intrusiva elaborada que va a ser vulnerable a la corrosión, la erosión y los efectos adversos de alta temperatura.

55

5 Aún otra ventaja que proporciona el diseño es la reducción de corrosión de los orificios y / o la tobera. La colocación y orientación de los orificios y / o toberas en el lado aguas abajo del conducto de alimentación son ventajosas ya que evitan que los orificios y / o toberas se obstruyan con materia particulada contenida en la corriente de gases de escape. La vida útil prolongada de los orificios y / o toberas facilita la reducción del tiempo de inactividad para el mantenimiento y reduce los costes asociados a la sustitución de piezas.

El siguiente ejemplo, que está destinado a ser ejemplar y no limitativo, ilustra el método de reducción de NO<sub>x</sub> en una central eléctrica actual, como se describe en el presente documento.

#### **EJEMPLO**

10 Este ejemplo se llevó a cabo para demostrar la viabilidad de un sistema de este tipo. Un sistema fue readaptado a una caldera de lecho fluidizado circulante con una potencia nominal de 300 MW en una central eléctrica del este de Kentucky. La canalización de salida tenía una altura de 3,048 metros (10 pies) y los conductos de alimentación se dispusieron espacialmente como se representa en la figura 4. El conducto externo tenía un diámetro de 10,16 cm (4 pulgadas) y fue fabricado en acero inoxidable (SS309). El conducto interno tenía un diámetro de 4,88 cm (2,5 pulgadas) y también fue fabricado en acero inoxidable (SS309). La configuración del conducto de alimentación  
15 dispuesto de manera opuesta de la figura 4 se utilizó para introducir amoníaco anhidro en la corriente de gases de escape. El primer extremo del primer conducto interno está dispuesto a una distancia de aproximadamente 2,54 centímetros del primer extremo del primer conducto externo. La temperatura de la canalización de salida se varió de 730 a 950 °C. El número de orificios por conducto de alimentación fue de 6 orificios. Los orificios se encontraban en el lado aguas abajo de las superficies de conducto externo y estaban inclinados en ángulos  $\theta$  de 45 grados.

20 La proporción de volumen entre el amoníaco y el aire de la fuente de reactivo se fijó en 5. La NSR era de 1,5. Este sistema mejoró la emisión de NO<sub>x</sub> de 45,37 g (0,1 lb) / mm Btu a 36,28 g (0,08 lb) / mm Btu, reduciendo al mismo tiempo el consumo de amoníaco y reduciendo el escape de amoníaco de más de 25 ppm a menos de 5 ppm.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Sistema de combustión en lecho fluidizado que comprende un horno (2), un separador de sólidos (8) en comunicación fluidica con el horno (2); comprendiendo el separador un buscador de vórtice (16); y una canalización de salida (14) en comunicación fluidica con el buscador de vórtice (16); teniendo la canalización de salida (14) un sistema de reducción de NO<sub>x</sub> situado aguas abajo del buscador de vórtice (16), comprendiendo el sistema de reducción de NO<sub>x</sub>:
- un primer conducto interno (80) en comunicación fluidica con una fuente de reactivo; y
- 10 un primer conducto externo (40) que comprende un extremo abierto para recibir el primer conducto interno (80) y un extremo cerrado; comprendiendo el primer conducto externo (40) una pluralidad de orificios (44, 46, 48, 50) para la descarga de reactivo procedente de la fuente de reactivo en una corriente de gases de escape, en el que los orificios están situados en un lado aguas abajo del primer conducto externo (40); estando el lado aguas abajo definido por una dirección de circulación de la corriente de gases de escape en la canalización.
- 15 2. Sistema de combustión en lecho fluidizado según la reivindicación 1, en el que el extremo abierto del primer conducto externo (40) está fijado de manera permanente a una superficie externa del primer conducto interno (80) y en contacto directo con la misma.
3. Sistema de combustión en lecho fluidizado según la reivindicación 1, en el que el primer conducto externo (40) tiene un diámetro interior de 2,5 a 15 centímetros, y el primer conducto interno tiene un diámetro interior de 2,5 a 10 centímetros.
- 20 4. Sistema de combustión en lecho fluidizado según la reivindicación 1, en el que un eje central de cada orificio (44, 46, 48, 50) está inclinado en un ángulo de 40 a 50 grados con respecto a un radio del primer conducto externo (40) que es perpendicular a la corriente de gases de escape.
5. Sistema de combustión en lecho fluidizado según la reivindicación 1, en el que el orificio (44, 46, 48, 50) tiene un diámetro interior de 0,635 a 2,5 centímetros.
- 25 6. Sistema de combustión en lecho fluidizado según la reivindicación 1, en el que el orificio (44, 46, 48, 50) se extiende radialmente hacia fuera una distancia de 0,635 a 2,5 centímetros desde una superficie externa del primer conducto externo (40).
7. Sistema de combustión en lecho fluidizado según la reivindicación 1, que comprende además un separador (52, 54, 56, 58, 60) dispuesto entre el primer conducto interno (80) y el primer conducto externo (40) y en contacto físico con los mismos.
- 30 8. Sistema de combustión en lecho fluidizado según la reivindicación 1, en el que el primer conducto externo (40) comprende de 3 a 12 orificios.
9. Sistema de combustión en lecho fluidizado según la reivindicación 1, en el que un extremo abierto del primer conducto interno (80) está dispuesto a una distancia de 0,5 a 10 centímetros de un extremo cerrado del primer conducto externo (40)
- 35 10. Sistema de combustión en lecho fluidizado según la reivindicación 1, en el que el reactivo es un radical de amonio.
- 40 11. Sistema de combustión en lecho fluidizado según la reivindicación 1, que comprende además un segundo conducto interno en comunicación fluidica con la fuente de reactivo; y un segundo conducto externo que comprende un extremo abierto para recibir el segundo conducto interno y un extremo cerrado; comprendiendo el segundo conducto externo un orificio para la descarga de reactivo procedente de la fuente de reactivo en una corriente de gases de escape.
12. Sistema de combustión en lecho fluidizado según la reivindicación 11, en el que el extremo cerrado del primer conducto externo (40) está en comunicación física con el extremo cerrado del segundo conducto externo.

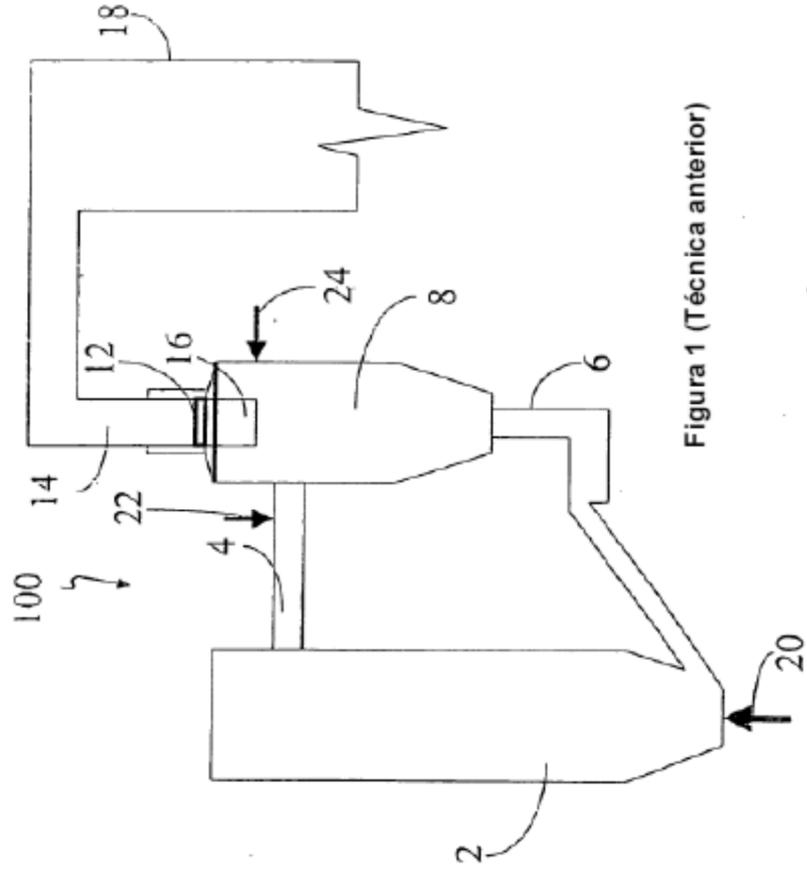


Figura 1 (Técnica anterior)

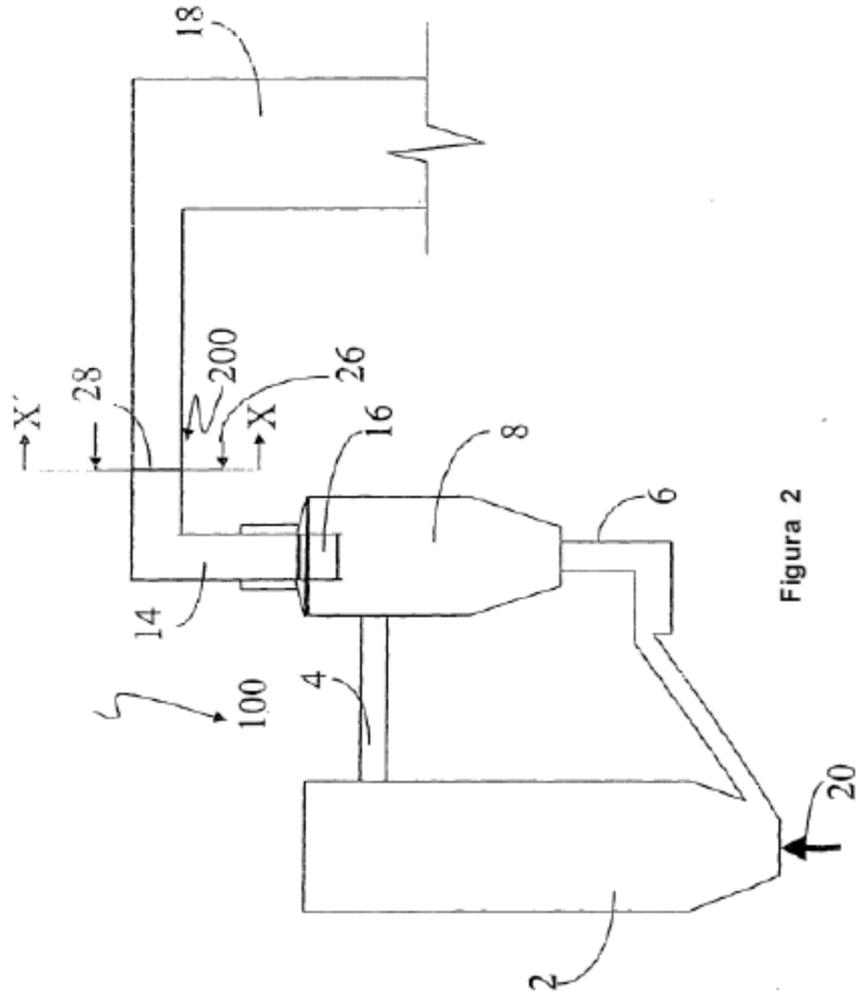


Figura 2

Figura 3

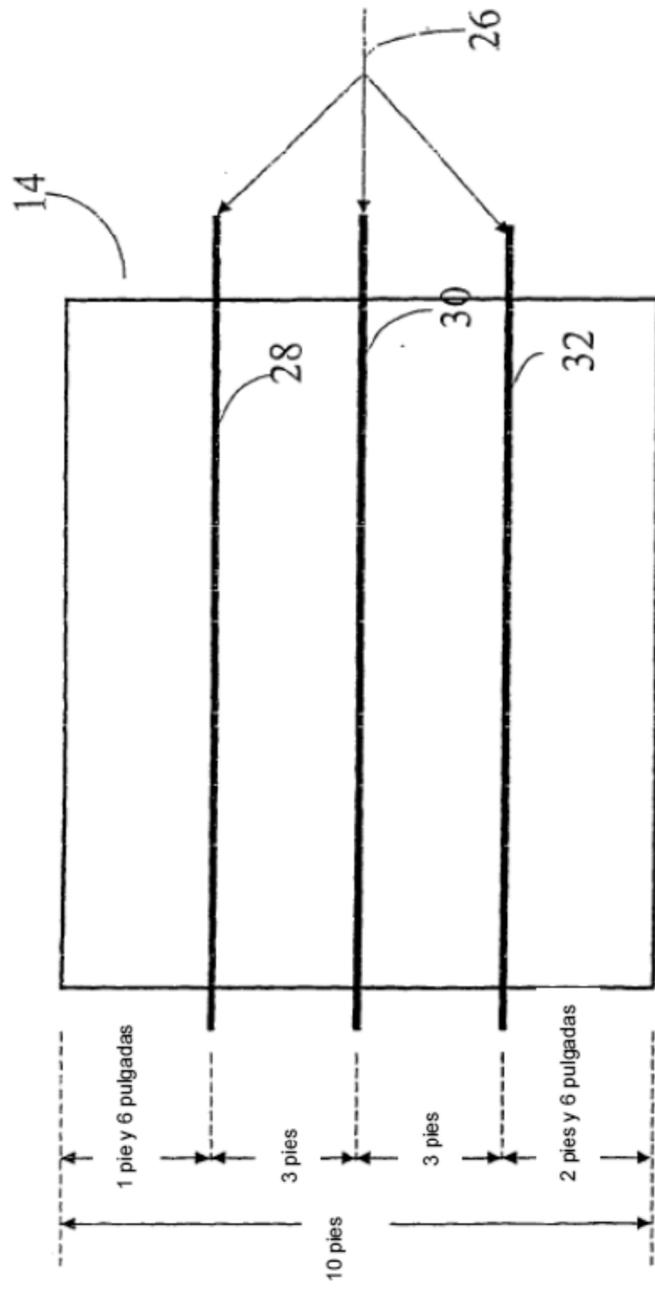
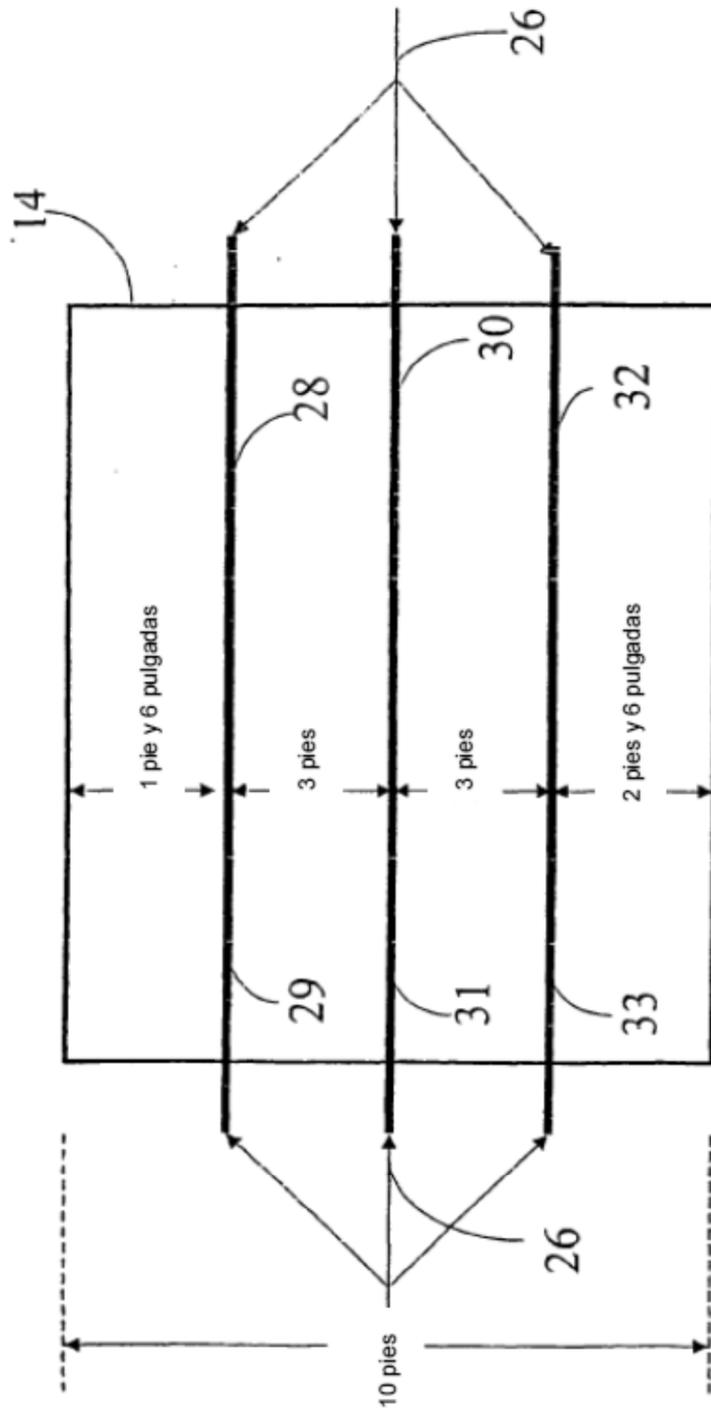
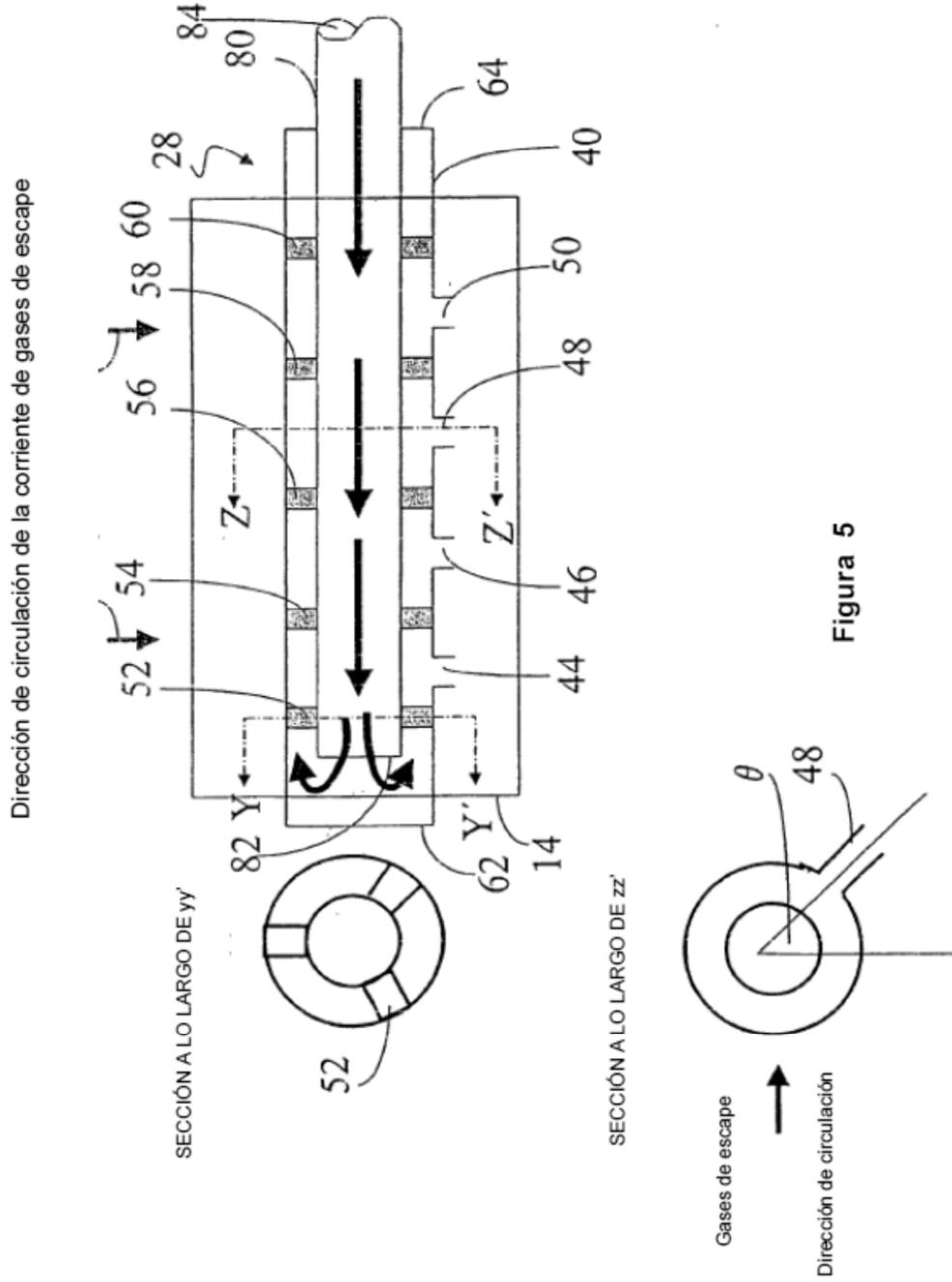


Figura 4





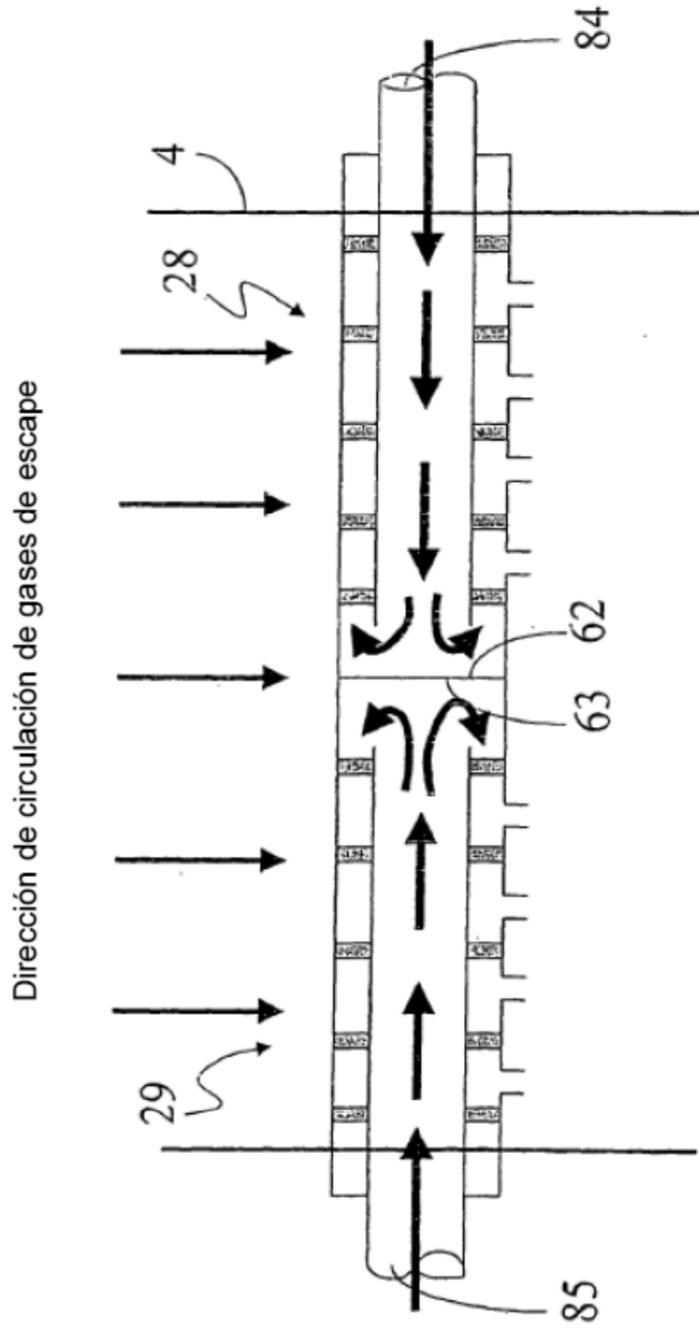


Figura 6