

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 606 829**

51 Int. Cl.:

C02F 3/00 (2006.01)

B01F 15/00 (2006.01)

C02F 3/20 (2006.01)

C02F 3/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.10.2014** **E 14382399 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.10.2016** **EP 3009408**

54 Título: **Dispositivo de mezcla e inyección por pulsos de aguas residuales y método de inyección de aguas residuales para reactores anaerobios**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.03.2017

73 Titular/es:

FCC AQUALIA, S.A. (100.0%)
Avenida Camino de Santiago 40, Edificio 3 - 4ª
planta
28050 Madrid, ES

72 Inventor/es:

LARA CORONA, ENRIQUE;
SANTIAGO COSTA, JOSE RAMÓN y
FERNÁNDEZ BOIZÁN, MAIKEL

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 606 829 T3

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

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de mezcla e inyección por pulsos de aguas residuales y método de inyección de aguas residuales para reactores anaerobios

Campo de la invención

La presente invención se refiere al uso de reactores anaerobios de flujo ascendente con manto de lodos (UASB), más específicamente a dispositivos de distribución de entrada para el tratamiento psicrófilico de aguas residuales municipales en reactores UASB.

Antecedentes de la invención

La aplicación del tratamiento anaerobio directo de aguas residuales municipales crudas (sin sedimentación previa) en países con temperaturas sub-mesofílicas ($< 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) es un desafío constante para los investigadores en el campo de la ingeniería ambiental y tecnología. Un uso exitoso de reactores anaerobios psicrófilicos de este tipo sería de gran importancia económica ya que, en general (dependiendo de la temperatura de las aguas residuales), se requiere una cantidad significativa de energía para llevar la temperatura de aguas residuales hasta el rango mesofílico óptimo ($30\text{-}40\text{ }^{\circ}\text{C}$). Esto supone un gasto importante dentro de la economía del sistema de aguas residuales.

La presente patente se centrará en:

1. Reactores anaerobios de alta carga (UASB y EGSB), y específicamente en
2. Sistemas de distribución de entradas, una parte importante de este tipo de reactores anaerobios.

1. REACTORES ANAEROBIOS DE ALTA CARGA

Uno de los mayores éxitos en el desarrollo de la tecnología de tratamiento anaerobio de aguas residuales ha sido la introducción de reactores de alta carga en los que la retención de la biomasa y la retención de líquidos están desacopladas, como en los reactores anaerobios de flujo ascendente con manto de lodos (UASB) y en los reactores de manto de lodos granular expandido (EGSB).

1.1 El reactor UASB (anaerobio de flujo ascendente con manto de lodos) fue desarrollado por Lettinga y colaboradores en Holanda (Universidad de Wageningen) a finales de 1970. Existen varios tipos de reactores a escala real operados en todo el mundo, como por ejemplo el descrito en la patente de Estados Unidos n.º 4253956.

El diseño de los biorreactores UASB ha sido considerado, desde hace mucho tiempo, como el sistema anaerobio más apropiado para tratar aguas residuales municipales debido a su simplicidad, bajos costes de inversión y operación, y experiencia positiva previa en el tratamiento de una amplia gama de aguas residuales. En las regiones tropicales, la configuración del biorreactor UASB se ha reportado como el proceso más comúnmente utilizado para el tratamiento de aguas residuales municipales. Cientos de sistemas UASB para el tratamiento de aguas residuales se han encargado en varios países tropicales tales como India, Colombia, Brasil y México. La temperatura ambiente en estos países es relativamente alta durante todo el año ($20\text{-}35\text{ }^{\circ}\text{C}$), permitiendo que la digestión anaerobia (AD) de las aguas residuales proceda en un rango de temperatura mesofílico sin procesar el calentamiento.

Sin embargo, la experiencia con reactores UASB de una sola etapa para el tratamiento de aguas residuales crudas en el rango de temperaturas sub-mesofílicas ha obtenido un éxito limitado a escala real, debido principalmente a las dos bajas intensidades de mezcla interna:

a) Mezcla de agua:

Los reactores UASB deben operar con velocidades de flujo ascendentes del líquido menores de 1 m/h para evitar el lavado de los sólidos suspendidos totales (TSS), coloidales y de los sólidos suspendidos volátiles. Las velocidades de flujo ascendentes superiores a 1 m/h disminuirían la capacidad filtrante del manto de lodos y como consecuencia las eficiencias de eliminación de sólidos suspendidos volátiles totales, deteriorando la calidad del efluente y disminuyendo la producción de biogás. La limitación de velocidades de flujo ascendentes del agua de 1 m/h es la principal desventaja del reactor UASB, puesto que esta velocidad es mucho menor que $6\text{-}12\text{ m/h}$ que es la velocidad requerida para conseguir un manto expandido con un contacto óptimo entre el lodo (biomasa) y el agua residual de entrada (sustrato). El contacto sustrato-biomasa es muy importante por las siguientes razones:

- para evitar la formación de canales del agua residual en el manto de lodos y
- para evitar la formación de zonas muertas en el reactor.

Además, bajo las condiciones de proceso consideradas en la presente patente, es frecuente encontrar caudales de

entradas del líquido bajas ($< 0,25$ m/h), disminuyendo aún más la capacidad de mezcla de agua.

La recirculación interna o la agitación mecánica son posibles soluciones a este problema, como se muestra en los modelos de utilidad CN202246251 y CN2652923. Ambas soluciones usan una cantidad significativa de energía para conseguir una buena mezcla dentro del reactor, aproximadamente 5 w/m^3 de reactor, lo cual constituye un gasto económico importante para el sistema.

b) Mezcla de gas interna:

Debido a que la mezcla de agua es extremadamente baja, los reactores UASB requieren de mezcla interna por biogás, como se produce en aguas residuales industriales con una alta demanda química de oxígeno (COD) o aguas residuales municipales a bajos tiempos de retención hidráulico (HRT, de 8 a 16 horas) en condiciones mesófilas (>20 °C). Sin embargo, la mezcla interna por el biogás desarrollado se reduce en gran medida cuando se tratan aguas residuales crudas a $T < 20$ °C, debido a los bajos caudales de biogás, produciendo espacio muerto en el reactor, y como resultado, conduciendo a una reducción en la eficiencia del tratamiento (de Man *et al.* 1988).

Bajos caudales de biogás en estas condiciones son el resultado de las condiciones de operación necesarias para la hidrólisis, que es la etapa inicial de la AD. La hidrólisis de las partículas procedentes del agua residual retenidas en el manto de lodos se considera, en general, como el paso limitante de la tasa del proceso de digestión global y requiere de tiempos de retención de sólidos de lodos (SRT) relativamente largos, dependiendo de la temperatura del proceso utilizada. Aunque se considera que un tiempo de retención de lodos (STR) de 15 días es suficiente para lograr la hidrólisis y metanogénesis a una temperatura de 25 °C (Zeeman, G. y Lettinga (1999). *Agua Sci. Technol.* 39, 187-194), a una temperatura de 15 °C se necesita un SRT de 75 días. Cuanto más grande sea el STR requerido, más largo será el tiempo de retención hidráulico (HRT) que tiene que aplicarse, como se deduce de modelo desarrollado por Zeeman y Lettinga, (1999). Considerando valores de aguas residuales crudas comunes de COD, sólidos suspendidos de entrada y el % de hidrólisis, altos HRT de 16 a más de 48 h podrían resultar de este modelo. Obviamente este alto HRT dará como resultado bajos niveles de sustrato de entrada en el interior del reactor y también bajas tasas de producción de biogás, con velocidades de gas de flujo ascendentes que oscilan entre 0,02 y 0,1 m/h, mucho menores que la velocidad mínima requerida para la mezcla en el manto (mezcla de gas $V > 0,5$ m/h); como consecuencia, el reactor no funciona correctamente.

Por consiguiente, cuando un reactor UASB se alimenta con aguas residuales crudas a bajas temperaturas, la producción de biogás será muy baja y la mezcla debido a este gas formado dentro de este reactor es insuficiente, y el reactor no funciona correctamente.

1.2. Reactor EGSB: con el fin de solucionar los problemas de los reactores UASB, en el sistema EGSB se aplica una velocidad de flujo ascendente de agua significativamente mayor. El uso de la recirculación del efluente combinado con reactores más altos (o una alta relación altura/diámetro) ha resultado en el reactor de manto de lodos granular expandido (EGSB), donde se aplica una velocidad superficial alta (van der Last y Lettinga, 1992). En este diseño de reactor, la velocidad de flujo ascendente del líquido está entre 6 y 15 m/h (o dicho en otras palabras, la carga superficial está entre de 6 y 15 m^3 de agua/ m^2 de superficie del separador trifásico/hora) hace que el manto de lodos granular se expanda, eliminando las zonas muertas y resultando en un mejor contacto lodos-sustrato.

Sin embargo, el reactor EGSB es inadecuado para tratamiento de aguas residuales, como muestran Van der Last y Lettinga (1992), ya que una gran fracción de la COD de entrada consiste en sólidos suspendidos, y las partículas de entrada con pobres características de sedimentación se lavan fuera del sistema EGDB por la elevada velocidad del líquido (van Haandel y Lettinga, 1994). Un intento de resolver este problema se encuentra en la patente EP1806324, en la que el agua reciclada se retira desde el separador trifásico o desde la parte superior del reactor fuera del separador trifásico, reduciendo así la carga superficial y por consiguiente los sólidos a lavar.

Además de los sólidos suspendidos, el lodo floculento también es lavado en los reactores EGSB. Por tanto, si bien los reactores UASB pueden funcionar con lodo floculento o lodo granular, debido a la baja velocidad de flujo ascendente, el sistema EGSB utiliza exclusivamente lodo granular. Esta es una limitación grave cuando se tratan las aguas residuales puesto que la granulación no se ha observado en ninguno de los reactores UASB existentes a escala real para el tratamiento de aguas residuales. En todos los casos un tipo de lodo floculento se ha desarrollado.

Además, la disipación de energía es alta como resultado del líquido que sale del dispositivo de distribución (6-15 m/h) es alta, y a menudo entrará gas en el compartimento de sedimentación. Esto perturbará el proceso de sedimentación y, por lo tanto, resultará en una pérdida de biomasa. Ha habido varios intentos de resolver este problema, principalmente con separadores trifásicos complejos como los diseñados en la patente US 5855785 por *Biotech Corporation*, estando el potencial de este reactor para el tratamiento de aguas residuales sin sedimentar a bajas temperaturas limitado por la alta recirculación de efluente requerida para este uso. Los altos HRT aplicados (16-72 h) resultan en bajos caudales de entrada (entre 0,3 y 0,75 m/h), o que son mucho más bajos que los requeridos para una la mezcla del manto (mezcla de agua $V = 6-12$ m/h), lo que resulta en un ratio reciclado superior a 20 (flujo de recirculación/de entrada) y alto consumo de energía para el bombeo. Además, los reactores más altos requieren también de un alto consumo de energía para el bombeo.

A continuación la Tabla 1 resume los problemas descritos anteriormente:

Tabla 1. Problemas técnicos derivados de reactores UASB y EGSB de la técnica anterior

	Reactores UASB	Reactores EGSB
Nombre comercial	Biothane UASB	Biobed EGSB
Problemas	- Ninguna mezcla de gas ($V_{\text{gas}} < 0,25 \text{ m/h}$). - Ninguna mezcla de agua ($V_{\text{agua}} < 0,1 \text{ m/h}$). - Ningún manto expandido. - Arrastre de burbujas de aire - Obstrucción en las boquillas (baja velocidad de salida). - "Espaguetti" denso cruzando el separador trifásico.	- Lavado de sólidos suspendidos de entrada y biomasa floculante. - Alto consumo energético para el bombeo y recirculación ($\times 20$ flujo de entrada). - Separador trifásico complejo.

5 2. SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENTRADA CONVENCIONALES

A diferencia de los reactores UASB industriales, donde el de entrada se bombea a través de un dispositivo situado en la parte inferior del reactor (EP0315233 B1), en un reactor UASB de aguas municipales el de entrada se alimenta normalmente a través de tuberías que entran desde la parte superior del reactor.

Para facilitar la distribución adecuada de entrada se utilizan cajas de distribución para conseguir la división necesaria del flujo en varias partes iguales. Normalmente se utiliza una serie de cajas de distribución (elemento 2 en la Figura 1, que muestra la técnica anterior) que dividen el flujo en cada reactor. A partir de ahí, la división final se logra a través de una o más tuberías de entrada (3) (ver Figura 1). Como se muestra en la Figura 1, es importante que en cada caja de distribución (2) el flujo libre que reboza se confine/asegure por las tuberías de entrada individuales (3) por encima del aliviadero de caída libre en forma de V dentados (4), incluso cuando se trabaja con el máximo flujo. Suponiendo que los reboces están alineados correctamente, se garantiza la división del flujo en partes iguales.

Para las aguas residuales municipales, se recomienda al menos un punto de entrada por cada $1-2 \text{ m}^2$. Van Haandel y Lettinga, reportan experiencias en muchas plantas de tratamiento donde áreas entre $2-4 \text{ m}^2$ por punto de entrada son suficientes para alcanzar una buena eficiencia del tratamiento, sin embargo, estas plantas operan a temperaturas promedio de las aguas residuales por encima de 20°C . En un caso donde la temperatura de entrada es menor, se requiere una mayor densidad de puntos de entrada debido a que el contacto entre los lodos y el sustrato se vuelve menos eficiente a bajas temperaturas.

La selección de una alta densidad de puntos de entrada repercute en los costes de construcción. Este resultado dará lugar a un "espaguetti" denso de tuberías, que pasan a través del separador trifásico, provocando un aumento en los costes de diseño y construcción.

Aparte del número de puntos de entrada de la alimentación, la caja convencional de distribución de entrada tiene el problema de que arrastra burbujas de aire en el flujo. El arrastre de burbujas de aire con el de entrada es inevitable debido a la turbulencia que crea la caída por reboce del agua residual, al caer del aliviadero en las cajas de distribución de entrada, y puede tener una serie de efectos negativos como son: La toxicidad del oxígeno sobre las bacterias anaerobias y la aparición de bolsas de aire que bloquean temporalmente las tuberías de entrada. El diseño de las tuberías de entrada permite que las burbujas de aire puedan salir hacia atrás. Según Van Haandel et al. (1994), una velocidad de flujo descendente de $\leq 0,2 \text{ m/s}$, trabajando con el flujo máximo, será suficiente para evitar la formación de burbujas de aire con un diámetro mayor de 2 mm . Por lo tanto, se necesitan de grandes secciones de tuberías para lograr la baja velocidad requerida en la parte superior de las tuberías, lo cual aumenta los costes.

Por otra parte, se necesita una alta velocidad en la salida de las tuberías, instaladas normalmente a una altura H_1 entre 100 y 200 mm de la parte inferior del reactor, con el fin de evitar la deposición alrededor de la salida, que podría resultar en obstrucciones. Se recomienda una velocidad de salida de alrededor de $0,6 \text{ m/s}$ para el flujo máximo de trabajo, lo cual representa más del doble de la velocidad de sedimentación de diseño de canales de arena (Van Haandel et al., 1994). En estas condiciones, la obstrucción de las boquillas representa un problema grave que resulta en una distribución desigual de las aguas residuales por encima de la parte inferior del reactor. Por tanto, se deben hacer arreglos para la limpieza o lavado del sistema de entrada.

Un ejemplo de este tipo de dispositivo de distribución de entrada se puede encontrar en el modelo de utilidad CN202046929.

Algunos intentos de resolver los problemas descritos anteriormente se pueden encontrar en el documento CN103241833. Este dispositivo requiere una alta presión de bombeo (2 kg/cm^2) a través de un depósito cerrado y presurizado. El sistema distribuye el flujo de entrada alternativamente a las tuberías de entrada, concentrando la totalidad del flujo de alimentación en un solo tubo. Esta es una buena solución para aumentar el flujo en ese punto a más de $2,5 \text{ m/s}$, evitando el bloqueo en la salida, pero al mismo tiempo tiene varias desventajas:

- el dispositivo mostrado en el documento CN103241833 distribuye el flujo de entrada sin aumentarlo, por lo tanto genera cargas superficiales bajas ($<0,25$ m/h) y no hay una mezcla adecuada que permita la expansión de la cama de lodos (>6 m/h requeridos), lográndose solo una mezcla local alrededor de los puntos de inyección (inyectores con $v > 2,5$ m/s).
 - 5 - el bombeo de alta presión no es sostenible para el tratamiento de aguas residuales municipales debido al alto consumo de energía. Las plantas de tratamientos de aguas residuales requieren una operación más sostenible por gravedad, como en los dispositivos de distribución de entrada convencionales (Figura 1);
 - costosa fabricación de los componentes mecánicos que incluyen motor de engranajes, ejes, placas, sellado, etc.
- 10 Otro sistema de distribución se describe en el documento CN201424404. Este sistema utiliza una alimentación continua sin pulsos, para distribuir uniformemente el agua en la parte inferior del reactor y forma un ciclón hidráulico para su mezcla. Tiene las mismas desventajas que los sistemas convencionales, aunque es posible limpiar fácilmente una boquilla si se obstruye, mediante un sistema de descarga. El sistema requiere una bomba de alimentación.
- 15 El documento US 6.592.751 B2 divulga un dispositivo para el tratamiento de aguas residuales altamente contaminadas que contiene una gran cantidad de sólidos suspendidos y demanda bioquímica de oxígeno. Una de las realizaciones (Figura 13) muestra una realización de la invención para el funcionamiento de flujo por gravedad no automático, diseñado para proporcionar tratamiento tanto anaeróbico como aerobio de aguas residuales complejas
- 20 cuyo potencial de producción de gas es mayor que su volumen de líquido. Una situación de este tipo es posible cuando los residuos contienen una CDO degradable superior a 2500 mg/l (como se describe en 21, 54-60). Los elementos principales de la invención son un depósito de recogida 1301, una válvula unidireccional 1308, una cámara anaeróbica 102, un único conducto de alimentación 1118, un filtro de líquido 119, una cámara superior 104 y un depósito aeróbico 1313. El depósito de recogida 1301 recoge aguas residuales por gravedad para alimentar la
- 25 cámara anaeróbica 102. La válvula 1308 evita el flujo de líquido hacia atrás desde la cámara inferior 102 al depósito de recogida 1301. Cuando se ha acumulado cantidad suficiente de gas desde el proceso anaeróbico en 102, se descarga a través del funcionamiento de un mecanismo de tubo en U 130 Y como consecuencia, a intervalos regulares, el nivel de agua en 104 baja y hace retroceder el filtro de líquido 119.
- 30 Debido a los problemas descritos anteriormente, es necesario realizar algunas mejoras esenciales en el diseño convencional de los reactores UASB, que permitan su uso para tratar aguas residuales municipales sin sedimentar a temperaturas sub-mesofílicas. Como se ha explicado anteriormente, bajo estas condiciones, existen bajas velocidades de flujo ascendentes del líquido ($<0,25$ m/h) y bajas producciones de biogás ($<0,1$ m/h), lo que resulta en una baja capacidad de mezcla en el reactor y una baja calidad de los efluentes, debido a la aparición de caminos
- 35 preferenciales y zonas muertas en el reactor. El sistema descrito en el presente documento, representa un importante aporte tecnológico, ya que combina las ventajas de los procesos UASB y EGSB, evitando al mismo tiempo los problemas asociados a ambos sistemas.

Sumario de la invención

40 La presente invención, según la reivindicación 1, se refiere a un dispositivo no presurizado de inyección y mezcla de un de entrada para el tratamiento de aguas residuales municipales sin sedimentar a temperaturas sub-mesofílicas (en el caso de la presente invención significa igual o por debajo de 20°C) en reactores anaerobios de tipo UASB. Los principales objetivos de la presente invención son:

- alimentar (y por lo tanto la mezcla) la cama de lodos de reactores UASB por gravedad, es decir, en ausencia de una bomba o cualquier otro dispositivo similar para alimentar las aguas residuales, y por lo tanto con bajo consumo de energía, evitando la recirculación del efluente, la presurización de entrada o la agitación mecánica;
 - obtener una velocidad de flujo ascendente del líquido en el reactor entre 6 y 12 m/h, capaz de fluidificar y expandir la cama de lodos para evitar la canalización y aparición de zonas muertas, permitiendo el uso eficiente de todo el volumen del reactor;
 - distribuir el de entrada lo más uniformemente posible en toda la superficie del reactor;
 - evitar la obstrucción de las tuberías de entrada y las boquillas; y
 - evitar el "espagueti" denso que cruza el separador trifásico, y una densa distribución de boquillas, gracias a una
- 55 distribución simple de las tuberías.

Para cumplir con estos objetivos, el dispositivo de inyección y mezcla de las aguas residuales de entrada de la presente invención comprende las características de la reivindicación 1.

60 La distancia a la que se encuentra el punto de descarga de las boquillas de inyección con respecto a la parte inferior del reactor/manto de lodos contribuye significativamente a la forma en que el dispositivo de inyección promueve un manto de lodos fluidizado/expandido, mejorando así el contacto lodos-aguas residuales. La distancia depende del tamaño del reactor y del diseño del dispositivo de inyección.

65 Además, la densidad de boquillas, es decir, el número de boquillas en la tubería o tuberías es importante para

conseguir una buena distribución y mezcla, y dicho número también varía dependiendo del tamaño del reactor, en una realización preferida, el número es calculado para obtener una densidad de 1 boquilla por cada 4-5 m² de área superficial de reactor (es decir, en un caso preferido el dispositivo de inyección comprende 1 boquilla por cada 4-5 m² de área superficial de reactor); es decir, una densidad significativamente menor si se compara con los reactores

- 5 UASB convencionales, debido a los flujos de descarga más altos. Además, el diámetro de la boquilla se calcula para obtener una velocidad de salida de las aguas residuales adecuada. Por ejemplo, en una realización preferida, el diámetro de la boquilla permite velocidades de salida de 3-5 m/s, lo suficientemente altas para evitar la obstrucción en el punto de descarga de las mismas.
- 10 Gracias a dicha configuración del dispositivo de inyección de aguas residuales en el interior del reactor, el depósito de alimentación acumula energía hidráulica en forma de lo que se denomina *volumen efectivo de aguas residuales*, que representa un volumen específico, parcial, del volumen total del depósito de alimentación y determina la cantidad de agua generada en cada pulso cuando se abre la válvula automática. El volumen efectivo dentro del depósito de alimentación debe oscilar entre el 0,5 % y 1,5 % del volumen total del reactor y está definido por un nivel
- 15 máximo ($H_{\max}$) y mínimo ($H_{\min}$) de aguas residuales, de forma tal que la energía hidráulica (volumen efectivo) se libere en forma de pulsos de aguas residuales y dichos pulsos fluyan hacia abajo a través de las tuberías empleando válvulas automáticas que se abren cuando el volumen efectivo dentro del depósito de alimentación alcanza el máximo nivel específico ($H_{\max}$), que puede alcanzar hasta 2,5 m por encima del nivel de agua en el interior del reactor. Por el contrario, el pulso termina cuando el volumen efectivo de aguas residuales en el interior del depósito
- 20 de alimentación alcanza una altura o nivel mínimo $H_{\min}$ que nunca debe ser inferior a 0,5 m por encima del nivel del agua dentro del reactor. Es decir, la energía hidráulica del pulso de aguas residuales depende de la diferencia entre el nivel máximo y el nivel mínimo alcanzado en el depósito de alimentación (que se define como el volumen efectivo). $H_{\max}$ y $H_{\min}$ siempre diferentes y nunca iguales. El nivel de altura máxima alcanzado por el volumen efectivo de las aguas residuales (que también puede ser nombrado como "volumen de equiparación efectiva") actúa
- 25 como alarma de nivel alto para que se abra la válvula automática y producir el pulso de aguas residuales; en ese momento el depósito de alimentación posee el volumen efectivo. El $H_{\max}$ debe de estar preferentemente entre 1,5 y 2,5 m por encima del nivel del agua dentro del reactor. El nivel de altura mínima actúa como señal para cerrar la válvula, ya que en ese momento se ha liberado el volumen efectivo y el depósito tiene que ser rellenado; la $H_{\min}$ debe de estar preferentemente entre 0,5 y 1,5 m por encima del nivel de agua del reactor. En particular, el dispositivo de inyección comprende medios para medir los niveles mínimos y máximos de aguas residuales efectivos
- 30 en el interior del depósito de alimentación para controlar automáticamente la válvula o válvulas, es decir para la apertura y cierre. Particularmente, la válvula o válvulas se controlan automáticamente por medio de un sensor de nivel que mide el nivel de agua dentro del depósito (nivel mínimo y máximo) y envía una señal a algún dispositivo de control (por ejemplo, PLC o controlador lógico programable, que puede comprender un transmisor y un controlador)
- 35 que actúa sobre la válvula, particularmente el sensor de nivel de agua mide el nivel de aguas residuales en el interior del depósito de alimentación y envía una señal al sistema de control para cerrar automáticamente la válvula cuando el nivel de agua efectivo alcanza $H_{\min}$ y para abrir automáticamente la válvula cuando el nivel de agua efectivo alcanza $H_{\max}$. Es decir, es posible utilizar un solo sensor en el depósito de alimentación para medir ambos, el nivel efectivo mínimo y el nivel efectivo máximo. Sin embargo, un primer y un segundo sensor de nivel se pueden utilizar
- 40 también para medir el nivel mínimo y el nivel máximo, respectivamente.

El sensor de nivel empleado para medir el nivel de aguas residuales puede estar situado dentro o fuera del depósito de alimentación. Por ejemplo, se puede utilizar un sensor de nivel, piezométrico (o conductivo), que se encuentre en el interior del depósito de alimentación para medir el nivel a través de la medida de la presión de la columna de

45 agua. Este sensor de presión está sumergido en el agua a un nivel fijo y mide la presión hidrostática equivalente por encima del diafragma del sensor. Se puede utilizar un sensor de nivel de contacto alternativo en el interior del depósito como por ejemplo un interruptor de nivel flotante, que es más barato, pero no proporciona una señal continua, sino solo las señales de nivel máximo y mínimo. En una realización particular y diferente, se puede utilizar un sensor de nivel de agua que no es de contacto para controlar el nivel de agua efectivo, siendo por ejemplo dicho

50 sensor de nivel un sensor ultrasónico, que opera sobre el principio básico de la utilización de ondas de sonido para determinar el nivel de líquido. Los sensores de nivel de agua sin contacto se encuentran fuera del depósito de alimentación y por encima del nivel del agua, de tal manera que el sensor mide la distancia a la lámina de agua, permitiendo tener una lectura de nivel en todo momento. La elección de un sensor de nivel particular depende del tipo de aguas residuales; en este sentido, se ha observado que los sensores de nivel piezométricos funcionan mejor

55 que los sensores de nivel sin contacto cuando se inyecta aguas residuales que contienen grasa y espuma.

La señal del sensor de nivel es enviada a los medios de control, y dichos medios de control realizan la apertura o cierre de la válvula. El PLC está programado para reconocer los dos puntos de consignas de interés: niveles máximo y mínimo.

60 Para evitar el arrastre de burbujas de aire, la altura mínima de la lámina de agua dentro del depósito de alimentación debe mantenerse siempre por encima del extremo superior del colector de admisión. Dicho primer extremo (superior) del colector de admisión está conectado a la salida del depósito de alimentación y situado en la parte inferior del mismo para permitir la salida por gravedad de los pulsos de agua residual a través del colector de admisión. Sin embargo, esta ubicación específica de la salida del depósito no es estrictamente necesaria, ya que se puede dejar que el flujo salga directamente hacia abajo desde la parte inferior del depósito, o alternativamente se

puede dejar que el flujo salga lateralmente en algún punto de la parte inferior del depósito junto a la parte inferior. La salida (y el colector de admisión) deben permitir que el agua salga por la parte inferior, para evitar la acumulación de sólidos.

El dispositivo de inyección de las aguas residuales produce una velocidad de flujo ascendente del líquido en el reactor que va desde 0 m/h entre pulsos hasta un máximo de 6-12 m/h en el momento del pulso, es decir durante un tiempo no muy largo para evitar el lavado de sólidos en el reactor, pero que es suficiente para provocar la expansión del manto de lodos. Como se ha indicado, el depósito de alimentación se encuentra siempre por encima del nivel del agua dentro del reactor, y tiene un volumen efectivo de entre 0,5 % y 1,5 % del volumen total del reactor, de tal manera que su nivel de aguas residuales fluctúa de 0,5 a 2,5 m por encima del nivel del agua del reactor para la producción de los pulsos por gravedad. De acuerdo con lo anterior, la válvula se abre para el paso del pulso de aguas residuales cuando el nivel dentro del depósito alcanza un nivel máximo efectivo $H_{\max}$, y se cierra en un nivel mínimo efectivo $H_{\min}$. Entre pulsos, el volumen efectivo fluctúa entre los niveles, máximo y mínimo. Preferentemente el volumen efectivo del depósito de alimentación debe ser de 1,0 % del volumen total del reactor.

Debe tenerse en cuenta que los reactores UASB, como se menciona en la presente invención, son una tecnología conocida. Por ejemplo, se sabe que los reactores UASB generalmente poseen un separador trifásico, un manto de lodos granulares o floculentos, deflectores en la parte superior, un colector de gas y aliviaderos para la salida del efluente por rebosamiento, entre otros elementos. En el caso de la presente invención el reactor UASB tiene un lodo granular o floculento.

La presente invención va dirigida también a un método para inyectar y mezclar aguas residuales (no presurizadas), de entradas en reactores anaerobios de tipo UASB por medio del dispositivo descrito anteriormente para fluidizar el manto de lodos con aguas residuales sin sedimentar y bajo temperaturas sub-mesófilicas, caracterizado por que el método comprende las etapas de la reivindicación 6.

De acuerdo con lo anterior, el lapso de tiempo entre la apertura y el cierre de la válvula, que es el tiempo necesario para drenar gradualmente el depósito hasta que el nivel de aguas residuales alcanza el $H_{\min}$ (y entonces la válvula se cierra), por lo general varía entre 15 y 30 segundos en la presente invención. El tiempo para drenar el depósito es esencial para lograr expandir el manto de lodos.

Como se ha explicado anteriormente, cuando se describe el dispositivo de inyección, el volumen efectivo fluctúa dentro del depósito entre un nivel máximo o efectivo menor e igual que 2,5 m por encima del nivel del agua dentro del reactor, y un nivel mínimo mayor o igual que 0,5 m. En un caso ideal, el depósito se alimenta con un caudal de aguas residuales hasta alcanzar una altura o nivel máximo $H_{\max}$ entre 1,5 y 2,5 m por encima del nivel del agua dentro del reactor, y luego la válvula se abre. Posteriormente, la válvula se cierra cuando el nivel de las aguas residuales en el interior del depósito alcanza una altura o nivel mínimo $H_{\min}$ entre 0,5 y 1,5 m por encima del nivel del agua en el interior del reactor. Es obvio que la altura o nivel máximo $H_{\max}$ de aguas residuales dentro del depósito es siempre mayor que la altura o nivel mínimo $H_{\min}$, ya que el volumen efectivo definido entre los dos niveles, determina la energía hidráulica del pulso de aguas residuales.

Como se ha afirmado anteriormente, el nivel mínimo de aguas residuales además de estar por encima del nivel de agua del reactor también debe estar por encima del colector de entrada para evitar el arrastre de burbujas de aire hacia el interior del reactor.

Los pulsos de aguas residuales generadas con un dispositivo de este tipo, y con el método descrito anteriormente, producen un flujo de alimentación de aguas residuales entre 25 y 80 veces mayor que el flujo que genera el sistemas de distribución sin pulsos, lo que resulta en una velocidad de flujo ascendente de líquido en el reactor que varía de 0 m/h entre pulsos (sin pulso) a un máximo de entre 6 y 12 m/h cuando se genera el pulso, creando así suficiente energía para expandir el manto de lodos.

Gracias a dicho método, junto a la configuración del dispositivo de inyección, la velocidad de flujo/pulso del agua residual a través del colector y las tuberías de distribución varía desde 0 m/h entre pulsos (sin pulso) hasta 1-3 m/s durante la generación de pulsos. Además, la velocidad de inyección de agua obtenida a través de las boquillas oscila entre 0 m/h (entre pulsos) hasta 3-5 m/s durante la generación del pulso.

Un tercer objeto de la presente divulgación se trata de un digestor anaerobio de flujo ascendente con manto de lodos (UASB) para el tratamiento de agua residual, sin sedimentar previa, a temperaturas sub-mesófilicas, caracterizado por que comprende el dispositivo de inyección y mezcla no presurizado de aguas residuales definido anteriormente. El dispositivo de inyección es el encargado de inyectar, mezclar y distribuir el agua residual de entrada en el reactor UASB, y ambos elementos, el dispositivo de inyección y el reactor, son conectables mediante una o varias tuberías del primer elemento que entran en el interior del segundo elemento citado hasta quedar insertadas dentro del manto de lodos.

El dispositivo y método descritos permiten obtener las siguientes ventajas:

- Mejora de las eficiencias de eliminación de la demanda química de oxígeno total (COD_T), demanda química de oxígeno soluble (COD_S), y de sólidos suspendidos totales (TSS).
 - Obtención de mayores rendimientos de biogás que los reactores UASB convencionales para este uso (véase Ejemplos 1 y 2).
- 5 • Excelente clarificación, debido a la retención eficiente de sólidos de difícil sedimentación mediante clarificación estática entre pulsos. Este es uno de los puntos más importantes para esta aplicación debido a que:
- Hace que el sistema sea apto tanto para reactores UASB con lechos de lodo granular como con lodo floculento. En la mayoría de los casos, el lodo no llega a formar biomasa granular, por lo que es importante
- 10 proporcionar un sistema capaz de retener la biomasa floculenta;
- La eliminación de gran parte de los sólidos suspendidos coloidales en el de entrada, que son retenidos en el manto de lodos con una mayor hidrólisis y degradación anaerobia. Esta fracción representa el mayor porcentaje de la COD total en aguas residuales municipales.
- 15 • Bajo consumo de energía: El manto fluidizado se obtiene mediante pulsos de alto flujo, generados por gravedad sin recirculación del efluente y en reactores de menor altura que los reactores EGSB.
- Menores costes de operación y mantenimiento, ya que con el alto flujo de los pulsos se impide la obturación de la tubería y de la boquilla, y no es necesario el uso de bombas de alta presión o de limpieza continua.
 - Diseño simple: el lodo floculento es retenido sin una alta densidad de tuberías cruzadas “espaguetis” como en los
- 20 reactores UASB municipales, ni el complejo diseño del separador trifásico de los reactores EGSB.

La Tabla 2 muestra una comparación entre las características más importantes del presente dispositivo y de aquellos de la técnica anterior (mostrados también en la Tabla 1).

Tabla 2. Comparación de las características principales de los reactores UASB, reactores EGSB y estos tipos de sistemas que comprenden del presente dispositivo de inyección y mezcla

TIPO DE REACTOR		UASB	EGSB	Reactor que comprende el presente dispositivo
	Nombre comercial	Biothane UASB	Biobed EGSB	-----
PARÁMETROS DE DISEÑO GENERALES	Tipo de lodo	Floculento o granular	Granular	Floculento o granular
	Energeia de mezcla	Gas producido; se requiere alta COD o bajo HRT	Alta velocidad de flujo ascendente del líquido por recirculación, Gas producido.	Pulsos
	Velocidad del gas (m/h)	0,4-1,5	0,5-7	0,01-1
	Velocidad del líquido (m/h)	0,5-1	6-15 (con recirculación)	Varía desde 0,1-1 (sin pulso) a 6-12 (pulsos)
	Altura del Reactor (m)	5,5-6,5	12-18	5-6
LODO A T<20°C	HRT (h)	16-48	16-48	16-48
	STR (d) para la hidrólisis	100-140	100-140	100-140
	Velocidad de flujo ascendente del líquido en el reactor (m/h)	0,1-0,25	0,3-0,75 (de entrada) 6-15 (se requiere una recirculación elevada)	Varía entre 0,1-1 (sin pulso) a 6-12 (pulsos)
	Velocidad del gas (m/h)	0,02 a 0,1	0,06-0,3	0,02-0,1
	Ventajas	- Retención de los sólidos suspendidos de entrada y de la biomasa floculenta - No necesita granulación - Baja energía de bombeo (baja altura y no se necesita recirculación en la mayoría de los casos) - Separador trifásico simple.	- Manto expandido: excelente mezcla por recirculación. - Evita el arrastre de burbujas de aire. - Evita el bloqueo de las boquillas	- Manto expandido: excelente mezcla por pulsos - Evita el arrastre de burbujas de aire. - Evita el bloqueo de las boquillas - Retención de los sólidos suspendidos de entrada y de la biomasa floculenta - No necesita granulación - Baja energía de bombeo (baja altura y no se necesita recirculación) - Separador trifásico simple sin cruce de tuberías verticales.

Breve descripción de las figuras

5

La **Figura 1** muestra una representación esquemática bien conocida de un reactor anaeróbico de alta carga, de tipo flujo ascendente con manto de lodos (reactor UASB), con un dispositivo convencional de distribución del agua residual de entrada.

10

La **Figura 2** muestra una representación esquemática de un reactor anaeróbico de alta carga, de tipo flujo ascendente con manto de lodos (reactor UASB), con un dispositivo de inyección y mezcla del agua residual de entrada de acuerdo con la presente invención.

Descripción detallada de la invención

La Figura 1 ilustra la técnica anterior, y muestra un reactor UASB bien conocido alimentado con un flujo de entrada de agua residual (1) y que tiene una caja de distribución de entrada convencional (2) por gravedad sobre varios aliviaderos de caída libre en forma de V dentados (4) y tuberías verticales de entrada (3) individuales. El agua alimentada en la parte superior del reactor se inyecta en la parte inferior del mismo a través del extremo (5) de las tuberías de entrada, que están a una altura H_1 sobre la parte inferior del manto de lodos (6)/el reactor, y posteriormente atraviesan el manto de lodos (6). La biomasa, el agua y el biogás se separan en la parte superior del digestor mediante un deflector convencional (7) y un separador trifásico (8). El flujo de gas (11) se recoge, y la biomasa vuelve al volumen activo del reactor mientras que el flujo de agua tratada (10) rebosa por los aliviaderos (9).

El dispositivo de inyección y mezcla del agua residual de entrada particular objeto de la presente invención se muestra en la Figura 2, se utiliza en un reactor de tipo UASB para fluidizar el manto de lodos (6) con agua residual sin sedimentar y trabaja bajo temperaturas sub-mesofílicas.

El dispositivo de inyección y mezcla del agua residual comprende un depósito de alimentación por pulsos no presurizado (12) con un volumen efectivo del 1 % del total del volumen del reactor, estando el depósito situado fuera del reactor y por encima del nivel del agua del propio reactor, el nivel del agua residual dentro del depósito de alimentación manteniéndose (y fluctuando entre pulsos) a una altura entre 0,5 y 2,5 m sobre el nivel del agua del reactor. El depósito (12) es alimentado por un flujo de agua residual (1) a través de una tubería (13) localizada en la parte superior del mismo, normalmente mediante bombeo del flujo (1). El agua residual se acumula en el depósito (12) hasta que alcanza la altura máxima $H_{\max}$ dentro del depósito (cuando el depósito está lleno) variando en el rango de 1,5 a 2,5 m sobre el nivel de agua dentro del reactor. Después, una válvula (16) se controla automática por un sensor del nivel sin contacto (19) que está conectado a un sistema de control (Controlador Lógico Programable) (20), de manera que el flujo de agua residual en la forma de un pulso con un volumen igual al volumen efectivo acumulado dentro del depósito se genera por gravedad durante 15-30 segundos a través de un colector de entrada (15) que conecta en un extremo con la salida (14) del depósito de alimentación (12) y en el otro con las tuberías de distribución (17) por medio de la válvula (16), permitiendo dicha válvula (16) el paso del pulso de agua residual y su entrada en el reactor. La tubería de distribución (17) se conecta con la válvula automática (16) fuera del reactor y con el interior del mismo, introduciéndose en el manto de lodos (6). Posteriormente el pulso de agua residual es inyectado por las tuberías de distribución (17) en la parte inferior del reactor a través de las boquillas de inyección (18) localizadas sobre la parte inferior (6), las boquillas están colocadas a una altura H_1 de 200-300 mm sobre la parte inferior, y la densidad de boquillas es de 1 por 4-5 m² de superficie de reactor. El diámetro de las boquillas está calculado para generar una velocidad de inyección de 0 m/h entre pulsos hasta 3-5 m/s durante la generación del pulso. La válvula (16), automáticamente controlada por el sensor de nivel de agua (19), se cierra cuando el nivel de agua residual en el depósito de alimentación (2) alcanza una altura menor $H_{\min}$ de 0,5 a 1,5 m sobre el nivel del agua dentro del reactor y siempre estando por encima de la salida del depósito de alimentación (14) para impedir la entrada de burbujas de aire en el reactor. Los pulsos generados con este sistema producen un flujo en la tubería de distribución (15) que es de 25 a 80 veces mayor que el flujo de entrada de agua residual (1), creando la suficiente energía para expandir el manto de lodos (6) por gravedad.

El resto de la configuración mostrada en la Figura 1 es idéntica a los reactores UASB convencionales, y puede variar dependiendo de cada caso y situación experimental: aparte del dispositivo de inyección descrito anteriormente, el reactor comprende un manto fluidizado/expandido de lodo granular o floculento (6), un deflector convencional (7) así como baffles; un separador trifásico (8), aliviaderos (9) para la salida del efluente (flujo del agua tratada (10)), y un colector de gas para la corriente de biogás (11). De este modo, el agua residual inyectada con el sistema descrito pasa a través del manto de lodos (6) y por tanto de la biomasa; el agua tratada (efluente) y el biogás son separados en la parte superior del digestor mediante un deflector convencional, los aliviaderos del efluente (9) y el separador trifásico (8). Es decir, la corriente de gas (11) se colecta, la biomasa se devuelve al volumen activo del reactor y el agua tratada (10) sale del reactor al rebosar a través de los aliviaderos (9).

El dispositivo de inyección produce una velocidad de flujo ascendente del líquido en el reactor en el rango desde 0 m/h entre pulsos (i.e. sin pulso) hasta un máximo de 6-12 m/h durante la generación del pulso, que es suficiente para expandir el manto, pero no tan elevado como para producir el lavado de los sólidos suspendidos con el efluente.

Ejemplos

Ejemplo 1. Estudio comparativo experimental: dispositivo de inyección de acuerdo a la invención definida en la Figura 2 frente a un sistema de distribución convencional en un reactor UASB para el tratamiento de agua residual sin sedimentar previa en condiciones sub-mesofílicas.

El agua residual bruta fue alimentada a dos reactores UASB idénticos, ambos inoculados con lodo floculento en el Suroeste de España (Chiclana de la Frontera), en condiciones ambientales, uno de ellos equipado con un sistema convencional de distribución y otro con el dispositivo de inyección instantáneo. El presente dispositivo de inyección

está adaptado al método experimental, y por esa razón las tuberías de distribución están equipadas con una única boquilla. Dicha característica no es una limitación de la invención, sino un aspecto que se adapta a las condiciones experimentales específicas.

- 5 Los principales parámetros de diseño del sistema, incluyendo el reactor y el dispositivo de inyección y mezclado son:

PARAMETROS DEL REACTOR

- Volumen del reactor	20	m ³
- Diámetro del reactor	2,5	m
- Área del reactor	4,91	m ²

DISPOSITIVO DE INYECCIÓN Y MEZCLA DEL AGUA RESIDUAL

Depósito de alimentación

- Diámetro del depósito	600	mm
- Volumen del depósito de alimentación	0,201	m ³
- Ratio de volumen del depósito/reactor	1,0	%
- H _{max}	1,88	m
- H _{min}	1,17	m
- Número de colectores de entrada	1	
- Número de tuberías de distribución	1	
- Diámetro de entrada de la boquilla	67,8	mm
- Número de boquillas	1	
- Densidad de boquillas	4,91	m ² superficie reactor/boquilla
- Distancia de inyección desde la boquilla a la parte inferior del reactor	300	mm

PARÁMETROS DEL PROCESO

- Flujo de entrada del agua residual	0,55	m ³ /h
- Tiempo de retención hidráulico	36	h
- Flujo en las tuberías de distribución durante los pulsos	43	m ³ /h
- Ratio flujo del colector de distribución/flujo de entrada	78	
- Tiempo de drenaje del depósito	16,6	s
- Velocidad en las boquillas	3,3	m/s
- Velocidad de flujo ascendente del líquido durante los pulsos	8,9	m/h

PARÁMETROS DEL AGUA RESIDUAL

- Temperatura	16-19	°C
- DQO _s	255±63	mg/l
- DQO _T	255±63	mg/l
- TSS	203±87	mg/l
- Sulfatos	98±42	mg/l
- Amonio	46±10	mg/l

10

A continuación, se muestran los resultados experimentales principales obtenidos cuando se compara el dispositivo de inyección instantáneo con el convencional:

RESULTADOS	reactor UASB	Dispositivo de inyección presente
DQO _T (%)	34,3	68,8
Sulfatos RE (%)	28,5	84,4
m ³ CH ₄ /kg COD _{eliminada}	0,10	0,12
Producción de biogás (m ³ /día)	0,29	0,71

15

Los resultados obtenidos muestran un incremento significativo e importante de los parámetros eliminación de DQO_T (192 %) y producción de biogás (245 %) en el reactor UASB gracias al dispositivo de inyección de entrada, descrito en la presente invención.

20

Ejemplo 2. Estudio comparativo experimental: dispositivo de inyección de acuerdo a la invención definida en la Figura 2 frente a un sistema de distribución convencional en un reactor UASB para el tratamiento de agua residual bruta con un manto de lodos de lodo granular.

25

El agua residual bruta fue suministrada a dos reactores UASB idénticos, ambos inoculados con lodo granular procedente de Chiclana de la Frontera, Cádiz (Suroeste de España), a temperatura ambiente. Uno de los reactores fue equipado con un sistema de distribución convencional mientras que el otro fue equipado con el dispositivo de inyección instantánea. Los parámetros definidos en el Ejemplo 1 fueron aplicados también en este caso experimental, pero con un incremento en el flujo de agua residual de entrada:

PARÁMETROS DEL PROCESO

- Flujo de entrada del agua residual	0,83	m ³ /h
- Tiempo de retención hidráulico	24	h
- Flujo en las tuberías de distribución durante los pulsos	43	m ³ /h
- Ratio flujo del colector de distribución/flujo de entrada	51	
- Tiempo de drenaje del depósito	16,6	s
- Velocidad en las boquillas	3,3	m/s
- Velocidad de flujo ascendente del líquido durante los pulsos	8,9	m/h

A continuación se muestran los resultados experimentales más relevantes de la comparación del dispositivo de inyección instantáneo y el sistema convencional:

RESULTADOS	reactor UASB	Dispositivo de inyección presente
DQO _T (%)	14,4	37,3
Sulfatos RE (%)	36	96,5
m ³ CH ₄ /kg COD _{eliminada}	0,06	0,09
Producción de biogás (m ³ /día)	0,29	0,49

- 5 Los resultados obtenidos representan un incremento significativo e importante de los parámetros de DQO_s (259 %) y de producción de biogás (169 %) del reactor UASB gracias al dispositivo de inyección de entrada descrito en la presente divulgación.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de inyección y mezcla de aguas residuales no presurizadas de entrada para el tratamiento de agua residual sin sedimentar bajo temperaturas sub-mesofílicas en reactores UASB, **caracterizado por que** comprende:

- un depósito de alimentación de agua residual (12), situado fuera del reactor y por encima del nivel del agua del reactor, con un volumen efectivo de agua residual suficiente para generar pulsos por gravedad en el intervalo comprendido entre 0,5 a 1,5 % del volumen total del reactor, dicho volumen efectivo dentro del depósito (12) estando a una altura entre un nivel mínimo de agua residual $H_{\min}$ igual o mayor a 0,5 m y un nivel máximo de agua residual $H_{\max}$ igual o inferior a 2,5 m sobre el nivel del agua en el reactor, siendo $H_{\max}$ siempre mayor que $H_{\min}$ para producir la energía hidráulica del pulso; y teniendo el depósito de alimentación (12) una entrada superior (13) así como una salida (14) en la parte inferior para el agua residual, y conectándose al reactor a través de
- un colector de entrada (15), que en un extremo conecta hacia abajo la salida (14) del depósito de alimentación (12) con,
- una o más tuberías de distribución de aguas residuales (17) en un segundo extremo, teniendo cada tubería de distribución (17) una válvula (16) controlada automáticamente por el nivel efectivo de agua residual en el interior del depósito de alimentación (12), insertándose la tubería o tuberías (17) en el manto de lodos (6) dentro del reactor para la distribución de pulsos de agua residual a la parte inferior del reactor
- boquillas de inyección (18) que tienen un punto de descarga hacia abajo situado a una altura entre 200 y 300 mm desde la parte inferior del reactor para evitar zonas muertas y pérdidas de energía, y
- un sensor de nivel de agua (19) para medir el nivel mínimo efectivo de agua residual $H_{\min}$ y el nivel máximo efectivo de agua residual $H_{\max}$ dentro del depósito de alimentación (12), capaz de enviar una señal a los medios de control (20) que actúan cerrando y abriendo la válvula (16).

2. El dispositivo de la reivindicación 1, donde el depósito de alimentación (12) tiene un volumen efectivo de agua residual del 1,0 % del volumen total del reactor.

3. El dispositivo de una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, donde el reactor comprende un manto fluidizado de lodo floculento o granular.

4. El dispositivo de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 anteriores, donde la densidad de las boquillas (18) en las tuberías de distribución (17) es de 1 boquilla (18) por cada 4-5 m² de área superficial de reactor, y el diámetro de la boquilla (18) permite una velocidad de 3-5 m/s del flujo de agua residual.

5. El dispositivo de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde el nivel mínimo de agua residual dentro del depósito de alimentación (12) está a una altura comprendida entre 0,5 y 1,5 m por encima del nivel de agua dentro del reactor, y el nivel máximo de agua residual dentro del depósito de alimentación (12) está a una altura máxima comprendida entre 1,5 m y 2,5 m por encima del nivel de agua dentro del reactor, siendo el nivel máximo mayor que el nivel mínimo de agua residual dentro del reactor.

6. Un método para la inyección y mezcla de agua residual no presurizada, de entrada en reactores anaerobios de alta carga por medio del sistema definido en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, para fluidizar el manto de lodos (6) con aguas residuales sin sedimentar y bajo temperaturas sub-mesofílicas, **caracterizado por que** dicho método comprende:

- alimentar el depósito de alimentación (12) con un flujo de agua residual;
- abrir automáticamente la válvula (16) por medio del sensor de nivel de agua (19) que envía una señal a los medios de control (20) cuando el volumen efectivo en el interior del depósito (12) alcanza el nivel máximo $H_{\max}$ para generar un pulso del flujo de agua residual por gravedad que pasa a través del colector de entrada (5) que conecta la salida (14) del depósito de alimentación (12) con la tubería de distribución (17), inyectando por tanto dicho pulso de agua residual en el reactor (6) de manto de lodos,
- distribuir el pulso de agua residual desde la tubería de distribución (17) a la parte inferior del manto de lodos (6) del reactor a través de las boquillas de inyección (18), por gravedad; y
- cerrar automáticamente la válvula (16) por medio del sensor de nivel de agua (19) que envía una señal a los medios de control (20) cuando el volumen efectivo en el interior del depósito (12) alcanza el nivel mínimo $H_{\min}$ para detener el pulso.

7. El método de acuerdo con la reivindicación 6 anterior, donde la velocidad del pulso de agua residual dentro del reactor para expandir el manto de lodos (6) alcanza hasta un máximo entre 6 y 12 m/h.

8. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6 o 7, donde la válvula (16) se abre cuando el nivel máximo de agua residual $H_{\max}$ se encuentra entre 1,5 m y 2,5 m sobre el nivel de agua dentro del reactor, y la válvula (16) se cierra cuando el nivel mínimo de agua residual $H_{\min}$ se encuentra entre 0,5 m y 1,5 m sobre el nivel de agua dentro del reactor, siendo $H_{\max}$ siempre mayor que $H_{\min}$ para producir la energía hidráulica del pulso.

9. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, donde la diferencia entre el nivel de agua residual máximo y el nivel de agua residual mínimo dentro del depósito (12) define un volumen efectivo igual al 1 % del volumen total del reactor.
- 5 10. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, donde la velocidad del pulso de agua residual a través del colector de entrada (15) y de la tubería de distribución (17) alcanza los 1-3 m/s, y la velocidad de inyección del agua a través de las boquillas (18) alcanza los 3-5 m/s.
- 10 11. Un reactor anaeróbico de flujo ascendente con manto de lodos (UASB) para el tratamiento de aguas residuales sin sedimentar bajo temperaturas sub-mesofílicas **caracterizado por que** comprende un dispositivo de inyección y mezcla de agua residual no presurizada de entrada definido en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5.

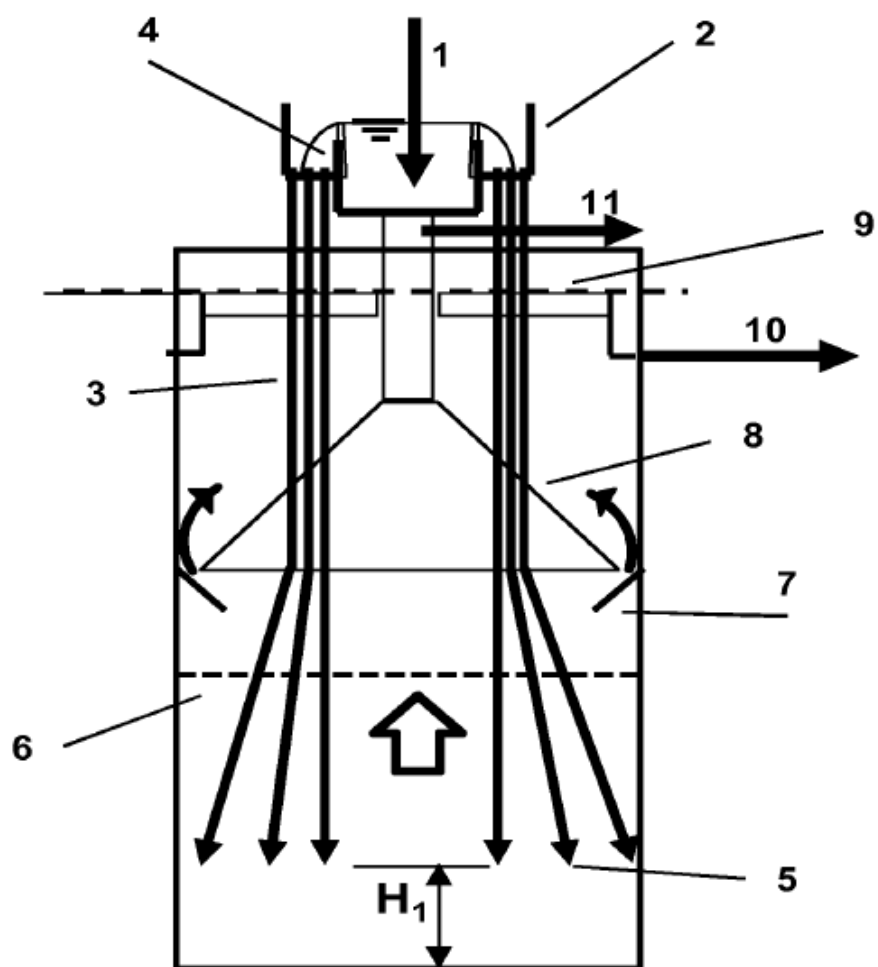


FIG. 1 (Técnica anterior)

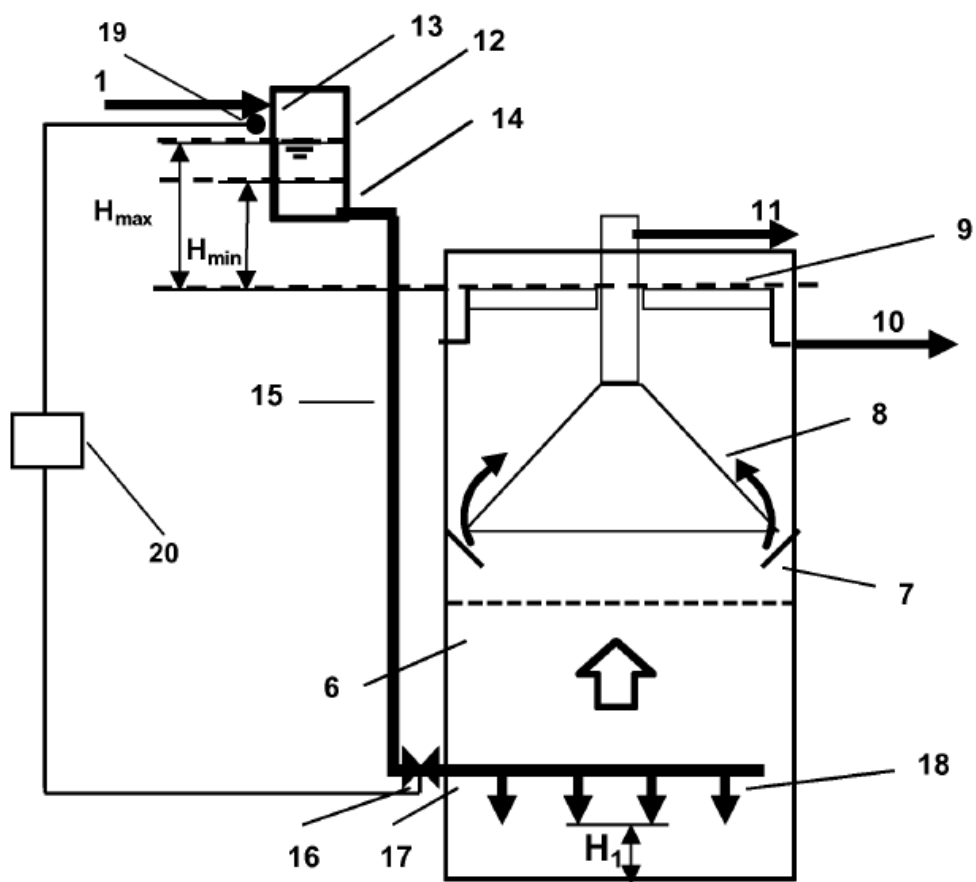


FIG. 2