

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 606 224**

51 Int. Cl.:

**F23C 10/10** (2006.01)

**F23C 10/00** (2006.01)

**F23C 10/32** (2006.01)

**F28D 7/00** (2006.01)

**F28D 13/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.11.2008 PCT/US2008/084473**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.06.2009 WO09076046**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.11.2008 E 08859596 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.09.2016 EP 2217856**

54 Título: **Intercambiador de calor de lecho móvil para caldera de lecho fluidizado circulante**

30 Prioridad:

**12.12.2007 US 954855**

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

**23.03.2017**

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC TECHNOLOGY GMBH  
(100.0%)  
Brown Boveri Strasse 7  
5400 Baden, CH**

72 Inventor/es:

**JACOBS, ROBERT V.;  
JUKKOLA, GLEN D.;  
TEIGEN, BARD C.;  
WARYASZ, RICHARD E. y  
MYLCHREEST, GEORGE D.**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 606 224 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

Intercambiador de calor de lecho móvil para caldera de lecho fluidizado circulante.

### Campo de la invención

5 La presente invención se refiere en general a sistemas generadores de calor alimentados con combustibles fósiles del tipo de lecho fluidizado y más particularmente a la recirculación de sólidos calentados en un sistema generador de calor alimentado con combustibles fósiles del tipo de lecho fluidizado.

### Antecedentes de la invención

10 Los sistemas generadores de calor con hornos de proceso para la combustión de combustibles fósiles han sido utilizados durante mucho tiempo para generar calor de forma controlada, con el objetivo de realizar un trabajo útil. El trabajo podría ser en forma de trabajo directo, como con los hornos, o podría ser en forma de trabajo indirecto, como con los generadores de vapor para aplicaciones industriales o marinas o para accionar turbinas que producen energía eléctrica. Los modernos hornos de proceso acuatubulares para la generación de vapor pueden ser de varios tipos, incluyendo calderas de lecho fluidizado. Aunque existen varios tipos de calderas de lecho fluidizado, todas funcionan en base al principio de inyectar un gas para fluidizar los sólidos antes de la combustión en la cámara de reacción. En las calderas del tipo de lecho fluidizado circulante (CFB) un gas, por ejemplo aire, pasa a través de un lecho de partículas sólidas para producir fuerzas que tienden a separar las partículas entre sí. A medida que aumenta el flujo de gas, se alcanza un punto en el que las fuerzas sobre las partículas son justo suficientes para provocar la separación. El lecho entonces se fluidiza, con el cojín de gas entre los sólidos permitiendo que las partículas se muevan libremente y aportando al lecho características similares a un líquido. La densidad aparente del lecho es relativamente alta en el fondo y disminuye, a medida que fluye hacia arriba a través de la cámara de reacción donde el combustible se quema para generar calor.

15 20 Las partículas sólidas que forman el lecho de la caldera de lecho fluidizado circulante incluyen normalmente partículas de combustible, tales como carbón machacado u otro combustible sólido, y partículas absorbentes, tales como piedra caliza machacada, dolomita u otro material alcalinotérreo.

25 La combustión del combustible en la cámara de reacción de la caldera produce gases de combustión y ceniza. Durante el proceso de combustión, el azufre del combustible se oxida para formar dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), que se mezcla con los otros gases en la caldera para formar los gases de combustión. La ceniza consiste principalmente en combustible no quemado, material inerte en el combustible y partículas absorbentes, y a veces se denomina como materiales de lecho o sólidos recirculados.

30 La ceniza se transporta arrastrada en los gases de combustión en un flujo ascendente y es expulsada de la caldera con los gases de combustión calientes. Al tiempo que son arrastradas en ellos y son transportadas por los gases de combustión, las partículas absorbentes que están presentes dentro de la cámara de reacción, es decir, horno de proceso o combustor, capturan, es decir, absorben el azufre del  $\text{SO}_2$  en los gases de combustión. Esto reduce la cantidad de  $\text{SO}_2$  en los gases de combustión que finalmente alcanza la chimenea y de esta forma la cantidad de  $\text{SO}_2$  que es expulsada al medio ambiente.

35 Con el fin de reponer los materiales de partículas sólidas que se consumen o se expulsan en el horno de proceso, se introducen continuamente nuevo combustible y partículas absorbentes así como ceniza reciclada al lecho de la caldera de lecho fluidizado circulante.

40 A continuación, después de ser expulsados del horno de proceso, los gases de combustión y la ceniza se conducen a un separador, tal como un ciclón, para eliminar la ceniza de los gases de combustión. Dos trayectorias paralelas se proporcionan a continuación normalmente para volver a circular la ceniza separada de retorno al lecho de la caldera de lecho fluidizado circulante. En cualquier momento dado, la ceniza separada puede conducirse a lo largo de cualquiera o ambas trayectorias paralelas mediante una válvula de control de flujo de sólidos situada entre el separador y dichas dos trayectorias paralelas. Dichas válvulas de control de flujo sólido son bien conocidas en la técnica y pueden ser controladas neumáticamente, hidráulicamente o de alguna otra manera funcionalmente equivalente.

45 50 55 Las calderas de lecho fluidizado circulante están diseñadas para operar dentro de un estrecho rango de temperatura con el fin de fomentar así la combustión del combustible, la calcinación de la piedra caliza y la absorción de azufre. Este rango estrecho de temperaturas del horno de proceso debe mantenerse en un rango de cargas del horno de proceso, desde la carga completa descendiendo hasta cierto nivel de carga parcial. La temperatura del horno de proceso se controla mediante la absorción de calor de los gases de combustión y ceniza del lecho que se produce como resultado de la combustión en la cámara de reacción del horno de proceso. Aunque la mayor parte de la absorción de calor es a través de las paredes del horno de proceso y de los paneles interiores del horno de proceso, en calderas más grandes de lecho fluidizado circulante, la absorción de calor por las paredes del recinto del horno de proceso y los paneles interiores del horno de proceso es insuficiente para alcanzar las temperaturas de funcionamiento deseadas. Para estas calderas más grandes de lecho fluidizado circulante, por lo tanto, se emplean intercambiadores de calor externos para absorber el calor de la ceniza que es eliminada del gas de combustión en el

ciclón u otro separador, antes de que la ceniza sea recirculada a la caldera de lecho fluidizado circulante. Dichos intercambiadores de calor externos se denominan comúnmente intercambiadores de calor externos (EXE) o intercambiadores de calor de lecho fluidizado (FBHEs).

5 En consecuencia, si se conducen a lo largo de una de las dos trayectorias de recirculación paralelas, las partículas absorbentes y otras partículas de ceniza se fluidizan y estas partículas de ceniza fluidizada se transportan a continuación y se hacen fluir a través de un FBHE por medio de gas a alta presión inyectado, por ejemplo, aire, que normalmente está a una presión de aproximadamente 200 pulgadas de columna de agua (WG). El calor se transfiere desde las partículas fluidizadas a un fluido de trabajo tal como el agua, el vapor de agua, una mezcla de  
10 ambos o algún otro fluido refrigerante que fluye a través de un haz de tubos dentro del FBHE. El flujo de partículas fluidizadas enfriadas se reintroduce a continuación en el horno de proceso. La cantidad de enfriamiento de las partículas fluidizadas que se realiza en el FBHE se controla normalmente en base a la temperatura del gas deseada dentro del horno de proceso.

15 Si se conducen a lo largo de la otra de las dos trayectorias de recirculación paralelas, las partículas absorbentes y otras partículas de ceniza también se fluidizan y son arrastradas dentro de la misma y se transportan por un gas a alta presión inyectado, tal como aire, normalmente otra vez a una presión de aproximadamente 200 pulgadas de columna de agua (WG) (49.800 Pa). En este caso, de acuerdo con esta trayectoria, las partículas fluidizadas se conducen a través de una tubería de recirculación de ceniza que tiene un sello hermético, comúnmente denominado como recipiente de sellado o sello de sifón, que se instala convenientemente de forma que opere para asegurar un  
20 flujo apropiado de gases y ceniza en el circuito primario, que se define como el horno de proceso, el separador, es decir, el ciclón, el recipiente de sellado y el FBHE. El recipiente de sellado funciona para evitar un reflujo de gases y partículas sólidas desde el horno de proceso hacia la tubería de recirculación. Desde el recipiente de sellado, las partículas absorbentes y otras partículas de ceniza sólida se reintroducen, a continuación, en el horno de proceso sin ser enfriadas.

25 Las Patentes de Estados Unidos Nos. 6.779.492 y 6.938.780, las cuales también están asignadas al mismo cesionario como todos los derechos en la presente solicitud, proporcionan descripciones detalladas de calderas de lecho fluidizado circulante convencionales que tienen recipientes de sellado y FBHEs. Adicionalmente, la Patente de Estados Unidos No. 5.425.412 proporciona un sistema de lecho fluidizado circulante y un método para mejorar la recuperación de calor. Un conducto de retorno desde un separador de partículas unido a la cámara de combustión  
30 tiene una sección de transferencia de calor con superficies de transferencia de calor. El gas de fluidización se introduce en un lecho de partículas que tiene secciones de transferencia de calor y de transporte de partículas separadas para fluidizar el lecho, y el gas de transporte se introduce por separado para transportar partículas desde el lecho a la cámara de combustión. Adicionalmente, a partir del documento US 5.840.258, se conocen un método y un aparato para transportar partículas sólidas de una cámara a otra haciendo uso de algunos orificios en una pared divisoria entre las cámaras. El documento US 4.552.203 describe un método y un dispositivo para controlar la  
35 temperatura de una reacción llevada a cabo en un lecho fluidizado.

40 Sigue existiendo una necesidad de medios más eficaces y menos costosos para el reciclado de la ceniza en los sistemas de generación de calor con calderas de lecho fluidizado circulante. Por ejemplo, sería beneficioso si se pudiera eliminar el aire de fluidización a presión relativamente alta requerido por los FBHEs convencionales y los recipientes de sellado, ya que esto reduciría no sólo el gasto de proporcionar las soplantes de alta presión y las toberas de fluidización de construcción convencional requeridas, sino que también reduciría la carga dinámica a la que es sometido el acero estructural, que se requiere para soportar los FBHEs y los recipientes de sellado de construcción convencional, y además también el consumo de energía que se requiere para operar tales soplantes de alta presión con el fin de proporcionar de este modo el necesario suministro de aire de alta presión. Adicionalmente,  
45 sería beneficioso tener mayores velocidades de transferencia de calor en el FBHE que aquellas que ahora son posibles cuando se emplean FBHEs de construcción convencional. La transferencia de calor se define normalmente por la ecuación  $Q = R \times S \times \text{LMTD}$  donde ( $Q = \text{Btu/h}$ ) calor transferido, ( $R = \text{Btu/hr-Ft}^2\text{-F}$ ) velocidad de transferencia de calor, ( $S = \text{pies cuadrados (Ft}^2\text{)}$ ) superficie y ( $\text{LMTD} = \text{Grados Fahrenheit}$ ) diferencia de temperatura media logarítmica. Para una velocidad de transferencia constante ( $R$ ), el aumento de la LMTD da lugar a una reducción de la superficie requerida del intercambiador de calor ( $S$ ) para una carga de calor dada. El intercambiador de calor de lecho móvil (MBHE) construido de acuerdo con la presente invención mejora la LMTD sobre la de los FBHE típicos  
50 permitiendo un contraflujo completo de los sólidos y el fluido de trabajo.

### Objetivos de la invención

55 En consecuencia, un objetivo de la presente invención es proporcionar una técnica mejorada para el reciclado de la ceniza que se produce a partir de la combustión de combustibles fósiles, tal como, por ejemplo, el reciclado de la ceniza que se produce a partir de la combustión de combustibles fósiles en una caldera de lecho fluidizado circulante.

Es otro objetivo de la presente invención proporcionar una técnica mejorada para eliminar el calor durante el reciclado de la ceniza que se produce a partir de la combustión de combustibles fósiles.

Objetivos, ventajas y características novedosas adicionales de la presente invención serán evidentes para los expertos en la técnica a partir de la descripción de esta solicitud de patente, incluyendo la siguiente descripción detallada de la misma, así como por la práctica de la presente invención. Aunque la presente invención se describe a continuación con referencia a una/s forma/s de realización preferida/s, debe entenderse que dicha invención no está limitada a la/s misma/s. Aquellos con habilidades normales en la técnica que tengan acceso a las enseñanzas de la presente memoria reconocerán implementaciones, modificaciones y formas de realización adicionales, así como otros campos de uso, que están dentro del alcance de la presente invención según dicha invención se describe y reivindica en la presente memoria y con respecto a las cuales dicha invención podría ser de utilidad significativa.

### Resumen de la invención

10 De acuerdo con la presente invención, se proporciona un intercambiador de calor de lecho móvil (MBHE). El MBHE podría, por ejemplo, ser instalado en el circuito de recirculación primaria de una caldera de lecho fluidizado circulante, teniendo dicho MBHE un recipiente, varios tubos y varias entradas de aire.

El recipiente del MBHE incluye una parte superior con una abertura de alimentación, una parte inferior con un piso que tiene una abertura de descarga y una parte intermedia dispuesta entre dicha parte superior y dicha parte inferior. 15 El recipiente del MBHE recibe partículas de ceniza calientes, tales como partículas de piedra caliza calientes con azufre absorbido, a través de la abertura de alimentación del mismo. Estas partículas de ceniza calientes se reciben normalmente de un ciclón u otro tipo de separador después de que estas partículas de ceniza calientes hayan sido retiradas de los gases de combustión que se expulsan de un horno de proceso, tal como el horno de proceso de una caldera de lecho fluidizado circulante. El recipiente del MBHE está configurado adecuadamente, es decir, está dimensionado, formado y/o tiene componentes estructurales, de manera que opere también para conducir un flujo por gravedad de las partículas de ceniza calientes, que se reciben de este modo, desde la parte superior del recipiente, a través de la parte intermedia del recipiente hasta el piso de la parte inferior del recipiente, y de modo que también opere para recoger las partículas de ceniza en el piso de la parte inferior del recipiente. Este flujo por gravedad conducido de las partículas de ceniza puede ser denominado como un "lecho móvil".

25 Los varios tubos del MBHE, que preferiblemente tienen la forma de tubos con aletas, están dispuestos en la parte intermedia del recipiente del MBHE y están configurados para operar para conducir un flujo de fluido de trabajo, tal como agua, vapor de agua, una mezcla de agua y vapor, o algún otro fluido, en una dirección, en esencia, ortogonal a la dirección del flujo por gravedad conducido de las partículas de ceniza calientes anteriormente mencionadas a través de la parte intermedia del recipiente. Si la dirección del flujo por gravedad de las partículas de ceniza caliente anteriormente mencionadas es vertical hacia abajo, el flujo en una dirección, en esencia, ortogonal a la dirección de dicho flujo por gravedad de las partículas de ceniza caliente anteriormente mencionadas sería un flujo, en esencia, horizontal. El flujo del fluido de trabajo es tal que el calor de las partículas de ceniza calientes se transfiere al fluido de trabajo para enfriar de ese modo dichas partículas de ceniza calientes cuando estas últimas se conducen a la parte inferior del recipiente del MBHE.

35 Normalmente, en calderas de lecho fluidizado circulante de construcción convencional, se inyecta aire en múltiples ubicaciones y a varias presiones. El aire de fluidización inyectado en el horno de proceso de la mismas a través de toberas instaladas en el fondo del horno de proceso requiere una presión en el rango de 65 pulgadas de columna de agua (WG) (16.185 Pa) en la entrada de las toberas. Por otra parte, el aire de fluidización que se inyecta a través de toberas en los recipientes de sellado y FBHEs de construcción convencional requieren presiones más altas en el rango de 200 pulgadas WG (49.800 Pa) en la entrada de dichas toberas. Tal presión más alta se requiere como resultado directo de la mayor cantidad de ceniza que está presente en términos de la altura requerida en el recipiente de sellado y en el FBHS en comparación con la altura en el horno de proceso.

45 De acuerdo con la presente invención, una campana está dispuesta como una válvula de control de ceniza de baja presión e incluye una cámara de laberinto formada debajo de la superficie del piso de la parte más baja del recipiente del MBHE.

Las varias entradas de aire del MBHE están configuradas adecuadamente de manera que operen para inyectar aire hacia arriba dentro de la campana con el fin de controlar de este modo previamente la cantidad de las partículas de ceniza calientes, que ahora se han enfriado, que se recogen y descargan a través de la abertura de descarga del recipiente del MBHE. La cantidad de calor que se transfiere de las partículas de ceniza calientes al fluido de trabajo 50 corresponderá normalmente a la cantidad de las partículas de ceniza calientes previamente, que se han enfriado ahora, que se recogen y descargan a través de la abertura de descarga del recipiente del MBHE. Preferiblemente, la cantidad de dichas partículas de ceniza enfriada, que se recogen y descargan, se controla en base bien a la temperatura del gas en el horno de proceso o bien a la temperatura del fluido de trabajo que sale del MBHE.

55 De acuerdo con un aspecto de la presente invención, las partes superior, intermedia e inferior anteriormente descritas del recipiente del MBHE forman un primer compartimiento del recipiente del MBHE, y dicho recipiente incluye también un segundo compartimiento que incluye otra abertura de alimentación separada y otro piso que tiene otra abertura de descarga separada. Dicho recipiente recibe otras partículas de ceniza, que están también calientes, a través de otra abertura de alimentación del mismo. Dicho recipiente está también configurado adicionalmente de

- modo que opere para conducir un flujo por gravedad de las otras partículas de ceniza calientes recibidas de este modo en el piso del segundo compartimiento del mismo y para operar también para recoger dichas otras partículas de ceniza calientes en este otro piso del mismo. También se proporcionan otras varias entradas de aire. Dichas otras varias entradas de aire, que normalmente también serán en forma de toberas de aire, se configuran adecuadamente para operar para inyectar aire en el segundo compartimiento del recipiente del MBHE con el fin de controlar de este modo la cantidad de otras partículas de ceniza calientes, que se recogen y descargan a través de la otra abertura de descarga del recipiente del MBHE. Por lo tanto, tanto las partículas enfriadas de un compartimiento como las partículas calientes del otro compartimiento pueden ser descargadas, por ejemplo, para el reciclado del horno de proceso de una caldera de lecho fluidizado circulante.
- 5
- 10
- 15
- Aventajadamente, la cantidad de otras partículas de ceniza calientes que se recogen y descargan a través de la otra abertura de descarga del recipiente del MBHE se controla de manera que la cantidad de las otras partículas de ceniza calientes recogidas en el piso del segundo compartimiento del recipiente del MBHE sea suficiente para sellar el segundo compartimiento del recipiente del MBHE contra un flujo de un gas externo a través de la abertura de descarga del recipiente del MBHE en el segundo compartimiento del recipiente del MBHE. En consecuencia, la presente invención se puede implementar para proporcionar un MBHE y una unidad de recipiente de sellado, que estén integrados

### Breve descripción de los dibujos

- La Figura 1 representa una vista en alzado simplificada del circuito primario de una caldera de lecho fluidizado circulante que consiste en un horno de proceso y una unidad integrada que incluye un intercambiador de calor de lecho móvil (MBHE) y un recipiente de sellado, construido de acuerdo con la presente invención.
- 20
- La Figura 2 es una vista en alzado que presenta una representación más detallada de la unidad integrada de un MBHE y un recipiente de sellado que se ilustra en la Figura 1.
- La Figura 3 es una vista en planta que representa una disposición preferida de las cámaras de sobrepresión de aire y las tuberías de descarga que se ilustran en la Figura 2.
- 25
- La Figura 4 muestra una representación ampliada y más detallada de los componentes utilizados para controlar la descarga de ceniza desde la unidad integrada de un MBHE y un recipiente de sellado que se ilustra en la Figura 2.
- La Figura 5 es una vista en planta que muestra una disposición de ejemplo de los orificios de las toberas de aire que se ilustran en la Figura 4.
- La Figura 6 muestra una representación ampliada y más detallada de los componentes utilizados para controlar la descarga de ceniza desde la unidad integrada de un MBHE y un recipiente de sellado que se ilustra en la Figura 2, construida de acuerdo con la presente invención.
- 30
- La Figura 7 muestra una representación ampliada y más detallada de una alternativa a partir de los componentes utilizados para controlar la descarga de ceniza desde la unidad integrada de un MBHE y un recipiente de sellado que se ilustra en la Figura 2, construida de acuerdo con la presente invención.

### Descripción aplicada una forma de realización preferida

- En la Figura 1 de los dibujos se ilustra una caldera de lecho fluidizado circulante 100 que incorpora un lecho fluidizado circulante 110. Como se comprende mejor con referencia a la Figura 1, el nuevo combustible, carbón triturado normalmente, se alimenta al lecho fluidizado circulante 110 a través de una línea de transporte 115 y el nuevo absorbente, comúnmente piedra caliza triturada, se alimenta también al lecho fluidizado circulante 110 a través de una línea de transporte 120.
- 35
- 40
- Además, con referencia adicional a la Figura 1, la ceniza caliente reciclada también se transporta desde un recipiente de sellado 165 al lecho fluidizado circulante 110 a través de una línea de transporte 170. Adicionalmente, la ceniza reciclada enfriada también se transporta desde un intercambiador de calor de lecho móvil MBHE 155 al horno de proceso, es decir, la cámara de reacción, de la caldera de lecho fluidizado circulante 100 a través de una línea de transporte 160.
- 45
- A continuación un plenum (cámara de sobrepresión) 105, como se ilustra en la Figura 1, suministra aire a las partículas del nuevo combustible, del nuevo absorbente y de ceniza recicladas que son alimentadas al horno de proceso de la caldera de lecho fluidizado circulante 100 con el fin de fluidizar de este modo estas partículas de nuevo combustible, de nuevo absorbente y de ceniza recicladas para crear de ese modo a partir de ellas el lecho fluidizado circulante 110 de una manera bien conocida por los expertos en esta técnica.
- 50
- Los gases de combustión y la ceniza generados en el horno de proceso de la caldera de lecho fluidizado circulante 100 se extraen del horno de proceso de la caldera de lecho fluidizado circulante 100 a través de una línea de transporte 125. Como se comprende, los gases de combustión sirven como portador y transportan la ceniza arrastrada con ellos desde el horno de proceso de la caldera de lecho fluidizado circulante 100.

Se emplea un ciclón 130 para separar de los gases de combustión la ceniza que es arrastrada con los mismos. Desde el ciclón 130, los gases de combustión, que están ahora, en esencia, libres de la ceniza previamente arrastrada con ellos, son transportados a través de una línea de transporte 135 preferiblemente a cualquier equipo de procesamiento aguas abajo, por ejemplo, intercambiadores de calor, equipamiento de control de contaminación del aire (APC), y a partir de aquí, finalmente a una chimenea de escape.

La ceniza después de separarse de los gases de combustión en el ciclón 130 se conduce desde el ciclón 130 a un intercambiador de calor de lecho móvil (MBHE) 155 a través de una primera trayectoria 140 y, a continuación, a un recipiente de sellado 165 a través de una segunda trayectoria 145. Como se comprende mejor con referencia a la Figura 1 de los dibujos, el MBHE 155 y el recipiente de sellado 165 están alojados en una unidad integrada indicada en los dibujos por el número de referencia 150.

En la Figura 2 se ilustran los detalles de la unidad integrada 150 del MBHE y el recipiente de sellado. Como se comprende mejor con referencia a la Figura 2 de los dibujos, las partículas de ceniza calientes 140 procedentes del separador ciclón 130 son alimentadas al MBHE 155 en una manera distribuida. Es decir, preferiblemente, las partículas de ceniza calientes que entran en el MBHE 155 se distribuyen a lo largo de la anchura y la profundidad del MBHE 155. De manera similar, las partículas de ceniza calientes 145, como se comprende mejor con referencia a la Figura 2 de los dibujos, son alimentadas también de una manera distribuida al recipiente de sellado 165. Las partículas de ceniza calientes 140 se mueven a través del MBHE 155 y las partículas de ceniza calientes 145 se mueven a través del recipiente de sellado 165 cada una por medio de un flujo por gravedad. Este flujo por gravedad de las partículas de ceniza 140 y 145 puede denominarse como un "lecho móvil".

Con referencia adicional a la Figura 2, como se ilustra en ella, el MBHE 155 tiene tres partes primarias; a saber, una parte superior 200, una parte intermedia 205 y una parte inferior 210. A este fin, el lecho móvil de partículas de ceniza 140 entra en la parte superior 200 del MBHE 155 a través de lo que se puede denominar una abertura de alimentación 202, la cual se representa en la parte superior del MBHE 155 en la Figura 2. Esta abertura 202 puede configurarse adecuadamente de cualquier número de maneras.

El MBHE 155 está adecuadamente dimensionado, formado y/o tiene componentes estructurales (no mostrados con el interés de mantener la claridad de la ilustración en los dibujos) de modo que sea operativo para conducir el lecho móvil de partículas de ceniza calientes 140 desde la parte superior 200 del mismo a la parte intermedia 205 del mismo del MBHE 155. La parte intermedia 205 incluye un intercambiador de calor 215 que consiste normalmente en partes presurizadas de la caldera. Estas partes presurizadas incluyen preferentemente un haz de tubos con aletas (no mostrado en el interés de mantener la claridad de la ilustración en los dibujos) a través del cual fluye un fluido de trabajo, generalmente en forma de vapor y/o de agua. Este fluido de trabajo sirve como refrigerante y se utiliza para recuperar el calor del lecho móvil de partículas de ceniza caliente 140 cuando las partículas de ceniza caliente 140 se hacen fluir a través del intercambiador de calor 215.

El haz de tubos con aletas del intercambiador de calor 215 está orientado de tal manera que el flujo del fluido de trabajo a su través es, en esencia, ortogonal al flujo por gravedad del lecho móvil de partículas de ceniza calientes a través del intercambiador de calor 215. Las aletas se extienden beneficiosamente desde los tubos en una dirección que es, en esencia, paralela a la dirección de flujo del lecho móvil de partículas de ceniza calientes. Después de pasar a través del intercambiador de calor 215, las partículas enfriadas de ceniza indicadas en la Figura 2 con el número de referencia 250 se hacen fluir a la parte inferior 210 del MBHE 155. Las partículas enfriadas de ceniza 250 se recogen, a continuación, sobre la superficie 275 del piso 272 de la parte inferior 210 del MBHE 155. Una capa de dichas partículas de ceniza enfriadas recogidas se denomina con el número de referencia 252 en la Figura 2. La presión de las partículas de ceniza enfriadas recogidas es relativamente alta, por ejemplo, 200 pulgadas de columna de agua (WG) (49.800 Pa).

De acuerdo con un primer ejemplo, según se entiende mejor con referencia a la Figura 2, se disponen cámaras de sobrepresión de aire 235 debajo del piso 275 del MBHE 155 para proporcionar de este modo un flujo de aire de baja presión 240, por ejemplo, a una presión de 65 pulgadas WG (16.185 Pa), en la parte inferior 210 del MBHE 155 a través de las entradas de aire en el piso 272 del MBHE 155. Más detalles con respecto al flujo del aire de baja presión 240 en la parte inferior 210 del MBHE 155 se discutirán más adelante en la presente memoria. La inyección del aire a baja presión 240 interviene para provocar que las partículas de ceniza enfriadas 252 recogidas sean transportadas a través de una abertura de descarga 220 en el piso 272 del MBHE 155. Una tubería de descarga 225 se extiende desde una posición por encima de la superficie 275 del piso a través de cada una de las aberturas de descarga 220 del piso. Una campana 230 se dispone por encima de la abertura de entrada 227 (como se comprenderá mejor con referencia a la Figura 4) de cada una de las respectivas tuberías de descarga 225. Si dicha tubería de descarga 225 y la campana 230 se utilizan con fines de efectuar la descarga de las partículas de ceniza enfriadas 252 recogidas con las mismas, las partículas de ceniza enfriadas 252 recogidas son transportadas por el aire a baja presión 240 hasta una posición situada por encima de una abertura de entrada de cada una de las tuberías de descarga 225 respectivas. Las partículas de ceniza enfriadas recogidas que están siendo transportadas se identifican en la Figura 4 con el número de referencia 255. Cada campana 230 interviene para desviar las partículas de ceniza enfriadas 255 recogidas y transportadas en la entrada 227 de, y a través de, una respectiva de las tuberías de descarga 225. Las partículas de ceniza enfriadas 255 recogidas y transportadas que salen del tubo

de descarga 225 son recirculadas al horno de proceso de la caldera de lecho fluidizado circulante 100 a través de la línea de transporte 160.

Como se aprecia mejor con referencia a la Figura 2, una pared común 270 separa el MBHE 155 del recipiente de sellado 165. Las partículas de ceniza calientes 145 entran en el recipiente de sellado 165 a través de una abertura de alimentación 204 como se ilustra en la Figura 2. Las partículas de ceniza calientes 145 se someten a un flujo por gravedad en el recipiente de sellado 165, es decir, desde la abertura de alimentación 204 del recipiente de sellado 165 hasta la superficie 280 del piso 282 del recipiente de sellado 165. Como se representa en la Figura 2, una capa de partículas de ceniza calientes 260 recogidas se forma sobre la superficie 280 del piso 282 del recipiente de sellado 165. El recipiente de sellado 165 incluye también cámaras de sobrepresión de aire indicadas por el número de referencia 235' que están diseñadas para operar para inyectar aire para transportar las partículas de ceniza calientes 260 recogidas a través de las aberturas de descarga 220' en el piso 280 del recipiente de sellado 165. Las partículas de ceniza calientes que están siendo transportadas se identifican en la Figura 2 por el número de referencia 265. Como con el MBHE 155, una tubería de descarga con campana 225' se instala preferiblemente a través de cada una de las aberturas de descarga 220' para formar de este modo los pasadizos a través de los cuales las partículas de ceniza calientes 265 son capaces de ser descargadas del recipiente de sellado 165. Las partículas de ceniza caliente 265 que son descargadas desde las aberturas de descarga 220' del recipiente de sellado se diseñan para ser recirculadas de retorno a la caldera de lecho fluidizado circulante 100 a través de una línea de transporte 170.

Mediante el control de la inyección de aire 240 en el MBHE 155, puede controlarse la cantidad de partículas de ceniza enfriadas 252 recogidas que son descargadas a través de las aberturas de descarga 220 en el MBHE 155. De manera similar, mediante el control de la inyección de aire 240' en el recipiente de sellado 165, puede también controlarse la cantidad de partículas de ceniza calientes 260 recogidas que son descargadas a través de las aberturas de descarga 220'. Mediante el control de la inyección de aire 240 de baja presión al MBHE 155, también puede controlarse la cantidad de calor transferido desde las partículas de ceniza calientes 140 al fluido de trabajo que fluye en el intercambiador de calor 215. Es decir, la cantidad de calor transferida desde las partículas de ceniza calientes 140 al fluido de trabajo corresponderá a la cantidad de partículas de ceniza enfriadas 250 recogidas que son descargadas a través de las aberturas de descarga 220. Este control se efectúa preferiblemente sobre la base de la temperatura del gas en el horno de proceso de la caldera de lecho fluidizado circulante 100 o la temperatura del vapor/agua en el MBHE 155, pero también podría basarse en otros parámetros relacionados con el horno de proceso sin apartarse de la esencia de la presente invención.

En resumen, la unidad integrada 150 del MBHE y el recipiente de sellado puede utilizarse para controlar la temperatura de combustión en el horno de proceso de la caldera de lecho fluidizado circulante 100. Puesto que la ceniza se mueve a través del MBHE 155 y a través del intercambiador de calor 215 en un flujo por gravedad, no se requiere la inyección de aire a alta presión para transportar de este modo la ceniza e inducir la transferencia de calor. Por lo tanto, no hay ningún requisito para emplear cualquier soplante de fluidización de alta presión. Como resultado, esto reduce significativamente no sólo el costo del material, sino también el consumo de energía. El flujo de contracorriente del lecho móvil de ceniza verticalmente hacia abajo en el MBHE 155 da lugar a una mayor diferencia de temperatura media logarítmica (LMTD), lo que contribuye a mayores velocidades de transferencia de calor en el MBHE 155 y por lo tanto reduce los requerimientos de superficie del intercambiador de calor. Adicionalmente, debido a que el MBHE 155 es capaz de utilizar varios tubos con aletas que incorporan una densidad de aletas alta sin dificultar el flujo de ceniza a su través, la superficie de transferencia de calor puede disponerse en un diseño muy compacto. La superficie ampliada que resulta del uso de varios tubos que incorporan aletas de alta densidad junto con la alta LMTD, hacen posible alcanzar, como consecuencia de ello, reducciones significativas en las superficies de las partes presurizadas y refractarias en comparación con lo que es necesario cuando se emplean Intercambiadores de calor de lecho fluidizado (FBHE) de construcción convencional. Adicionalmente, debido a que la velocidad del flujo de ceniza es controlada en el MBHE 155 por medio del control de la descarga de ceniza aguas abajo del intercambiador de calor, no hay necesidad de que una válvula de control de ceniza sea empleada aguas arriba del recipiente de sellado 165 y el MBHE 155. Esto contrasta con la necesidad de emplear una válvula de control de ceniza aguas arriba para controlar el flujo sólido en los FBHEs que tienen una construcción convencional.

La Figura 3 es una vista en planta, a título de ejemplo, de una disposición de una cámara de sobrepresión de aire y las descargas de la tubería y la campana que a veces se denominan como válvulas de control de ceniza de baja presión (LPACVs). Como se comprenderá mejor con referencia a la Figura 3, las LPACVs están distribuidas a lo largo de la superficie del piso de ambos, del MBHE 155 y del recipiente de sellado 165. A este fin, cada fila A-F de las LPACVs es controlada por aire, que se inyecta a través de una cámara de sobrepresión individual 235 o 235'. De una manera que se describirá con mayor detalle a continuación en la presente memoria, el aire, que se suministra a las cámaras de sobrepresión individuales 235 o 235', puede controlarse individualmente. Debe entenderse que el número de filas de las LPACVs en el recipiente de sellado 165 y el MBHE 155 puede variar dependiendo de la aplicación particular en la que se están empleando las LPACVs. Adicionalmente, el número de aberturas de descarga en cada fila también puede variar dependiendo de la aplicación particular en la que se emplean las LPACVs. Las velocidades de flujo de aire más altas desde las cámaras de sobrepresión 235 en el MBHE 155 intervienen para fomentar mayores velocidades de flujo de ceniza a través del intercambiador de calor 215, y por lo tanto inferiores temperaturas totales de la ceniza que se devuelve al horno de proceso de la caldera de lecho fluidizado circulante 100 desde MBHE 155.

El aire, que se inyecta en el MBHE 155 y el recipiente de sellado 165, se controla con el fin de provocar de este modo que se mantenga un nivel específico, es decir, una cantidad, de ceniza en el MBHE 155 y el recipiente de sellado 165, de manera que se proporcione así el horno de proceso requerido al sello de ciclón. Además, la inyección de aire en el MBHE 155 también se controla con el fin de controlar de este modo el flujo de ceniza a través del intercambiador de calor 215 para así conseguir un parámetro específico del generador de vapor, tal como, por ejemplo, una temperatura del gas o del vapor específica dentro del horno de proceso de la caldera de lecho fluidizado circulante 100. Finalmente, la inyección de aire en el MBHE 155 y el recipiente de sellado 165 también se controla con el fin de mantener de este modo una distribución uniforme de las partículas de ceniza caliente y enfriada en las líneas de retorno de ceniza 160 y 170 al horno de proceso de la caldera de lecho fluidizado circulante 100. Gracias a la disposición de las aberturas de descarga en filas y a la regulación del aire, que se inyecta con el fin de efectuar el transporte de la ceniza a través de cada fila de las aberturas de descarga 220 o 220', se puede asegurar así un flujo de ceniza uniforme a través de la anchura del MBHE 155 y del recipiente de sellado 165 y en cada una de las líneas de retorno 160 y 170 también. Adicionalmente, la regulación de la descarga de ceniza de las filas A-F interviene además para fomentar temperaturas de refrigerante uniformes dentro de los tubos del intercambiador de calor 215. Además, debido a que el MBHE 155 y el recipiente de sellado 165 son capaces de ser controlados independientemente entre sí sin salirse de la esencia de la presente invención, si se desea, el MBHE 155 es capaz de ser operado con el recipiente de sellado 165 apagado o viceversa. Con el recipiente de sellado 165 y el MBHE 155 dispuestos en paralelo entre sí, las partículas grandes, que son descargadas del ciclón 130 pueden, sin apartarse de la esencia de la presente invención, si se desea, canalizarse fuera del MBHE 155 a los fines de ser descargadas fuera a través del recipiente de sellado 165.

En las Figuras 4 y 5 de los dibujos, se ilustra adicionalmente una LPACV 475 para controlar el flujo de ceniza a través de las aberturas de descarga 220 y 220' en el MBHE 155 y el recipiente de sellado 165. Como se comprende mejor con referencia a la Figura 4, la LPACV 475 incluye la tubería de descarga 225 o 225' y la campana asociada 230 o 230' que se han descrito anteriormente en la presente memoria. Con este fin, la tubería de descarga 225 o 225' se extiende a través de la abertura de descarga 220 o 220' en el piso 272 o 282 del MBHE 155 o del recipiente de sellado 165. Con referencia adicional a la Figura 4, como se ilustra en ella el piso de cada uno del MBHE 155 y del recipiente de sellado 165 incluyen un revestimiento de acero 420 o 420', respectivamente, sobre el que se proporciona una capa de material refractario 425 o 425', respectivamente. A continuación con referencia a la Figura 4, la abertura de descarga 220 ó 220' se forman de manera que se extiendan a través tanto del material refractario 425 ó 425' como del revestimiento de acero 420 o 420'. Preferiblemente, la tubería de descarga 225 o 225' se extiende aproximadamente 12 pulgadas (30,5 cm) por encima de la superficie 275 o 280 del piso, aunque la altura de la tubería de descarga 225 o 225' puede variar dependiendo de la naturaleza de la aplicación particular en cuestión. Como se comprende mejor con referencia a la Figura 4, la campana 230 o 230' se apoya preferiblemente fuera de la tubería de descarga 225 o 225' y además se extiende preferiblemente también hasta una altura de entre 18 y 24 pulgadas (40,6 cm y 61 cm) por encima del piso 272 o 282. Sin embargo, también se debe entender además que este rango de altura también puede variar. Como se puede ver con referencia a la Figura 4, el fondo de la campana 230 o 230' preferiblemente pero no necesariamente se extiende por debajo de la abertura de entrada 227 en el caso del MBHE 155 y por debajo de la abertura de entrada 227' en el caso del recipiente de sellado 165.

El aire indicado en los dibujos por el número de referencia 475 desde una fuente adecuada del mismo (no mostrada en interés de mantener la claridad de la ilustración en los dibujos) es alimentado a través de un conducto 405 a la cámara de sobrepresión de aire 235 o 235' que interviene para distribuir dicho aire, que a su vez efectúa la alimentación a un colector 412, en el caso del MBHE 155, o al colector 412', en el caso del recipiente de sellado 165. Del colector 412 ó 412' dicho aire se distribuye a las toberas de aire de baja presión individuales 415, en el caso del MBHE 155, y a las toberas de aire de presión inferior 415', en el caso del recipiente de sellado 165, para inyectar después en el MBHE 155 o el recipiente de sellado 165, según corresponda. El flujo de aire a través del conducto 405 a la cámara de sobrepresión de aire 235 o 235' se controla por una válvula de flujo de aire variable 410 en respuesta a las instrucciones recibidas de ese modo desde el controlador 450. El controlador 450 interviene para efectuar el control de una válvula de control de un flujo de aire variable separado 410 que está asociada con cada controlador 450. Todas las válvulas 410 pueden, si se desea, ser controladas por un único controlador 450.

En la Figura 5 de los dibujos, se representa una de numerosas disposiciones de las toberas de aire 415 o 415' que podrían utilizarse con el propósito de efectuar la inyección del aire a baja presión 240 o 240' en el MBHE 155 o el recipiente de sellado 165. La disposición de las toberas de aire de baja presión 415 o 415' para que funcionen de ese modo de la manera requerida se comprende bien por los expertos en la técnica y, por consiguiente, debe entenderse que la disposición de las toberas que se ilustra en la Figura 5 es a modo de ejemplo y no de limitación, y que cualquier número de otras disposiciones de toberas también podría utilizarse.

En funcionamiento, se inyecta una pequeña cantidad de aire a baja presión 240 o 240' para controlar los sólidos dentro del MBHE 155 y el recipiente de sellado 165. A este fin, la presión del aire inyectado es mucho menor que la presión circundante de los sólidos.

La presión de los sólidos en el piso del compartimento que define el MBHE 155 y en el piso del compartimento que define el recipiente de sellado 165 corresponde a la altura de los sólidos en el compartimento respectivo de los compartimentos mencionados anteriormente. En la mayoría de los casos, la presión de los sólidos en dichos compartimentos estará muy por encima de 200 pulgadas WG (49.800 Pa). Sin embargo, la presión del aire 240 o

240' inyectado en el compartimento respectivo sólo necesita ser una baja presión. Dicho aire a baja presión puede proporcionarse para este propósito a partir de una fuente de aire primario o secundario que comúnmente está disponible en las plantas de calderas de lecho fluidizado circulante. Por ejemplo, dicho aire primario, que está generalmente así disponible a una presión de 65 pulgadas WG (16.185 Pa) puede utilizarse como la fuente del aire 475.

La corta altura corta de la tubería de descarga 225 o 225' por encima de la superficie 275 o 280 del piso permite efectivamente que la altura del lecho de ceniza recogida 252 ó 260 se reduzca de forma concomitante y, por tanto, la cantidad de presión que se requiere para efectuar el transporte de los sólidos a la entrada de la tubería de descarga 227 ó 227'. El aire inyectado 240 o 240' está diseñado para borbotear eficazmente a través de las cenizas 252 recogidas y 260 y a continuación es desviado por la campana 230 o 230' en la entrada de la tubería de descarga 227 o 227', y a través de la tubería de descarga 225 o 225' en la línea de transporte 160 o 170. Durante este proceso, el aire a baja presión efectúa el transporte de la ceniza desde el MBHE 155 y/o el recipiente de sellado 165 al horno de proceso de la caldera de lecho fluidizado circulante 100. A medida que la ceniza es así transportada desde el compartimento respectivo, el lecho de ceniza se mueve en una dirección descendente, promoviendo de este modo una transferencia de calor desde el mismo al fluido de trabajo que fluye a través de los tubos del intercambiador de calor 215.

En las Figuras 6 y 7 de los dibujos, se ilustra un diseño LPACV 500 que se emplea en el MBHE 155, de acuerdo con la presente invención. Además, este diseño LPACV 500 puede instalarse en el piso 272 o debajo del piso 272 del MBHE 155. Para este fin, en este diseño LPACV 500 alternativo se utilizan los mismos principios hidrodinámicos que en el LPACV que se ilustra en la Figura 4 de los dibujos. El diseño LPACV 500 que se ilustra en las Figuras 6 y 7 de los dibujos difiere del diseño LPACV que se ilustra en la Figura 4 de los dibujos en que en el diseño LPACV 500 se utiliza una cámara de laberinto 520 con fines de formación de la campana 510 a través de la cual la forma de realización de la condición de presión más baja P2 que se alcanza frente a la condición de mayor presión P1 está formada por la cabeza estática del material del material de lecho fluidizado circulante 110.

El controlador 450 es capaz de controlar la válvula de flujo de aire variable 410 con el fin de efectuar de este modo una pulsación de aire a través de las toberas 415 o 415' en una secuencia de encendido/apagado. Alternativamente, el controlador 450 también es capaz de controlar la válvula de flujo de aire variable 410 de tal manera que los inyectores 415 o 415' inyecten una corriente continua de aire a velocidades de flujo variables en el compartimento respectivo.

En resumen, se proporciona un control no mecánico del flujo de ceniza a través del MBHE 155 y el recipiente de sellado 165, utilizando aire a una presión muy inferior a la presión circundante de las cenizas recogidas en el piso del compartimento respectivo. Debido a que sólo se requiere aire a baja presión, se puede reducir de este modo el uso de energía de la caldera de lecho fluidizado circulante y, por lo tanto, la planta de calderas de lecho fluidizado circulante puede operar con un mayor rendimiento energético, por ejemplo, una mayor velocidad de calentamiento de la planta. Adicionalmente, la cantidad de ceniza que se descarga desde el MBHE 155 y el recipiente de sellado 165 puede controlarse eficazmente en la medida deseada sobre el rango de carga completa de la caldera de lecho fluidizado circulante 100.

Como se ha descrito anteriormente, de acuerdo con la presente invención se proporciona una técnica más eficiente y menos costosa para reciclar ceniza en los sistemas de generación de calor de lecho fluidizado circulante. Esta técnica a la que se dirige la presente invención elimina de manera beneficiosa la necesidad del aire de fluidización de presión relativamente alta que es requerido por los FBHEs y los recipientes de sellado, que son de construcción convencional y pueden reducir no sólo el gasto de los soplantes de alta presión y las toberas de fluidización que son comúnmente requeridas para ello, sino también la carga dinámica a la que se somete el acero estructural, que se requiere a los fines de soportar los FBHEs y los recipientes de sellado que se incorporan en una construcción convencional. También se elimina el consumo de energía convencionalmente requerido para operar tales soplantes para que proporcionen de este modo el suministro de aire de alta presión. Además, esta técnica a la que conduce la presente invención facilita aventajadamente mayores velocidades de transferencia de calor en el intercambiador de calor que las ahora posibles usando FBHEs construidos convencionalmente debido a la diferencia de temperatura media logarítmica LMTD del flujo de ceniza fluidizada dentro de dichos FBHEs construidos de forma convencional.

## REIVINDICACIONES

1. Un intercambiador de calor de lecho móvil (155), que comprende

un recipiente que incluye una parte superior (200) que tiene una abertura de alimentación (202), una parte inferior (210) que tiene un piso (272) con una superficie (275) del piso que incluye una abertura de descarga en la mismo, y una parte intermedia (205) dispuesta entre dicha parte superior (200) y dicha parte inferior (210), estando configurado dicho recipiente para conducir de ese modo un flujo por gravedad desde dicha parte superior (200) a través de dicha parte intermedia (205) hasta dicho piso (272) de dicha parte inferior (210) de dicho recipiente de partículas de ceniza calientes (140) recibidas en dicho recipiente a través de dicha abertura de alimentación (202) y para efectuar la recogida de dichas partículas de ceniza calientes (140) en dicho piso (272) de dicha parte inferior (210) de dicho recipiente;

varios tubos (215) dispuestos en dicha parte intermedia (205) de dicho recipiente y configurados de manera que dirijan de este modo un flujo de fluido de trabajo en una dirección, en esencia, ortogonal a la dirección del flujo por gravedad conducido de dichas partículas de ceniza calientes (140) a través de dicha parte intermedia (205) de dicho recipiente, de manera que el calor de dichas partículas de ceniza calientes (140) sea transferido a dicho fluido de trabajo para enfriar de ese modo dichas partículas de ceniza calientes (140) cuando el flujo por gravedad de dichas partículas de ceniza calientes (140) se conduce a dicha parte inferior (210) de dicho recipiente;

una tubería de descarga que se extiende a través de dicha superficie (275) del piso con una abertura de descarga dispuesta en dicha superficie (275) del piso, caracterizada por:

una campana (510), dispuesta como una válvula de control de ceniza de baja presión (500) que incluye una cámara de laberinto (520) formada debajo de dicha superficie (275) del piso y

varias entradas de aire (415) configuradas para inyectar aire hacia arriba dentro de la campana (510) para controlar la cantidad de dichas partículas de ceniza calientes enfriadas (252) recogidas que son descargadas hacia abajo a través de dicha abertura de descarga.

2. El intercambiador de calor de lecho móvil (155) según la reivindicación 1, en donde:

la cantidad de calor transferida desde dichas partículas de ceniza calientes (140) a dicho fluido de trabajo se controla mediante el control de la inyección de aire (240) que controla la cantidad de las partículas de ceniza calientes enfriadas (252) recogidas que son descargadas a través de dicha abertura de descarga de dicho recipiente.

3. El intercambiador de calor de lecho móvil (155) según la reivindicación 1, en donde:

la cantidad de las partículas de ceniza calientes enfriadas (252) recogidas que son descargadas a través de dicha abertura de descarga de dicho recipiente se controla en base a la temperatura del gas en un horno de proceso (100) que está conectado operativamente a dicho recipiente y

a las cuales se conducen las partículas de ceniza calientes enfriadas (252) recogidas que son descargadas a través de dicha abertura de descarga de dicho recipiente.

4. El intercambiador de calor de lecho móvil (155) según la reivindicación 1, en donde la presión de las partículas de ceniza enfriadas (252) recogidas en el piso (275) es relativamente alta en comparación con la presión del aire (240) inyectado por dichas varias entradas de aire (235).

5. El intercambiador de calor de lecho móvil (155) según la reivindicación 4, en donde:

dicha presión de dichas partículas de ceniza calientes enfriadas (252) recogidas en el piso (275) es de aproximadamente 200 pulgadas WG (49.800 Pa); y

dicha presión del aire inyectado por dichas varias entradas de aire (235) es aproximadamente de 65 pulgadas WG (16.185 Pa).

6. El intercambiador de calor de lecho móvil (155) según la reivindicación 1, en donde dicha abertura de alimentación (202) es una primera abertura de alimentación, dicho piso (272) es un primer piso, dicha abertura de descarga es una primera abertura de descarga, dichas varias entradas de aire (235) son unas primeras varias entradas de aire, y dichas partículas de ceniza calientes (140) son primeras partículas de ceniza calientes, y que comprende además:

varias segundas entradas de aire (235);

en donde dicha parte superior (200), dicha parte intermedia (205) y dicha parte inferior (210) forman un primer compartimento de dicho recipiente;

en donde dicho recipiente incluye también un segundo compartimento con una segunda abertura de alimentación (204) y un segundo piso (282) que incluye una segunda abertura de descarga (220') en el mismo, estando dicho

recipiente configurado además para operar para conducir de este modo un flujo por gravedad a dicho piso (282) de dicho segundo compartimento de segundas partículas de ceniza calientes (260) recibidas en dicho recipiente a través de dicha segunda abertura de alimentación (204) y para efectuar la recogida de dichas segundas partículas de ceniza calientes (260) en dicho segundo piso (282) de dicho segundo compartimento;

- 5 en donde dichas varias segundas entradas de aire (235') están configuradas para inyectar aire (240') dentro de dicho segundo compartimento (165) de dicho recipiente para controlar la cantidad de dichas segundas partículas de ceniza calientes (260) recogidas que son descargadas a través de dicha segunda abertura de descarga (220') de dicho segundo compartimento.

7. El intercambiador de calor de lecho móvil (155) según la reivindicación 6, en donde:

- 10 la cantidad de dichas segundas partículas de ceniza calientes (260) recogidas que se descargan a través de dicha segunda abertura de descarga (220') de dicho segundo compartimento se controla de tal modo que la cantidad de dichas segundas partículas de ceniza calientes (260) recogidas en dicho piso (282) de dicho segundo compartimento es suficiente para sellar dicho segundo compartimento contra un flujo de un gas externo a través de dicha segunda abertura de descarga (220') dentro de dicho segundo compartimento.

- 15 8. Un método de recuperación del calor de las partículas de ceniza calientes (140) en un intercambiador de calor de lecho móvil (155), que comprende las etapas de:

conducir un flujo por gravedad de partículas de ceniza calientes (140);

- 20 conducir un flujo de fluido de trabajo a lo largo de una trayectoria que intersecta el flujo por gravedad de las partículas de ceniza calientes (140) y en una dirección, en esencia, ortogonal a la dirección del flujo por gravedad de las partículas de ceniza calientes (140) de manera que se transfiera de este modo el calor de las partículas de ceniza calientes (140) al fluido de trabajo con el fin de efectuar un enfriamiento de las partículas de ceniza calientes (140);

recoger las partículas de ceniza calientes enfriadas (252) en un colector que tiene un piso (272) con una superficie (275) del piso;

- 25 proporcionar una tubería de descarga que se extiende a través de la superficie (275) del piso con una abertura de descarga dispuesta en dicha superficie (275) del piso, caracterizado por:

proporcionar una campana (510), dispuesta como una válvula de control de ceniza de baja presión que incluye una cámara de laberinto formada debajo de dicha superficie (275) del piso y

- 30 inyectar aire en la campana (510) para controlar la cantidad de las partículas de ceniza calientes enfriadas (252) recogidas que son descargadas hacia abajo a través de una abertura de descarga dispuesta en dicho piso (275) del colector.

9. El método según la reivindicación 8, en donde:

- 35 la cantidad de calor transferida desde las partículas de ceniza calientes (140) al fluido de trabajo se controla mediante el control de la inyección de aire que controla la cantidad de partículas de ceniza calientes enfriadas (252) recogidas que se descargan del colector.

10. Método según la reivindicación 8, en donde:

la cantidad de las partículas de ceniza calientes enfriadas (252) recogidas que se descarga del colector se controla en base a la temperatura del gas en un horno de proceso que está conectado operativamente al colector y al que se conducen las partículas de ceniza calientes enfriadas (252) recogidas que se descargan del colector.

- 40 11. El método de acuerdo con la reivindicación 8, en donde la presión de las partículas de ceniza enfriadas (252) recogidas en el piso (275) es relativamente alta en comparación con la presión del aire inyectado.

12. El método según la reivindicación 11, en donde:

la presión de las partículas de ceniza calientes enfriadas (252) recogidas en el piso (275) es de aproximadamente 200 pulgadas WG (49.800 Pa); y

- 45 la presión del aire inyectado es aproximadamente 65 pulgadas WG (16.185 Pa).

13. El método de acuerdo con la reivindicación 8, en donde las partículas de ceniza (140) son primeras partículas de ceniza, el colector es un primer colector y el aire es primer aire, y caracterizándose además en las etapas de:

conducir un flujo por gravedad de segundas partículas de ceniza calientes (252);

recoger las segundas partículas de ceniza calientes (145) en un segundo colector; y

inyectar el segundo aire (240') para controlar la cantidad de segundas partículas de ceniza calientes (260) recogidas que son descargadas del segundo colector.

14. El método según la reivindicación 13, en donde:

5 el segundo aire inyectado (240') interviene para fluidizar las segundas partículas de ceniza calientes enfriadas (260) recogidas y para transportar las segundas partículas de ceniza calientes enfriadas (260) recogidas a través de una abertura de descarga (220') para efectuar la descarga de las segundas partículas de ceniza calientes enfriadas (260) recogidas del segundo colector; y

10 la cantidad de las segundas partículas de ceniza calientes enfriadas (260) recogidas que son descargadas del segundo colector se controla de tal manera que la cantidad de las segundas partículas de ceniza calientes enfriadas (260) que son recogidas en el segundo colector es suficiente para sellar el segunda colector contra un flujo de un gas externo a través de la abertura de descarga (220') dentro del segundo colector.

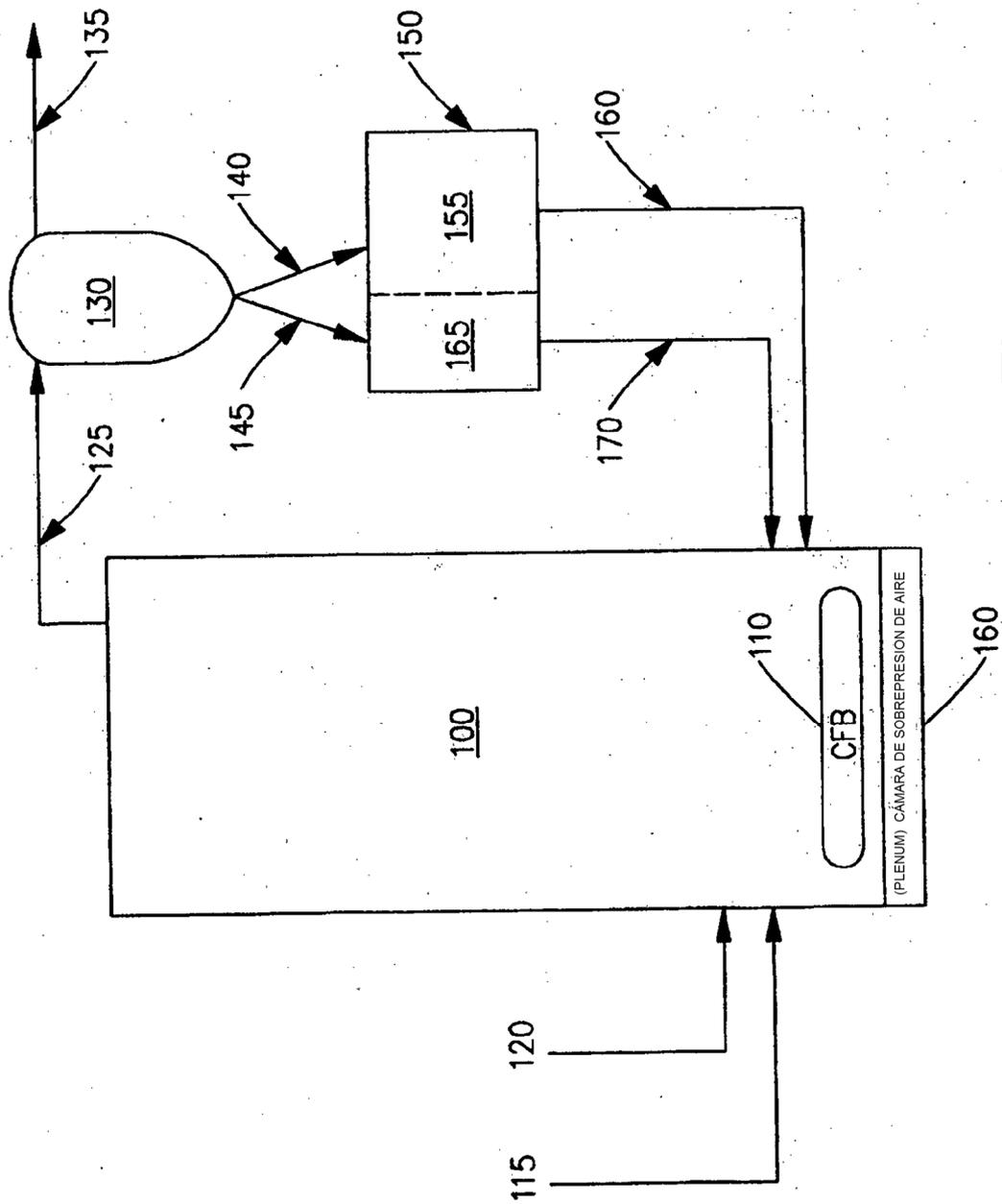


Figura 1



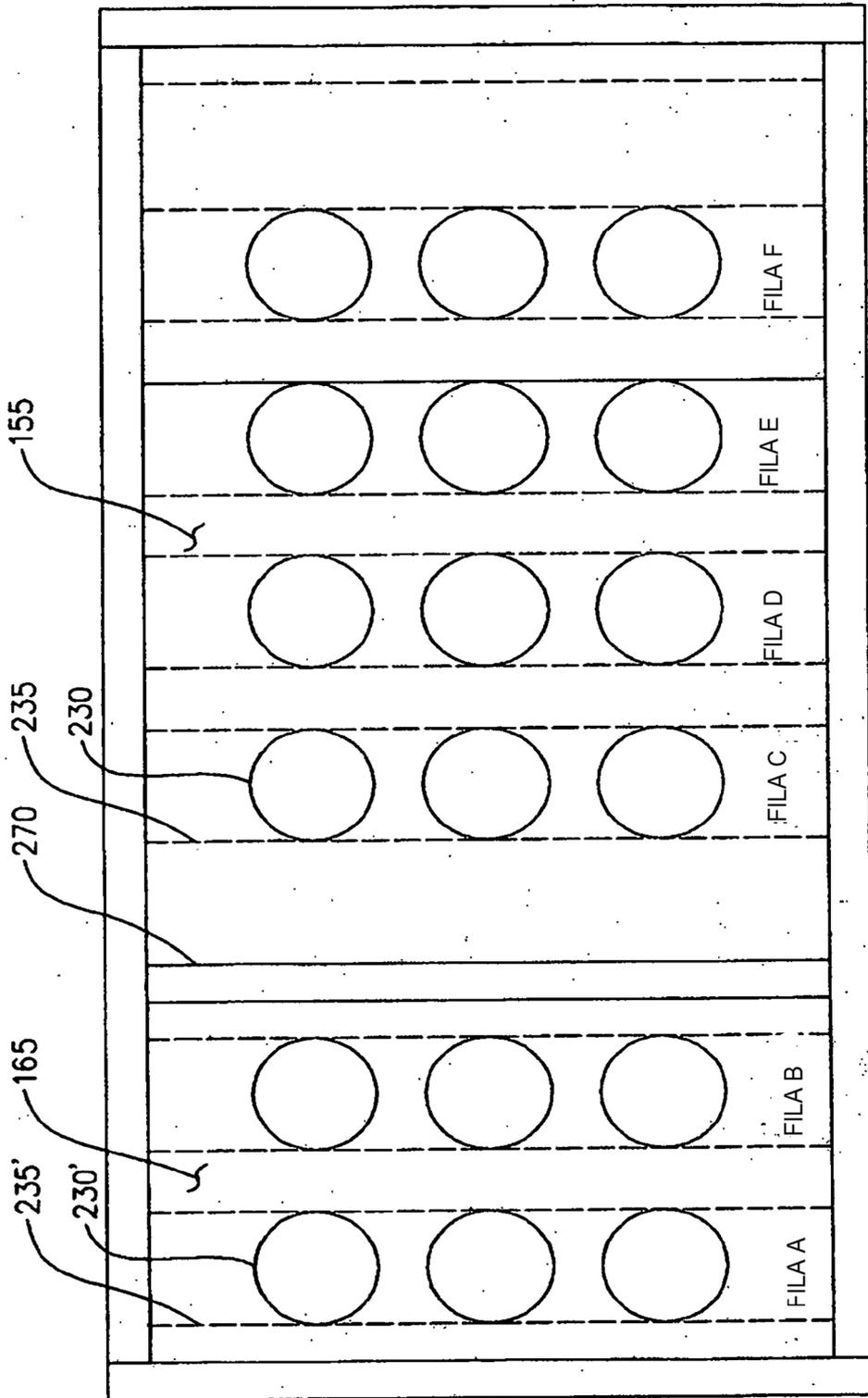


Figura 3

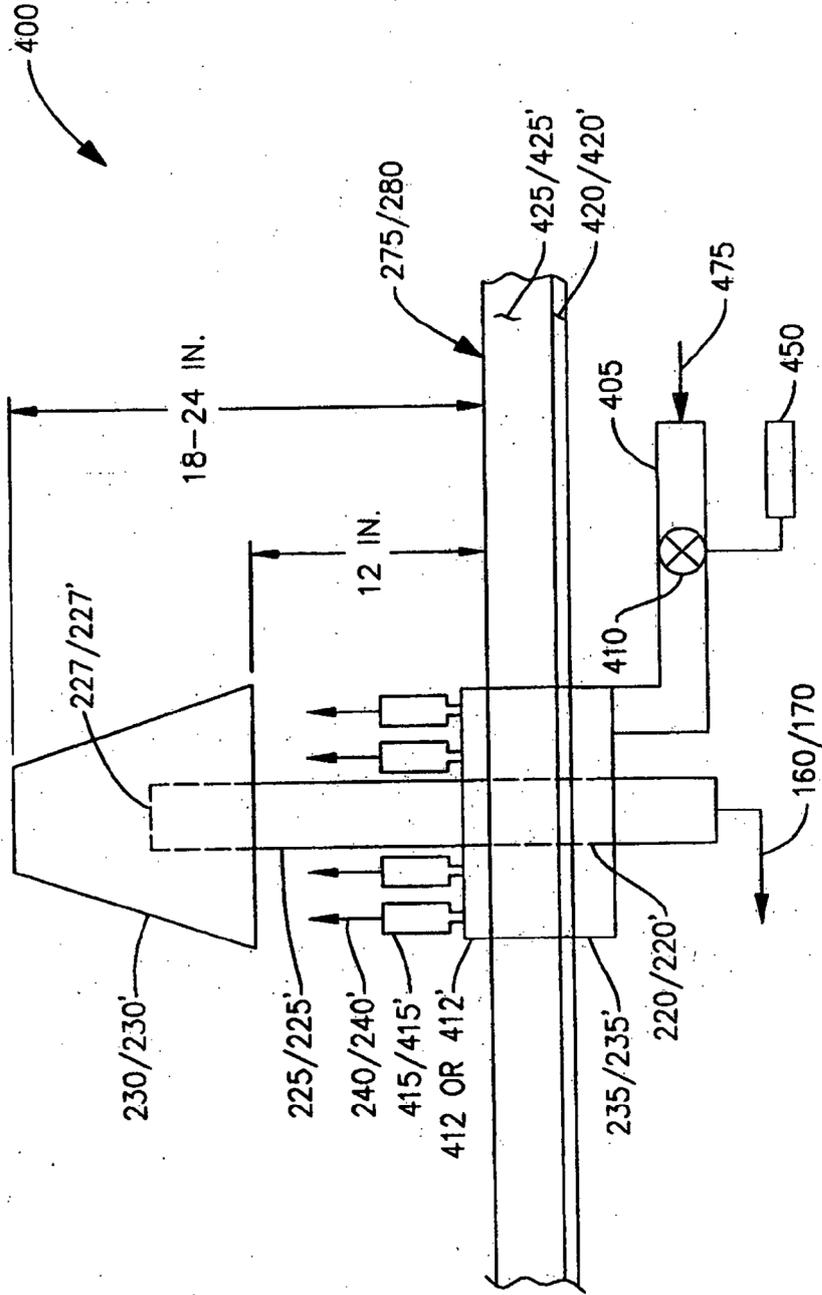


Figura 4

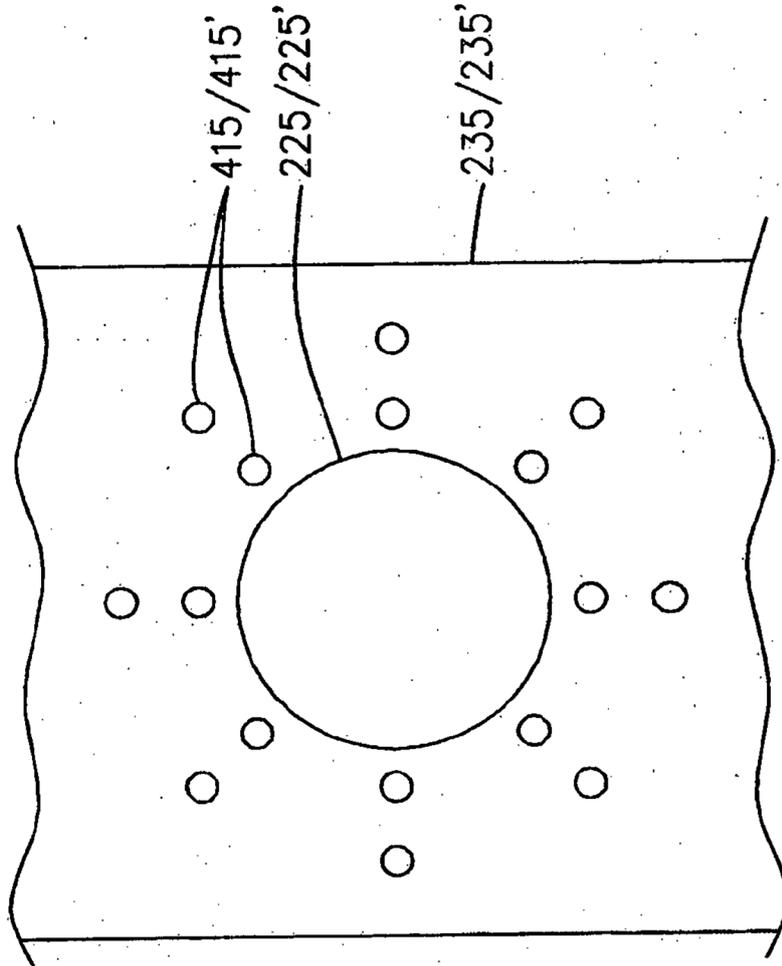


Figura 5

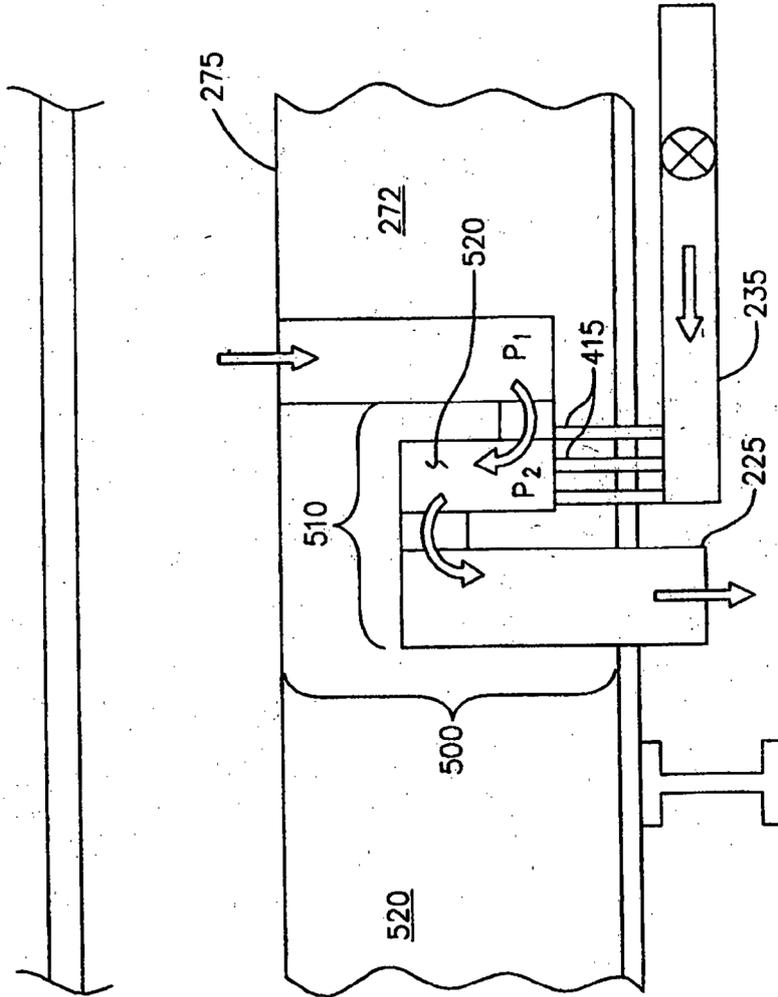


Figura 6

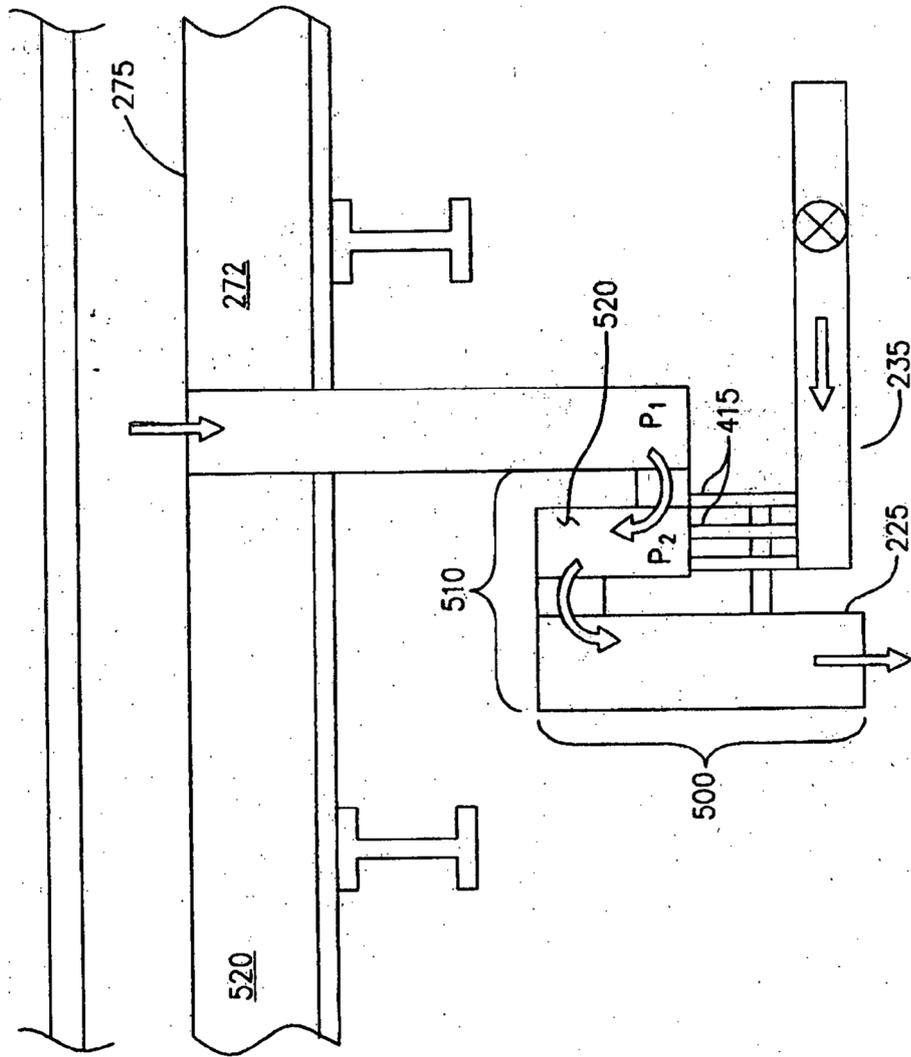


Figura 7