

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 015 751**

51 Int. Cl.:

C02F 3/08 (2013.01)

C02F 3/10 (2013.01)

C02F 3/12 (2013.01)

C02F 1/32 (2013.01)

C02F 1/44 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.12.2017 PCT/GB2017/053890**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.06.2018 WO18115907**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.12.2017 E 17825284 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.01.2025 EP 3558877**

54 Título: **Sistema de depuración de agua residual**

30 Prioridad:

23.12.2016 GB 201622177

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

07.05.2025

73 Titular/es:

ECOTRICITY NEW VENTURES LIMITED (100.00%)

Lion House, Rowcroft

Stroud, Gloucestershire GL5 3BY, GB

72 Inventor/es:

KAYE, PETER

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 3 015 751 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema de depuración de agua residual

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a una unidad de tratamiento biológico del agua para el tratamiento biológico de un sistema de agua residual.

10 **Antecedentes**

15 El agua es una necesidad fundamental para la vida de todos los habitantes de la Tierra, y el rápido crecimiento de la población humana mundial, junto con los efectos del cambio climático, está poniendo a prueba los recursos hídricos finitos de la Tierra. Menos del uno por ciento del agua del planeta puede utilizarse para las necesidades humanas, y la creciente presión sobre los recursos de agua dulce está provocando escasez de agua en muchas partes del mundo.

20 Para mitigar la creciente escasez de agua dulce, es de particular importancia el perfeccionamiento de las técnicas de reciclado de agua, en particular el perfeccionamiento de las técnicas de reciclado de agua residual doméstica y comercial.

25 El reciclado de agua residual implica la eliminación de las partículas sólidas y, a continuación, el procesamiento de depuración para producir agua potable. Los sistemas municipales de agua existentes reciclan el agua a través de procesos de tratamiento de agua cloacal y de depuración de agua, procesos que a menudo están conectados entre sí a través de cursos de agua y acuíferos. En primer lugar, las plantas de tratamiento de agua cloacal separan los lodos residuales del agua y someten los componentes del agua y los lodos a procesos de tratamiento independientes. Los lodos se incineran, se procesan en plantas anaerobias para producir biogás, se utilizan como abono, se envían a vertederos, etc. El agua residual restante normalmente se somete a procesos de tratamiento mecánico, biológico y químico que reducen la contaminación antes de verterla a los cursos de agua o al mar. En algunos casos, incluso en el mundo desarrollado, el agua residual se vierte sin tratamiento o con un tratamiento mínimo, lo que provoca daños medioambientales y riesgos para la salud de la población humana y animal. En segundo lugar, el agua se extrae de cursos de agua o acuíferos y se somete a procesos de tratamiento para producir agua potable. A menudo, los cursos de agua y los acuíferos se alimentan parcialmente de efluentes de plantas de tratamiento de agua cloacal y/o de agua cloacal sin tratar. El efecto global de la combinación de procesos descrita anteriormente es reciclar el agua aunque los componentes del sistema no hayan sido diseñados con ese propósito. El reciclado del agua procedente de agua cloacal descrito anteriormente suele denominarse reutilización potable no planificada.

40 En zonas sin red de alcantarillado, las fosas sépticas se utilizan habitualmente para procesar el agua residual, tanto a escala doméstica como comercial. Las fosas sépticas se suelen usar en el hogar cuando no hay acceso a una red de alcantarillado. Las fosas sépticas tradicionales procesan el agua residual permitiendo que los sólidos dentro del agua residual se depositen en el fondo de la fosa y que los residuos ligeros (p. ej., aceites) floten en la superficie del agua residual dentro de la fosa. De este modo, se forma una capa de agua intermedia clarificada entre las capas de residuos superior e inferior. Además, la mayoría de las fosas sépticas biodegradan parcialmente los residuos mediante digestión anaerobia, aunque algunos sistemas utilizan otros métodos de tratamiento. Los residuos sólidos recogidos dentro de fosas sépticas deben vaciarse y eliminarse a intervalos regulares. El agua clarificada dentro de la fosa séptica está sustancialmente libre de partículas sólidas grandes, pero normalmente comprende partículas finas, bacterias y productos químicos tales como compuestos que contienen nitrógeno y fósforo. Dado que el agua clarificada comprende tales componentes, no puede reutilizarse y normalmente se deja que drene al suelo por medio de un campo de drenaje, que permite que el agua se filtre en el suelo.

55 Faltan sistemas de reciclado de agua residual disponibles para usar a escala no industrial (por ejemplo, a escala comercial o doméstica). Los sistemas existentes se basan en la combustión de combustible para depurar corrientes residuales mediante procesos de destilación o usan electricidad para el bombeo en procesos de ósmosis inversa. El inconveniente de estos sistemas es que consumen mucha energía. Se han establecido sistemas de depuración de agua residual que emplean estas técnicas de depuración para los países en desarrollo. Por ejemplo, la combustión de biocombustibles para depurar corrientes residuales mediante destilación. Sin embargo, estos sistemas dependen de la disponibilidad de combustible (en algunos casos biocombustible producido a partir del agua residual) para que el sistema funcione, y no son prácticos para uso doméstico, donde un hogar puede no acumular suficientes residuos (por ejemplo, para producir biogás como combustible) para utilizar totalmente su sistema. Por lo tanto, se necesita un sistema capaz de procesar corrientes de agua residual para producir agua potable limpia para uso doméstico y/o comercial. También es necesario un sistema capaz de procesar corrientes de agua residual para producir agua potable limpia, y que tenga un bajo impacto medioambiental y bajos costes de mantenimiento, revisión y funcionamiento.

65

Por lo tanto, un objeto de la presente invención consiste en proporcionar un sistema adecuado para aplicación doméstica y/o comercial, que sea capaz de reciclar agua residual en agua potable. Otros objetos de la presente invención son proporcionar un sistema adecuado para aplicaciones domésticas y/o comerciales que sea capaz de reciclar agua residual en agua potable utilizando cantidades reducidas de energía, que no produzca lodos que deban bombearse; que pueda funcionar durante largos periodos entre visitas de mantenimiento, que tenga dimensiones compactas y/o que funcione sin necesidad de añadir productos químicos externos al sistema para eliminar bacterias, partículas finas y productos químicos.

El documento CN104291436B divulga un dispositivo de tipo tambor, para el tratamiento de agua residual por biopelícula, que comprende un depósito de reacción, un tambor, un eje giratorio, un motor, un soporte, una entrada y una salida de agua, un controlador de nivel de líquido y un equipo de monitorización en línea, en donde el tambor se alimenta con relleno biológico.

El documento KR101147247B1 divulga un dispositivo de reacción de nitrificación que incluye un reactor de nitrificación, una parte de transferencia de par, un difusor, una parte de lavado, un deflector, un vertedero y una tubería de drenaje. El reactor de nitrificación está integrado junto con un eje giratorio y un cartucho de nitrificación. El cartucho de nitrificación incluye un bastidor, una malla, un medio filtrante de poliestireno expandido y un saliente macho de combinación. La parte de transferencia de par aplica el par al reactor de nitrificación basándose en la potencia de un motor reductor. El difusor genera microburbujas hacia el cartucho de nitrificación. La parte de lavado lava el cartucho de nitrificación. El deflector se instala en la dirección vertical de la pared del reactor de nitrificación. El vertedero se forma en el lado posterior del deflector. La tubería de drenaje evacua el agua tratada desde el vertedero.

El documento DE19514931A1 divulga un biorreactor para la limpieza de agua residual que consiste en un depósito con entrada y salida que contiene un sustrato portador de biomasa. Una unidad airea el contenido del depósito. Hay un sustrato móvil. Se trata de un relleno suelto que consiste en pequeñas partículas individuales. Esta aglomeración se mantiene en el tambor de rejilla, que está cerrado por todos los lados y encaja en el recipiente. En el depósito y/o el tambor hay medios para voltear la aglomeración.

El documento JPS5424455A divulga un método de tratamiento biológica de agua residual por un método de contacto fluidizado.

El documento JP2001314883A divulga un depósito de biorreacción que descompone materia orgánica realizando aireación bajo una alta carga de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), y un depósito de biorreacción de alta carga, que está colocado corriente abajo de este depósito de biorreacción de alta carga, es aireado para realizar aireación con una baja carga de DBO para eliminar la materia orgánica.

El documento JPH07313991A divulga un método para tratar agua cloacal en el que el agua cloacal se trata en un depósito anaeróbico y posteriormente se trata en unos depósitos aeróbicos primero y segundo sucesivamente. En un depósito de reacción pueden estar presentes dos tipos de soportes de inmovilización de bacterias, un soporte A fluidificable y un soporte B que tiene un tamaño de partícula mayor que el del soporte A, y el portador A de inmovilización de bacterias se hace circular entre el depósito anaeróbico y el segundo depósito aeróbico junto con una solución mezclada de lodos activados, mientras que el soporte B de inmovilización de bacterias se mantiene sólo en el segundo depósito aeróbico.

Sumario de la invención

La presente invención se define en las reivindicaciones independientes adjuntas, con características opcionales y preferidas definidas en las reivindicaciones dependientes adjuntas.

De acuerdo con la invención, se proporciona una unidad de tratamiento biológico del agua, para el tratamiento biológico de una corriente de agua residual, que comprende: una entrada para agua residual; un reactor; una salida para agua depurada, en donde la entrada, el reactor y la salida están en comunicación fluida; y medios de ventilación configurados para proporcionar ventilación al reactor; y en donde el reactor está dividido en dos o más compartimentos sucesivos por uno o más tamices de malla dispuestos a lo largo de la longitud del reactor partiendo de este modo el reactor en los compartimentos sucesivos, en donde cada compartimento: está en comunicación con los medios de ventilación; comprende una biopelícula en una o más superficies; y comprende un sustrato en polvo o granular, que es más pesado que el agua, para el crecimiento de biopelícula estando dicho sustrato sustancialmente contenido dentro de los compartimentos por el uno o más tamices de malla; el reactor está configurado para exponer al menos una porción del agua residual a la biopelícula en presencia de aire suministrado por encima de la corriente de agua residual por los medios de ventilación para tratar la corriente de agua residual y convertirla en agua depurada; el reactor es un tambor giratorio cilíndrico; los compartimentos sucesivos se hacen progresivamente más pequeños a lo largo de la longitud del tambor giratorio desde el primer compartimento hasta el último compartimento; el uno o más tamices de malla se hacen progresivamente más finos a lo largo del tambor giratorio; el reactor y el uno o más tamices de malla están configurados para girar de modo que se forme una película de agua residual en al menos una porción del reactor y de los tamices de malla a medida que giran a

ES 3 015 751 T3

5 través y fuera de la corriente de agua residual, exponiendo de este modo la película al aire suministrado por los medios de ventilación por encima de la corriente de agua residual; y al menos una porción de una superficie interior del reactor está adaptada para aumentar la fricción entre el sustrato y el reactor de tal manera que, durante el uso, la rotación del reactor hace que al menos una porción del sustrato salga del agua residual y entre en el aire suministrado por los medios de ventilación.

10 Proporcionar ventilación a la unidad de tratamiento biológico del agua permite que el aire fluya dentro y fuera de dicha unidad. También es necesario suministrar aire a la unidad de tratamiento biológico para facilitar el crecimiento de la biopelícula y la digestión aeróbica de las partículas dentro de la corriente residual. Los medios de ventilación de aire pueden comprender además uno o más calentadores y/o uno o más sopladores.

15 Preferentemente, la superficie para formar una biopelícula es al menos una porción de la superficie interior del reactor, y/o al menos una porción de los tamices. Preferentemente, el uno o más tamices de malla es una malla metálica tal como una malla de acero inoxidable.

20 El sustrato puede estar hecho de cualquier material adecuado que tenga una gran superficie para soportar el crecimiento de biopelícula. Preferentemente, el sustrato es altamente poroso, adsorbente y puede proporcionar un sustrato para el crecimiento de biopelícula. Preferentemente, el sustrato es un carbón activado tal como carbón activado granulado (CAG). Como alternativa, el sustrato puede comprender cristobalita, arcilla cocida, materiales artificiales o mezclas de los mismos (incluidas mezclas con carbón activado granulado y mezclas que también utilicen una porción de medios impermeables como carbón o arena).

25 Preferentemente, el sustrato llena del 40 al 75 % del volumen de cada compartimento, y más preferentemente del 55 al 65 % del volumen de cada compartimento.

30 El uno o más tamices que dividen el espacio entre los compartimentos están configurados para ser permeables al líquido de la corriente residual que fluye a través del reactor, y selectivamente permeables a sólidos de un cierto tamaño. Por ejemplo, los tamices sólo dejan pasar sólidos de tamaño inferior a 100 μm , 75 μm , 50 μm o 25 μm , permitiendo de este modo que tanto los contaminantes de mayor tamaño dentro del agua residual como el sustrato queden contenidos en los compartimentos, al tiempo que se permite el paso de sólidos de un determinado tamaño dentro de la corriente residual.

35 Preferentemente, el sustrato tiene un diámetro medio de partícula de 0,15 a 5 mm, más preferentemente de 0,25 mm a 2,5 mm.

Preferentemente, el sustrato tiene un área de superficie de 250 a 5000 metros cuadrados por gramo de sustrato, más preferentemente de 1000 a 3000 metros cuadrados por gramo de sustrato.

40 Proporcionar un sustrato con una gran superficie total (preferentemente un sustrato altamente poroso), es decir, CAG, ayuda a eliminar una amplia gama de contaminantes de la corriente de agua residual mediante procesos físicos de adsorción y atrapamiento. El CAG es eficaz para eliminar los contaminantes de una corriente de agua residual cuando el sistema se pone en marcha por primera vez, incluso antes de que se establezca una biopelícula en la superficie del CAG.

45 Se ha descubierto que las biopelículas formadas en la superficie del sustrato dentro de la unidad biológica son capaces de eliminar una gran proporción de amoníaco, contenido carbonoso (incluidos hidrocarburos tales como aceites) y sólidos. También se consigue la reducción de nutrientes biológicos tales como fósforo y nitrógeno.

50 Las biopelículas que se forman en la superficie del sustrato al ser expuesta a la corriente residual son capaces de eliminar contaminantes mediante adsorción superficial. Se ha descubierto que las biopelículas también biodegradan contaminantes que hayan sido adsorbidos en la superficie del sustrato. De este modo, las biopelículas renuevan la capacidad de adsorción del sustrato, que de otro modo perdería su eficacia de adsorción con el tiempo debido a la falta de sitios de adsorción activos. Este proceso es conocido como biorregeneración. La biorregeneración significa que el sustrato dentro de la unidad de tratamiento biológico no necesita ser sustituido con tanta frecuencia como lo haría en un sistema basado únicamente en las propiedades de adsorción física del sustrato.

La rotación del reactor y/o de los tamices puede ser continua o intermitente.

60 El sustrato es más pesado que el agua y tenderá a amontonarse en el fondo del reactor. La rotación del reactor provoca fricción entre el reactor y la masa de sustrato que yace en el fondo del reactor, elevando de este modo algo del sustrato fuera del agua. Esto tiene el efecto de permitir que el agua drene fuera del sustrato y aumenta ventajosamente la exposición al aire del sustrato (y de la biopelícula adherida a la misma).

La parte interior del reactor está adaptada para aumentar la fricción entre el sustrato y el reactor. De manera aún más preferente, la parte interior del reactor comprende adaptaciones tales como nervaduras o paletas que ayudan a levantar el sustrato a medida que el reactor gira.

5 El reactor de la unidad de tratamiento biológico del agua puede tener forma ahusada. Proporcionar un reactor ahusado permite ventajosamente que los parámetros de proceso dentro de cada compartimento (profundidad del sustrato, relación entre el diámetro de la sección y la longitud de la sección, etc.) permanezcan en proporción en cada etapa. Esto quiere decir que la dinámica del proceso es coherente y, por tanto, el proceso es más fácil de predecir y controlar.

10 Se ha descubierto que proporcionar un reactor con un sustrato en polvo o granular y permitir la rotación del reactor impide ventajosamente que los tamices queden cegados por dicho sustrato en polvo o granular. La rotación del reactor hace que el sustrato y el agua residual se muevan dentro del mismo y de este modo agita las biopelículas que se han formado dentro del reactor en las superficies internas, los tamices y el sustrato, haciendo que el exceso de biopelícula se desprenda de la superficie en la que se encuentra y flote en el agua residual. Se ha descubierto que esta combinación de agitación y desprendimiento impide ventajosamente que las superficies internas del reactor, los tamices y el sustrato se apelmacen con biopelícula. El apelmazamiento no es deseable, ya que hace que las biopelículas sean menos eficaces en la eliminación de contaminantes. Esto se debe a que la biopelícula tiene una exposición reducida tanto al aire por encima del agua residual, que favorece el crecimiento de la biopelícula, como a los contaminantes contenidos dentro del agua residual, reduciendo de este modo la eliminación de contaminantes. Además, las partes internas de las aglomeraciones de biopelícula sufren una exposición reducida al oxígeno, ralentizando de este modo el crecimiento de la biopelícula y reduciendo por tanto la tasa de biorregeneración.

25 La biopelícula que se desprende en las corrientes de agua residual queda atrapada dentro de la etapa en la que se desprendió por los tamices de malla que dividen el reactor hasta que se tritura en partículas finas por la acción de molienda del reactor. Estas partículas finas pueden adherirse a continuación al sustrato o a la biopelícula, donde pueden ser digeridas por los organismos que viven en el sustrato.

30 El reactor dentro de una o más unidades de tratamiento biológico del agua puede tener cualquier volumen, y puede variar en función del uso previsto de la unidad. Preferentemente, el volumen del reactor es de 1 a 5000 litros.

Otro ejemplo de la presente divulgación se refiere a un sistema de procesamiento de agua, configurado para depurar corrientes de agua residual, que comprende una entrada para agua residual, una o más unidades de tratamiento biológico del agua del tipo divulgado en el presente documento, y una salida para agua depurada. Una o más unidades de tratamiento biológico del agua están conectadas a la entrada y a la salida.

35 El término "depurar" se utiliza en el presente documento para describir el tratamiento de una corriente de agua residual para convertirla en una corriente tratada de agua potable. La expresión "agua residual" utilizada en el presente documento se refiere a cualquier corriente de agua que contenga contaminantes, tales como aguas grises, aguas de lluvia o aguas cloacales sucias.

40 El sistema puede comprender además una o más etapas de tratamiento mecánico configuradas para demoler mecánicamente las partículas de materia que entren en el sistema a través de la entrada. Una o más etapas de tratamiento mecánico pueden estar situadas corriente arriba de al menos una de las unidades de tratamiento biológico del agua. Preferentemente, las etapas de tratamiento mecánico son molinos de bolas.

45 Proporcionar etapas de tratamiento mecánico permite al sistema demoler cualquier materia sólida en partículas que esté presente dentro de la corriente de agua residual. Se ha descubierto que licuar o reducir el tamaño de las partículas de materia presentes dentro de la corriente de agua residual antes de procesar la corriente de agua residual en una o más unidades de tratamiento biológico del agua aumenta la eficacia de la demolición biológica dentro de las unidades de tratamiento biológico del agua.

50 Cada una de las etapas de tratamiento mecánico puede comprender opcionalmente uno o más filtros. Cada uno de dichos uno o más filtros está configurado para filtrar las partículas de materia demolidas mecánicamente. Ventajosamente, uno o más filtros sólo permiten el paso de partículas de un determinado tamaño. Los medios de filtración en una o más de las etapas de tratamiento mecánico pueden comprender un tamiz de filtración que comprende poros, cuyo tamaño está configurado para permitir únicamente el paso de partículas de un tamaño predeterminado. Los poros pueden estar dentro de un intervalo de 5 mm a 0,01 mm, preferentemente de 2,5 mm a 0,015 mm, más preferentemente de 1 mm a 0,02 mm. Opcionalmente, si las etapas de tratamiento mecánico comprenden más de un filtro, el tamaño de los poros de los filtros se reduce progresivamente a lo largo de la etapa de tratamiento mecánico. Por ejemplo, si hay tres filtros (tres etapas de filtrado), los tamaños de poro pueden ser de 5 mm a 1 mm para la etapa uno, de 1 mm a 0,1 mm para la etapa dos y de 0,1 mm a 0,01 mm para la etapa tres. Preferentemente, el filtro de la etapa 1 tiene poros de 1 mm, el filtro de la etapa 2 tiene poros de 0,103 mm y el filtro de la etapa 3 tiene poros de 0,026 mm. Las etapas de tratamiento mecánico de acuerdo con la presente invención pueden tener cualquier número de etapas de filtrado, por ejemplo dos, tres, cuatro, cinco, seis, siete,

ocho, nueve, diez, etc., y el tamaño de poro de los filtros de cualquiera de estas etapas puede estar de acuerdo con los intervalos mencionados.

5 El sistema puede comprender una o más unidades de tratamiento químico. Preferentemente, las una o más unidades de tratamiento químico se encuentran corriente abajo de las una o más unidades de tratamiento biológico del agua.

10 El sistema puede comprender además uno o más medios de desinfección configurados para desinfectar la corriente de agua residual. Preferentemente, los medios de desinfección comprenden medios para exponer el agua residual a energía ultravioleta, preferentemente los medios de desinfección están configurados para exponer el agua residual a energía ultravioleta a través de un material conductor de energía ultravioleta, preferentemente en donde el material conductor de energía ultravioleta comprende vidrio. Los medios de desinfección pueden además comprender un aireador configurado para airear el agua residual dentro de los medios de desinfección. En lugar de estar configurados para exponer el agua residual a la energía ultravioleta, los medios de desinfección pueden estar configurados para proporcionar una acción de desinfección de la corriente residual a través de uno o más de ultrafiltración, microfiltración y/u ósmosis inversa.

20 El sistema puede comprender además un recipiente amortiguador, en donde dicho recipiente amortiguador está corriente abajo de al menos una de las etapas de tratamiento mecánico. Ventajosamente, el recipiente amortiguador impide que los procesos posteriores sufran cambios intermitentes en la fuerza (demanda biológica de oxígeno, pH, temperatura, etc.) o el caudal de la corriente de agua residual que fluye hacia el sistema. Por ejemplo, si el caudal de la corriente residual aumenta temporalmente de forma repentina, el recipiente amortiguador puede aceptar el caudal adicional, manteniendo al mismo tiempo un caudal constante en los componentes de depuración de agua situados corriente abajo. De este modo, se obtiene un agua depurada de calidad constante.

25 El sistema puede además comprender uno o más depósitos de decantación para depurar el agua residual. Preferentemente, los uno o más depósitos de decantación comprenden un filtro para filtrar cualquier partícula de materia del agua residual a su paso por el depósito de decantación. Preferentemente, el filtro es de flujo cruzado. Uno o más de los depósitos de decantación pueden comprender opcionalmente medios emisores de energía ultravioleta configurados para exponer el contenido del depósito de decantación a la energía ultravioleta.

30 El sistema puede además comprender uno o más filtros corriente abajo de las etapas de tratamiento mecánico. Preferentemente, el sistema comprende al menos un filtro biológico. Aún más preferentemente, al menos uno de los filtros comprende carbón activado biológico o carbón activado en polvo.

35 Se ha descubierto que se consigue una digestión biológica casi completa mediante el uso de una combinación de métodos biológicos, y se consigue una digestión biológica casi completa utilizando demolición aeróbica/anóxica de la corriente de agua residual en la unidad de tratamiento biológico del agua y demolición anaeróbica de la corriente de agua residual en el al menos un filtro biológico.

40 El sistema puede además comprender una línea de reciclado desde el uno o más depósitos de decantación hasta cualquiera de la entrada, las etapas de tratamiento mecánico, o el recipiente amortiguador. Esta línea de reciclado permite que cualquier partícula de materia sólida que no haya sido digerida dentro de una primera pasada a través del sistema pueda ser procesada por éste una o más veces adicionales.

45 El sistema puede además comprender un depósito de presurización que comprende unos medios de presurización configurados para presurizar el agua depurada de modo que el agua esté a una presión suficiente para ser reutilizada/reintroducida como suministro de agua depurada, por ejemplo, para uso comercial, doméstico o industrial.

50 Las una o más unidades de tratamiento biológico consideradas en el presente documento permiten la entrada y salida de aire en dichas unidades. También es necesario suministrar aire a las unidades de tratamiento biológico para facilitar el crecimiento de la biopelícula y que se produzcan las reacciones de descomposición y expulsión de los gases residuales. Los medios de ventilación de aire pueden estar configurados además para proporcionar ventilación a uno o más de la entrada, las etapas de tratamiento mecánico, las etapas de tratamiento químico y el recipiente amortiguador. Los medios de ventilación de aire pueden además comprender uno o más filtros de aire. Los medios de ventilación de aire pueden comprender además uno o más calentadores y/o uno o más sopladores.

55 El sistema descrito en el presente documento puede usarse como un sistema in situ (domésticamente y/o en ciertas aplicaciones comerciales e industriales) para depurar agua residual. El agua depurada puede reutilizarse directamente, sin necesidad de tratamiento adicional ni aditivos químicos. Muchos procesos de tratamiento del agua requieren la adición de productos químicos, como cloro o cloramina, al agua tratada para impedir la contaminación bacteriana y vírica, haciendo de este modo que el agua sea potable aunque, por ejemplo, haya permanecido en las tuberías durante largos periodos de tiempo. Algunas empresas de tratamiento de agua añaden al agua productos químicos que aumentan el pH para que el plomo de las tuberías se disuelva menos fácilmente en el agua. Añadir productos químicos al agua de esta forma supone un riesgo para el medio ambiente y es costoso.

También existen diversos problemas de salud relacionados con la adición de flúor, cloro y cloraminas en determinadas concentraciones. Ventajosamente, el sistema como se ha descrito en el presente documento prescinde de la necesidad de cualquier tratamiento químico posterior al proceso en situaciones en las que el agua no vaya a pasar, por ejemplo, por una red de distribución municipal antes de su uso.

La presente invención puede llevarse a cabo de varias formas y una realización preferida de una unidad de tratamiento biológico del agua y un sistema de tratamiento del agua que comprende dicha unidad de tratamiento biológico del agua de acuerdo con la presente invención se describirá ahora a modo de ejemplo con referencia a las figuras adjuntas, en las que:

Fig. 1 -

Es un diagrama de flujo que muestra una sección de un ejemplo de sistema de agua residual;

Fig. 2 -

Es un diagrama de flujo que muestra una sección de un ejemplo de sistema de tratamiento de agua residual; y

Fig. 3 -

Es un diagrama de una unidad de tratamiento biológico del agua de acuerdo con la presente invención.

Descripción detallada

Un ejemplo de sistema de procesamiento de agua residual se muestra generalmente en las Figuras 1 y 2. El sistema mostrado en las Figuras 1 y 2 se muestra en dos aspectos distintos, un aspecto de procesamiento primario (un ejemplo del cual se muestra en la Figura 1), y un aspecto de depuración (un ejemplo del cual se muestra en la Figura 2). El aspecto de procesamiento primario está configurado para recibir una corriente residual y proporcionar la demolición física y biológica de cualquier partícula de materia presente. El aspecto de depuración está configurado para proporcionar desinfección adicional a la corriente residual que ha sido procesada por el aspecto de procesamiento primario. Los aspectos de tratamiento primario y depuración descritos en el presente documento en relación con el sistema no se limitan a formar parte de la misma unidad y pueden, por ejemplo, ser unidades comunicantes separadas. El sistema tampoco se limita a tener tales aspectos de procesamiento y depuración primarios, y los componentes del mismo no se limitan a la disposición que se muestra en las Figuras 1 y 2.

El agua residual y el aire son recibidos por el sistema a través de un módulo de entrada, que se muestra generalmente en el elemento 102. El módulo de entrada 102 comprende una entrada de agua residual 104 y una entrada de agua de lluvia 106.

La entrada de agua residual 104 y la entrada de agua de lluvia 106 se muestran como entradas separadas en la Figura 1. Sin embargo, no están limitadas a estar separadas, y el agua residual y el agua de lluvia pueden ser recibidas alternativamente por el módulo de entrada 102 a través de una única línea de entrada. No es imprescindible que el sistema reciba tanto agua residual como agua de lluvia, y el sistema puede estar configurado para recibir únicamente agua residual o agua de lluvia.

La entrada de agua residual 104 puede estar conectada a cualquier número de conductos de agua residual (por ejemplo, conductos de aguas cloacales domésticas), que pueden estar, por ejemplo, conectados al agua residual doméstica procedente de lavabos, duchas, bañeras e inodoros, o al agua residual procedente de las mismas fuentes dentro de edificios comerciales tales como hoteles, tiendas y oficinas. La entrada de agua de lluvia 106 puede estar conectada a cualquier dispositivo de captación de agua de lluvia, por ejemplo canalones, depósitos de agua de lluvia u otros sistemas de drenaje/captación de agua de lluvia.

La entrada de agua residual 104 y la entrada de agua de lluvia 106 del módulo de entrada 102 se unen y se conectan de forma fluida a una unidad de molienda, situada corriente abajo, que se muestra generalmente en el elemento 108. La unión de la entrada de agua residual 104 y de la entrada de agua de lluvia 106 hace que el agua residual y el agua de lluvia dentro de las entradas se mezclen entre sí. La mezcla formada se denominará a continuación en el presente documento "corriente residual". No es esencial que la entrada de agua residual 104 y la entrada de agua de lluvia 106 se unan antes de entrar en la unidad de molienda 108, y alternativamente pueden alimentar directamente a la unidad de molienda 108 por separado.

La entrada de agua de lluvia 106 también funciona como una entrada para permitir que el aire fluya hacia el sistema de suministro de ventilación dentro del sistema de procesamiento de agua, tal cual se muestra generalmente en el elemento 160. El sistema de ventilación 160 comprende un filtro de aire 162, un soplador de aire 164 y un calentador 166, y conductos 168 que están configurados para conectar el sistema de ventilación 160 a varios aspectos del sistema de procesamiento de agua y de este modo proporcionar un suministro de aire (oxígeno). El sistema de ventilación 160 también permite la salida de gases del sistema de tratamiento de agua. Los conductos 168 se muestran en la Figura 2 para conectarse a la unidad de tratamiento biológico del agua 132 y al sistema de desinfección y almacenamiento 206. Sin embargo, los conductos 168 no están limitados a estar conectados únicamente a estos componentes, y pueden alternativamente estar conectados y proporcionar aire a cualquiera de los otros componentes del sistema (p. ej. la unidad de molienda 108, los filtros biológicos (142, 202), las unidades de clarificación/filtración (134, 144, 204), o el depósito de equalización 124). Opcionalmente, los conductos 168 pueden estar conectados sólo a la unidad de tratamiento biológico 132.

ES 3 015 751 T3

No es imprescindible que el sistema de ventilación 160 esté provisto de un soplador de aire 164, y/o un calentador 166. La necesidad de un calentador depende del lugar donde se vaya a utilizar el sistema, y es posible que no sea necesario si el sistema se va a utilizar en climas cálidos.

La unidad de molienda 108 (conocida como molino de orilla) está configurada para demoler físicamente los sólidos presentes en la corriente residual mediante una serie de tres etapas de molino de bolas en húmedo (110a, 110b, y 110c), cada una de las cuales está separada por un tamiz de filtración (112a, 112b, y 112c). El molino de orilla 108 recibe la corriente residual procedente del módulo de entrada 102.

La unidad de molienda 108 no está limitada a tener solamente tres molinos de bolas en húmedo, y puede comprender alternativamente cualquier número de molinos de bolas en húmedo (por ejemplo, 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, etc.).

Cada molino de bolas en húmedo (110a, 110b y 110c) comprende una carcasa cilíndrica hueca que gira alrededor de un eje. El eje de la carcasa puede ser horizontal o formar un ángulo con la horizontal. La carcasa cilíndrica hueca se carga con un material de trituración (114a, 114b, 114c) (p. ej. bolas), y a medida que la carcasa gira el material de trituración se eleva por el lado ascendente de la carcasa y luego cae y baja hasta el fondo de la carcasa. Al hacerlo, cualquier partícula sólida (dentro de la corriente residual) que se encuentre entre las bolas y la carcasa se reduce de tamaño por la acción del material de trituración. La carcasa cilíndrica hueca y los tamices de filtración están provistos de perforaciones que sólo permiten el paso de materias sólidas de un determinado tamaño. Las perforaciones de cada uno de los tres tamices de filtración son progresivamente más finas y, de este modo, la serie de molinos de bolas en húmedo reduce gradualmente el tamaño de cualquier partícula sólida dentro de la corriente residual. Un material abrasivo fino tal como arena se usa en la etapa final como último proceso de reducción de tamaño.

El molino de orilla 108 está en comunicación con un sumidero de corriente residual, situado corriente abajo, que se muestra generalmente en el elemento 116. El sumidero de corriente residual 116 está situado generalmente por debajo del molino de orilla 108, y recibe la corriente residual que ha sido procesada por el molino de orilla 108.

El sumidero de corriente residual 116 comprende un recipiente de almacenamiento 122, un sensor de nivel 118 (por ejemplo, un interruptor de flotador) y una bomba 120. Cuando el sensor de nivel 118 detecta que el nivel de la corriente residual dentro del recipiente colector 122 ha alcanzado un nivel predeterminado, la bomba 120 se activa y bombea la corriente residual, que ha sido procesada por la unidad de molienda 108, a un sistema amortiguador situado corriente abajo (conocido como sistema de equalización).

El sistema de equalización se muestra generalmente en el elemento 124, y comprende un depósito 126, y un mezclador 128. El sistema de equalización 124 está conectado a una unidad de tratamiento biológico situada corriente abajo a través de la línea 130. La unidad de tratamiento biológico del agua se muestra generalmente en el elemento 132.

La unidad de tratamiento biológico 132 se muestra con más detalle en la Figura 3, donde se muestra generalmente en el elemento 300. La unidad de tratamiento biológico 132 está configurada para eliminar las partículas de materia de las corrientes residuales mediante una combinación de digestión aeróbica con microorganismos y técnicas de filtración.

Una corriente residual entra en un tambor giratorio 308 de la unidad de tratamiento biológico 300 a través de una entrada de corriente residual 302. Una entrada de aire 304 se une a la entrada de corriente residual 302, y permite que el aire fluya hacia el tambor giratorio 308. La entrada de aire 304 está en comunicación con el sistema de ventilación 160. La entrada de corriente residual 302 está situada en el centro de uno de los extremos del tambor giratorio 308, de modo que el tambor giratorio 308 pueda girar mientras permanece conectado a la entrada de corriente residual estacionaria. Una salida de corriente residual 314 está conectada al tambor giratorio 308 y permite que la corriente residual salga de la unidad de tratamiento biológico 300 una vez que ha recorrido el tambor giratorio. La salida de corriente residual 314 está situada en el tambor giratorio 308 frente a la entrada de corriente residual 302. El tambor giratorio 308 puede estar inclinado de modo que la salida 314 se encuentre a una altura vertical inferior en comparación con la entrada, para permitir que el líquido fluya desde la entrada 302 a través del tambor giratorio 308, y salga a través de la salida 314.

El tambor giratorio 308 está provisto de unas juntas 306a y 306b que forman un sello estanco a los fluidos entre la entrada de corriente residual 302 y el tambor giratorio 308, y entre la salida de corriente residual 314 y el tambor giratorio 208, permitiendo de este modo que el tambor giratorio 308 gire e impidiendo al mismo tiempo que algo de la corriente residual se escape de la unidad de tratamiento biológico 300. Las juntas 306a y 306b pueden ser cualquier junta adecuada que permita que el tambor giratorio 308 gire e impida las fugas de la corriente residual. Por ejemplo, las juntas podrían ser juntas rotativas. Una salida de aire 316 está conectada a la salida de corriente residual 314. La salida de aire 316 está conectada al sistema de ventilación 160 y está colocada de tal manera que

permite que el aire fluya desde la entrada de aire 304 y salga de la unidad de tratamiento biológico 300 a través del tambor giratorio 308.

5 La corriente residual a tratar se introduce en el tambor giratorio 308 de la unidad de tratamiento biológico 300 mediante el sistema de equalización 124 a un caudal adecuado para garantizar que el nivel de líquido dentro del tambor giratorio se mantenga constante (es decir, el sistema de equalización actúa como un sistema de amortiguación en relación con el caudal de la corriente residual). De este modo, el nivel de líquido del agua residual a tratar dentro del tambor giratorio 308 se mantiene por debajo del nivel de la entrada de corriente residual 302 para impedir que la corriente residual salga del tambor giratorio 308 a través de la entrada 302. En otras palabras, la corriente residual llena el tambor giratorio 308 hasta el nivel de la entrada de corriente residual 302.

15 El sistema de equalización 124 puede usarse, hasta cierto punto, para controlar la fuerza del agua residual (p. ej. demanda biológica de oxígeno, pH, etc.) dentro del sistema. Cualquier cambio intermitente en la fuerza de la corriente de agua residual que fluye en el sistema puede ser equilibrado adecuadamente por el sistema de equalización 124, que actúa como un sistema de amortiguación debido a su volumen.

20 El tambor giratorio 308 está dividido en cinco compartimentos (318a, 318b, 318c, 318d, 318e) por medio de cuatro tamices de malla (310a, 310b, 310c, y 310d), que abarcan toda una sección transversal del tambor giratorio, siendo la sección transversal perpendicular al eje longitudinal del tambor giratorio. Los tamices de malla 310a, 310b, 310c y 310d se hacen progresivamente más finos a lo largo de la longitud del tambor giratorio 308. Sobre la salida del tambor giratorio 308 y a la entrada de la salida de corriente residual 314 se coloca un tamiz final de malla 320.

25 El tambor giratorio 308 no está limitado a tener sólo cinco compartimentos, y puede tener más o menos compartimentos. Por ejemplo, el tambor giratorio 308 puede estar dividido por tamices de malla para formar 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, etc. compartimentos.

30 La unidad de tratamiento biológico 300 está provista de un motor 322a y una caja de engranajes 322b, que están configurados para hacer girar el árbol de transmisión 322c. El árbol de transmisión 322c está configurado para conectarse al tambor giratorio 308 de modo que, cuando este gira, el tambor giratorio 308 también gira. Los tamices de malla 310a, 310b, 310c y 310d giran con el tambor giratorio 308 y, por lo tanto, son estacionarios con respecto al tambor giratorio 308 cuando éste gira.

35 Cada uno de los compartimentos 318a, 318b, 318c, 318d, y 318e está cargado con carbón activado granular (CAG), que puede eliminar contaminantes mediante adsorción y atrapamiento al tiempo que también actúa como sustrato para que crezcan microorganismos, formando de este modo una biopelícula. La superficie interior del tambor giratorio 308 y los tamices de malla 310a, 310b, 310c y 310d también actúan como superficie para el crecimiento de microorganismos. El CAG se mezcla con la corriente residual dentro de cada uno de los compartimentos para formar una mezcla de lodos. Los compartimentos actúan para retener partículas por encima del tamaño de los poros y del CAG.

40 El CAG es más pesado que el agua y tenderá a acumularse en el fondo del tambor. La rotación del reactor provoca fricción entre el tambor y la masa de sustrato que yace en el fondo del tambor, elevando de este modo algo del sustrato fuera del agua. Esto tiene el efecto de permitir que el agua drene fuera del sustrato y exponer al aire el sustrato y la biopelícula adherida. La parte interior del tambor tiene unas paletas que discurren a lo largo de la pared interior del tambor y ayudan a levantar el sustrato a medida que el tambor gira. Las paletas sobresalen 20 mm de la pared del tambor y tienen 4 mm de ancho. Aunque son preferibles, no es esencial para la presente invención que se utilicen paletas. Otras adaptaciones de la cara interna del tambor, tales como estrías o nervaduras, pueden usarse adicionalmente a las paletas o como alternativas a las paletas para elevar el CAG fuera del agua.

50 La presente invención no se limita únicamente al uso de CAG como sustrato para que crezcan microorganismos. Puede usarse cualquier otro sustrato adsorbente que sea más pesado que el agua y capaz de favorecer el crecimiento y la formación de microorganismos. Por ejemplo, uno o más de cristobalita, arcilla cocida o materiales artificiales (redondos o con formas especiales, porosos, selectivamente permeables) pueden usarse adicionalmente o en lugar del CAG. Dichos sustratos podrían usarse junto con sustratos impermeables tales como carbón y arena.

60 Los compartimentos 318a, 318b, 318c, 318d, y 318e de la unidad de tratamiento biológico 300 mostrados en la Figura 3 se hacen progresivamente más pequeños en volumen a lo largo de la longitud del tambor giratorio 308 desde el primer compartimento (318a) hasta el último compartimento (318e). La reducción progresiva del volumen de los compartimentos refleja el hecho de que una gran proporción de los nutrientes dentro de la corriente de agua residual, necesarios para el crecimiento de la biopelícula, se consumen en cada etapa del proceso, por lo que crecerá una cantidad menor de biopelícula en el CAG de los compartimentos posteriores. Como resultado, cada etapa sucesiva (compartimento) de la unidad de tratamiento biológico requiere menos CAG y un volumen menor.

El tambor giratorio 308 que se muestra en la Figura 3 es sustancialmente cilíndrico, por lo que tiene lados paralelos. El volumen de los compartimentos 318a, 318b, 318c, 318d y 318e viene determinado por la separación de los tamices de malla 310a, 310b, 310c y 310d. El tambor giratorio 308 no se limita a ser un cilindro con lados paralelos, y puede ser alternativamente un cilindro ahusado, con el extremo de mayor diámetro en el lado de entrada de la unidad de tratamiento biológico 300. De este modo, los compartimentos formados por los tamices de malla reducirán su volumen a lo largo de la longitud del tambor giratorio 308 cuando los tamices de malla estén separados de forma uniforme. Como alternativa, la disminución del volumen de los compartimentos puede conseguirse utilizando un tambor giratorio ahusado 308 y colocando los tamices de malla de modo que haya una reducción progresiva de la distancia entre los compartimentos (o una combinación de estas dos variantes).

Cuando las corrientes de agua residual pasan a través de la unidad de tratamiento biológico de agua (132, 300) las condiciones del proceso son propicias para la formación de biopelículas de microorganismos, que se adhieren a las superficies dentro de la unidad de tratamiento biológico del agua y en la superficie de cualquier CAG. La unidad de tratamiento biológico del agua está configurada para exponer las biopelículas a contaminantes del agua tales como productos químicos, bacterias y/o partículas dentro de la corriente residual en presencia de oxígeno, degradando (digiriendo) así aeróbicamente los contaminantes utilizando los microorganismos de la biopelícula.

Las biopelículas que se forman en las superficies internas de la unidad de tratamiento biológico de agua (132, 300) y en la superficie de cualquier sustrato tal como CAG incluyen una miríada de bacterias (tanto filamentosas como unicelulares), así como metazoos, protozoos y bacteriófagos. Entre los más dominantes se encuentra el sphaerotilus (conocido como "hongo de las cloacas"). El sphaerotilus y los cualesquiera tipos de bacterias unicelulares que se forman en el CAG actúan para eliminar y transformar los contaminantes de la corriente residual. También pueden formarse en el CAG otras formas filamentosas, tales como beghgiatoa, fusarium, nocardia, cladothrix y oscillatoria.

Cada uno de los compartimentos 318a, 318b, 318c, 318d, y 318e está configurado para tener diferentes especializaciones. Las formas no filamentosas estarán presentes en los primeros compartimentos (es decir, zoogloea, algas unicelulares, bastoncillos unicelulares, spirilla y espiroquetas). Los últimos compartimentos comprenderán streptomyces y arthrobotrys, además de las formas presentes en los primeros compartimentos. Los tipos de organismos y su distribución dentro de la unidad de tratamiento variarán de un lugar a otro en función de la composición del afluente de agua residual.

Se ha descubierto que la biopelícula se propaga automáticamente a partir del agua residual dentro de los compartimentos (318a, 318b, 318c, 318d y 318e) y vive de los nutrientes proporcionados por la corriente de agua residual. El crecimiento y mantenimiento de la biopelícula se controla mediante: la plataforma de sustrato CAG; el oxígeno suministrado a la unidad de tratamiento biológico 300 por el sistema de suministro de aire 160; el contenido del agua residual; el caudal del agua residual; la velocidad de rotación del tambor y el control de la temperatura del oxígeno mediante el calentador de aire 166 para evitar temperaturas de congelación.

Se cree que en cada etapa, los contaminantes son eliminados selectivamente de la corriente residual por un complejo ecosistema de organismos contenidos dentro de la biopelícula. Estos organismos producen agua y otros residuos líquidos, sólidos y gaseosos. Cualquiera de los organismos que muera se desprenderá del sustrato y pasará al agua residual. Cualquier contaminante dentro del agua residual que sea demasiado grande para pasar a través del siguiente tamiz de malla permanecerá dentro de su compartimento a menos que, o hasta que, la acción de molienda del proceso (resultante de un entorno abrasivo creado por el sustrato) los demuela físicamente y sean procesados posteriormente junto con otros contaminantes dentro del agua residual. Todos los productos residuales lo suficientemente pequeños como para pasar a través del tamiz se mueven corriente abajo hasta la siguiente etapa, proporcionando a esa etapa un entorno para el crecimiento microbiano diferente del anterior en términos de los nutrientes contenidos dentro del agua residual y los gases disponibles en la corriente de aire. Por ello, dentro de cada etapa sucesiva prosperan bacterias diferentes. El proceso continúa en cada etapa hasta que la mayoría de los contaminantes se transformen (en agua, gases residuales, minerales) o queden atrapados dentro de la biopelícula o el sustrato. Finalmente, este proceso llega a una etapa en la que no hay alimento suficiente para que se produzca un crecimiento significativo de la biopelícula y puede decirse que el agua residual está suficientemente depurada (en lo que respecta al tratamiento en la unidad de tratamiento biológico del agua).

Se ha descubierto que la temperatura objetivo para el funcionamiento del aire dentro de la unidad de tratamiento biológico del agua está en un intervalo de 10 °C a 35 °C. Preferentemente, la unidad de tratamiento biológico del agua está provista de medios de calentamiento para que la temperatura pueda controlarse dentro de este intervalo. Preferentemente, los medios de calentamiento controlan la temperatura utilizando un calentador y un ventilador para hacer circular aire caliente por el interior de la unidad de tratamiento biológico. Preferentemente, se utiliza un sistema de control para activar automáticamente los medios de calentamiento cuando la temperatura desciende por debajo del intervalo indicado anteriormente. Preferentemente, cuando la temperatura supera el intervalo indicado anteriormente, un sistema de control aumenta automáticamente la velocidad del ventilador de los medios de ventilación, provocando de este modo una reducción de la temperatura hasta el intervalo citado anteriormente.

ES 3 015 751 T3

Como alternativa, la unidad de tratamiento biológico puede inocularse con bacterias antes de la puesta en servicio del sistema.

5 La unidad de tratamiento biológico 132 está en comunicación con una primera unidad de clarificación/filtración 134 situada corriente abajo (que también puede denominarse depósito de decantación). La primera unidad de clarificación/filtración 134 comprende un depósito 140 adecuado para contener el efluente de la unidad de tratamiento biológico 132, un dispositivo emisor ultravioleta 136 configurado para exponer la corriente residual presente dentro del depósito 140 a radiación ultravioleta, y un filtro 138. La exposición de la corriente residual a la energía ultravioleta ejerce una acción desinfectante sobre la corriente residual y las superficies del depósito y del filtro expuestas a la misma. La corriente residual dentro del depósito 140 debe pasar a través del filtro 138 antes de salir de la primera unidad de clarificación/ filtración 134.

15 Como alternativa al dispositivo emisor ultravioleta 136, la unidad de clarificación/filtración 134 puede comprender medios de ultrafiltración, microfiltración u ósmosis inversa (no mostrados en las figuras), para proporcionar una acción desinfectante a la corriente residual. Como alternativa, pueden proporcionarse medios de ultrafiltración, microfiltración u ósmosis inversa adicionalmente al dispositivo emisor ultravioleta 136.

20 La primera unidad de clarificación/filtración 134 está en comunicación con un filtro biológico 142 situado corriente abajo. El filtro biológico 142 comprende una columna filtrante de carbón activado con una instalación automática de lavado a contracorriente.

25 La instalación de lavado a contracorriente utiliza agua a presión procedente de la corriente de agua depurada producida por el sistema en combinación con protectores de contraflujo, válvulas automáticas y tuberías dedicadas para eliminar los restos de los filtros dentro de dicho sistema. La instalación de lavado a contracorriente se controla electrónicamente para que funcione cuando sea necesario en función de los ajustes específicos de cada filtro, tales como el índice previsto de cegamiento del filtro, los caudales reales desde el último lavado y el tiempo transcurrido desde el último lavado.

30 Después de pasar a través del filtro biológico 142, la corriente residual fluye corriente abajo hacia una segunda unidad de clarificación/filtración 144. La segunda unidad de clarificación/filtración 144 es idéntica a la primera unidad de clarificación/filtración 134, y comprende un depósito 150 adecuado para contener el efluente del filtro biológico 142, un dispositivo emisor ultravioleta 146 configurado para exponer la corriente residual presente dentro del depósito 150 a radiación ultravioleta, y un filtro 148. La corriente residual dentro del depósito 150 debe pasar a través del filtro 148 antes de salir de la segunda unidad de clarificación/filtración 144.

35 La segunda unidad de clarificación/filtración 144 está en comunicación con un depósito de retención situado corriente abajo, que se muestra generalmente en el elemento 152. El depósito de retención 152 comprende un depósito 154, un interruptor de flotador 156 y una bomba 158.

40 El depósito de retención 152 está en comunicación con un sistema de depuración situado corriente abajo, mostrado generalmente en el elemento 200 de la Figura 2. El sistema de depuración 200 comprende un filtro biológico 202, un sistema de clarificación/filtración 204, un sistema de desinfección y almacenamiento 206 y un sistema de presurización 208.

45 El filtro biológico 202 es el mismo que el filtro biológico 142, y recibe la corriente residual del depósito de retención situado corriente arriba 152. El sistema de clarificación/filtración 204 es el mismo que los sistemas de clarificación/filtración primero y segundo 134 y 144 respectivamente, y recibe la corriente residual del filtro biológico 142 situado corriente arriba.

50 El sistema de desinfección y almacenamiento 206 recibe la corriente residual del sistema de clarificación/filtración 204 situado corriente arriba. El sistema de desinfección y almacenamiento 206 comprende un depósito exterior 210, un depósito interior 212 y un dispositivo emisor ultravioleta (UV) 214. El depósito interior recibe la corriente residual del sistema de clarificación/filtración 204. El depósito exterior 210 y el depósito interior 212 están en comunicación con el sistema de suministro de aire 160, y están configurados para exponer el oxígeno dentro de aire a la radiación UV del dispositivo emisor UV 214, formando de este modo ozono. El ozono se mezcla con la corriente residual dentro del depósito interior 212 mediante un dispositivo de aireación.

60 El sistema 206 de desinfección y almacenamiento está en comunicación con el sistema 208 de presurización situado corriente abajo. El sistema de presurización 208 comprende una bomba 218 y un recipiente a presión 216. El recipiente a presión 216 es capaz de mantener la corriente de agua depurada corriente abajo de la bomba a alta presión, de modo que la corriente residual tratada esté lista para ser reutilizada cuando un usuario la necesite.

65 El sistema como se ha descrito en el presente documento puede comprender cualquier número de caudalímetros, sensores de temperatura, sensores de presión, bombas, válvulas de control, elementos de calentamiento, intercambiadores de calor, y/o sensores de calidad del agua (incluyendo sensores para detectar niveles de pH, conductividad, sólidos disueltos, etc.), que pueden estar situados en cualquier parte del sistema divulgado en el

presente documento. El sistema puede disponer de un dispositivo de control de bombas, calentadores, válvulas de control para regular el caudal de fluido (y de aire), la dirección del caudal de fluido (y de aire) y/o la temperatura del fluido (y del aire). Dicho dispositivo de control puede estar configurado para proporcionar manualmente el control del sistema basándose en las instrucciones de un usuario introducidas en un panel de control del sistema, y/o automáticamente basándose en la información recibida de cualquiera de los sensores/medidores antes mencionados. El sistema puede comprender también medios de comunicación configurados para transmitir los datos del sistema desde uno o más de dichos sensores y/o medidores a un dispositivo electrónico cableado y/o remoto. El sistema puede comprender también un receptor capaz de comunicarse con el dispositivo de control, permitiendo de este modo que el sistema sea controlado a distancia por un dispositivo de control remoto tal como un ordenador. Un dispositivo de control remoto puede estar configurado para comunicarse con el sistema a través de una red inalámbrica. El sistema como se describe en el presente documento puede comprender adicionalmente un sistema de enclavamiento configurado para comunicarse con uno o más de los sensores y/o medidores antes mencionados y anular cualquier instrucción que pueda causar daño al sistema, a los usuarios del sistema o al entorno circundante. Por ejemplo, en un caso en el que el receptor recibiera instrucciones que, de llevarse a cabo, reducirían críticamente la eficiencia del proceso de depuración, entonces el sistema de enclavamiento podría estar configurado para impedir que el sistema lleve a cabo tales instrucciones. El sistema de enclavamiento también puede, por ejemplo, comunicarse con sensores de nivel y activar una alarma y/o purgar el agua residual del sistema en caso de nivel alto en cualquiera de los componentes del sistema. El sistema de enclavamiento también puede emplearse para impedir que el agua depurada salga del sistema desde el sistema de presurización 208 si se detecta una calidad inadecuada del agua mediante un sensor de calidad del agua en, por ejemplo, el sistema de presurización 208 o el sistema de desinfección y almacenamiento 206.

El sistema descrito anteriormente funciona de la siguiente manera. El agua residual y/o el agua de lluvia entran en el sistema a través de la entrada de agua residual 104 y/o la entrada de agua de lluvia 106 respectivamente. El agua residual y/o el agua de lluvia se introducen en la unidad de molienda 108, que demuele físicamente (licua) cualquier partícula sólida dentro de la corriente residual, formando de este modo unos lodos que comprenden la materia sólida en partículas licuada. El efluente de la unidad de molienda se acumula dentro del sumidero de agua residual 116. Una vez que se ha acumulado una cantidad adecuada de lodos dentro del sumidero 116, los lodos se bombean al depósito de equalización 124. El mezclador 128 dentro del depósito de equalización 124 garantiza que los lodos se mantengan en forma homogénea.

El depósito de equalización 124 alimenta los lodos con un caudal controlado a la unidad de tratamiento biológico de agua (132, 300) que utiliza biopelículas para someter los lodos a un procesamiento aeróbico, digiriendo de este modo la materia sólida. El CAG presente dentro de los compartimentos de la unidad de tratamiento biológico del agua también elimina los contaminantes mediante mecanismos de adsorción y atrapamiento. Los tamices de malla 310a, 310b, 310c, y 310d que dividen los compartimentos 318a, 318b, 318c, 318d, y 318c impiden que la materia sólida de ciertos tamaños pase a compartimentos posteriores antes de haber sido digerida a un cierto tamaño y también retiene la mezcla separada de biopelícula dentro de cada compartimento reteniendo el sustrato de CAG en el que habita.

El efluente de la unidad de tratamiento biológico (132, 300) está sustancialmente libre de partículas sólidas, productos químicos y bacterias. Para depurar aún más el agua residual, ésta se alimenta en serie a través de la unidad de clarificación/filtración 134, el filtro biológico 142 y la unidad de clarificación/filtración 144. La unidad de clarificación/filtración 144 alimenta a continuación el agua residual procesada al depósito de retención 152.

Durante el funcionamiento, cualquier partícula sólida separada del agua residual por cualquiera de las unidades de clarificación/filtración y/o filtros biológicos puede reciclarse de nuevo a la unidad de molienda 108 a través de líneas de reciclado (no mostradas en las figuras). De este modo, cualquier partícula de materia no digerida en una primera pasada por el sistema se hace pasar por el sistema una segunda vez, y sucesivamente hasta que sea digerida.

Es posible que las corrientes de agua residual comprendan pequeñas cantidades de material sólido que sea difícil o imposible de procesar por el sistema (p. ej. el agua residual doméstica puede comprender arena contenida dentro de tierra lavada de la ropa, o fragmentos de plástico o vidrio). Por lo general, dicho material sólido quedará atrapado dentro de la unidad de molienda 108 y se vaciará cuando se realice el mantenimiento del sistema. Cualquier partícula sólida más pequeña que sea difícil o imposible de procesar puede avanzar más allá de la unidad de molienda 108, pero quedará atrapada por el carbón activado dentro de la unidad de tratamiento biológico del agua y de los filtros biológicos. El carbón activado de la unidad de tratamiento biológico del agua y de los filtros biológicos se repone con medios limpios cuando se realiza el mantenimiento del sistema.

Con el tiempo de uso del sistema, se ha descubierto que pequeños volúmenes de minerales (que son uno de los productos extremos de los procesos biológicos, junto con el agua y los gases residuales) se acumulan dentro del carbón activado dentro de la unidad de tratamiento biológico del agua, dentro de los filtros biológicos y dentro de los medios de arena fina dentro del molino de orilla (etapa de tratamiento mecánico). Estos depósitos minerales se eliminarán del sistema cuando los medios de carbón activado y arena se sustituyan periódicamente al realizar el mantenimiento del sistema.

A modo de ejemplo, un sistema puede comprender (por orden de disposición en el sistema) un módulo de entrada 102, una unidad de molienda 108 con tres etapas (110a, 110b, 110c), un sumidero de corriente residual 116, un sistema de equalización 124, una unidad de tratamiento biológico 132, una primera unidad de clarificación/filtración 134, un primer filtro biológico 142, una segunda unidad de clarificación/filtración 144, un depósito de retención 152, un segundo filtro biológico 202, una tercera unidad de clarificación/filtración 204, un sistema de desinfección y almacenamiento 206 y un sistema de presurización 208. Pueden introducirse diversas modificaciones en la realización descrita sin desviarse del alcance de la invención.

Ejemplos

Un sistema de acuerdo con la presente invención procesó una carga de prueba de agua residual doméstica a una media de 1500 litros por día, teniendo el sistema un módulo de entrada, una unidad de molienda con tres etapas, un sumidero de corriente residual, un sistema de equalización, una unidad de tratamiento biológico, un depósito de decantación, un filtro biológico, un depósito de retención, un sistema de desinfección y almacenamiento y un sistema de presurización. Las pruebas fueron realizadas por Feedwater Ltd, un laboratorio acreditado por el Servicio de Acreditación del Reino Unido (UKAS) (organización UKAS n.º 2234). Se determinó el recuento de colonias aerobias en el efluente del sistema durante periodos de 68 horas a 22 °C y 44 horas a 37 °C mediante el método estándar GAMC02 de Feedwater, utilizando una placa en espiral sobre Agar con Extracto de Levadura. Los coliformes totales y la eliminación de E. Coli se determinaron utilizando el método estándar GAMC03 de Feedwater. Este método GAMC03 está recomendado por la Agencia de Medio Ambiente del Reino Unido en su publicación "The Microbiology of Drinking Water", 2009. Los resultados del análisis realizado por Feedwater Ltd se muestran en la siguiente Tabla 1.

Se reconoce que el agua residual doméstica contiene niveles muy elevados de E. coli, colonias aerobias y coliformes totales. Por ejemplo, un estudio titulado "Effectiveness of Sewage Treatment Based on Selected Faecal Bacteria Elimination in Municipal Wastewater Treatment Plant in Torun" (Paluszak y colaboradores, 2002) descubrió que el afluente de la planta de tratamiento de agua residual que abastecía a propiedades residenciales presentaba un elevado número de bacterias E. coli. Los recuentos de E-coli estaban comprendidos entre $4,5 \times 10^4$ y $9,5 \times 10^8$ células/ml, con una media de $3,75 \times 10^8$ células/ml. En el artículo "Preliminary Study on the Effect of Wastewater Storage in Septic Tank on E. coli Concentration in Summer", Appling (2013) se descubrió que las concentraciones de coliformes totales en el flujo afluente a una fosa séptica doméstica oscilaban entre 4,76 log NMP por 100 ml hasta niveles que estaban por encima del nivel máximo de detección ($>5,38$ log NMP por 100 ml) en el nivel de dilución que se empleó durante las pruebas (1:100). En el artículo 'Detection of Escherichia coli in sewage and sludge by polymerase chain reaction', Y L Tsai y colaboradores (1993) las aguas cloacales brutas contenían E. coli $8,6 \times 10^3 \pm 6,0 \times 10^3$ UFC/ml. Dado que E. coli es un subconjunto de las colonias aerobias, que a su vez son un subconjunto de las colonias totales, se puede observar que los recuentos de todos estos indicadores son muy elevados en todas las aguas residuales domésticas. Se utilizaron placas de recuento de E. Coli / coliformes 3M™ Petrifilm™ para analizar el agua residual doméstica afluente que entraba en el sistema de acuerdo con la presente invención, y se confirmaron niveles de E. Coli y coliformes similares a los encontrados en los estudios anteriores.

Tabla 1 –

	Límite inferior teórico de detección	Número aislado en el efluente
Recuento de colonias aerobias (a 22 °C / 68 horas)	20 UFC / ml	40 UFC / ml
Recuento de colonias aerobias (a 22 °C / 44 horas)	20 UFC / ml	40 UFC / ml
Coliformes totales	1 UFC / Vol. analizado	Ninguno Aislado en 100 ml
E. Coli	1 UFC / Vol. analizado	Ninguno Aislado en 100 ml

REIVINDICACIONES

1. Unidad biológica de tratamiento de aguas (300), para el tratamiento biológico de una corriente de agua residual, que comprende:
- 5 una entrada para agua residual (302);
 un reactor (308);
 una salida para agua depurada (314), en donde la entrada (302), el reactor (308) y la salida (314) están en comunicación fluida; y
 medios de ventilación (160) configurados para proporcionar ventilación al reactor (308); y en donde:
- 10 el reactor (308) está dividido en dos o más compartimentos sucesivos (318a, 318b, 318c, 318d, 318e) mediante uno o más tamices de malla (310a, 310b, 310c, 310d) dispuestos a lo largo de la longitud del reactor (308), partiendo de este modo el reactor (308) en los compartimentos sucesivos (318a, 318b, 318c, 318d, 318e), en donde cada compartimento (318a, 318b, 318c, 318d, 318e):
 está en comunicación con los medios de ventilación (160);
- 15 comprende una biopelícula en una o más superficies; y
 comprende un sustrato en polvo o granular para el crecimiento de biopelículas que es más pesado que el agua, estando dicho sustrato sustancialmente contenido dentro de los compartimentos (318a, 318b, 318c, 318d, 318e) por el uno o más tamices de malla (310a, 310b, 310c, 310d);
 el reactor (308) está configurado para exponer al menos una porción del agua residual a la biopelícula en presencia de aire suministrado por encima de la corriente de agua residual por los medios de ventilación (160) para tratar la corriente de agua residual y convertirla en agua depurada;
- 20 el reactor (308) es un tambor cilíndrico giratorio;
 los compartimentos sucesivos (318a, 318b, 318c, 318d, 318e) se hacen progresivamente más pequeños a lo largo de la longitud del tambor giratorio desde el primer compartimento (318a) hasta el último compartimento (318e);
 el uno o más tamices de malla (310a, 310b, 310c, 310d) se hacen progresivamente más finos a lo largo de la longitud del tambor giratorio;
- 25 el reactor (308) y uno o más tamices de malla (310a, 310b, 310c, 310d) están configurados para girar de modo que se forme una película de agua residual en al menos una porción del reactor (308) y los tamices de malla (310a, 310b, 310c, 310d) a medida que giran a través y fuera de la corriente de agua residual, exponiendo de este modo la película al aire suministrado por los medios de ventilación (160) por encima de la corriente de agua residual; y
 al menos una porción de una superficie interior del reactor (308) está adaptada para aumentar la fricción entre el sustrato y el reactor (308) de tal manera que, durante el uso, la rotación del reactor (308) hace que al menos una porción del sustrato salga del agua residual y entre en el aire suministrado por los medios de ventilación (160).
- 35 2. La unidad biológica de tratamiento de agua (300) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el reactor (308) es ahusado.
3. La unidad biológica de tratamiento de agua (300) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde la superficie para formar una biopelícula es al menos una porción de la superficie interior del reactor (308), y/o al menos una porción de los tamices (310a, 310b, 310c, 310d).
- 40 4. La unidad biológica de tratamiento de agua (300) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el sustrato es carbón activado.
- 45 5. La unidad biológica de tratamiento de agua (300) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde el sustrato llena del 40 al 75 % del volumen de cada compartimento (318a, 318b, 318c, 318d, 318e).
6. La unidad biológica de tratamiento de agua (300) de la reivindicación 5, en donde el sustrato llena del 55 al 65% del volumen de cada compartimento (318a, 318b, 318c, 318d, 318e).
- 50 7. La unidad biológica de tratamiento de agua (300) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde el sustrato tiene un diámetro medio de partículas de 0,15 a 5 mm.
8. La unidad biológica de tratamiento de agua (300) según la reivindicación 7, en donde el sustrato tiene un diámetro medio de partículas de 0,25 a 2,5 mm.
- 55 9. La unidad biológica de tratamiento de agua (300) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde el sustrato tiene una superficie de 250 a 5000 metros cuadrados por gramo de sustrato.
- 60 10. La unidad biológica de tratamiento de agua (300) según la reivindicación 9, en donde el sustrato tiene una superficie de 1000 a 3000 metros cuadrados por gramo de sustrato.
11. La unidad biológica de tratamiento de agua (300) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el volumen del reactor (308) es de 1 a 5000 litros.
- 65

12. Un método para usar una unidad de tratamiento biológico (300) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores para tratar agua residual.

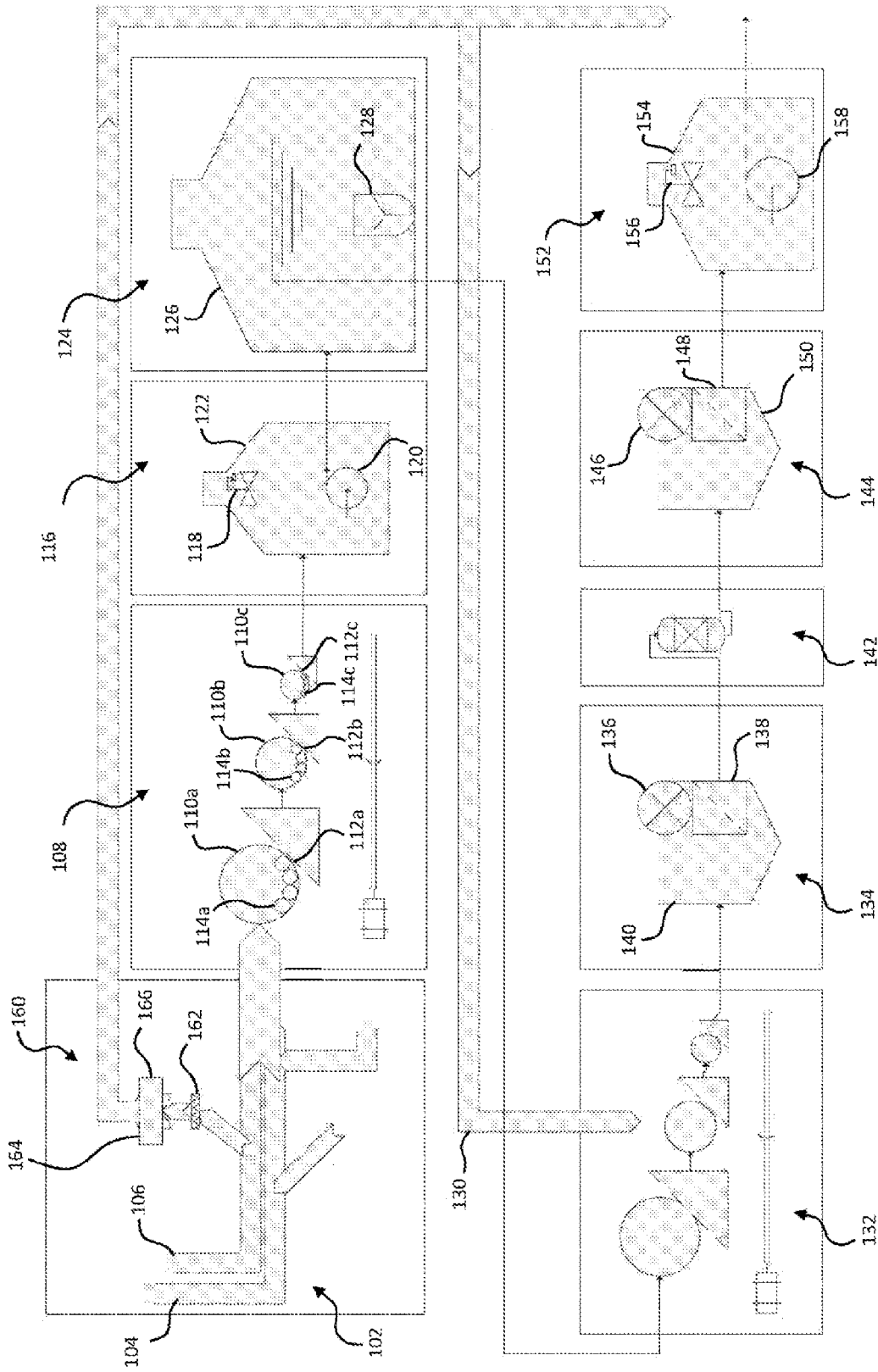


Figura 1

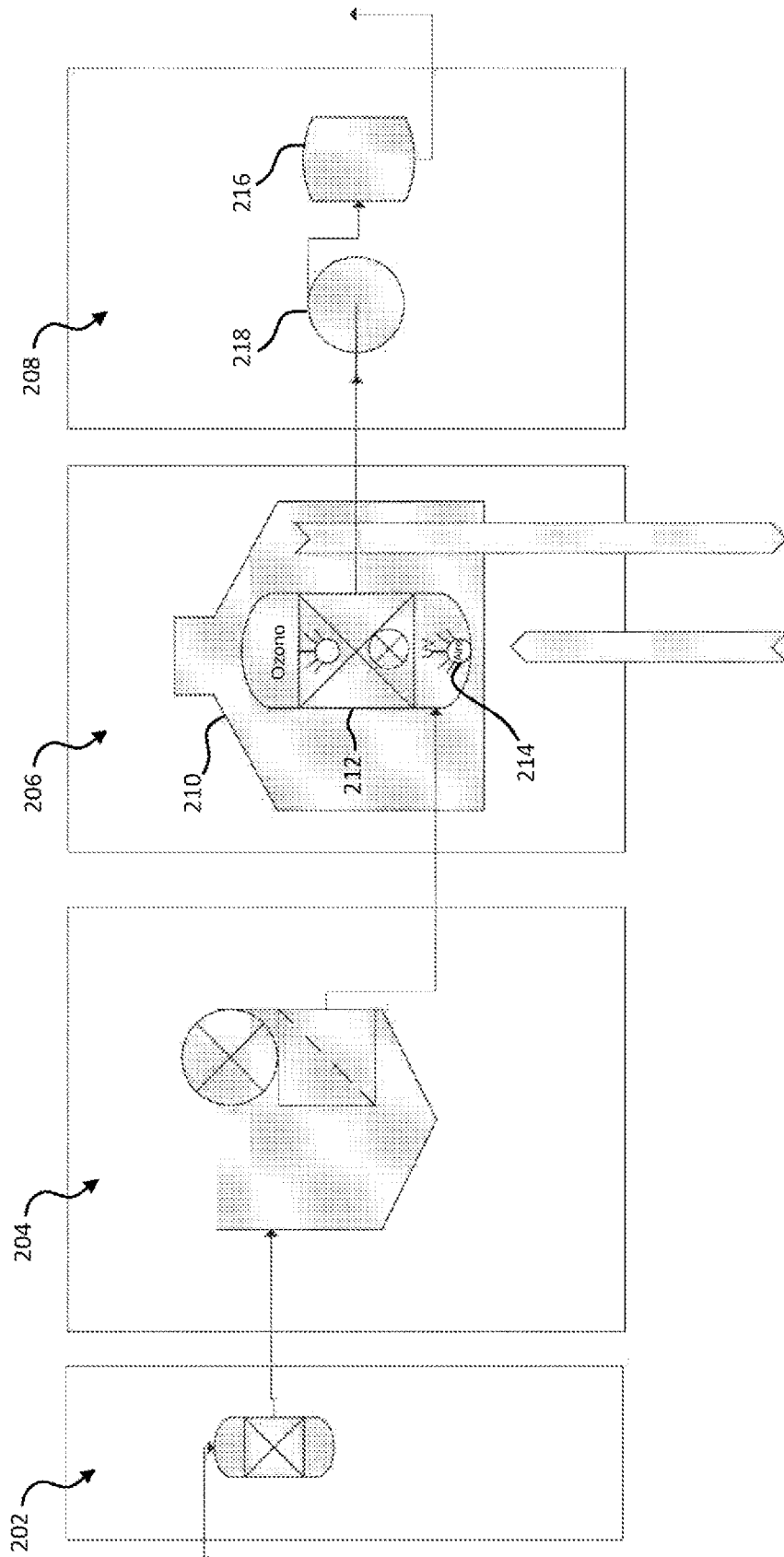


Figura 2

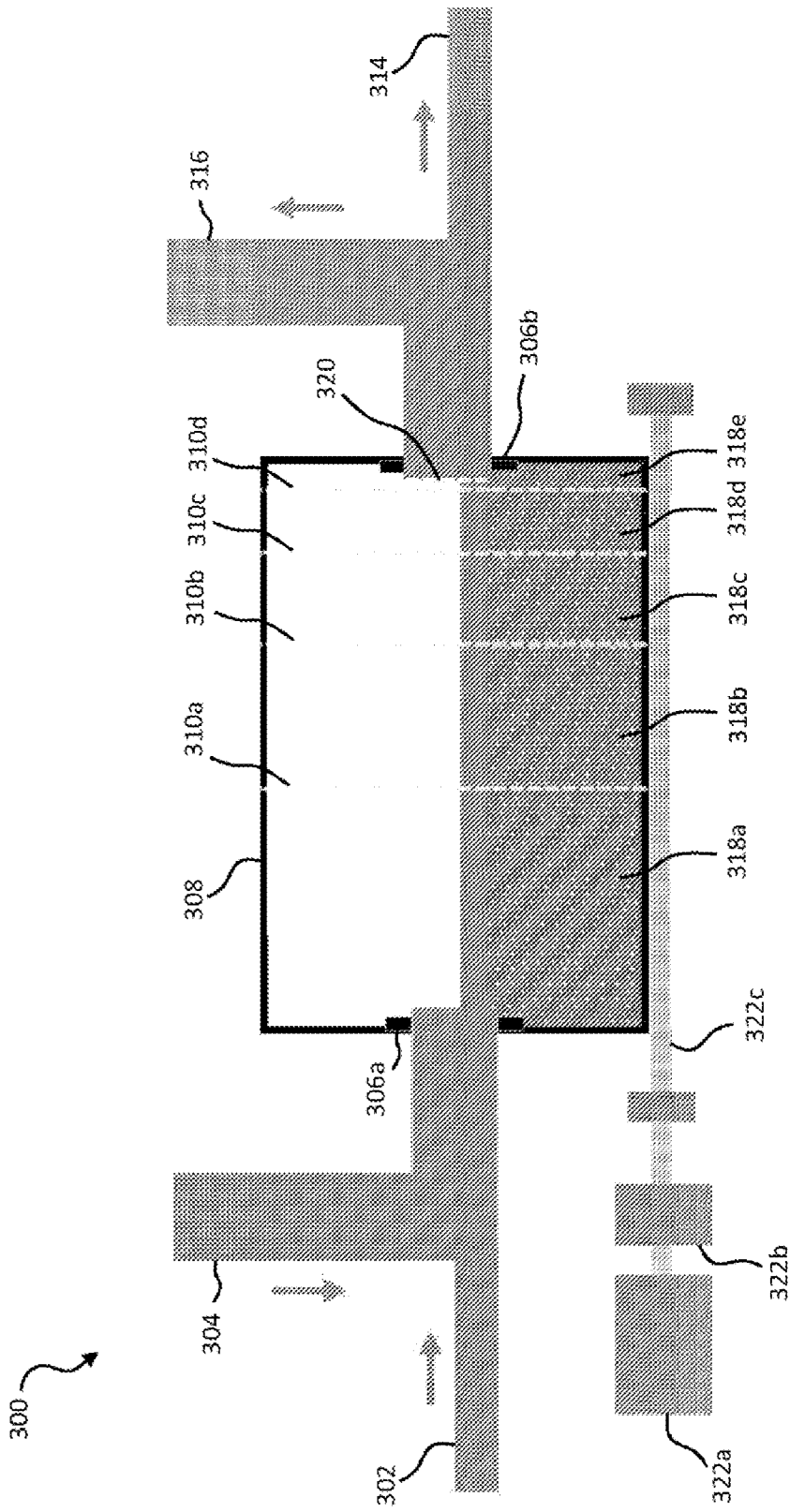


Figura 3