

**DEPURADOR DE GAS MULTINIVELES CON
MULTIPLES CABEZALES DE DEPURACIÓN INUNDADOS**

CAMPO DE LA INVENCION

La invención hace referencia a la eliminación de emisiones de contaminación atmosférica y particularmente se refiere a un aparato para depurar múltiples contaminantes provenientes de gases.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Las agencias ambientales de los gobiernos restringen cada vez más las emisiones de contaminantes atmosféricos resultantes de la combustión de carbón, residuos sólidos urbanos y biomásas y emisiones atmosféricas de procesos químicos e industriales. Esto como resultado de una mayor demanda pública de protección ambiental junto con los avances en tecnologías de reducción de la contaminación que permiten implementar estándares más restrictivos. Las restricciones varían de acuerdo a la nación, la región y a la proximidad de la fuente de contaminación del aire a los centros de población. Las regulaciones están dirigidas hacia una amplia gama de subproductos de la combustión, incluyendo material particulado; gases ácidos como el dióxido de azufre, el cloruro de hidrógeno y el fluoruro de hidrógeno y metales como el mercurio y los grupos de metales conocidos por sus efectos perjudiciales para la salud humana. Muchos de los sistemas de reducción de contaminación utilizados hoy en día por los servicios públicos y los procesos industriales tienen un historial de desarrollo que se remonta al establecimiento de las primeras regulaciones ambientales. Estos dispositivos utilizan procesos químicos y mecánicos conocidos para la eliminación de los componentes de contaminación regulados de las corrientes de gas. Los estrictos límites de emisión vigentes en la actualidad y los aún más estrictos límites pendientes de implementación requieren de enfoques alternativos. Estos enfoques alternativos incluyen la adición de refinamientos a las tecnologías existentes para mejorar su eficiencia en la eliminación de contaminantes.

Las emisiones que resultan de la combustión de combustibles diésel en aplicaciones marinas y de generación de energía también son fuentes de emisiones reguladas. Los buques de carga general y los barcos con contenedores que transportan los productos del comercio internacional queman combustibles tipo bunker que contienen un rango de 2.5% a 2.7% de azufre. Además, estos motores marinos diésel producen grandes cantidades de ceniza, hollín y combustible no quemado que se emiten a la atmósfera en los océanos del mundo. Las emisiones de azufre y partículas son mayores a las permitidas por las regulaciones ambientales para las operaciones terrestres. Las regulaciones para estas emisiones en aguas territoriales, así como en los muelles, están siendo implementadas por organismos ambientales regionales y nacionales y por la Organización Marina Internacional en aguas internacionales. Las opciones disponibles para cumplir con las exigencias de estas regulaciones incluyen agregar

tecnologías de depuración o cambiar el suministro de combustible para los barcos a combustibles bajos en azufre.

Las tecnologías de emisión para los procesos de combustión indicados anteriormente generalmente se pueden dividir en sistemas húmedos y secos. Los sistemas secos
5 utilizan diferentes tecnologías para abordar la eliminación de gases ácidos y partículas. Comúnmente la desulfuración de gases de combustión en seco se logra mediante dispositivos tales como una torre de pulverización por aspersión. Entre los sistemas de partículas secas comunes se encuentran los filtros de bolsa y los precipitadores electrostáticos.

- 10 Los sistemas húmedos utilizados en conjunto con gases de combustión combinados generalmente usan una suspensión de base acuosa que contiene un material alcalino como caliza, cal, cal hidratada o cal mejorada como agente neutralizante. Los sistemas de depuración húmeda utilizan varios métodos para crear una interacción entre la suspensión acuosa y el gas de combustión contaminado. Un enfoque simple utiliza
15 pulverizadores en una torre de pulverización o dispositivo similar para distribuir la suspensión en el gas de combustión para eliminar el dióxido de azufre, el cloruro de hidrógeno y el fluoruro de hidrógeno a través de la reacción con la suspensión para formar compuestos a base de calcio. La interacción entre el gas de combustión y la suspensión pulverizada es de naturaleza general y no es tan eficiente o efectiva como
20 los sistemas de depuración húmeda forzada.

Los sistemas de depuración húmeda forzada utilizan enfoques de diseño que empujan los gases de combustión hacia los reactivos alcalinos contenidos en una suspensión acuosa. El diseño de estos sistemas crea una zona de reacción turbulenta que
25 aumenta el tiempo de reacción y garantiza una completa interacción entre el gas de combustión y la suspensión alcalina que mejora la eficiencia de la eliminación del gas ácido. Además, la zona turbulenta crea un entorno para la transferencia del material particulado desde el gas de combustión a la solución depuradora. Estas zonas turbulentas se generan mediante cabezales de depuración que contienen puertos sumergidos en un cuerpo del líquido depurador. El gas de combustión pasa a través
30 de los puertos a alta velocidad, lo que crea una zona turbulenta en la solución depuradora que transfiere las partículas y proporciona una zona de reacción para las interacciones químicas.

Por lo tanto, esta forma de sistema húmedo tiene la capacidad de eliminar múltiples contaminantes en una sola pasada. Sin embargo, está limitado a operar con una sola
35 interacción en el depósito del líquido depurador, generalmente ubicado en la base del depurador. Su enfoque no permite apilar los cabezales de depuración para alcanzar múltiples zonas de depuración a medida que el gas se eleva a través del depurador.

Los límites de emisión, cada vez más estrictos, impuestos a la industria para controlar los contaminantes atmosféricos de los procesos de combustión, industriales y

químicos, requieren enfoques mejorados para proporcionar sistemas de reducción de alta eficiencia y rentabilidad.

RESUMEN DE LA INVENCION

Se proporciona un aparato depurador con orientación vertical para eliminar una pluralidad de diversos contaminantes de una corriente de gas contaminado, que tiene un recipiente de depuración que a su vez tiene un techo, un suelo, una pared cilíndrica que conecta el techo con el suelo, un número de cabezas espaciadas verticalmente, un volumen por encima de cada cabeza, una entrada de gas, un ventilador de tiro inducido y una salida de gas; una cabeza inferior sumergida colocada horizontalmente a través del extremo inferior del recipiente de depuración, en la que el cabezal inferior sumergido incluye una placa horizontal con una pluralidad de ranuras estrechas que se extienden por todos sus lados: un primer depósito de líquido depurador dispuesto dentro del extremo inferior del recipiente de depuración debajo del cabezal inferior sumergido y un primer volumen de la zona de reacción hasta un nivel deseado por encima del cabezal depurador sumergido, el primer líquido depurador seleccionado para eliminar un primer grupo de contaminantes de la corriente de gas contaminado; una primera entrada de líquido depurador que se extiende en un primer volumen por encima del cabezal sumergido, primeros medios de pulverización en conexión fluida con la primera entrada del líquido depurador para pulverizar el primer líquido depurador en el primer volumen de la zona de reacción de líquido depurador y una primera salida de líquido depurador en el suelo; un primer cabezal inundado que se extiende horizontalmente a través de toda la sección transversal del recipiente de depuración en una posición por encima de la primera entrada de líquido depurador, en el que el primer cabezal inundado comprende una placa con una pluralidad de ranuras estrechas que se extienden por todos sus lados; un segundo volumen de la zona de reacción del líquido depurador colocado a un nivel deseado por encima del primer cabezal inundado, el segundo líquido depurador seleccionado para eliminar un segundo grupo de contaminantes de la corriente de gas contaminado y una segunda entrada de líquido depurador que se extiende a un segundo volumen por encima del primer cabezal inundado, segundos medios de pulverización en conexión fluida con la segunda entrada de líquido depurador para pulverizar el segundo líquido depurador en el segundo volumen de zona de reacción del líquido depurador y una segunda salida de líquido depurador por encima del primer cabezal inundado que pasa a través de la pared del recipiente de depuración.

Se proporciona además un aparato de depuración con orientación vertical para eliminar una pluralidad de diversos contaminantes de una corriente de gas contaminado, que tiene un recipiente de depuración que tiene un techo, un piso, una pared cilíndrica que conecta el techo con el piso, una pluralidad de cabezas espaciadas verticalmente, un volumen por encima de cada cabeza, una entrada de gas, un ventilador de tiro inducido y una salida de gas; un primer depósito de líquido depurador dispuesto dentro del extremo inferior del recipiente de depuración a un nivel deseado, el primer fluido de

depuración seleccionado para eliminar un primer grupo de contaminantes de la corriente de gas contaminado; un primer cabezal inundado que se extiende horizontalmente a través del recipiente depurador en una posición por encima de la entrada de gas, definiendo un primer volumen entre el primer depósito de líquido depurador y el primer cabezal inundado, en donde el primer cabezal inundado comprende una placa que tiene una pluralidad de ranuras estrechas que se extienden a todo lo largo; un primer volumen de la zona de reacción del líquido depurador dispuesto a un nivel deseado por encima del primer cabezal inundado, el volumen de la zona de reacción en conexión del fluido con el depósito a través de uno o más tubos de rebose, cada uno extendiéndose desde el primer depósito de líquido depurador hacia el primer cabezal inundado hacia el nivel deseado sobre el primer cabezal inundado; una primera entrada de líquido depurador que se extiende a través de la pared en un segundo volumen por encima del primer cabezal inundado, primeros medios de pulverización en conexión fluida con la primera entrada de líquido depurador para pulverizar el primer líquido depurador en el segundo volumen de la zona de reacción del líquido depurador y una primera salida de líquido depurador en el suelo; un segundo cabezal inundado que se extiende horizontalmente a través de toda la sección transversal del depósito depurador en una posición por encima del primer cabezal inundado, definiendo un segundo volumen entre el primer volumen de la zona de reacción del líquido depurador y el segundo cabezal inundado, donde el segundo cabezal inundado comprende un placa que tiene una pluralidad de ranuras estrechas que se extienden a todo lo largo; un segundo volumen de la zona de reacción del líquido depurador dispuesto por encima del segundo cabezal inundado a un nivel deseado, el segundo líquido depurador seleccionado para eliminar un segundo grupo de contaminantes de la corriente de gas contaminado y una segunda entrada de líquido depurador que se extiende a un tercer volumen por encima del segundo cabezal inundado, segundos medios de pulverización en conexión fluida con la segunda entrada de líquido depurador para pulverizar el segundo líquido depurador en el segundo volumen de la zona de reacción de líquido depurador, y una segunda salida de líquido depurador por encima del segundo cabezal inundado que pasa a través de la pared del depósito de depuración.

El aparato de depuración puede tener uno o más cabezales inundados adicionales que se extienden horizontalmente a través de toda la sección transversal del recipiente de depuración apilados verticalmente por encima de los otros cabezales, cada una definiendo un volumen adicional en relación con el cabezal anterior; uno o más volúmenes de zona de reacción del líquido depurador adicionales, cada uno dispuesto por encima del correspondiente cabezal inundado a un nivel deseado, cada líquido depurador adicional seleccionado para eliminar un grupo adicional deseado de contaminantes de la corriente de gas contaminado; y una o más entradas adicionales de líquido depurador que se extienden a través de la pared en el volumen adicional correspondiente por encima del correspondiente cabezal inundado adicional, medios de

pulverización correspondientes adicionales en conexión de fluido con la entrada de líquido depurador adicional para pulverizar el líquido depurador adicional en el volumen de la zona de reacción de fluido de depurador adicional correspondiente, y una o más salidas adicionales de líquido depurador correspondientes por encima del cabezal inundado correspondiente que pasa a través de la pared del recipiente de depuración.

La entrada de gas puede estar ubicada en el extremo superior del depósito y un conducto de entrada de gas lleva el gas a una posición por debajo del cabezal más bajo; o a un lado del depósito y un conducto de entrada de gas lleva el gas a una posición debajo del cabezal más bajo: o debajo del cabezal más bajo del depósito.

El aparato también puede comprender un eliminador de gotas que consiste en una malla absorbente que se extiende a través del depósito de depuración. Cada uno de los medios de pulverización puede ser una o más boquillas de pulverización. Se puede seleccionar el tamaño de las ranuras en los cabezales inundados para evitar el paso del líquido depurador en presencia de gas a presión debajo del cabezal.

Además, se proporciona el uso de dicho aparato de depuración para eliminar múltiples contaminantes de una corriente de gas contaminada de acuerdo con un método que comprende las etapas de introducir un primer líquido depurador en el aparato hasta el nivel deseado de fluido por encima del cabezal de depuración más bajo; introducir un segundo líquido depurador en el aparato a un nivel deseado por encima del siguiente cabezal de depuración; enfriar un gas de proceso contaminado utilizando un acondicionador de gas de la técnica anterior; introducir el gas contaminado enfriado a presión desde un ventilador de tiro inducido en el aparato en una posición por debajo del cabezal de depuración inferior; permitir que el gas pase hacia arriba a través del cabezal de depuración más bajo para transferir un primer grupo de contaminantes desde el gas contaminado al primer fluido de depuración en un primer volumen de zona de reacción de líquido depurador por encima del cabezal de depuración en la posición más baja; permitir que el gas continúe pasando hacia arriba a través del siguiente cabezal de depuración para transferir un segundo grupo de contaminantes del gas contaminado al segundo líquido depurador en un segundo volumen de zona de reacción de líquido depurador sobre el siguiente cabezal de depuración en posición más alta, pulverizar el gas que sale para eliminar contaminantes adicionales y ralentizar la velocidad de flujo del gas; permitir que el gas saliente salga del aparato depurador; remover por separado el primer y segundo líquido depurador del depósito depurador para mantener el nivel deseado de cada líquido depurador;

La invención proporciona un aparato depurador para eliminar múltiples contaminantes de una corriente de gas contaminado, que comprende un depósito depurador con una serie de cabezales de depuración apilados verticalmente, cada cabezal de depuración está inundado con un líquido depurador diferente, se seleccionada cada líquido depurador para eliminar un grupo deseado de contaminantes de la corriente de gas

contaminado, en el que el gas contaminado fluye bajo presión desde debajo de la cabeza del depurador inferior hacia arriba a través de la serie de cabezales de depuración inundados.

5 El aparato puede utilizarse para eliminar múltiples contaminantes de una corriente de gas contaminado seleccionados del grupo de contaminantes que comprende material particulado, metales, cloruro de hidrógeno, fluoruro de hidrógeno, óxido nitroso, óxido nítrico, dióxido de carbono y dióxido de azufre.

10 El presente invento emplea un cabezal de depuración inundado horizontal patentado que ocupa toda la sección transversal del depurador. El gas contaminado pasa de abajo hacia arriba del cabezal a través de una serie de puertos cortados en el cabezal. El líquido depurador es sostenido sobre el cabezal por el gas cuando el gas pasa a través de los puertos a alta velocidad para crear una zona de reacción turbulenta dentro del líquido depurador sostenido. El nivel de líquido depurador está controlado por tuberías o canales de rebose y el fluido se agrega constantemente mediante
15 boquillas de distribución ubicadas por encima de la zona de turbulencia. Se pueden agregar más cabezales inundados horizontales por encima del primer cabezal a intervalos verticales en la sección transversal del depurador. Usando el enfoque del cabezal inundado, la presente invención permite una depuración húmeda completa a múltiples niveles, cada nivel es capaz de operar con diferentes reactivos neutralizantes.
20 La capacidad de zonas de depuración múltiples brinda la oportunidad de mejorar las eficiencias de eliminación agregando zonas de reacción de pulido para la eliminación de partículas y gases ácidos o ampliando el rango de contaminantes que se eliminan operando con una solución neutralizadora diferente o una combinación de estas condiciones de operación.

25 El presente invento adopta un nuevo enfoque para la creación de una zona de reacción de depuración turbulenta en cada uno de niveles múltiples con la capacidad de utilizar diferentes reactivos neutralizantes en cada nivel. Mientras que los enfoques tradicionales utilizan diferencial de presión a través de un cabezal de depuración para forzar el gas a través de una serie de puertos sumergidos en un cuerpo de fluido, el
30 presente invento usa presión diferencial para darle soporte al líquido depurador sobre un cabezal de depuración horizontal. El cabezal de depuración horizontal contiene una serie de puertos a través de los cuales pasa el gas verticalmente hacia arriba hacia la zona inundada. La diferencia de presión y el diseño del puerto aceleran el gas lo suficiente para crear la reacción altamente turbulenta que se desea en la zona
35 inundada sobre el cabezal. La orientación horizontal del cabezal de depuración permite apilar varios cabezales dentro del mismo cuerpo del depurador. Los cabezales del depurador inundado ocupan toda la sección transversal del cuerpo del depurador, que utiliza el 100% del área transversal del depurador a la depuración y al tránsito de gas. La orientación horizontal permite que el cabezal de depuración tenga cualquier forma
40 requerida por el espacio disponible para el equipo de depuración. Debido a que tiene la

capacidad de eliminar múltiples contaminantes en una sola pasada, el sistema tiene una huella más pequeña que la acumulación de equipos que reemplaza y, como unidad única, es más rentable que varias unidades de un solo propósito. El cabezal inundado puede incorporarse a nuevos diseños de depuradores o modernizarse en depuradores húmedos ya existentes utilizando un enfoque de diseño de cabezal sumergido en su nivel más bajo.

El sistema de cabezal de depuración inundado se basa en una orientación vertical del cuerpo del depurador y la orientación horizontal de los cabezales de depuración inundados. El gas ingresa en un área de la cámara impelente de sobrepresión por encima del depósito de líquido depurador en la base del cuerpo del depurador y debajo del primer cabezal inundado. El gas se mueve a la cámara impelente mediante un ventilador de tiro inducido capaz de proporcionar el volumen requerido para la emisión de gases de combustión y el diferencial de presión requerido para soportar las múltiples zonas de reacción por encima de los niveles del cabezal depuración en el diseño. La presión en la cámara impelente es suficiente para forzar el gas a través de los puertos en el cabezal y en una zona de reacción turbulenta por encima del cabezal. El tamaño, la forma y la pluralidad de los puertos en el cabezal son tales que el gas se acelera lo suficiente para crear la profundidad y el vigor deseados para la turbulencia encima del cabezal.

La circulación del fluido en cada cabezal es continua. El líquido depurador se bombea desde un depósito de fluido a una red de boquillas de distribución de fluido que llevan el líquido depurador al área sobre cada cabezal. El retorno al depósito se obtiene por los controles de nivel de fluido tales como canales de desbordamiento o tubos verticales que canalizan el fluido de regreso al depósito. La condición del líquido que regresa es monitoreada en factores de control tales como el pH y el depósito se acondiciona con reactivos neutralizantes adicionales para regresar el fluido a su condición de reacción óptima antes de la redistribución por encima del cabezal. Además, el líquido puede procesarse mediante dispositivos de eliminación de sólidos, como hidrociclones, para eliminar el material particulado recogido por el líquido depurador.

A medida que el gas continúa subiendo en el cabezal de depuración inundado, se encuentra con cabezales de depuración inundados adicionales con la misma configuración de puertos, distribución de fluidos y desbordamientos hacia los depósitos de fluidos. En los casos donde se emplean diferentes líquidos depuradores, los desbordamientos dirigen el líquido depurador alternativo al tanque con el equipo de manejo apropiado para ese fluido.

Al salir de la zona turbulenta del último cabezal, el gas se eleva a través de desempañadores o dispositivos similares para eliminar el agua libre del gas. El gas

está disponible para ser canalizado a la salida o para procesos adicionales si fuese necesario.

El sistema de cabezal inundado también se puede usar en conjunto con cabezales de depuración sumergidos al nivel de la base del depurador. Después de salir de la zona turbulenta por encima del cabezal de depuración sumergido, el gas sube bajo presión a uno o a más cabezales inundados que operan en toda la sección transversal del depurador de la misma manera como se describió anteriormente.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

A continuación se proporciona una descripción detallada de la realización preferida como ejemplo únicamente y con referencia a los siguientes dibujos en donde:

La Figura 1A es una vista desde arriba de un dibujo esquemático de una realización del cabezal de depuración inundado del presente invento;

La Figura 1B es una vista en sección transversal lateral a través de 1B-1B del cabezal de depuración inundado representado en la Figura 1A;

La Figura 1C es una vista esquemática de una esquina de la realización de un cabezal de depuración inundado que se muestra en la Figura 1A;

La figura 2 es una vista en sección transversal de un depurador de múltiples niveles que tiene el cabezal de depuración inundado de la presente invención en cada nivel de depuración; y

La Figura 3 es un esquema de una realización de un sistema en el que la depuración inicial se realiza mediante un cabezal de depuración sumergido y el cabezal de depuración inundado de la presente invención se utiliza para depurar en los niveles subsiguientes por encima del cabezal inicial.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención proporciona un medio para crear múltiples niveles de interacción de depuración en húmedo 2, 4 dentro de un solo recipiente depurador 11, cada nivel, del cual es capaz de depurar el 100% del flujo de gas con un fluido de depuración diferente. La presente invención utiliza un diseño de cabezal de depuración cuya orientación horizontal y características de funcionamiento inundadas permiten apilar múltiples cabezales dentro de un único cuerpo de depuración en húmedo. La capacidad de incorporar zonas de interacción de depuración adicionales en un solo sistema brinda la oportunidad de aumentar en eficiencia total de eliminación de contaminantes como material particulado, gases ácidos o metales mediante la adición

de pasos de pulido o la eliminación de contaminantes regulados adicionales mediante la utilización de otros reactivos neutralizantes. Al incorporar los cabezales de depuración inundados de la presente invención en diseños de depuradores húmedos, el sistema resultante tendrá menores costos de capital, una huella más pequeña y una
5 eliminación de múltiples contaminantes más eficaz.

Con referencia a las Figuras 1A a 1C, el cabezal de depuración 50 se muestra en una forma genérica para demostrar los elementos del cabezal. El cabezal puede ser fabricado a partir de cualquier material de chapa o placa con suficiente resistencia, rigidez y propiedades de resistencia térmica y química. Los materiales típicos son
10 placas de metal siendo el acero inoxidable el material preferido. La forma de la sección transversal horizontal del cabezal se adapta a la forma del cuerpo del depurador para permitir un ajuste sellado entre la periferia del cabezal del depurador y la circunferencia interior del depósito de depuración. El cabezal contiene una pluralidad de puertos 61 que pueden estar en cualquier forma, número y orientación en relación al cabezal. La
15 preferencia de la forma del puerto es una ranura con una longitud en el rango de 125 a 200 mm con un ancho preferido de 2mm. El espacio 63 de los puertos típicamente está dentro del rango de 20 a 25mm. Los márgenes 65 entre los puertos y el borde del cabezal son uniformes con una distancia preferida de 40mm. El cabezal puede contener placas aceleradoras 71 orientadas en ángulo recto hacia el cabezal. Las
20 placas del acelerador dividen equitativamente el espacio entre las filas de los puertos 61. El margen 65 entre las placas del acelerador y los puertos 61 se mantiene a una distancia preferida de 40mm. Las placas del acelerador son típicamente de 150 mm de altura y contienen imbornales en el nivel de la plataforma superior para permitir la transferencia lateral del líquido depurador. La placa del acelerador es del mismo
25 material que el cabezal de depuración. Se permiten otros parámetros para los puertos, márgenes y placas aceleradoras dentro del alcance de la invención.

En relación a la figura 2, se representa un ejemplo de un sistema de depuración que incorpora los cabezales de depuración inundados de la presente invención que está compuesto por un recipiente de depuración (11) que contiene dos cabezales inundados
30 12, 14.

El proceso de eliminación de la contaminación del gas utilizando el sistema de la Figura 2 comienza con la introducción del gas contaminado 1 de una combustión o proceso industrial que genera material particulado, gases ácidos y metales que cuya eliminación es requerida. El gas entra a una cámara impelente 3 más baja limitada por un depósito
35 de un primer líquido depurador 31 (o una membrana sólida) debajo y un cabezal inundado 12 por encima. El gas entra bajo una presión positiva creada por un ventilador de tiro inducido (no mostrado). La presión del gas es suficiente para soportar la profundidad deseada de un primer líquido depurador sobre el cabezal 12, 14 y para superar la caída de presión en la que incurre el gas a medida que pasa a través de los
40 orificios en los cabezales. La presión preferida en la cámara impelente 3 más baja es

de 450 mm de agua. El gas se eleva a través de los puertos en el cabezal inferior 12 a una velocidad dentro del rango de 20 a 25 metros por segundo. El gas entra en un primer volumen de zona de reacción turbulenta del líquido depurador 33 donde ocurre la mezcla agresiva del gas y el primer líquido depurador. El primer líquido depurador se selecciona por su reactividad con un primer grupo de contaminantes seleccionados para la eliminación. El primer nivel de líquido depurador en el cabezal más bajo 12 es controlado por tubos de rebose que pasan a través del cabezal hasta el primer depósito de líquido depurador 31 que normalmente se ubica en la base del recipiente de depuración 11. El primer líquido depurador de desagüe 37 se reemplaza por el primer líquido depurador acondicionado 34 de un primer colector de distribución de entrada de líquido depurador 13 con el fin de mantener el nivel de fluido y la reactividad con los contaminantes que se eliminan. Además de la reactividad química, la agresiva turbulencia creada en el depurador húmedo eliminará eficazmente las partículas del gas y lo transferirá al líquido depurador. Después de salir del primer volumen de la zona de reacción turbulenta del fluido de lavado, el gas sube bajo la presión restante para repetir el proceso, pasando a través de un segundo cabezal inundado 14 a un segundo volumen de la zona de reacción turbulenta del líquido depurador 35. Con fines ilustrativos, la profundidad del segundo volumen de la zona de reacción del líquido depurador 35 se controla mediante una segunda salida de líquido depurador, que puede ser una pluralidad de canales de desbordamiento 23 que transfieren el segundo fluido de fregado del recipiente de depuración y lo conducen a una segunda reserva de líquido depurador no mostrado. Utilizando este enfoque, el segundo líquido depurador en el cabezal 14 puede ser un líquido depurador diferente que el del cabezal 12, lo que permite pulir o eliminar contaminantes alternativos. El segundo líquido depurador en el cabezal 14 es constantemente reemplazado por líquido depurador acondicionado 36. El gas descontaminado 7 que sale del segundo volumen de la zona de reacción 35 del líquido depurador puede ser canalizado hacia la salida o a otros procesos. Utilizando este mismo enfoque, se pueden agregar en serie cabezales de fregado inundados adicionales en forma vertical dentro del cuerpo del depurador para pulir o eliminar otros contaminantes del aire según lo requiera el proceso.

En relación a la figura 3, se muestra un ejemplo de un sistema que comprende un recipiente de depuración 11 que contiene un cabezal inferior 22 sumergido debajo de un cabezal inundado 14 que funciona como un segundo cabezal de depuración.

El proceso en la Figura 3 comienza con el gas 1 contaminado de un proceso de combustión o industrial que genera material particulado, gases ácidos y metales que requieren eliminación. El gas se canaliza hacia el cabezal de depuración sumergido 22. El gas entra bajo una presión positiva creada por un ventilador de tiro inducido (no mostrado). La presión del gas es suficiente para superar la presión creada por la profundidad de un primer líquido depurador en el cabezal más bajo 22 y para soportar la profundidad de un segundo líquido depurador para ser soportado sobre el segundo

cabezal inundado 14. Se incorpora en el diseño una presión de gas adicional para superar la caída de presión en la que incurre el gas cuando pasa a través de los puertos en las cabezas y las pérdidas incurridas en la conducción del gas. La presión preferida en la cámara impelente 3 más baja es de 450 mm de agua. El gas se eleva a través de los puertos en el cabezal sumergido 22 a una velocidad determinada por el diseño del cabezal. El gas entra en un primer volumen turbulento de la zona de reacción de líquido depurador 33 en el que el gas y el primer líquido depurador se mezclan agresivamente en un primer volumen turbulento de la zona de reacción del líquido depurador. El primer líquido depurador se selecciona por su reactividad con un primer grupo de contaminantes seleccionados para su eliminación. El primer nivel de líquido depurador en el cabezal sumergido 22 está controlado por sensores tales como sensores de presión diferencial que activan válvulas de control para regular el flujo de fluido que sale para la recirculación a través de una primera salida de fluido de depuración 32 en el suelo del depósito. El primer líquido depurador condicionado 34 se agrega a través de un primer cabezal de distribución de entrada de líquido depurador 13 para mantener la reactividad con los contaminantes que se eliminan. Además de la reactividad química, la agresiva turbulencia creada en el depurador húmedo eliminará eficazmente el material particulado del gas y lo transferirá al líquido depurador. Después de salir del primer volumen turbulento de la zona de reacción del fluido de depuración 33, el gas se eleva bajo la presión restante para repetir el proceso, pasando a través del cabezal inundado 14 a un segundo volumen turbulento de la zona de reacción del líquido depurador 35. Con fines ilustrativos, la profundidad del segundo volumen de la zona de reacción del líquido depurador 35 se controla mediante una segunda salida de líquido depurador, que puede ser una pluralidad de canales de desbordamiento 23 que transfieren el segundo líquido depurador del recipiente de depuración y lo conducen a una segunda reserva de líquido depurador (no mostrado). Utilizando este enfoque, el cabezal inundado superior 14 puede operar con un líquido depurador diferente al utilizado en el cabezal sumergido 22, permitiendo así el pulido o la adición de reactivos alternativos para eliminar otros contaminantes regulados. El segundo líquido depurador en el cabezal inundado 14 se reemplaza constantemente por un segundo líquido depurador acondicionado 36 transportado por el segundo colector de distribución de entrada de fluido de depuración 15. El gas descontaminado 7 que sale del segundo volumen de la zona de reacción depurador se puede canalizar a la salida o a otros procesos. Utilizando este mismo enfoque, se pueden agregar cabezales de depuración inundados adicionales en serie vertical dentro del depósito depurador para pulir o eliminar otros contaminantes del aire según lo requiera el proceso.

Uno o más cabezales de depuración inundados tal como se realizan en la presente invención ofrecen ventajas sobre la técnica actual representada por cabezales de depuración sumergidos. Entre las ventajas se encuentra la capacidad de suministrar una depuración en húmedo del 100% del gas en múltiples niveles de zonas de

interacción con diferentes reactivos neutralizantes dentro de un único cuerpo de depuración. Este atributo permite que un solo dispositivo de depuración elimine una amplia gama de contaminantes con mayor eficiencia de eliminación. Los depuradores que utilicen el diseño de cabezal inundado tendrán una huella más pequeña y
5 altamente flexible, menor costo de capital, escalabilidad y capacidad para eliminar múltiples contaminantes en un solo dispositivo. El cabezal inundado tiene aplicación en procesos de combustión que incluyen carbón, biomasa y residuos sólidos urbanos donde los contaminantes primarios que se eliminan son partículas, gases ácidos como dióxido de azufre, cloruro de hidrógeno y fluoruro de hidrógeno, metales incluyendo
10 mercurio. Además, los depuradores utilizados en procesos químicos e industriales que requieren la eliminación de polvo, olores y gases ácidos son candidatos para los diseños de cabezal inundado tanto en instalaciones nuevas como en instalaciones remodeladas.

A partir de lo anterior, se podrá ver que esta invención está bien adaptada para
15 alcanzar todos los fines y objetivos aquí expuestos, junto con otras ventajas obvias y que son inherentes al sistema. Se podrá entender que ciertas características y sub-combinaciones son de utilidad y pueden emplearse con referencia a otras características y sub-combinaciones. Esto está contemplado por las reivindicaciones y se encuentra dentro de su alcance. Se pueden hacer muchas realizaciones posibles de
20 la invención sin apartarse del alcance de las reivindicaciones. Debe entenderse que toda la materia aquí expuesta y mostrada en los dibujos adjuntos se debe interpretar como ilustrativa y no en un sentido limitante. Los expertos en la técnica apreciarán que también pueden practicarse otras variaciones de la realización preferida sin apartarse del alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

Se reivindica lo siguiente:

1. Un aparato depurador con orientación vertical para eliminar una pluralidad de diversos contaminantes de una corriente de gas contaminado, que comprende:

- 5 a) un recipiente depurador que tiene un techo, un suelo, una pared cilíndrica que conecta el techo con el suelo, una pluralidad de cabezales espaciados verticalmente, un volumen por encima de cada cabezal, una entrada de gas, un ventilador de tiro inducido y una salida de gas;
- 10 b) un cabezal inferior sumergido colocado horizontalmente a través del extremo inferior del depósito de depuración, en el que el cabezal sumergido inferior incluye una placa horizontal que tiene una pluralidad de ranuras estrechas que se extienden por todos sus lados;
- 15 c) un primer depósito de líquido depurador dispuesto dentro del extremo inferior del recipiente de depuración debajo del cabezal inferior sumergido, y un primer volumen de la zona de reacción hasta un nivel deseado por encima del cabezal de depuración sumergido, el primer líquido depurador seleccionado para eliminar un primer grupo de contaminantes del flujo de gas contaminado;
- 20 d) una primera entrada de líquido depurador que se extiende en un primer volumen por encima del cabezal sumergido, primeros medios de pulverización en conexión fluida con la primera entrada de líquido depurador para pulverizar el primer líquido depurador en el primer volumen de la zona de reacción de líquido depurador y una primera salida de líquido depurador en el piso;
- 25 e) un primer cabezal inundado que se extiende horizontalmente a través de toda la sección transversal del recipiente de depuración en una posición por encima de la primera entrada de líquido depurador, en donde el primer cabezal inundado comprende una placa que tiene una pluralidad de ranuras estrechas que se extienden por todos sus lados;
- 30 f) un segundo volumen de la zona de reacción del líquido depurador dispuesto a un nivel deseado por encima del primer cabezal inundado, el segundo líquido depurador seleccionado para eliminar un segundo grupo de contaminantes de la corriente de gas contaminado; y
- 35 g) una segunda entrada de líquido depurador que se extiende a un segundo volumen por encima del primer cabezal inundado, segundos medios de pulverización en conexión fluida con la segunda entrada de líquido depurador para pulverizar el segundo líquido depurador en el segundo volumen de la zona de reacción de líquido

depurador por encima del primer cabezal inundado que pasa a través de la pared del recipiente de depuración.

2. Un aparato depurador con orientación vertical para eliminar una pluralidad de diversos contaminantes de una corriente de gas contaminado, que comprende:

- 5 a) un recipiente depurador que tiene un techo, un suelo, una pared cilíndrica que conecta el techo con el suelo, una pluralidad de cabezales espaciados verticalmente, un volumen por encima de cada cabezal, una entrada de gas, un ventilador de tiro inducido y una salida de gas;
- b) un primer depósito de líquido depurador dispuesto dentro del extremo
10 inferior del recipiente de depuración a un nivel deseado, el primer líquido depurador seleccionado para eliminar un primer grupo de contaminantes de la corriente de gas contaminado;
- c) un primer cabezal inundado que se extiende horizontalmente a través del
15 recipiente depurador en una posición por encima de la entrada de gas, definiendo un primer volumen entre el primer depósito de líquido depurador y el primer cabezal inundado, donde el primer cabezal inundado comprende una placa que tiene una pluralidad de ranuras estrechas que se extienden por todos sus lados;
- d) un primer volumen de la zona de reacción de líquido depurador dispuesto
20 a un nivel deseado por encima del primer cabezal inundado, el volumen de la zona de reacción en conexión fluida con el depósito a través de uno o más tubos de rebose, cada uno extendiéndose desde el primer depósito de líquido depurador hacia el nivel deseado sobre el primer cabezal inundado;
- f) una primera entrada de líquido depurador que se extiende a través de la
25 pared en un segundo volumen por encima del primer cabezal inundado, primeros medios de pulverización en conexión fluida con la primera entrada de líquido depurador para pulverizar el primer líquido depurador en el segundo volumen de la zona de reacción de líquido depurador y una primera salida de líquido depurador en el suelo;
- g) un segundo cabezal inundado que se extiende horizontalmente a través
30 de toda la sección transversal del recipiente depurador en una posición por encima del primer cabezal inundado, definiendo un segundo volumen entre el primer volumen de la zona de reacción del líquido depurador y el segundo cabezal inundado, donde el segundo cabezal inundado comprende una placa que tiene una pluralidad de ranuras estrechas que se extienden por todos sus lados:
- h) un segundo volumen de la zona de reacción del líquido depurador
35 dispuesto por encima del segundo cabezal inundado a un nivel deseado, el segundo líquido depurador seleccionado para eliminar un segundo grupo de contaminantes de la corriente de gas contaminado; y

i) una segunda entrada de líquido depurador que se extiende a un tercer volumen por encima del segundo cabezal inundado, segundos medios de pulverización en conexión fluida con la segunda entrada de líquido depurador para pulverizar el segundo líquido depurador en el segundo volumen de la zona de reacción de líquido depurador y una segunda salida de líquido depurador por encima del segundo cabezal inundado que pasa a través de la pared del recipiente de depuración.

3. El aparato depurador de la reivindicación 1, además comprende:

a) una o más cabezales inundados adicionales que se extienden horizontalmente a través de toda la sección transversal del recipiente de depuración y apilados verticalmente en serie por encima de los otros cabezales, cada uno definiendo un volumen adicional en relación con el cabezal inferior;

b) uno o más volúmenes adicionales de la zona de reacción del líquido depurador, cada uno dispuesto por encima de un cabezal inundado correspondiente a un nivel deseado, cada líquido depurador adicional seleccionado para eliminar un grupo adicional deseado de contaminantes de la corriente de gas contaminado; y

c) una o más entradas adicionales de líquido depurador que se extienden a través de la pared en el volumen adicional correspondiente por encima del cabezal inundado adicional correspondiente, medios de pulverización correspondientes adicionales en conexión fluida con la entrada de líquido depurador adicional para pulverizar el líquido depurador adicional en el volumen de la zona de reacción de líquido depurador adicional correspondiente y una o más salidas de líquido depurador adicionales correspondientes por encima del cabezal inundado correspondiente que pasa a través de la pared del recipiente de depuración.

4. El aparato depurador de la reivindicación 2, además comprende:

a) una o más cabezales inundados adicionales que se extienden horizontalmente a través de toda la sección transversal del recipiente de depuración y apilados verticalmente en serie por encima de los otros cabezales, cada uno definiendo un volumen adicional en relación con el cabezal inferior;

b) uno o más volúmenes adicionales de la zona de reacción del líquido depurador, cada uno dispuesto por encima de un cabezal inundado correspondiente a un nivel deseado, cada líquido depurador adicional seleccionado para eliminar un grupo adicional deseado de contaminantes de la corriente de gas contaminado; y

c) una o más entradas adicionales de líquido depurador que se extienden a través de la pared en el volumen adicional correspondiente por encima del cabezal inundado adicional correspondiente, medios de pulverización correspondientes adicionales en conexión fluida con la entrada de líquido depurador adicional para pulverizar el líquido depurador adicional en el volumen de la zona de reacción de

líquido depurador adicional correspondiente y una o más salidas de líquido depurador adicionales correspondientes por encima del cabezal inundado correspondiente que pasa a través de la pared del recipiente de depuración

5. El aparato de depuración de la reivindicación 2, en el que la entrada de gas está situada en el extremo superior del recipiente y un conducto de entrada de gas conduce el gas a una posición por debajo del cabezal más bajo.
6. El aparato de depuración de la reivindicación 2, en el que la entrada de gas está situada en el lado del recipiente y un conducto de entrada de gas conduce el gas a una posición por debajo de la cabeza más bajo.
7. El aparato de depuración de la reivindicación 2, en el que el tamaño de las ranuras en los cabezales inundados se selecciona para evitar el paso por allí del líquido depurador ante la presencia de gas presurizado debajo de los cabezales inundados.
8. Un método para eliminar múltiples contaminantes de una corriente de gas contaminado, método que comprende los siguientes pasos:
 - a) introducir un primer líquido depurador en el aparato de la reivindicación 1 a un nivel de fluido deseado por encima del cabezal de depuración sumergido;
 - b) introducir un segundo líquido depurador en el aparato de la reivindicación 1 hasta un nivel deseado por encima del cabezal de depuración inundado;
 - c) enfriar un gas de proceso contaminado utilizando un acondicionador de gas de la técnica anterior;
 - d) introducir bajo presión el gas contaminado enfriado desde un ventilador de tiro inducido en el aparato de la reivindicación 1 en una posición por debajo del cabezal de depuración sumergido;
 - e) permitir que el gas pase hacia arriba a través del cabezal de depuración sumergido para transferir un primer grupo de contaminantes desde el gas contaminado hacia el primer líquido depurador en un primer volumen de zona de reacción de líquido depurador por encima del cabezal de depuración sumergido;
 - f) permitir que el gas pase hacia arriba a través del cabezal de depuración sumergido para transferir un segundo grupo de contaminantes desde el gas contaminado hacia el segundo líquido depurador en un segundo volumen de zona de reacción de líquido depurador por encima del cabezal de depuración sumergido;
 - g) pulverizar el gas que sale para eliminar contaminantes adicionales y ralentizar la velocidad de flujo del gas;
 - h) permitir que el gas que sale escape del aparato de depuración;

i) separar individualmente el primer y segundo líquido depurador del recipiente de depuración para mantener el nivel deseado de cada líquido depurador; y

j) limpiar los líquidos depuradores escurridos para su reutilización en el aparato de depuración.

5 9. El uso del aparato depurador de la reivindicación 1 para eliminar múltiples contaminantes de una corriente de gas contaminado de acuerdo con el método de la reivindicación 8.

10. El método de la reivindicación 9, que además comprende el paso adicional (ff) después del paso (f):

10 ff) permitir que el gas continúe pasando hacia arriba a través de uno o más cabezales inundados apilados verticalmente en serie para transferir uno o más grupos adicionales de contaminantes del gas contaminado a uno o más líquidos depuradores adicionales en uno o más volúmenes de zona de reacción de líquido depurador adicionales por encima de cada uno de los cabezales inundados correspondientes.

15 11. Un método para eliminar múltiples contaminantes de una corriente de gas contaminado, método que comprende los siguientes pasos:

a) introducir un primer líquido depurador en el aparato de la reivindicación 2 a un nivel de fluido deseado por encima del primer cabezal de depuración inundado;

20 b) introducir un segundo líquido depurador en el aparato de la reivindicación 2 a un nivel de fluido deseado por encima del segundo cabezal de depuración inundado;

c) enfriar un gas de proceso contaminado utilizando un acondicionador de gas de la técnica anterior;

25 d) introducir bajo presión el gas contaminado enfriado desde un ventilador de tiro inducido en el aparato de la reivindicación 2 en una posición por debajo del cabezal de depuración sumergido;

30 e) permitir que el gas pase hacia arriba a través del primer cabezal de depuración sumergido para transferir un primer grupo de contaminantes desde el gas contaminado hacia el primer líquido depurador en un primer volumen de zona de reacción de líquido depurador por encima del cabezal de depuración sumergido;

f) permitir que el gas pase hacia arriba a través del segundo cabezal de depuración sumergido para transferir un segundo grupo de contaminantes desde el gas contaminado hacia el segundo líquido depurador en un segundo volumen de zona de reacción de líquido depurador por encima del cabezal de depuración sumergido;

g) pulverizar el gas que sale para eliminar contaminantes adicionales y ralentizar la velocidad de flujo del gas;

h) permitir que el gas que sale escape del aparato de depuración;

5 i) separar individualmente el primer y segundo líquido depurador del recipiente de depuración para mantener el nivel deseado de cada líquido depurador; y

j) limpiar los líquidos depuradores escurridos para su reutilización en el aparato de depuración.

10 12. El uso del aparato depurador de la reivindicación 2 para eliminar múltiples contaminantes de una corriente de gas contaminado de acuerdo con el método de la reivindicación 11.

13. El método de la reivindicación 11, que además comprende el paso adicional (ff) después del paso (f):

15 ff) permitir que el gas continúe pasando hacia arriba a través de uno o más cabezales inundados apilados verticalmente en serie para transferir uno o más grupos adicionales de contaminantes del gas contaminado a uno o más líquidos depuradores adicionales en uno o más volúmenes de zona de reacción de líquido depurador adicionales por encima de cada uno de los cabezales inundados correspondientes.

20 14. El uso del aparato de la reivindicación 1 para eliminar de una corriente de gas contaminado múltiples contaminantes seleccionados del grupo de contaminantes que comprende material particulado, metales, cloruro de hidrógeno, fluoruro de hidrógeno, óxido nitroso, óxido nítrico, dióxido de carbono y dióxido de azufre.

25 15. El uso del aparato de la reivindicación 2 para eliminar de una corriente de gas contaminado múltiples contaminantes seleccionados del grupo de contaminantes que comprende material particulado, metales, cloruro de hidrógeno, fluoruro de hidrógeno, óxido nitroso, óxido nítrico, dióxido de carbono y dióxido de azufre.

16. Un método para eliminar múltiples contaminantes de una corriente de gas contaminado, método que comprende los siguientes pasos:

a) introducir un primer líquido depurador en el aparato de la reivindicación 2 a un nivel de fluido deseado por encima del primer cabezal de depuración inundado;

30 b) introducir un segundo líquido depurador en el aparato de la reivindicación 2 a un nivel de fluido deseado por encima del segundo cabezal de depuración inundado;

c) enfriar un gas de proceso contaminado utilizando un acondicionador de gas de la técnica anterior;

d) introducir bajo presión el gas contaminado enfriado desde un ventilador de tiro inducido en el aparato de la reivindicación 2 en una posición por debajo del cabezal de depuración sumergido;

5 e) permitir que el gas pase hacia arriba a través del primer cabezal de depuración sumergido para transferir un primer grupo de contaminantes desde el gas contaminado hacia el primer líquido depurador en un primer volumen de zona de reacción de líquido depurador por encima del cabezal de depuración sumergido;

10 f) permitir que el gas pase hacia arriba a través del segundo cabezal de depuración sumergido para transferir un segundo grupo de contaminantes desde el gas contaminado hacia el segundo líquido depurador en un segundo volumen de zona de reacción de líquido depurador por encima del cabezal de depuración sumergido;

g) pulverizar el gas que sale para eliminar contaminantes adicionales y ralentizar la velocidad de flujo del gas;

15 h) permitir que el gas que sale escape del aparato de depuración;

i) separar individualmente el primer y segundo líquido depurador del recipiente de depuración para mantener el nivel deseado de cada líquido depurador; y

j) limpiar los líquidos depuradores escurridos para su reutilización en el aparato de depuración.

20 17. Un cabezal de depurador inundado para un recipiente de depuración de gas húmedo, el cabezal inundado comprende:

25 a) una placa horizontal que se extiende a través de toda la sección transversal lateral del recipiente de depuración, teniendo el cabezal una o más filas de orificios para el paso ascendente de gases contaminados en un volumen de zona de reacción de líquido depurador por encima del cabezal, y

b) una o más placas aceleradoras que se extienden hacia arriba perpendiculares al cabezal entre una o más filas de puertos en el volumen de la zona de reacción del líquido depurador.

ABSTRACTO

La presente invención se refiere a un diseño de cabezal de depuración en húmedo cuya orientación horizontal y características de funcionamiento inundado permiten una depuración en húmedo completa en múltiples zonas de interacción, cada una con diferentes reactivos neutralizantes. La capacidad de múltiples zonas de depuración mejora la eficiencia global de eliminación de contaminantes agregando zonas de interacción de pulido para sistemas de eliminación de partículas y gases ácidos o ampliando el rango de contaminantes que se eliminan operando con una solución neutralizadora diferente o una combinación de estas condiciones de operación. El enfoque de diseño de cabezal inundado permite que un único depurador logre altos niveles de eficiencia de eliminación de múltiples contaminantes, lo que reduce el costo y la complejidad de interacción de huella de los múltiples dispositivos que reemplaza. Los depuradores de cabezal inundado tienen aplicación en la eliminación de contaminantes de gases de combustión y en aplicaciones químicas e industriales que generan polvo, olores y gases ácidos.