



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ Número de publicación: **2 315 027**

⑤① Int. Cl.:
F23G 5/00 (2006.01)
F23G 5/02 (2006.01)
F23G 5/44 (2006.01)
F23G 7/00 (2006.01)
F23N 5/18 (2006.01)

⑫

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑨⑥ Número de solicitud europea: **99970724 .3**
⑨⑥ Fecha de presentación : **19.10.1999**
⑨⑦ Número de publicación de la solicitud: **1123478**
⑨⑦ Fecha de publicación de la solicitud: **16.08.2001**

⑤④ Título: **Combustión conjunta de lodo de residuo en combustores de residuo urbano y otros hogares.**

③⑩ Prioridad: **19.10.1998 US 104806 P**

④⑤ Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.03.2009

④⑤ Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.03.2009

⑦③ Titular/es: **Eco Technologies, L.L.C.**
79 North Pearl Street
Albany, New York 12207, US

⑦② Inventor/es: **Beaumont, E., Larry;**
Richardson, Larry, D. y
Rousseau, Kevin, G.

⑦④ Agente: **Justo Vázquez, Jorge Miguel de**

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

Combustión conjunta de lodo de residuo en combustores de residuo urbano y otros hogares.

5 **Referencia cruzada a solicitudes relacionadas**

Esta solicitud reivindica el beneficio de la solicitud provisional de EE.UU. n° 60/104806, presentada el 19 de octubre de 1998.

10 **Antecedentes de la invención****Campo de la invención**

15 Esta invención se refiere a combustores de residuo sólido urbano (MWC) y, por extensión, a todas las calderas de generación de potencia de vapor y otros hogares. Implica la manipulación y el desecho mediante descomposición térmica de lodos residuales de contenido variable de sólidos, incluyendo lodo de cloaca urbana, lodo de molino de papel y otros lodos industriales, en calderas de potencia de MWC y otros hogares que queman residuo sólido urbano y otros combustibles.

20 **Antecedentes de la técnica relacionada**

A medida que disminuyen las opciones disponibles para las comunidades y las industrias para el desecho de lodo, se ha vuelto desesperadamente necesario un método nuevo, rentable y medioambientalmente seguro de desecho. En los 50 y los 60, los lodos a menudo se incineraban, en hogares de múltiples soleras. Sin embargo, la mayoría de estas instalaciones experimentaban una combustión pobre y producían emisiones de aire extremadamente adversas. De acuerdo con ello, este enfoque se abandonó en gran medida a favor de tecnologías de desecho sin combustión.

30 La combustión conjunta de lodo, y preferiblemente de lodo de alto contenido de carbono, con otros combustibles ha seguido siendo una meta durante muchos años. Un enfoque, discutido repetidamente en la literatura técnica, era diseñar sistemas térmicos externos de secado para secar previamente el lodo antes de la inyección adentro de un hogar, de manera que no sería necesario secar el lodo en el interior del hogar. Sin embargo, esta tecnología era cara e incluso peligrosa, debido a riesgos potenciales para la salud relacionados con la inhalación de polvo fugado y explosiones de polvo.

35 Otros enfoques descritos más adelante implicaban la inyección de lodo húmedo adentro de procesos modernos de combustión. Estos enfoques no llegaron a conseguir la aceptación comercial de sus tecnologías debido bien a una capacidad limitada de aplicación, bien a desventajas económicas o bien a desventajas tecnológicas.

40 Komline y otros, en la patente de EE.UU. n° 3.322.079, indicaron la sinergia en la combustión conjunta de lodo y residuo sólido urbano (MSW), usando gases a alta temperatura procedentes del MSW para secar lodo inyectado adentro del hogar mediante un atomizador centrífugo rotatorio. Sin embargo, los costes de funcionamiento de tal sistema son altos y el atomizador centrífugo rotatorio divulgado es difícil de mantener de manera fiable debido al taponamiento y el desgaste. El atomizador rotatorio descarga una fracción significativa de partículas grandes que no se queman completamente, y la deposición de material en partes internas de la caldera se vuelve un problema.

45 Dingwell, en la patente de EE.UU. n° 3.838.651, usó vapor para atomizar aceite residual en un quemador diseñado para extenderse adentro de una cámara de combustión. Sin embargo, esta invención está limitada en alcance a aceites residuales en incineradores obsoletos, que no estaban legislados tan estrictamente en el momento de la invención. La combustión parcial era aceptable y el cumplimiento de la legislación no se identificaba como una meta. Aunque se usaba vapor para la atomización, no se consideraban los lodos no aceitosos, es decir, acuosos.

50 Pan, en la patente de EE.UU. n° 3.903.813, desarrolló un dispositivo para inyectar lodo atomizado por vapor adentro de una cámara de combustión en estrecha proximidad a un quemador de gas o aceite. El dispositivo de inyección permite la mezcla de un fluido presurizado y lodo en la misma cañería, saliendo la mezcla por un orificio restrictivo en el extremo de la cañería de inyección, de tal manera que la mezcla se arroja a presión atmosférica al interior del hogar en presencia de aceite o de gas. La combustión conjunta con MSW y otros combustibles renovables y fósiles no se considera, y el dispositivo está destinado al uso primordialmente con lodos que tienen un contenido de sólidos igual o inferior al 5%. El punto de inyección de lodo está limitado a un área por debajo de una llama de quemador de aceite o de gas. Este dispositivo está destinado a la incineración de lodo solamente en presencia de un quemador de aceite o de gas.

60 Carpenter, en la patente de EE.UU. n° 5.284.405, divulgó un método para arrastrar partículas de lodo en una corriente de aire de combustión comprimido, pero la invención está limitada a la combustión dentro de un horno rotatorio de cemento. No se hace ningún intento de quemar lodo en suspensión y no se trata el cumplimiento de la legislación.

Goff y otros, en las patentes de EE.UU. n°s 5.052.310 y 5.405.537, establecieron un sistema de inyección de lodo para MWC que usa aire enriquecido en oxígeno tanto para atomizar lodo que se está rociando adentro de un

hogar a través de una boquilla y para compensar la pérdida de eficiencia de la caldera procedente de la humedad en el lodo. Sin embargo, esto requiere la construcción cara de una planta de producción de oxígeno adyacente a las infraestructuras centrales de producción del dueño o la adquisición de grandes cantidades de oxígeno embotellado. Además, la invención está limitada a MWC solamente y puede requerir modificaciones para sistemas existentes de control de aire de combustión.

Mole, en la patente de EE.UU. 5.531.169, inyecta material residual líquido, primordialmente ácido contaminado, de manera inmediatamente adyacente a un quemador primario de combustible. El propósito primordial del dispositivo es disociar moléculas de ácido. El dispositivo está destinado al aire en oposición a la atomización de vapor, y la invención está dirigida al desecho de residuo líquido peligroso en oposición al desecho de lodo y la combustión de residuo sólido urbano no peligroso y la generación convencional de potencia.

Guibelin, en la patente de EE.UU. n° 5.544.598, desarrolló una boquilla para el desecho de mortero, tal como residuos pastosos o grasientos, rociando sobre residuo sólido urbano ardiendo. Sin embargo, este dispositivo no implica lodo, y no está diseñado para atomizar partículas para quemar en suspensión.

Hanway Jr., en la patente de EE.UU. n° 3.738.289, divulga otro sistema y otro método relacionados para provocar la combustión de lodo.

Un objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema de recepción y de tratamiento de lodo que es capaz de manipular lodos con un amplio abanico de características (incluyendo contenido de sólidos y humedad variables) y que entrega un flujo consistente de lodo al sistema de inyección. Los sistemas previos no estaban diseñados para y no trataban contenido de sólidos y consistencias de lodo variables.

También es una meta de la presente invención evitar las dificultades de manipulación del material encontradas típicamente con lodo que tiene contenidos de sólidos del 15% y superiores.

Un propósito adicional de la presente invención es maximizar la quema en suspensión de partículas de lodo, con el fin de eliminar virtualmente la necesidad de quemar partículas de lodo más grandes.

Una meta todavía adicional de la presente invención es utilizar aguas residuales, otros residuos líquidos de procesos industriales, morteros de control de la contaminación o mezclas de ellos en un proceso de tratamiento de precombustión de lodo.

Sumario de la invención

Los propósitos, las metas y los objetivos mencionados anteriormente se consiguen mediante la presente invención para tratar e inyectar lodo en un combustor, que reduce sustancialmente o elimina las deficiencias que limitaban la viabilidad comercial de técnicas anteriores.

La presente invención proporciona un sistema para provocar la combustión conjunta de lodo dentro de un combustor, que comprende:

un módulo de recepción y de tratamiento de lodo para recibir y tratar lodo, y

un módulo de inyección y de combustión de lodo para inyectar dicho lodo tratado adentro de una zona de combustión de un combustor, en el que dicho lodo tratado se quema en suspensión dentro de dicha zona de combustión de dicho combustor, en el que dicho módulo de inyección y de combustión de lodo incluye una boquilla de inyección para atomizar dicho lodo y rociar dicho lodo atomizado adentro de dicha zona de combustión de dicho combustor;

caracterizado porque dicho módulo de inyección y de combustión de lodo incluye adicionalmente:

un tanque de lodo para recibir y almacenar lodo procedente de dicho módulo de recepción y de tratamiento de lodo, teniendo dicho tanque de lodo una mezcladora para agitar continuamente dicho lodo dentro de dicho tanque de lodo,

una bomba en comunicación de fluido con dicho tanque de lodo y dicha boquilla de inyección para entregar dicho lodo desde dicho tanque de lodo a dicha boquilla de inyección,

una tubería de descarga para entregar dicho lodo desde dicho tanque de lodo hasta dicha bomba, y

un acondicionador interpuesto en dicha tubería de descarga para desmenuzar dicho lodo antes de entrar en dicha bomba.

La presente invención incluye generalmente un módulo de recepción y de tratamiento de lodo y un módulo de inyección y de combustión de lodo. El módulo de recepción y de tratamiento de lodo recibe y diluye lodo con un líquido, aumentando por ello el contenido de humedad del lodo, y el módulo de inyección y de combustión de lodo

inyecta el lodo diluido adentro de una zona de combustión de un combustor en el que el lodo diluido se quema en suspensión. El módulo de inyección y de combustión de lodo puede comprender simplemente una boquilla de inyección de lodo que atomiza el lodo diluido con vapor y rocía el lodo diluido atomizado adentro de la zona de combustión de un combustor que tiene residuo sólido urbano u otro combustible ardiendo dentro de él. De este modo, el lodo diluido atomizado se quema en suspensión por encima del residuo sólido urbano u otro combustible.

De acuerdo con la realización preferida de la presente invención, el lodo se recibe en el módulo de recepción y de tratamiento y se almacena en una o más tolvas de almacén en las que primero se diluye con un líquido de dilución, tal como agua, aguas residuales de plantas, otros residuos líquidos de procesos industriales, morteros de control de la contaminación o mezclas de ellos. El tamaño de partícula de lodo se reduce entonces y el lodo se mezcla hasta una consistencia homogénea deseada, adecuada para el bombeo. El lodo de alto contenido de líquido se bombea entonces a una boquilla de inyección de hogar en la que preferiblemente se atomiza con vapor y se rocía adentro de la zona de combustión del hogar.

La boquilla de atomización de vapor utilizada en la presente invención está desarrollada desde el punto de vista de la ingeniería para permitir un secado rápido y una reducción máxima del tamaño de partícula tras el contacto con el vapor de atomización antes de la inyección adentro del hogar. Esto permite una combustión casi completa, un impacto pequeño o inexistente sobre el abrasamiento y la calidad de la ceniza de fondo, y un tratamiento de virtualmente todos los productos de combustión de lodo en sistemas existentes de control de la contaminación aérea. Las invenciones previas no trataban la meta de una quema en suspensión.

La presente invención está diseñada para permitir la entrega, la modificación y el control del contenido de sólidos tanto para maximizar el número de clientes potenciales de lodo como para estabilizar la temperatura de hogar en respuesta a un valor fluctuante de calentamiento del combustible primario.

A diferencia de los sistemas anteriores, la presente invención aumenta inesperadamente el contenido de humedad del lodo (hasta el punto de que los líquidos usados son acuíferos) como medio para controlar la temperatura del hogar. Reduciendo la temperatura del hogar, se puede añadir más combustible primario, dando como resultado ingresos aumentados para infraestructuras que reciben dinero para recibir tal combustible, tales como combustores de biomasa y residuo urbano.

Para los MWC, el valor de calentamiento del MSW fluctúa estacionalmente y horariamente, dependiendo de la fuente de entregas de residuo sólido. La presente invención permite el ajuste manual de las características del lodo, incluyendo el contenido de sólidos y de carbono, y del caudal para mantener una temperatura relativamente constante en el hogar, dando como resultado una generación más suave de vapor. Además, debido a que el valor medio de calentamiento del MSW ha aumentado significativamente desde que se diseñaron muchos MWC, la tasa de producción de residuo sólido se ha limitado por el valor más alto de calentamiento del combustible. Puesto que el residuo sólido es una fuente importante de ingresos para un MWC, una capacidad reducida de tasa de producción puede tener como resultado unos ingresos reducidos. El método divulgado permite mantener los ingresos de tasa de producción de los MWC a un valor de calentamiento del MSW superior al de diseño.

La presente invención es aplicable a lodo que tiene cualquier rango de contenido de sólidos siempre que el lodo se pueda diluir por la adición de disoluciones basadas en agua y/u otros líquidos, tales como residuos líquidos de procesos industriales y morteros de control de la contaminación, y el tamaño de las partículas sólidas en el lodo se pueda reducir por agitación y atomización. La presente invención está diseñada para provocar la combustión de lodo que tiene un contenido de sólidos en el rango de 5% a 15% después de la dilución. Esto permite un control y una fiabilidad buenos en una aplicación comercial.

Para todas las infraestructuras industriales de combustión, la presente invención puede desechar aguas residuales de una planta y otros residuos líquidos de procesos industriales, así como reducir los costes globales de control de la contaminación aérea.

Para los productores de lodo industrial, tales como los molinos de papel y otras instalaciones similares, la presente invención hace posible conseguir el desecho de lodo, local o sobre el terreno, medioambientalmente seguro, usando calderas convencionales existentes de vapor de combustible, al contrario de aumentar continuamente los costes de transporte y desecho de lodo a vertederos.

Una realización preferida del sistema de tratamiento y de inyección de lodo, así como otros objetos, rasgos y ventajas de esta invención, serán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada, que se ha de leer en combinación con el dibujo que se acompaña.

Breve descripción del dibujo

La figura 1 es un diagrama esquemático de un sistema preferido de tratamiento y de inyección de lodo, formado de acuerdo con la presente invención.

Descripción detallada de la realización preferida

Haciendo referencia a la figura 1, el sistema preferido 100 de tratamiento y de inyección incluye generalmente dos módulos: un módulo 200 de recepción y de tratamiento de lodo; y un módulo 300 de inyección y de combustión de lodo. Se contempla que el módulo 200 de recepción y de tratamiento de lodo pueda estar físicamente separado del módulo 300 de inyección y de combustión. También es concebible que la totalidad o porciones del módulo 200 de recepción y de tratamiento de lodo pueda estar incorporado dentro del modo de expedir lodo, tal como mediante camiones especializados que diluyen y pre-mezclan lodo en tránsito. Sin embargo, el sistema preferido 100 ilustrado en la figura 1 incluye ambos módulos sobre el terreno con un combustor de residuo urbano (MWC), caldera de potencia u otro hogar.

En el sistema preferido 100, se expide lodo al módulo 200 de recepción y de tratamiento de cualquier manera convencional, tal como mediante camión o mediante línea de cañería. Cuando se expide por camión, el lodo se puede procesar en un modo de lotes o se puede almacenar hasta está disponible una cantidad suficiente para una operación de tipo semicontinuo. Cuando se entrega lodo de una forma continua, tal como mediante línea de cañería, el sistema se puede adaptar fácilmente para funcionar en un modo de procesamiento continuo.

En cualquier modo, en una tolva adjunta 1 se recibe lodo entrante con contenido variable de humedad, típicamente en el rango de contenido de sólidos de aproximadamente 5% a 50%, preferiblemente en el rango de aproximadamente 15% a 45%. Preferiblemente, el diseño de la tolva adjunta 1 permite la entrega y el almacenamiento de lodo de una manera libre de olores y sin tocar. Se pueden proporcionar tolvas múltiples con disposiciones de desbordamiento dependiendo de la cantidad de entrada de lodo y si se utiliza un proceso continuo o por lotes. Un transportador 2 de tornillo, de velocidad variable, en el fondo de la tolva 1, entrega lodo a una mezcladora 3 de tambor giratorio, de velocidad variable, que también recibe un líquido de dilución, que puede incluir agua, aguas residuales de plantas, otros residuos líquidos de procesos industriales, morteros de control de la contaminación aérea o mezclas de ellos, a través de una tubería 4. Un transmisor 5 de contenido de sólidos proporciona una salida de lectura continua a un controlador 6 de sólidos, un panel de control ajustado por un operario para controlar las cantidades de sólidos añadidas a la mezcladora 3 de tambor desde el transportador 2 de tornillo, mediante el ajuste de la velocidad de un accionador 7 de velocidad variable. El controlador 6 de sólidos también abre y cierra una válvula 8 de dilución como se requiera para añadir el líquido de dilución para conseguir el contenido de sólidos deseado en la mezcladora 3 de tambor. El contenido de sólidos deseado óptimo del lodo es de aproximadamente 10% pero puede oscilar entre aproximadamente 5% y 15% después de la dilución. Se ha encontrado que este rango proporciona la máxima facilidad de manipulación mientras que al mismo tiempo permite una combustión de lodo efectiva. Los lodos recibidos que tienen un contenido de sólidos de 5% a 15% pueden ser capaces de sortear la mezcladora 3 y ser descargados directamente desde la tolva 1 hasta un tanque 10 de succión de bomba de lodo.

La dosificación y la mezcladura en la mezcladora 3 de tambor son preferiblemente un proceso por lotes en el sentido de que se mezcla lodo entrante con un líquido de dilución hasta un contenido deseado de sólidos antes de pasar al siguiente paso del sistema. Esto permite la máxima flexibilidad en establecer el contenido deseado de sólidos a partir del rango más amplio posible de características del lodo entrante.

También puede haber períodos en los que el valor medio de calentamiento del MSW sea inferior a lo normal. Esto se produce habitualmente durante períodos de fuertes precipitaciones que provocan un contenido de humedad más alto en el MSW. Durante tales períodos, puede ser beneficioso para la estabilización de la temperatura del hogar inyectar mezcla de lodo con un valor más alto de calentamiento. La presente invención permite un ajuste manual para aumentar el valor de calentamiento de lodo. Esto se consigue mezclando el lodo hasta un contenido de sólidos más alto y/o usando, como parte o la totalidad de la mezcla de lodo, un lodo de mayor contenido de carbono, tal como lodo de molino de papel de alto contenido de fibras que se recibiría y se almacenaría por separado en una o más tolvas de almacén.

La mezcladora 3 de tambor giratorio, de velocidad variable, funciona de una manera similar a una mezcladora de cemento en el sentido de que la acción de agitación de la mezcladora 3 de tambor giratorio reduce el tamaño de partícula y facilita la mezcladura del lodo en un fluido homogéneo adecuado para el bombeo. Cuando se consigue el contenido de sólidos deseado en la mezcladora 3 de tambor, descarga a través de una tubería 9 adentro del tanque adjunto 10 de succión de bomba de lodo.

El tanque 10 de succión de bomba de lodo almacena la mezcla de lodo deseada antes de la inyección adentro del hogar. El tamaño del tanque está determinado por los parámetros de funcionamiento del hogar particular y si se utiliza un proceso por lotes o continuo. El tanque 10 de succión de bomba de lodo incluye un controlador 11 de nivel que controla un accionador 12 de velocidad variable de la mezcladora 3 de tambor para ajustar el caudal que abandona la mezcladora 3 de tambor con el fin de mantener un nivel constante en el tanque 10 de succión de bomba de lodo. El tanque 10 de succión de bomba de lodo también incluye una mezcladora 13 que agita continuamente el lodo para impedir que el lodo se asiente o cuaje y mantener por ello un estado fluido homogéneo.

Se extrae lodo del fondo del tanque 10 de succión a través de una tubería 14 adentro de un acondicionador 15 que pica y cizalla cualesquiera piezas grandes de material antes de entrar en una bomba 16 de cavidad progresiva, de velocidad variable (en la realización alternativa, en la que se bombea lodo directamente desde el cliente o desde camiones de entrega, el acondicionador se puede mover o se puede colocar un acondicionador adicional en la tubería

ES 2 315 027 T3

de recepción para minimizar el riesgo de que vengan del cliente contaminantes de partícula grande). Un rasgo de la presente invención es la relativa facilidad con la que fluye el lodo diluido, lo que permite el uso de una bomba de cavidad progresiva. Los sistemas convencionales, que bombean lodo con un contenido de sólidos más alto, es decir, por encima del 15% al 25%, requieren bombas de vaivén o bombas de pistón de uso industrial que son más
5 caras y también difíciles de mantener. La bomba 16 de cavidad progresiva de la presente invención proporciona una manipulación rentable y fácil del lodo que tiene un contenido de sólidos de hasta aproximadamente un 15%.

La bomba 16 es accionada por un accionador 17 de velocidad variable y descarga a través de la tubería 18, ya sea a una tubería 26 de recirculación de alimentación de vuelta al tanque 10 de succión ya sea a una boquilla 19 de
10 atomización de lodo de alimentación para la inyección adentro de una zona 24 de combustión de un hogar 20.

El propósito de la tubería 26 de recirculación es mantener un flujo adecuado a través de la bomba 16, de acuerdo con las especificaciones del fabricante de la bomba, a la vez que evitar una acumulación excesiva de presión en la tubería 18 al hogar 20 cuando la demanda de lodo al hogar es baja. Con ciertas bombas, si el flujo a través de la
15 bomba es demasiado bajo, la bomba se puede sobrecalentar. Adicionalmente, la recirculación de vuelta al tanque 10 de succión también ayuda a agitar continuamente el lodo cuando no fluye al hogar. Aunque se prefiere, la tubería 26 de recirculación se puede eliminar si la bomba 16 posee alguna forma de control de presión máxima y caudal mínimo y el tanque 10 de succión mantiene agitado adecuadamente el lodo sin recirculación.

La tubería 26 de recirculación incluye un controlador 25 de flujo que modula una válvula 27 de control de recirculación para garantizar el flujo mínimo apropiado y estabilizar la presión de lodo de boquilla. Cuando la demanda de inyección de lodo adentro del hogar 20 es baja, el controlador 25 de flujo abre la válvula 27 de control de recirculación para permitir que el lodo se haga recircular de vuelta adentro del tanque 10 de succión para mantener caudales
20 mínimos y una presión estable, impidiendo por ello sobrecalentar la bomba 16.

El flujo de lodo al hogar 20 está controlado por un controlador programable 21 en respuesta a una señal de demanda procedente de un controlador 22 de temperatura de hogar, en base a la temperatura de gas de chimenea de hogar. A medida que la temperatura de hogar sube por encima de un punto de ajuste establecido por el controlador programable 21, un controlador 23 de flujo modula la velocidad del accionador 17 de velocidad variable, que controla la velocidad
25 de la bomba 16 y el flujo de lodo a la boquilla 19 en la que es preferiblemente atomizado con vapor y rociado adentro de la zona 24 de combustión del hogar 20.

Aunque se pueden utilizar otros métodos de inyección, se prefiere la atomización de vapor porque el vapor a alta temperatura tiene el efecto de precalentar el lodo y también dispersar el lodo en partículas finas para una combustión
35 casi completa en suspensión. También se contempla que con avances en la tecnología de bombeo y/o precalentando y por ello reduciendo la viscosidad del lodo, se puede bombear lodo de mayor contenido de sólidos a través del sistema a todo lo largo hasta la boquilla de inyección. En este caso, el vapor de atomización podría actuar como medio de dilución, por lo que no sería necesaria la dilución anterior del lodo. De este modo, con la atomización de vapor, la dilución del lodo podría ocurrir más tarde en la boquilla de inyección en oposición al módulo de recepción y de
40 tratamiento de lodo.

Como se ilustra en la figura 1, se conduce vapor desde un colector 28 de vapor a través de una tubería 29 hasta una válvula 30 de control de presión. En sistemas de hogar que no implican la generación interna de vapor, se puede proporcionar vapor desde una fuente externa. En cualquiera de los sistemas, un controlador programable 21 modula
45 la válvula 30 de control de presión para mantener una presión diferencial ajustada entre el vapor y el lodo en la boquilla 19. Los ensayos han mostrado que la presión diferencial óptima depende del contenido de sólidos y otras características del lodo. Por ejemplo, se ha encontrado que, para lodo que tiene aproximadamente un contenido de sólidos del 10%, una presión mínima de vapor de aproximadamente 345 kPa (50 psig) y una presión mínima de lodo de aproximadamente 172 kPa (25 psig) en la boquilla dan como resultado un flujo sostenible de lodo atomizado con
50 un caudal de aproximadamente 11,5 litros/minuto (3 galones/minuto). Para alcanzar caudales más altos, se utilizan presiones más altas en la boquilla. Como resultado de ello, se pueden alcanzar ritmos de desecho de lodo de hasta 5% de sólidos secos con relación a la capacidad de desecho de MSW.

La boquilla 19 de inyección de lodo se elige especialmente por su facultad de inyectar vapor adentro de la corriente de lodo antes del punto de descarga de la boquilla. Esto permite el precalentamiento y el secado rápido parcial de lodo y ajusta la etapa para una liberación adicional de energía en el punto de descarga de boquilla. Este diseño minimiza
55 específicamente el tamaño de partícula de lodo para garantizar una quema casi completa en suspensión en la zona 24 de combustión del hogar 20. Las invenciones previas permitían que alguna fracción de partículas grandes de lodo cayese adentro de un sistema 31 de ceniza de fondo. Partículas más grandes tienen a quemarse de manera incompleta, dando como resultado unos niveles elevados de material no quemado en la ceniza de fondo, lo que podría dar como resultado una composición química adversa de la ceniza de fondo cuando se hicieran ensayos sobre el cumplimiento de legislaciones medioambientales. Una quema en suspensión garantiza una combustión casi completa de cada partícula de lodo, con una ceniza volante que abandona el hogar 20 por un conducto 32 para el transporte al sistema de control de la contaminación aérea, que está diseñado para manipular todos los productos de ceniza volante de la combustión
60 con un cumplimiento pleno de la legislación.

La boquilla 19 de inyección de lodo también está especialmente desarrollada desde el punto de vista de la ingeniería con una gran área libre de sección transversal, preferiblemente al menos 2,35 cm² (0,365 in²), para minimizar

el potencial de taponamiento. También presenta preferiblemente un sacacorchos saliente en el extremo de descarga que da como resultado una descarga helicoidal en la boquilla. De acuerdo con ello, la descarga helicoidal de lodo supercalentado tiene una velocidad circular en oposición a una proyección lineal para disipar mejor la energía cinética en la boquilla y para impedir el choque de partículas de lodo sobre partes internas del hogar, perfeccionando por ello
 5 adicionalmente la quema en suspensión de partículas de lodo. Una boquilla preferida de atomización de lodo es la Bete modelo n° SA2100 que está disponible comercialmente en Bete Fog Nozzle Inc., de Greenfield, Massachussets.

La localización del punto de inyección de lodo depende de las características del lodo, de la aplicación particular y del diseño del hogar. El sistema preferido de inyección de lodo está diseñado para una aplicación flexible. De acuerdo
 10 con ello, la localización del punto de inyección se guía por el potencial de resolución de problemas dentro de las limitaciones de una buena práctica de combustión, tal como el tiempo de permanencia, la temperatura de salida del hogar, y una turbulencia completa.

El sistema preferido de tratamiento y de inyección de lodo está diseñado para una interfaz sencilla con un sistema existente de control de la combustión del hogar. Se proporcionan relés en el controlador programable 21 para
 15 establecer un flujo de vapor antes de un flujo de lodo, y para un apagado automático del flujo de lodo en el caso de contratiempos tales como un flujo bajo de vapor en la boquilla o una obstrucción de combustible en la caldera. No se añade nada de aire con el lodo, de modo que no se requieren interfaces detalladas con el sistema de control de aire de combustión. El calor procedente del vapor de atomización más el valor de calentamiento del lodo tienden a compensar
 20 la pérdida de calor hacia líquidos de evaporación en el lodo. Por lo tanto, los controles de aire de combustión existentes sólo requieren una compensación poco o nada sesgada en absoluto cuando está funcionando el sistema preferido de inyección de lodo.

Los combustores de lodo previos se esforzaban por introducir lodo que tenía alto contenido de sólidos adentro del
 25 hogar porque se sabe que inyectar lodo que tiene bajo contenido de sólidos y alto contenido de humedad adentro de un hogar tiene el efecto de reducir la temperatura del hogar. Siento constantes otros factores, la energía requerida para evaporar la humedad en el lodo da como resultado una pérdida neta de calor del hogar. Consiguientemente, a menudo se dan pasos elaborados para eliminar la pérdida de calor del lodo, tales como el desaguado y el precalentamiento, que no afectarán adversamente a la temperatura del hogar. También se han dado pasos para enriquecer la cámara de
 30 combustión con oxígeno en un esfuerzo por minimizar la pérdida de calor en el hogar.

La presente invención adopta el enfoque anti-intuitivo de aumentar el contenido de humedad del lodo entrante. Una humedad aumentada permite una manipulación mejor y más rentable del lodo a través del sistema. Además, el efecto de enfriamiento resultante de inyectar lodo de alto contenido de humedad adentro de un hogar de combustión
 35 de residuo urbano se puede contrarrestar aumentando la entrada de residuo sólido urbano. El efecto de enfriamiento resultante también se puede contrarrestar aumentando la turbulencia en el hogar y utilizando oxígeno que se perdería debido a una turbulencia sub-agitada. De este modo, controlar la temperatura del hogar de esta manera permite una entrada aumentada de residuo sólido que a su vez aumenta los ingresos para la infraestructura del MWC.

Adicionalmente, bajar la temperatura de llama del hogar inyectando lodo de alto contenido de humedad tiene el efecto sorprendente de reducir significativamente el nivel de emisiones de NO_x desde el hogar. De este modo, la presente invención también tiene potencial como sistema de control de la contaminación aérea, productor de ingresos,
 40 para la reducción de NO_x.

El sistema preferido de tratamiento y de inyección de lodo no está limitado por ningún tipo de caldera o tipo de combustible, y tiene el potencial de abrir toda una nueva ruta para resolver difíciles problemas relacionados con la combustión. Los MWC de quema masiva a menudo tienen problemas de producción de escoria causados por el derretimiento a alta temperatura de ceniza. En este caso, el sistema preferido de inyección de lodo puede proporcionar enfriamiento en un área crítica para reducir la producción de escoria. El sistema preferido de inyección de
 50 lodo también puede minimizar problemas de corrosión causados por corrosión localizada de cloruro a alta temperatura en los MWC de combustible derivado de desperdicios mediante la mejora de la turbulencia, la mezcladura y el control de la temperatura. Las calderas convencionales de combustible fósil también pueden experimentar la producción de escoria y la corrosión de diversas formas y el sistema preferido de inyección de lodo se puede aplicar para atacar estos problemas igualmente. Todas las calderas se enfrentan a legislaciones cada vez más estrictas de control de la contaminación aérea. El sistema preferido de inyección de lodo también tiene el potencial de proporcionar un
 55 nuevo método de control de emisiones a la vez que soluciona simultáneamente un problema local de desecho de lodo.

Ejemplo

Se ensayó un sistema de acuerdo con la presente invención en el que se inyectó lodo diluido de aguas negras y papel adentro de un combustor convencional de residuo urbano en funcionamiento.

La infraestructura de combustor seleccionada para el ensayo tiene tres MWC refractarios de quema masiva, con un nominal cada una de aproximadamente 108862 kg (120 toneladas EE.UU.) por día. El funcionamiento normal es con dos combustores funcionando y uno es espera. Los combustores están enlazados a dos calderas de calor de residuo y los trenes asociados de control de la contaminación aérea. Cada tren de control de la contaminación aérea consiste en un precipitador electrostático y un absorbedor de rocío. La infraestructura seleccionada está autorizada a quemar hasta

ES 2 315 027 T3

217724 kg (240 toneladas EE.UU.) por día de residuo sólido urbano (MSW) y genera para la venta hasta 27255 kg (60000 libras) por hora de vapor supercalentado a aproximadamente 1585,794 kPa (230 psig) y 260°C (500°F).

Se hicieron modificaciones menores a la infraestructura existente de combustor para permitir recibir, diluir, mezclar, almacenar y bombear lodo. Un tanque de mezcla de plástico que tenía una capacidad de 6813 litros (1800 galones) se instaló en la infraestructura y una bomba Nemo de cavidad progresiva con accionador de velocidad variable, fabricada por Nietzsche, se conectó al tanque de mezcla. La bomba usada tenía una capacidad de aproximadamente 378 litros (100 galones) por minuto a una velocidad de 60 rpm. Para este ensayo, sin embargo, la velocidad se redujo a aproximadamente 10 rpm para conseguir el flujo deseado de lodo. Se implantó un sistema de recirculación de lodo en el que una cierta cantidad de lodo se podría hacer recircular de vuelta al tanque de mezcla desde la descarga de la bomba. Durante este ensayo, el control de la presión y del flujo a través del sistema de recirculación se hizo manualmente. Una de las unidades de combustor de la infraestructura también se modificó para permitir el rociado y la atomización de vapor del lodo adentro del combustor. Una boquilla de niebla Bete (mismo modelo n° SA2100 que se describió anteriormente) se instaló en el combustor lo más cerca posible de la zona activa de quema y se utilizó un panel de inyección para permitir el control de la presión de la boquilla y del colector de vapor, la presión de la boquilla y del colector de lodo, y el flujo de lodo usando un medidor magnético de flujo. La boquilla se escogió por su gran área de flujo ($2,35 \text{ cm}^2$ ($0,365 \text{ in}^2$)) para minimizar el potencial de taponamiento con partículas de lodo.

Lodo que tenía un contenido de sólidos de aproximadamente 24-40% se recibió en las infraestructuras en tambores y contenedores de eliminación. El lodo se vació manualmente adentro del tanque de mezcla que se había llenado previamente con una cantidad de agua necesaria para diluir este tipo de lodo hasta un contenido final de sólidos deseado. Una mezcladora de tipo de hélice se usó para agitar y mezclar el lodo en el tanque y la bomba de cavidad se hizo funcionar inicialmente en un modo manual de recirculación para ayudar adicionalmente a deshacer grumos en el lodo.

Se prepararon y ensayaron lodos diluidos que tenían contenidos de sólidos que oscilaban de 2% a aproximadamente 12%. Se concluyó que un contenido de sólidos de aproximadamente 10% ofrecía la mejor combinación de características de manipulación y características de desecho en el hogar. Se ensayaron caudales de lodo de 16-76 litros/minuto (4-20 galones/minuto), siendo seleccionado un caudal óptimo de 38 litros/minuto (10 galones/minuto). El caudal seleccionado de 38 litros/minuto (10 galones/minuto) representa una relación de desecho de lodo del 5% de sólidos secos con relación a la capacidad de desecho de MSW en la infraestructura. Este nivel demuestra la facultad de desechar conjuntamente todos los residuos sólidos y el lodo de aguas negras generados en una comunidad típica.

Se bombeó lodo diluido a través de la bomba de cavidad a la boquilla de inyección a una presión en el rango de 100-200 kPa (15-25 psig), en la que fue atomizado con vapor suministrado a la boquilla a una temperatura de aproximadamente 200°C (390°F) y una presión que varía en un rango similar a la presión de lodo. El comienzo de la inyección de lodo adentro del combustor fue precedido de un aumento de la temperatura del hogar de unos pocos grados durante un período corto de tiempo antes de la inyección. Esto se consiguió aumentando el ritmo de alimentación de MSW ligeramente para añadir más calor dentro del combustor.

Se recogieron datos de ensayo usando instrumentación existente de la planta. Se establecieron estaciones de recogida de datos en la sala principal de control, la estación de mezcla y de bombeo de lodo, la estación de inyección de lodo, y la sala de seguimiento continuo de emisiones. Fueron posibles observaciones visuales de las condiciones del combustor primario usando cámaras de infrarrojos y monitores situados en la sala principal de control. La tecnología de infrarrojos fue especialmente de ayuda para juzgar la calidad de la atomización en el interior del combustor. Se tomaron muestras de ceniza de fondo al final de cada turno de ensayo desde la parrilla de abrasamiento justo antes del depósito adentro del sistema húmedo de manipulación de ceniza de fondo. Se tomaron muestras desde la parte superior del lecho de ceniza para reflejar las condiciones en el peor de los casos.

Durante la inyección de lodo, las cámaras de infrarrojos posicionadas dentro del combustor primario detectaron puntos blancos en la parrilla de quema de MSW y un aumento en la turbulencia dentro del combustor. El MSW de quema parecía iluminarse tras la inyección de lodo, indicando que la turbulencia causada por el lodo inyectado estaba creando una mezcla mejor y por lo tanto unas condiciones mejores de combustión en el hogar. Se cree que se requirió menos exceso de oxígeno mientras se quemaba el lodo porque la turbulencia en el hogar creada por el sistema de inyección puede haber dado como resultado un uso más eficiente del exceso de aire en la cámara. Además, no hubo ningún efecto perceptible sobre el tiro del hogar a medida que se inyectó lodo diluido adentro del combustor.

A lo largo de toda la duración de todo el programa de ensayo, no hubo cantidades detectables de dióxido de azufre (SO_2) en emisiones de cañón con o sin combustión conjunta de lodo. Similarmente, los resultados del ensayo mostraron que las emisiones de monóxido de carbono (CO) permanecieron virtualmente a cero con o sin combustión conjunta de lodo. Esto es importante porque la ausencia de CO es un indicador primario de buenas condiciones de combustión sin emisiones de dioxina. Se pudieron observar picos pequeños ocasionales de emisiones de CO de vez en cuando, pero estos picos nunca se acercaron al nivel permitido de la infraestructura y fueron los típicos picos observados cuando se quema MSW al 100%. Por lo tanto, no hubo ningún impacto con respecto a las emisiones de SO_2 o CO cuando se provocó la combustión conjunta de lodo.

Sin embargo, sorprendentemente, un ensayo inicial de diversos parámetros del lodo mostró una reducción inmediata y consistente en las emisiones de óxido nitroso (NO_x). Es bien conocido que las emisiones de NO_x se pueden

ES 2 315 027 T3

reducir bajando la temperatura de llama. Sin embargo, tal reducción también puede causar un aumento en CO debido a una combustión pobre. Por lo tanto, la combustión buena está contenida en una envolvente en la que las emisiones tanto de NO_x como de CO se minimizan. Debido a que las emisiones de CO permanecieron cercanas a cero a lo largo de todo el ensayo de inyección de lodo, las reducciones de NO_x que fueron resultado de este programa de ensayo se consideraron significativas. Un resumen de estos resultados de ensayo se expone a continuación en la tabla 1.

TABLA 1

Resumen de reducciones de NO_x

Número de ensayo	NO _x medio sin inyección mg/kJ	NO _x calculado procedente de la unidad de ensayo mg/kJ	Reducción calculada de NO _x (%)
1	0,0985	0,0796	19
2	0,0985	0,0727	26
3	0,0985	0,0744	24
4	0,0985	0,0749	24
5	0,0985	0,0934	5
6	0,0985	0,0624	37

Un ensayo similar de emisiones de materia en partículas, metales y dioxinas/furanos reveló ritmos de emisión inferiores todos a los parámetros permitidos. También se recogieron muestras de ceniza durante la demostración para determinar el impacto sobre la calidad de la ceniza procedente de la combustión conjunta de MSW con lodo. Los resultados fueron muy consistentes y mostraron sólo un ligero aumento de pérdida en el encendido, desde una media de 1,1% hasta 1,2%, lo que es extremadamente bajo e indicativo de una buena combustión.

En suma, el programa de ensayo mostró que la presente invención es un sistema eficiente de desecho de lodo que también es capaz de funcionar como sistema de control de la temperatura del hogar sin impactos adversos sobre el funcionamiento de la planta, las emisiones aéreas o la calidad de la ceniza. El programa de ensayo mostró que inyectar y provocar la combustión conjunta del lodo dentro de un combustor de residuo sólido urbano tiene la ventaja de equilibrar el valor de calor del residuo sólido urbano permitiendo por ello una tasa de producción aumentada de MSW a un MWC. Adicionalmente, se consiguieron reducciones aparentes en las emisiones de NO_x.

Aunque la realización preferida de la presente invención se ha descrito con referencia al dibujo que se acompaña, se ha de entender que la invención no está limitada a esa realización concreta, y que se pueden hacer otros cambios y modificaciones por parte de un experto en la técnica sin salir del alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para provocar la combustión conjunta de lodo dentro de un combustor, que comprende:

un módulo (200) de recepción y de tratamiento de lodo para recibir y tratar lodo, y

un módulo (300) de inyección y de combustión de lodo para inyectar dicho lodo tratado adentro de una zona (24) de combustión de un combustor (20), en el que dicho lodo tratado se quema en suspensión dentro de dicha zona (24) de combustión de dicho combustor (20), en el que dicho módulo (300) de inyección y de combustión de lodo incluye una boquilla (19) de inyección para atomizar dicho lodo y rociar dicho lodo atomizado adentro de dicha zona (24) de combustión de dicho combustor (20);

caracterizado porque dicho módulo de inyección y de combustión de lodo incluye adicionalmente:

un tanque (10) de lodo para recibir y almacenar lodo procedente de dicho módulo (100) de recepción y de tratamiento de lodo, teniendo dicho tanque de lodo una mezcladora (13) para agitar continuamente dicho lodo dentro de dicho tanque (10) de lodo,

una bomba (16) en comunicación de fluido con dicho tanque (10) de lodo y dicha boquilla (19) de inyección para entregar dicho lodo desde dicho tanque (10) de lodo a dicha boquilla (19) de inyección,

una tubería (14) de descarga para entregar dicho lodo desde dicho tanque (10) de lodo hasta dicha bomba (16), y

un acondicionador (15) interpuesto en dicha tubería (14) de descarga para desmenuzar dicho lodo antes de entrar en dicha bomba (16).

2. El sistema según la reivindicación 1, en el que dicho combustor (20) es un combustor de residuo sólido urbano y dicho lodo se quema en suspensión por encima de residuo sólido urbano ardiendo dentro de él.

3. El sistema según la reivindicación 1, que comprende adicionalmente un controlador (22) para monitorizar la temperatura dentro de dicho combustor (20) y para variar la cantidad de lodo inyectado adentro de dicho combustor (2) en respuesta a cambios de temperatura dentro de dicho combustor (20).

4. El sistema según la reivindicación 1, en el que dicho módulo (200) de recepción y de tratamiento de lodo comprende:

una tolva (1) para recibir y almacenar dicho lodo, y

una mezcladora (3) para recibir dicho lodo desde dicha tolva (1) y para recibir un líquido desde una fuente de líquido, mezclando dicha mezcladora (3) dicho lodo con dicho líquido, diluyendo por ello dicho lodo.

5. El sistema según la reivindicación 4, en el que dicha fuente de líquido es una fuente de aguas negras.

6. El sistema según la reivindicación 4, en el que dicha fuente de líquido es una fuente de líquido de control de la contaminación aérea.

7. El sistema según la reivindicación 4, que comprende adicionalmente un controlador (6) de sólidos para monitorizar el contenido de sólidos del lodo diluido dentro de dicha mezcladora (3) y para variar la cantidad de lodo recibido desde dicha tolva (1) y la cantidad de líquido recibido desde dicha fuente de líquido.

8. El sistema según la reivindicación 7, que comprende adicionalmente:

un transmisor (5) de contenido de sólidos conectado a dicha mezcladora (3) para monitorizar continuamente el contenido de sólidos del lodo diluido dentro de dicha mezcladora (3) y generar una señal para dicho controlador (6) de sólidos en respuesta a cambios del contenido de sólidos dentro de dicha mezcladora (3),

un transportador (2) fijado dentro de dicha tolva (1) para entregar dicho lodo desde dicha tolva (1) hasta dicha mezcladora (3) en respuesta a una señal generada por dicho controlador (6) de sólidos, y

una válvula (8) de dilución conectada a dicha fuente de líquido para entregar dicho líquido desde dicha fuente de líquido hasta dicha mezcladora (3) en respuesta a una señal generada por dicho controlador (6) de sólidos.

9. El sistema según la reivindicación 8, en el que dicha mezcladora (3) es una mezcladora de tambor y dicho transportador (2) es un transportador de tornillo.

10. El sistema según la reivindicación 1, en el que dicho tanque (10) de lodo incluye un controlador (11) de nivel para monitorizar el nivel de lodo dentro de dicho tanque (10) de lodo y generar una señal para dicho módulo (200) de

ES 2 315 027 T3

recepción y de tratamiento de lodo para variar la cantidad de lodo recibido en dicho tanque (10) de lodo para mantener un nivel constante de lodo dentro de dicho tanque de lodo.

11. El sistema según la reivindicación 1, en el que dicho módulo (300) de inyección y de combustión de lodo comprende adicionalmente:

una tubería (26) de recirculación conectada entre dicha bomba (16) y dicho tanque (10) de lodo para hacer recircular lodo de vuelta a dicho tanque (10) de lodo,

una válvula (27) de control de recirculación conectada a dicha tubería (26) de recirculación para controlar un flujo de lodo a través de dicha tubería (26) de recirculación, y

un controlador (25) de flujo conectado a dicha bomba (16) para monitorizar el flujo de lodo a través de dicha bomba (16) y generar una señal para dicha válvula (27) de control de recirculación para variar la cantidad de lodo que fluye a través de dicha tubería (26) de recirculación.

12. El sistema según la reivindicación 1, en el que dicho módulo (300) de inyección y de combustión de lodo comprende adicionalmente:

un controlador (22) de temperatura para monitorizar la temperatura dentro de dicho combustor (20) y generar una señal en respuesta a cambios de temperatura dentro de dicho combustor (20), y

un accionador (17) de bomba conectado a dicha bomba para variar el flujo de lodo a través de dicha bomba en respuesta a una señal recibida desde dicho controlador de temperatura.

13. El sistema según la reivindicación 1, en el que dicha boquilla (19) de inyección incluye un extremo de descarga para rociar dicho lodo atomizado adentro de dicha zona (24) de combustión de dicho combustor (20), y en el que dicho lodo es atomizado y precalentado con vapor antes de ser rociado desde dicho extremo de descarga de dicha boquilla (19).

14. El sistema según la reivindicación 13, en el que dicho extremo de descarga de dicha boquilla (19) de inyección está configurado para proporcionar una descarga con forma helicoidal de lodo desde dicha boquilla.

15. Un método para provocar la combustión conjunta de lodo dentro de un combustor (20) en un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, que comprende los pasos de:

recibir lodo,

agitar dicho reduciendo por ello el tamaño de las partículas dentro de dicho lodo,

mezclar dicho lodo hasta una consistencia homogénea deseada, adecuada para el bombeo,

atomizar dicho lodo agitado y mezclado,

inyectar dicho lodo atomizado adentro de una zona (24) de combustión de un combustor (20), y

quemar dicho lodo inyectado, en suspensión dentro de dicha zona (24) de combustión de dicho combustor (20).

16. El método según la reivindicación 15, que comprende adicionalmente el paso de atomizar dicho lodo con vapor antes de la inyección adentro de dicha zona (24) de combustión.

17. El método según la reivindicación 15, en el que dicho combustor (20) es un combustor de residuo sólido urbano y dicho lodo inyectado se quema en suspensión por encima de residuo sólido urbano ardiendo dentro de él.

18. El método según la reivindicación 15, que comprende adicionalmente los pasos de:

monitorizar la temperatura dentro de dicho combustor (20), y

variar la cantidad de lodo inyectado adentro de dicho combustor (20) en respuesta a cambios de temperatura dentro de dicho combustor para controlar la temperatura del combustor.

19. El método según la reivindicación 15, que comprende adicionalmente los pasos de:

monitorizar el contenido de sólidos de dicho lodo, y

variar las cantidades de lodo y líquido en respuesta a cambios del contenido de sólidos de dicho lodo.

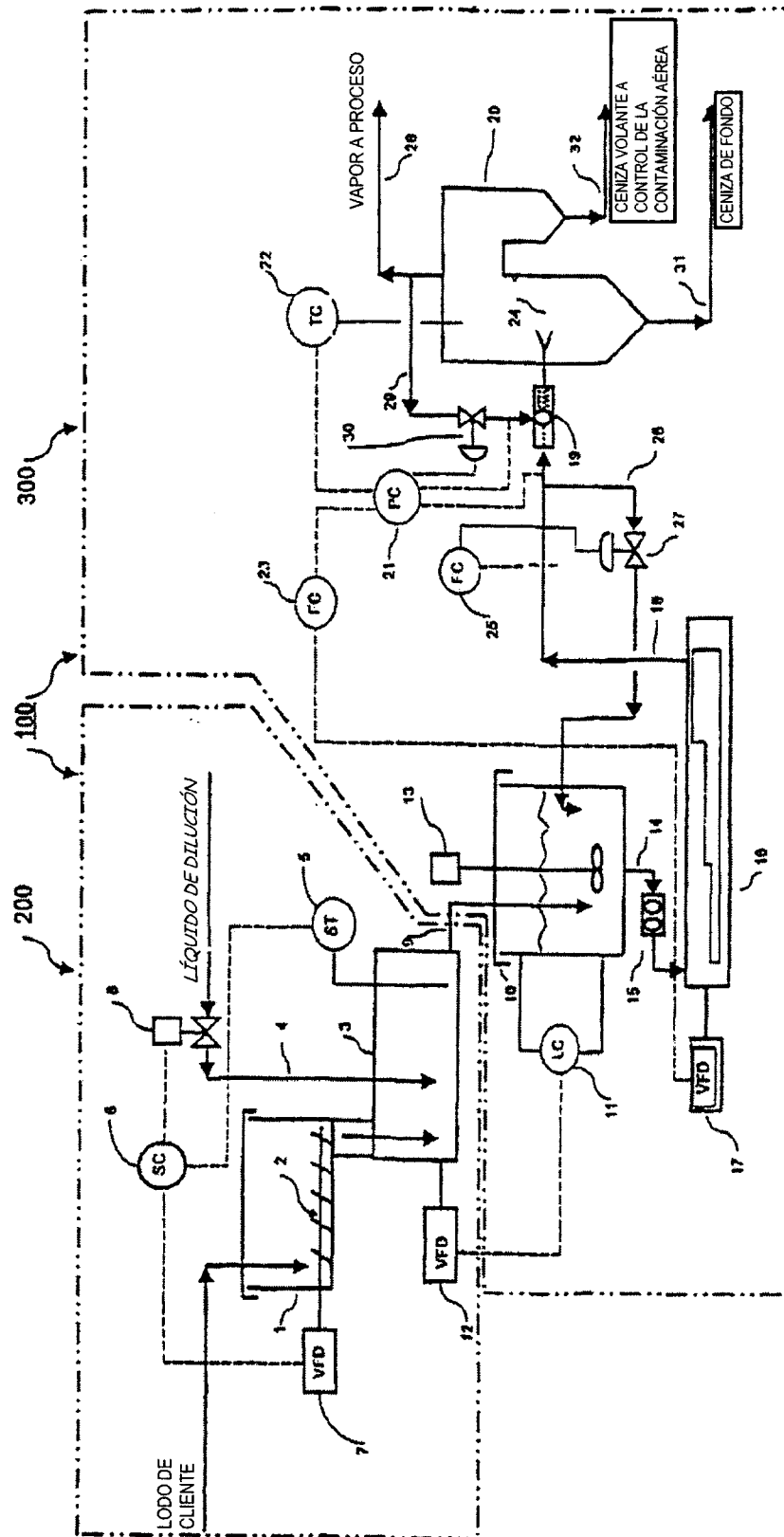


FIG. 1