

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 736 248**

51 Int. Cl.:

C02F 3/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.03.2011** **PCT/US2011/021464**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.08.2011** **WO11100089**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.03.2011** **E 11725828 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2019** **EP 2528869**

54 Título: **Método para reducir lodos producidos por instalaciones de tratamiento de aguas residuales**

30 Prioridad:

29.01.2010 US 696919

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

27.12.2019

73 Titular/es:

WHITEMAN, G. ROBERT (100.0%)
P.O. Box 9240
Fleming Island, FL 32006, US

72 Inventor/es:

WHITEMAN, G. ROBERT

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 736 248 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

Método para reducir lodos producidos por instalaciones de tratamiento de aguas residuales

Antecedentes

Las aguas residuales generadas por el agua de los municipios y de las industrias se recogen habitualmente y se envían a una instalación de tratamiento para la eliminación de una variedad de contaminantes físicos, químicos y biológicos antes de ser descargadas en un cuerpo receptor de agua. Para efectuar el tratamiento necesario, muchas instalaciones de tratamiento públicas y privadas emplean métodos de tratamiento tanto físicos como biológicos. Los métodos físicos – incluyendo los procedimientos de tamizado, molienda y sedimentación física – son eficaces para la eliminación de sólidos más grandes y más pesados de las aguas residuales. Sin embargo, sólidos más ligeros, más pequeños, y otros contaminantes solubles en las aguas residuales resisten la eliminación mediante métodos físicos. Para estos contaminantes, normalmente se emplean métodos de tratamiento biológicos, tales como lodo activado y filtros percoladores.

Las normas de descargas de contaminantes procedentes de sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales se han hecho más restrictivas en años recientes. En respuesta, muchos ayuntamientos han implementado nuevos sistemas de tratamiento de aguas residuales o han modernizado los sistemas existentes, para reducir la descarga de contaminantes. Los contaminantes pueden ser de muchas formas, siendo los más habituales la Demanda Bioquímica de Oxígeno (BOD), la Demanda Química de Oxígeno (COD), los Sólidos Suspendedos Totales (TSS), amoníaco, nitrógeno total, nitrato, nitrito y fósforo.

Los sistemas de tratamiento biológicos, tales como los sistemas convencionales de lodos activados y los biorreactores de membrana, son un método para reducir los contaminantes en un afluente de aguas residuales. El término “afluente” se refiere a aguas residuales u otro líquido – bruto (sin tratar) o parcialmente tratado – que fluye a un depósito, cubeta, proceso de tratamiento o planta de tratamiento o instalación de tratamiento. Los sistemas de tratamiento biológicos se diseñan y funcionan para retener una cantidad adecuada de lodo activado de manera que la carga de contaminante contenida en la masa de agua del lodo activo residual producido esté relacionada con el Tiempo de Retención de Sólidos (SRT) del sistema. El SRT mínimo requerido para tratar diversos contaminantes en diversas condiciones generalmente es bien conocido. Los sistemas convencionales de lodos activados retienen lodo activado mediante el uso de dispositivos de sedimentación o clarificación, y pueden mantener un lodo activado adecuado mediante el uso de dispositivos de sedimentación o clarificación, y pueden mantener SRTs adecuados para tratar contaminantes con la condición de que el caudal de la concentración del lodo activado, y la capacidad de sedimentación del lodo activado que va a las cubas de sedimentación o clarificadores, estén dentro de unos límites razonables establecidos por los parámetros de diseño, que dependen del área de las cubas de sedimentación o clarificadores y de las características del lodo activado. Los sistemas de biorreactores de membrana retienen el lodo activado mediante el uso de equipo de filtración de membrana, y pueden funcionar con éxito a una concentración de lodo activado significativamente mayor que la típica para sistemas convencionales de lodos activados, pero están limitados en su capacidad para procesar caudales elevados ocasionales.

Cuando se alcanzan los límites de la capacidad de carga de contaminantes o de la capacidad hidráulica, las instalaciones de tratamiento se enfrentan al riesgo de permitir violaciones del límite, la posibilidad de la acción de exigir el cumplimiento federal o estatal, y las restricciones sobre prohibiciones sobre el crecimiento doméstico e industrial dentro del área del servicio del sistema de recogida de los trabajos de tratamiento. Típicamente, las instalaciones de tratamiento de aguas residuales sufren la expansión física para satisfacer las necesidades de una mayor carga hidráulica. Pero la expansión física es cara, y a menudo requiere terreno adicional que puede no estar disponible de forma adyacente a las instalaciones existentes, particularmente en grandes ciudades, en las que el suelo es muy caro.

Por lo tanto, es deseable encontrar una forma de incrementar la carga volumétrica o másica de los contaminantes y la capacidad hidráulica sin la necesidad de una expansión física de las plantas. Una ventaja significativa de la presente invención con respecto a los métodos de procedimientos de lodos de la técnica anterior es que la carga volumétrica de contaminantes se puede incrementar sustancialmente sin añadir el biofermentador a las instalaciones físicas existentes. Además, también es una característica y ventaja de la presente invención el hecho de que el procedimiento mejorado de lodos produce un lodo biológico con características mejoradas de sedimentación. Las características mejoradas de sedimentación permiten incrementar la carga hidráulica sin que requiera un incremento en el tamaño de los elementos físicos del sistema de lodos activados, debido a que el desperdicio y/o producción de lodo netos es menor. Otra ventaja es una reducción en los costes de operación, tales como sustancias químicas, mano de obra, energía, y transporte, debido a que hay menos lodo biológico a manipular en los costes de operación de una instalación de tratamiento de aguas residuales. Del mismo modo, se pueden construir nuevas plantas de tratamiento de aguas residuales en tamaños más pequeños, con una necesidad mucho más reducida de instalaciones de manipulación de lodos, y por tanto de menores costes de capital, que los sistemas conocidos. Para los sistemas de tratamiento de aguas residuales existentes que requieren actualizaciones, puede ser posible eliminar la necesidad de la ampliación de capital, o retrasar partes o toda la ampliación. Adicionalmente, el tiempo entre la eliminación del lodo biológico se puede prolongar desde el procedimiento de lodos activados hasta un digestor aerobio o anaerobio en 25-50%, y desde ese procedimiento en un 25-50% hasta la etapa de deshidratación,

tal como un lecho secante, prensa de filtro o centrifugadora. Este tiempo adicional significa menos necesidades de mano de obra, menos equipo, menos uso de energía, y menos uso de sustancias químicas.

Sumario

- La invención se refiere a un método para reducir la producción de lodos en un procedimiento de tratamiento de aguas residuales en al menos alrededor de 10%, a la vez que se reducen los sólidos y BOD en una corriente de efluente final; en el que el método comprende tratar una corriente de agua residual en una instalación de tratamiento de aguas residuales mediante adición de un lote de tratamiento desde un biofermentador; en el que el lote de tratamiento se añade a un digestor anaerobio, a una cuba de igualación, o a un clarificador primario de la instalación de tratamiento de aguas residuales; en el que el procedimiento de tratamiento de aguas residuales comprende:
- 10 dirigir la corriente de agua residual a la instalación de tratamiento, teniendo la corriente un caudal de al menos 75708 litros (20.000 galones) por día, y teniendo la corriente de agua residual entrante al menos 50 mg/l de sólidos y 100 mg/l de BOD;
 - eliminar los sólidos y BOD de la corriente de agua residual en la instalación de tratamiento para proporcionar la corriente de efluente final;
 - 15 teniendo la corriente de efluente final menos de 10% de los sólidos de la corriente de agua residual, y menos de 10% de la BOD de la corriente de agua residual;
 - en el que el biofermentador se coloca en el sitio en una localización de la instalación de tratamiento de aguas residuales;
 - 20 en el que se depositan, en el biofermentador en el sitio, nutriente, agua y un inóculo que comprende microbios, y el inóculo se hace crecer en el biofermentador colocado en el sitio, para proporcionar el lote de tratamiento que comprende microbios;
 - en el que el inóculo se hace crecer hasta una concentración de aproximadamente 10^8 - 10^9 unidades formadoras de colonia por mililitro (cfu/ml), para lograr una inoculación mínima preferida de aproximadamente 10^3 - 10^4 cfu/ml en el punto de aplicación del lote de tratamiento;
 - 25 en el que el biofermentador incluye un tanque principal, una entrada para agua, una salida para el lote de tratamiento, un aparato de mezclamiento, y un aparato de control de la temperatura;
 - en el que se aplica directamente al menos una porción del lote de tratamiento que comprende microbios al agua residual contaminada, de manera que los microbios no se aíslan, concentran o liofilizan entre las etapas de crecimiento y de aplicación al procedimiento de tratamiento del agua residual.
 - 30 La corriente de agua residual entrante puede tener al menos alrededor de 100 mg/l de sólidos y 200 mg/l de BOD, y el sólido eliminado puede tener menos de alrededor de 0,11 kg (0,25 libras) de lodo secundario por kg (libra) de BOD eliminado. La corriente de agua residual entrante puede tener al menos alrededor de 100 mg/l de sólidos y 400 mg/l de BOD, y el sólido eliminado puede tener menos de alrededor de 0,11 kg (0,25 libras) del lodo secundario por kg (libra) de BOD eliminada. La corriente de agua residual entrante puede tener al menos alrededor de 50 mg/l de sólidos y 100 mg/l de BOD, y el sólido eliminado puede tener menos de alrededor de 0,06 kg (0,125 libras) de lodo secundario por kg (libra) de BOD eliminado. La corriente de agua residual entrante puede tener al menos alrededor de 100 mg/l de sólidos y 200 mg/l de BOD, y el sólido eliminado puede tener menos de alrededor de 0,06 kg (0,125 libras) del lodo secundario por kg (libra) de BOD eliminada.

Breve descripción de los dibujos

- 40 La FIG. 1 es un diagrama de flujo del procedimiento de lodos activados convencional.
- La FIG. 2 es un diagrama que ilustra un procedimiento convencional de tratamiento de aguas residuales.
- La FIG. 3 es un diagrama que ilustra una secuencia y procedimiento ejemplares de tratamiento de aguas residuales.
- 45 La FIG. 4 es un diagrama que ilustra una secuencia y procedimiento ejemplares de tratamiento de aguas residuales.

Descripción detallada de los dibujos y las realizaciones actualmente preferidas

- Diversas realizaciones proporcionan sistemas y métodos para tratar aguas residuales. Muchas realizaciones son capaces de recibir un afluente que excede uno o más estándares medioambientales y descargar un efluente que satisface los estándares medioambientales actuales, incluyendo limitaciones en los niveles de BOD, COD, TSS, amoníaco, nitrato, nitrito, nitrógeno total, y fósforo. Tales estándares medioambientales para la descarga están controlados bajo o por el National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES). Se pueden seleccionar

aspectos de la invención para maximizar la eficacia del tratamiento y minimizar los costes operacionales durante la operación "normal", pero produciendo una calidad de descarga aceptable con el mismo sistema incluso durante períodos de aporte elevado.

5 Específicamente, la presente invención se refiere a un método de tratamiento de aguas residuales, en el que se reduce el lodo biológico neto desechado o producido.

Resumen

La práctica de la presente invención emplea, excepto que se indique de otro modo, técnicas convencionales de tecnologías de tratamiento de aguas residuales, que están dentro de la pericia normal de la técnica de un operador certificado de Clase 1 o Clase A, o un ingeniero medioambiental titulado. Tales técnicas y la definición de términos
10 técnicos se explican totalmente en la bibliografía, tal como Operation of Wastewater Treatment Plants Manuals, A Field Study Training Program, 4ª Edición, Volumen 1 y 2, California State University, Sacramento, 1993; Industrial Waste Treatment, A Field Study Training Program, California State University Sacramento, 1991; Advanced Waste Treatment, A Field Study Training Program, Segunda Edición, California State University, Sacramento, 1993; y Operation and Maintenance Wastewater Collection Systems, A Field Study Training Program, Cuarta Edición,
15 Volúmenes 1 y 2, California State University, Sacramento, 1993, para la certificación de operadores.

El agua residual se puede tratar próximamente a donde se crea (en fosas sépticas, biofiltros, o sistemas de tratamiento aerobios), o se puede recoger y transportar, vía una red de tuberías y estaciones de bombeo, denominada como sistema de recogida, a una planta de tratamiento de aguas residuales. La recogida y tratamiento de las aguas residuales están sujetos típicamente a normas y estándares locales, estatales y federales. A menudo,
20 las fuentes industriales de aguas residuales requieren procedimientos de tratamiento especializados.

Típicamente, el tratamiento de las aguas residuales implica tres etapas, denominadas tratamientos primario, secundario, y terciario.

El tratamiento/etapa primaria o de sedimentación consiste en mantener temporalmente el agua residual afluyente en una cuba inmóvil, en la que los sólidos pesados pueden sedimentar al fondo, mientras que las grasas, aceites, grasa y sólidos más ligeros flotan a la superficie. Los materiales sedimentados y que flotan se eliminan, y el líquido que
25 queda se puede descargar o someter a un tratamiento secundario.

En la etapa primaria, el agua residual fluye a través de grandes tanques, denominados normalmente "clarificadores primarios" o "tanques de sedimentación primarios". El término "clarificador" se refiere a un tanque de sedimentación o cuba de sedimentación, que son tanques o cubas en los que el agua residual se mantiene durante un período de
30 tiempo, durante el cual los sólidos más pesados sedimentan hacia el fondo, y el material más ligero flotará hacia la superficie. Los tanques son suficientemente grandes de manera que el lodo puede sedimentar, y el material que flota, tal como la grasa y aceites, pueden ascender a la superficie y se pueden eliminar. El fin principal de la etapa de sedimentación primaria es producir tanto un líquido generalmente homogéneo, capaz de ser tratado biológicamente, como un lodo, que se puede tratar o procesar separadamente. Los tanques de sedimentación primarios están
35 equipados habitualmente con raspadores movidos mecánicamente, que mueven continuamente el lodo recogido hacia una tolva en la base del tanque, desde donde se puede bombear a otras etapas de tratamiento del lodo.

El término "lodo" engloba "lodo primario", "lodo secundario" o "lodo biológico", y diversamente "sólidos"; estas tres palabras se usan aquí de forma intercambiable, y dependiendo del contexto, se refieren a la biomasa en exceso producida durante el tratamiento (biológico) secundario procedente de la biodegradación de la materia orgánica.

40 La expresión "lodo primario" se refiere a un desecho semilíquido que resulta de la sedimentación usando el tratamiento primario, sin tratamiento adicional. Típicamente incluye sustancias orgánicas, papel, materia fecal/sólidos, que sedimentan y se eliminan de la parte inferior del clarificador primario, o se dragan de una cuba de pretratamiento o igualación. El lodo primario también puede incluir lodo secundario, en el que, en los clarificadores primarios, se practica la cosedimentación del lodo secundario y primario.

45 Las expresiones "lodo secundario" o "lodo biológico" se refieren a biomasa en exceso producida durante el tratamiento (biológico) secundario procedente de la biodegradación de la materia orgánica. El lodo secundario incluye lodo activado, lodo mixto, y lodo precipitado químicamente.

El término "sólidos" se refiere a lodo primario, lodo secundario, o a ambos.

50 El término "biosólidos" se refiere a producto sólido primario, producido mediante procedimientos de tratamiento de aguas residuales.

La concentración/reducción de sólidos vía la digestión anaerobia combina lodo principalmente secundario. Los procedimientos aerobios habitualmente solo procesan el secundario.

El lodo se elimina típicamente del agua residual para mantener la acumulación de sólidos en el proceso biológico. Tras la eliminación del lodo, puede sufrir un procedimiento de manipulación del lodo, que puede tomar muchas

- formas, desde el tratamiento inicial para reducir el volumen del lodo usando digestión aerobia o anaerobia, seguido de la etapa de concentración usando agentes químicos (floculantes o polímeros) en máquinas, tales como centrifugadoras, prensas de cinta, hacia el desecho final vía la aplicación al suelo e incineración y enterramiento de desechos. La eliminación del lodo y subsiguientemente el procedimiento de manipulación son importantes para
- 5 mantener la relación de alimento a microorganismo (relación F:M) en una planta de lodos activados, ya que la relación F:M es un parámetro importante a la hora de determinar y controlar la cantidad del efluente. La expresión "relación F:M" se refiere a la relación de alimento a microorganismo, que es una medida del alimento proporcionado a las bacterias en un tanque de aireación.
- 10 El tratamiento secundario elimina la materia biológica disuelta y suspendida. El tratamiento secundario se lleva a cabo típicamente por microorganismos autóctonos, portados por el agua, en un hábitat supervisado, a saber, el sistema de tratamiento de aguas biológicas. El tratamiento secundario requiere un procedimiento de separación, para eliminar los microorganismos del agua tratada antes del tratamiento de descarga o terciario.
- 15 El tratamiento terciario se define algunas veces como algo más que un tratamiento primario y secundario. El agua tratada se desinfecta algunas veces química o físicamente (por ejemplo mediante lagunas y microfiltración) antes de la descarga en un arrollo, río, bahía, laguna, o pantano, o se puede usar para el riego de un campo de golf, camino verde, o parque. Si está suficientemente limpia, también se puede usar para recargar aguas subterráneas o con fines agrícolas.
- 20 En general, el agua residual afluyente también se puede pretratar. El pretratamiento elimina materiales, tales como objetos grandes que se pueden recoger fácilmente del agua residual bruta antes de que dañen u obturen las bombas y desespumadores de los clarificadores del tratamiento primario. Esto no se hace habitualmente con un tamiz de barras mecánicamente rastrilladas guiadas automatizado en plantas modernas que atienden a grandes poblaciones, mientras que en plantas más pequeñas o menos modernas se puede usar un tamiz que se limpia manualmente. La acción de rastrillado de un tamiz de barras mecánico se acompaña típicamente según la acumulación en los tamices de barras y/o según el caudal. Los sólidos son recogidos y se desechan más tarde en
- 25 un vertedero, o son incinerados.
- El pretratamiento también puede incluir un canal o cámara de arena o arenilla, en el que la velocidad del agua residual entrante se controla cuidadosamente para permitir que la arena, la arenilla y las piedras sedimenten.
- Tras el tratamiento terciario, los lodos acumulados se deben tratar y desechar de una manera segura y eficaz. El propósito de la digestión es reducir la cantidad de materia orgánica y el número de microorganismos causantes de enfermedades presentes en los sólidos. Las opciones de tratamiento más habituales incluyen digestión anaerobia, digestión aerobia, y compostaje. También se puede usar la incineración.
- 30 La elección del método de tratamiento de los sólidos de las aguas residuales depende de la cantidad de sólidos generada, y de otras condiciones específicas del sitio. Sin embargo, en general, el compostaje se aplica muy a menudo a aplicaciones de escala más pequeña, seguido de la digestión aerobia y después, finalmente, la digestión anaerobia, para aplicaciones municipales a mayor escala.
- 35 La digestión anaerobia es un proceso bacteriano que se lleva a cabo en ausencia de oxígeno. El proceso puede ser digestión termófila, en la que el lodo se hace fermentar en tanques a una temperatura de 55°C, o mesófila, a una temperatura de alrededor de 36°C. Aunque permite un tiempo de retención más corto (y de este modo, tanques más pequeños), la digestión termófila es más cara en términos de consumo de energía para calentar un lodo.
- 40 Una característica importante de la digestión anaerobia es la producción de biogas (siendo el componente más útil el metano), que se puede usar en generadores para la producción de electricidad y/o en calderas con fines de calentamiento.
- La digestión aerobia es un proceso bacteriano que ocurre en presencia de oxígeno. En condiciones aerobias, las bacterias consumen rápidamente materia orgánica, y la convierten en dióxido de carbono. El coste operativo para la digestión aerobia es significativo, debido a la energía usada para los ventiladores, bombas y motores necesarios para añadir oxígeno al proceso, incluso con el advenimiento reciente de la tecnología de filtros de fibras de piedra, que usa corrientes de aire natural para la oxigenación. La digestión aerobia también se puede lograr usando aireadores de chorro para oxidar el lodo, lo que también es costoso pero menos caro que los procedimientos tradicionales.
- 45 El compostaje es también un procedimiento aerobio que implica mezclar el lodo con fuentes de carbono, tal como serrín, paja o virutas de madera. En presencia de oxígeno, las bacterias digieren tanto los sólidos de las aguas residuales como la fuente de carbono añadida, y, al hacerlo, producen una gran cantidad de calor.
- 50 La incineración del lodo es menos habitual debido a los problemas de emisiones de aire y al combustible suplementario (típicamente gas natural o fuel oil) requerido para quemar el lodo de bajo poder calorífico y vaporizar el agua residual. Los hornos de solera múltiple escalonados, con un tiempo de residencia elevado, así como los incineradores de lecho fluidizado son los sistemas más habituales usados para quemar el lodo de las aguas residuales. Ocasionalmente se lleva a cabo la co-combustión en plantas municipales de conversión de residuos en
- 55

energía, siendo esta opción menos cara suponiendo que ya existen las instalaciones para residuos sólidos, así como la falta de necesidad de un combustible auxiliar.

Cuando se produce un lodo líquido, puede ser necesario un tratamiento adicional para hacerlo adecuado para la eliminación final. Típicamente, los lodos se espesan (se deshidratan) para reducir los volúmenes transportados fuera del sitio para su desecho. No hay ningún procedimiento que elimine completamente la necesidad de desechos los biosólidos. Sin embargo, algunas ciudades están llevando a cabo una etapa adicional para sobrecalentar el lodo de las aguas residuales y convertir la "torta" en gránulos peletizados pequeños que son ricos en nitrógeno y otros materiales orgánicos y se usan como fertilizantes. Este producto se puede vender entonces a granjeros locales y a granjas de turba, como una mejora del suelo o fertilizante, reduciendo la cantidad de espacio requerido para desechos el lodo en vertederos. El fluido eliminado, denominado centrado, se reintroduce típicamente en el procedimiento de aguas residuales.

Hay diferentes tipos de sistemas y procedimientos de tratamiento de aguas residuales. Algunos de los ejemplos relevantes para la materia objeto de la presente invención son los documentos US 5846425, US 2003/0190742, US 2008/0135474, US 4246111, JP 2003225694 y US 2008/0210610.

Un ejemplo de sistema de tratamiento de aguas residuales es un procedimiento de lodos activados, que se ilustra en la FIG. 1 con un diagrama de flujo. Generalmente, durante la etapa de pretratamiento, el afluente se tamiza en primer lugar para eliminar raíces, harapos, latas, y escombros grandes, que entonces se pueden transportar a un vertedero o, de ser posible, triturar y ser devueltos al flujo de la planta. A continuación, la arena y la gravilla se eliminan del afluente durante la etapa de eliminación de la arenilla, y el agua residual se airea previamente para refrescar el agua residual y ayudar a eliminar el aceite. El afluente se hace pasar entonces a través de un caudalímetro, que mide y registra el caudal. Tras el pretratamiento, el afluente se somete al tratamiento primario, que incluye sedimentación y flotación, que eliminan materiales sedimentables y flotables; tras el tratamiento primario, el agua residual entra al tratamiento secundario (también conocido como tratamiento biológico), para eliminar, a través de la biodegradación, sustancias orgánicas solubles o disueltas, mientras que los sólidos suspendidos se eliminan vía atrapamiento en el flóculo con cierta biodegradación a lo largo del tiempo. Tras el tratamiento secundario, el agua residual entra al tratamiento terciario, en el que el agua residual se desinfecta para exterminar organismos patógenos, y habitualmente se vuelve a airear antes de la descarga del efluente.

La FIG. 2 ilustra otro ejemplo de procedimiento de tratamiento de aguas residuales. Específicamente, este es un ejemplo de un sistema de oxígeno puro. El sistema de oxígeno puro es una modificación del procedimiento de lodos activados. La principal diferencia es el método para suministrar oxígeno disuelto al lodo activado. En otros procedimientos de lodos activados, el aire se comprime y se libera bajo agua para producir una interfaz aire-agua que transfiere oxígeno al agua (oxígeno disuelto). Si no se usa aire comprimido, los aireadores de superficie agitan la superficie del agua para llevar el aire al interior del agua para obtener la transferencia de oxígeno en el sistema de oxígeno puro; las únicas diferencias reales son que el oxígeno puro, en lugar de aire, es liberado por debajo de la superficie o llevado al interior del agua por medio de aireadores de superficie, y los aireadores están cubiertos. En este procedimiento, el afluente se somete a clarificación primaria. Como se muestra en la FIG. 2, el afluente se pretrata, después se somete a un clarificador primario, a reactores de oxígeno puro, y a un clarificador secundario. El efluente se puede poner en contacto con cloro, y se puede desechos a las aguas receptoras. El lodo se puede devolver a los reactores de oxígeno puro, o se puede combinar con el lodo espeso procedente del clarificador primario y se puede someter a digestor anaerobio primario y secundario. Entonces, los sólidos se pueden deshidratar.

En la técnica se conocen otros procedimientos de tratamiento de aguas residuales, y se pueden usar según los métodos de esta invención.

Métodos para tratar aguas residuales

La invención es un método para tratar aguas residuales, en el que se reduce el lodo neto desechado y/o producido en el método.

En el método, se coloca en el sitio, en la localización de la instalación de tratamiento de aguas residuales, un sistema de biofermentación, que se describe con gran detalle en la publicación U.S. nº 2003/0190742.

El sistema in situ es para hacer crecer microbios en el sitio o localización del agua residual contaminada, y generalmente incluye un tanque principal, una entrada para agua, una salida para el lote de tratamiento, un aparato de mezclamiento, y un aparato de control de la temperatura. En el sistema in situ se depositan nutrientes, agua e inóculos que comprenden microbios. Los inóculos se hacen crecer en el sistema in situ para proporcionar un lote de tratamiento que incluye un mayor número de microbios. Entonces, al menos una porción del lote de tratamiento que incluye los microbios se aplica directamente al agua residual contaminada, de manera que los microbios no se aíslan, concentran o liofilizan entre las etapas de crecimiento y de aplicación. Los microbios reducen los contaminantes en el agua residual contaminada en plantas de lodos activados grandes o lagunas de una sola pasada se puede usar un tanque de retención para transferir el lote de tratamiento, en el que el lote de tratamiento

se puede diluir para crear un mayor volumen con fines de bombeo y dosificación a fin de lograr la descarga continua del lote de tratamiento.

De forma importante, el uso del sistema de biofermentación in situ permite la inoculación suficiente y repetida de los microbios funcionales (ya sea una fuente exógena o autóctona) que permite que se establezca rápidamente una población microbiana y venza a una población autóctona indeseable, tal como microbios filamentosos o de tipo Zoogloea, que provocan el abultamiento de los lodos. Hay una tremenda necesidad comercial de resolver problemas tales como el abultamiento filamentosos o zoogloal, que pueden incrementar el coste total de la operación de una planta de tratamiento de aguas residuales en tanto como 20-25%. La primera área de mayores costes de tratamiento aparece debido a la necesidad de usar auxiliares de la sedimentación o sustancias químicas para clarificar el agua y concentrar la biomasa en el clarificador secundario. Los ejemplos de tales sustancias químicas incluyen polímero, bentonita, alumbre, o sales férricas. La segunda área de mayores costes surge debido a la mala deshidratabilidad del crecimiento filamentosos o zoogloal, incrementando de ese modo la cantidad de equipo requerida para procesar el lodo y la cantidad de polímero para la deshidratación, y por tanto los costes. La tercera área de mayores costes surge puesto que se requiere más mano de obra, ya que la operación se hace menos eficiente y aumentan los costes de transporte e impuestos al vertido. El sistema de biofermentación proporciona un procedimiento que se aplica para controlar o desplazar microbios indeseables, tales como microbios filamentosos o de tipo zoogloal, que causan problemas de abultamiento y de capacidad de sedimentación. El procedimiento de fermentación se usa para disminuir o eliminar el uso de polímeros para potenciar la sedimentación, para minimizar el uso de sustancias químicas deshidratantes, y para minimizar la necesidad de la manipulación de lodos, de mano de obra, los costes de transporte y los impuestos al vertido.

Adicionalmente, el procedimiento de biofermentación permite proporcionar una concentración eficaz de microbios deseados en el punto de aplicación, suficiente para tratar significativamente el agua residual en el punto de aplicación. Óptimamente, el inóculo se hace crecer hasta una concentración de aproximadamente 10^8 - 10^9 unidades formadoras de colonia por mililitro (cfu/ml) para lograr una inoculación mínima preferida de aproximadamente 10^3 - 10^4 cfu/ml en el punto de aplicación.

Los tipos de microbio o microbios presentes en el inóculo dependen del tipo de agua residual a tratar. El inóculo puede contener una única cepa, o múltiples cepas, proporcionadas como un líquido o como un producto seco. El producto seco está habitualmente liofilizado o secado al aire. Adicionalmente, los microbios pueden ser exógenos al agua residual, o los microbios autóctonos se pueden aislar del agua residual sometida a tratamiento.

Los términos microorganismo, microbio, u organismo, como se usan aquí, son intercambiables, e incluyen hongos, levaduras, bacterias, y otros organismos unicelulares pequeños biodegradantes.

Preferiblemente, los microorganismos reductores del lodo, que se pueden adquirir de Advanced Biofermentation Services Inc de Fleming Island, FL, se usan para el tratamiento de aguas residuales en instalaciones de tratamiento de aguas residuales en las que la eficiencia de la eliminación de BOD es baja, el sistema está sobrecargado, y/o en cualquier instalación de tratamiento para reducir los costes de operación relacionados con la manipulación del lodo, que representa típicamente alrededor de 400-50% de los costes de operación de cualquier instalación.

En la Tabla 1 se proporcionan algunos ejemplos de microbios con características de biodegradación particulares.

TABLA 1

Microbio	Tipo de respiración	Ejemplo de aplicación	Ejemplo de producto final
<i>Pseudomonas putida</i>	Aeróbica	Fenol, tolueno	Agua, CO ₂ biomasa
<i>Bacillus subtilis</i>	Aeróbica	Almidón	Agua, CO ₂ biomasa
<i>Nocardia</i> spp.	Aeróbica	Ciclohexano	Agua, CO ₂ biomasa
Hongos spp. de podredumbre blanca	Aeróbica	Cloro-orgánicos	Agua, CO ₂ biomasa
<i>Nitrosomonas</i> spp.	Aeróbica	Oxidación del amoníaco	Nitrato
<i>Nitrobacter</i> spp.	Aeróbica	Denitrificación	Gas nitrógeno
Bacterias metanogénicas	Anaeróbica	Ácido acético	Metano, CO ₂ biomasa
Notas: Spp. = especies, éstas pueden variar, Subtilis es una especie de bacilo; Putida es una especie de pseudomonas; CO ₂ = dióxido de carbono.			

- La determinación de cuál cultivo o formulación del fabricante es el más eficaz para tratar un agua residual particular se puede hacer usando técnicas respirométricas estándar. El principio de la respirometría es medir la actividad de una biomasa expuesta a un sustrato de ensayo en comparación con un control que contiene biomasa y un sustrato conocido que da un resultado predecible. El sustrato a ensayar puede oscilar desde una corriente química o residual específica hasta un agua residual combinada. Los experimentos de respirometría se pueden implementar para estimular entornos aerobios o anaerobios. Las aplicaciones típicas de la respirometría incluyen la evaluación de los siguientes: la posibilidad de tratamiento de aguas residuales municipales e industriales, la toxicidad de corrientes residuales o sustancias químicas específicas; la biodegradabilidad de sustancias químicas; la demanda bioquímica de oxígeno (BOD); y las tasas de absorción de oxígeno (OUR).
- Los microorganismos aerobios usan oxígeno para crecer y metabolizar sustancias orgánicas. Para microbios aerobios, se considera que la tasa de absorción de oxígeno (OUR) está directamente relacionada con la estabilización orgánica, y por tanto, está relacionada con la capacidad de la formulación para biodegradar el desecho orgánico.
- El equipo de respirometría y los procedimientos de tratabilidad para estudios tanto aerobios como anaerobios se pueden obtener a partir de fabricantes en los Estados Unidos de América, tales como Challenge Environmental Systems of Fayetteville, Ark.; Arthur Technology of Fond du Lac, Wis.; y Bioscience Management of Bethlehem, Pa. Los ejemplos de estudios de tratabilidad aerobia se pueden encontrar en documentos técnicos tales como Whiteman, G. R., TAPPI Environmental Conference-” Application of Selected Microbial Formulations in the Pulp and Paper Industry,” TAPPI Environmental Proceedings, Book 1, p. 235-238, Abril 1991; Whiteman, G. R., Gwinnett Industrial Conference-” Optimizing Biological Processes-A Look Inside The Black Box,” Abril 1995; y Whiteman, G. R., TAPPI Environmental Conference-” Improving Treatment “Performance with Natural Bioaugmentation”, TAPPI Environmental Proceedings, Vancouver, BC, 1998.
- Una vez que se ha comparado la eficacia de tal aislado, aislados, y/o formulación usando técnicas respirométricas, entonces se puede seleccionar el mejor como el inóculo para el procedimiento de fermentación descrito aquí. Se pueden adquirir cultivos ya preparados de Advanced Biofermentation Services Inc de Fleming Island, FL.
- El término “nutrientes” se refiere a sustancias que son necesarias para mantener plantas y organismos vivos. Los nutrientes principales son carbono, hidrógeno, oxígeno, azufre, nitrógeno, y fósforo. Los nutrientes incluyen tanto macronutrientes como micronutrientes. La composición típica de un microbio se muestra más abajo en la Tabla 2, en la que es manifiesto que diferentes microbios tienen diferentes composiciones. Los microbios también tienen diferentes capacidades para asimilar el nitrógeno en aminoácidos, los bloques básicos de construcción de proteínas, o las bases purínicas o pirimidínicas del ácido ribonucleico (ARN) y del ácido desoxirribonucleico (ADN). Por lo tanto, microbios diferentes tienen necesidades diferentes de macronutrientes (nitrógeno y fósforo) y micronutrientes (por ejemplo, magnesio, calcio, potasio, sodio, manganeso, cobalto, níquel, cinc, hierro, cloruro, y azufre) para optimizar el proceso de fermentación. Para una información sobre macronutrientes y micronutrientes, incluyendo concentraciones de microbios exigentes (difíciles de hacer crecer), sobre cómo determinar si se necesita un micronutriente particular, y sobre explicaciones del papel de los nutrientes en general, véase Introductory Microbiology, por Levy, et al., cuya descripción se incorpora aquí como referencia.

TABLA 2

CONTENIDO	LEVADURA	BACTERIA	ZOOGLOEA
Carbono (C)	47,0	47,7	44,9
Hidrógeno	6,0	5,7	--
Oxígeno	32,5	27,0	--
Nitrógeno (N)	8,5	11,3	9,9
Ceniza	6,0	8,3	--
Fórmula empírica	C ₁₃ H ₂₀ N ₂ O ₇	C ₅ H ₇ NO	--
Relación C:N	5,6:1	4,3:1	4,5:1

- La biomasa activa, compuesta principalmente de bacterias, en la planta de tratamiento biológico contiene 8-15% de nitrógeno para la mayoría de las bacterias, muy típicamente 12-12,5%, y 2-5% de fósforo, muy típicamente 2,3-2,6%. El fósforo es importante en la formación de trifosfato de adenosina (ATP), que es como almacenan energía los microbios.

Los microbios están compuestos de proteínas, hidratos de carbono, materiales grasos denominados lípidos, o combinaciones de estas sustancias. En particular, las proteínas se usan para obtener enzimas que son la base del proceso de biodegradación. Una serie de reacciones constituyen el proceso de biodegradación para cualquier sustancia orgánica particular. Una enzima específica lleva a cabo cada reacción. Estas enzimas están compuestas de aminoácidos y algunas veces cofactores, habitualmente metales, que constituyen los sitios reactivos de las enzimas en los que tienen lugar la biodegradación y la conversión de una sustancia orgánica. Óptimamente, los micronutrientes están presentes en una cantidad suficiente a fin de optimizar el proceso de fermentación o biodegradación. Los micronutrientes incluyen sustancias tales como vitaminas, coenzimas, metales, o compuestos inorgánicos requeridos, tales como cofactores para la producción de enzimas, coenzimas, o para el crecimiento celular. Por ejemplo, el azufre es necesario para la asimilación de los aminoácidos esenciales cisteína y metionina. En *Biochemistry*, Segunda Edición, Albert L. Lehninger, Wort Publishers Inc., 1975, ISBN: 0-87901-047-9, y en *Introductory Microbiology* por Levy et al., John Wiley & Sons Inc., 1973, ISBN 0-471-53155-3, se puede encontrar información con respecto al papel de tales micronutrientes, tales como coenzimas, incluyendo ácido fólico, ácido pantoténico (coenzima A), vitamina B₁₂ (cobamida), biotina, ácido nicotínico o nicotinamida (NAD), vitamina B₁ (tiamina, vitamina B₂ (riboflavina, vitamina B₆ (piridoxina), ácido lipoico y ácido ascórbico.

Como se menciona anteriormente, el tipo de microbio o microbios usados en el procedimiento de tratamiento de aguas residuales de la presente invención depende del tipo de problema de agua residual a abordar. Los microbios usados muy a menudo son bacterias, y lo más habitualmente, se usan bacterias aerobias mesófilas. Las bacterias aerobias usan oxígeno para metabolizar materia orgánica, según se mide, por ejemplo, mediante la demanda bioquímica de oxígeno (BOD), la demanda química de oxígeno (COD), carbono orgánico total (TOC), o carbono total (TC).

También es posible usar bacterias facultativas, que se pueden metabolizar con o sin oxígeno, o bacterias anaerobias, que no usan oxígeno. Las bacterias también se clasifican con respecto a la temperatura a la que crecen óptimamente. Las temperaturas óptimas son, para termófilas – 55-75°; para mesófilas – 30-45°C; y para sicrofilas: obligado – 15-18°C.

La aplicación o uso de tal procedimiento o sistema de biofermentación in situ da como resultado una menor pérdida y/o producción de lodo neto para cualquier instalación de tratamiento de aguas residuales municipal o industrial.

En las FIGS. 3 y 4 se ilustran generalmente una secuencia y procedimientos de tratamiento de aguas residuales preferidos según esta invención. Sin embargo, los métodos no se limitan a ningún sistema particular ilustrado en los dibujos o detallado anteriormente; en su lugar, se puede usar cualquier aparato que permita la realización de un método de la invención.

Haciendo referencia a la FIG. 3, el tratamiento de aguas residuales según los métodos de esta invención incluye un pretratamiento, un tratamiento primario (químico y físico), un tratamiento secundario (eliminación de sustancias orgánicas disueltas y de sólidos suspendidos), un tratamiento terciario, un tratamiento con lodo, la eliminación del lodo y la eliminación del líquido.

Las etapas de tratamiento específicas del método de tratamiento de aguas residuales de esta invención se muestran en la FIG. 4.

La etapa de pretratamiento incluye el tamizado y eliminación de la arenilla, la igualación y almacenamiento, y separación del aceite. El tratamiento primario químico incluye al menos 2 etapas de neutralización, y la adición química y la coagulación. El tratamiento primario físico incluye múltiples etapas de flotación, sedimentación y filtración. El tratamiento secundario de las sustancias orgánicas disueltas incluye lodo activado, laguna anaerobia, filtro percolador, laguna aireada, cuba de estabilización, reactor biológico giratorio, y filtro. La eliminación de los sólidos suspendidos del tratamiento secundario incluye la sedimentación de los sólidos o la cuba de aireación interna que tiene un ciclo inmóvil (SBR), o el uso de membranas. A continuación, el agua residual se somete al tratamiento terciario, que incluye coagulación y sedimentación, filtración, absorción con carbono, intercambio iónico, y membrana. El lodo resultante de las etapas de tratamiento está disponible entonces para el tratamiento de lodos. Específicamente, el lodo se puede tratar mediante digestión, o por combustión. El lodo también se puede espesar (deshidratar) mediante gravedad o flotación, para reducir los volúmenes transportados fuera del sitio para la eliminación. También, el lodo se puede tratar mediante filtración a presión, filtración a vacío, centrifugación, o con lagunas, o con lechos secantes. Tras el tratamiento de lodos, el lodo se puede desechar vía incineración, eliminación en el océano, y vertido en el vertedero. El agua residual diluida tratada también se puede desechar en las aguas receptoras, en la descarga controlada o transportada, aplicación de superficie de eliminación en el océano o filtración a aguas subterráneas, evaporación e incineración. El agua residual orgánica concentrada se puede eliminar mediante inyección en pozos profundos o incineración.

Sorprendentemente, el procedimiento de tratamiento de aguas residuales que incorpora el sistema de biofermentación in situ que utiliza microbios de la presente invención que reducen el lodo da como resultado una menor pérdida y/o producción de lodo neto.

Específicamente, de forma típica, por cada 0,45 (1 libra (lb)) de BOD tratada por el sistema secundario, sería de esperar que se desechasen y/o produjesen 0,23 kg (0,5 libras (lbs)) de lodo. En base a las cargas de BOD afluentes y a la eliminación típica de 90% de BOD por la mayoría de los sistemas biológicos, esto sería equivalente a 0,20 kg (0,45 lbs) de lodo producido por 0,45 kg (1 lb) de BOD que entra en la planta.

- 5 Las tasas de producción de lodo biológico varían para diferentes constituyentes del agua residual, por ejemplo la grasa, el aceite y/o la grasa (FOG) pueden producir 0,32-0,36 kg de lodo/0,45 kg (0,7-0,8 lbs de lodo/lb) de BOD reducida, mientras que las sustancias químicas, tales como benceno o fenol, podrían ser tan bajas como 0,11 kg de lodo/0,45 kg (0,25 lbs de lodo/lb) de BOD reducida.

- 10 Sin embargo, cuando un sistema de biofermentación, que usa como su lote de tratamiento microbios reductores del lodo, se instala in situ en la instalación de tratamiento de aguas residuales, según los métodos de la presente invención, por cada 0,45 kg (1 lb) de BOD tratada por el sistema secundario, se desechan y/o producen 0,06 kg (0,125 lbs) de lodo. En base a las cargas del cuerpo afluente y a la eliminación típica de BOD de 90% por la mayoría de los sistemas biológicos, esto sería equivalente a 0,05 kg (0,112 libras) de lodo producido por 0,45 kg (libra) de BOD que entra en la planta, lo que es significativamente menor que lo que esperaría alguien de pericia normal en la técnica en base a la cantidad del afluente que entra en la instalación de tratamiento.

- 15 Sin estar atados por ningún mecanismo particular, se cree que el menor gasto y/o producción de lodo neto se puede atribuir, por ejemplo, al mayor número de microbios presentes en el sistema y disponibles para el proceso de biofermentación como se describe en la publicación U.S. nº 2003/0190742. Al incrementar el número de microbios viables en el sistema biológico, esto reduce esencialmente la relación F:M, lo que significa que hay más microbios viables con menos alimento para comer. A su vez, esto daría como resultado el metabolismo celular de los microbios usando BOD para el mantenimiento celular, en lugar de para el crecimiento celular. Por lo tanto, esto último daría como resultado una menor producción de lodo biológico. Además, o como alternativa, el beneficio de reducir los microbios filamentosos (en el sistema de lodos activados) da como resultado un mejor lodo de sedimentación, que permite que más lodo pueda ser transportado en el sistema biológico, disminuyendo de ese modo la relación F:M e incrementando SRT. Esta reducción en F:M y el incremento en SRT es un método clásico para reducir el desperdicio de lodo neto, ya que más lodo se autodigesta en el sistema biológico, dando como resultado un menor desperdicio de lodo neto.

Ejemplos

Ejemplo 1

- 30 Ciudad de Gray

La meta de este estudio fue mejorar la eficiencia del tratamiento para BOD y la capacidad hidráulica en la instalación de tratamiento de aguas residuales de lodos activados en la ciudad de Gray, puesto que el sistema de tratamiento convencional a menudo estaba sobrecargado a diario a la capacidad de diseño.

- 35 Antes del tratamiento, la ciudad de Gray tuvo un sistema de lodos activados de paquete convencional para el tratamiento de aguas residuales, diseñado para tratar 63,09 l/h (400.000 galones por día (gpd)) de aguas residuales municipales con un digestor aerobio integrado y 4 lechos secantes. Típicamente, el lodo se perdió hacia los lechos secantes después de los primeros 90 días, ya que era práctica normal antes del comienzo del invierno.

- 40 En el sitio adyacente al sistema de lodos activados a tratar, se instaló un sistema de biofermentación modelo 250, que se puede adquirir de Advanced Biofermentation Services, Fleming Island, FL, y se instaló como se describió previamente en la publicación U.S. nº 2003/0190742.

- 45 El biofermentador modelo 250 se instaló para alimentar 113,561 (30 galones) al día de un lote de tratamiento de fuerza ¼, que incluye microbios que eliminan BOD con el nombre comercial "Biobooster for BOD removal" que se adquirió de (Advanced Biofermentation Services, Fleming Island FL). Un lote de tratamiento de concentración completa se define como la adición de 4,54 kg (10 libras) de bionutriente (el nutriente usado para hacer crecer los microbios) al biofermentador. Como tal, un lote de tratamiento de fuerza ¼ es equivalente a ¼ o 1,13 kg (2,5 libras). El bionutriente usado en el procedimiento se puede adquirir de Advanced Biofermentation Services, Fleming Island FL.

- 50 El procedimiento de biofermentación se instaló inicialmente durante 90 días antes del invierno. En los 90 días del comienzo del tratamiento, los operarios observaron mejoras significativas en el proceso de tratamiento, incluyendo capacidad hidráulica mejorada sin pérdida de TSS en el efluente durante caudales pico (algunas veces mayores que IMGD), y mejor eliminación de BOD. Tales observaciones se realizaron visual y anecdóticamente por los operarios.

En la primavera del año siguiente, sorprendentemente, se observó que el lodo de desperdicio a los lechos secantes no se producía, y se prestó más atención al proceso de desgaste del lodo.

- 55 Varios meses más tarde, la ciudad determinó que había habido una reducción del 75% en las producciones de lodos, según se determina por la falta de uso de los lechos secantes. La ciudad ya había comenzado a adquirir una

nueva prensa de cinta y un edificio que costaba \$800.000, para sustituir los lechos secantes. Si la ciudad hubiera sabido que la biofermentación podría reducir el gasto y/o producción netos de lodo, entonces no hubiera aprobado el desembolso.

- 5 De forma importante, la ciudad de Gray observó una reducción del 65% en el uso de polímeros, y la capacidad hidráulica aumentó en 50%. También, se eliminó cualquier problema de espumación/uso de desespumantes. Todo esto dio como resultado un procedimiento de tratamiento de aguas residuales mejorado.

Ejemplo 2

- 10 La planta de tratamiento de aguas residuales (WWTP) de la ciudad de Dublín ha usado alumbre para precipitar sólidos suspendidos y la BOD asociada del efluente final durante los últimos ocho (8) años. La planta es un filtro percolador de $18,2 \cdot 10^6$ l/d (4,0 MGD), con dos filtros de arena en puente móviles al final, que producen agua reutilizable. La WWTP tiene tres licencias:

(B1) $18,2 \cdot 10^6$ l/d (4,0 MGD), 30 BOD, 30 TSS

(B2) $18,2 \cdot 10^6$ l/d (4,0 MGD), 25 BOD, 15 TSS

(B3) $27,3 \cdot 10^6$ l/d (4,0 MGD), 25 BOD, 30 TSS

- 15 A fin de mejorar la eliminación de BOD, de reducir el uso de alumbre en los clarificadores secundarios usados para la clarificación, y desarrollar una biología más sana para lograr un potencial total del procedimiento, se implementó un procedimiento de biofermentación como se describe aquí en la WWTP de la ciudad de Dublín.

- 20 Específicamente, se instaló en el sitio adyacente al sistema de filtro percolador un sistema de biofermentación Modelo 250, que se puede adquirir de Advanced Biofermentation Services, Fleming Island FL, y que se instaló como se describió previamente en la publicación U.S. nº 2003/0190742. El Modelo 250 se instaló para alimentar 227,121 (60 galones) diariamente de un lote de tratamiento de fuerza $\frac{1}{4}$ usando un cultivo específico desarrollado para la reducción de lodos, denominado "Biobooster for sludge reduction", que se puede adquirir de Advanced Biofermentation Services Inc, Fleming Island, FL.

El tratamiento se llevó a cabo durante 45 días.

- 25 Después de 45 días de uso del procedimiento de biofermentación, la ciudad fue capaz de eliminar el alumbre, ahorrando a la ciudad alrededor de \$100.000.

- 30 También, el crecimiento de algas en las rocas del filtro percolador fue próspero, se redujo la BOD efluente, y TSS cumplía la eliminación de 875% sin el uso de alumbre. También hubo una reducción notable en la cantidad de lodo biológico, que dio como resultado el hecho de hacer funcionar la prensa cinco días a la semana, produciendo dos recipientes por día (cada 18,3 m (20 yardas) de rodamiento), a hacer funcionar la prensa una o dos veces por semana, produciendo un recipiente por día (rodamiento de 18,3 m (20 yardas)).

- 35 De forma notable, tras 6 meses de funcionamiento, las prensas se hacían funcionar una vez cada dos semanas. Esto representó una reducción de 70+% en los costes de manipulación del lodo. También mejoró el lodo del digestor (que incluye lodo primario y lodo secundario). Específicamente, el lodo del digestor cambió de 1 $\frac{1}{2}$ % de sólidos a 3% de sólidos y sobrenadante limpiador de los digestores.

Ejemplo 3 (profético)

Método para mejorar la digestión anaerobia del lodo.

Otra aplicación reconocida de los resultados sorprendentes en Dublín es la posibilidad de mejorar la digestión anaerobia del lodo.

- 40 Para el tratamiento de lodo de digestor anaerobio, se instaló en el sitio del digestor un biofermentador (adquirido de Advanced Biofermentation Services, Fleming Island FL) para añadir directamente un lote de tratamiento al digestor. La velocidad de dosificación puede variar en base al volumen del digestor. Sin embargo, típicamente para un digestor de menos de 1 MGV, la velocidad de dosificación es 37,85-227,121 (10-60 galones) por día de un lote de fuerza $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$.

- 45 Para lograr velocidades mayores de metabolismo, las velocidades de dosificación se pueden doblar o cuadruplicar, según se requiera para obtener los resultados deseados.

- 50 El beneficio del coste al consumidor depende de la mejora de la calidad del sobrenadante del digestor y el espesor de los sólidos que ayudaría a la deshidratación y daría como resultado menores costes de sustancias químicas/polímeros para la deshidratación. También, los costes de operación serían debido a una menor mano de obra y menor frecuencia de eliminación. Además, la eficiencia de tales digestores anaerobios se mejora cuando la

capacidad de digestión se limita, evitando de ese modo el gasto de capital o minimizando la necesidad de desembolso.

Ejemplo 4 (profético)

Método para mejorar la digestión de lodos en una cuba de igualación.

- 5 Otra aplicación reconocida a partir de los resultados sorprendentes en Gray es la posibilidad de mejorar la digestión de los lodos en la cuba de igualación, que se usan típicamente por pueblos más pequeños antes del tratamiento en la planta de empaquetamiento. También, se puede evitar el pretratamiento y/o los clarificadores primarios caros.

- 10 Para el tratamiento del lodo de la cuba de igualación, se instaló en el sitio de la cuba de igualación un biofermentador (adquirido de Advanced Biofermentation Services, Fleming Island FL) para añadir directamente un lote de tratamiento a la cuba de igualación en la entrada a la planta de aguas residuales.

- 15 La velocidad de dosificación se podría basar en el volumen de la cuba de igualación o del caudal entrante. Sin embargo, típicamente, el volumen del caudal entrante para menos de 1-3MGV sería 37,85-227,121 (10-60 galones) por día de un lote de fuerza $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$. El aumento de escala para plantas más grandes sería proporcional. Para lograr velocidades más rápidas del metabolismo, las velocidades de dosificación se podrían doblar o cuadruplicar, requiriéndose esto para obtener los resultados deseados.

- 20 El beneficio de coste al consumidor dependería de la mejora de la eliminación de BOD a lo largo de la cuba de igualación y de la reducción de la acumulación de sólidos, evitando o posponiendo la necesidad de sólidos de draga. El dragado es extremadamente caro puesto que incurre en costes para el equipo de deshidratación, sustancias químicas/polímero para deshidratación, mano de obra, transporte y tasas de eliminación. Además, el tratamiento puede dar como resultado una mejora de la eficiencia de tal capacidad de igualación cuando tal capacidad está limitada, evitando de ese modo el gasto de capital o minimizando la necesidad de gasto.

Ejemplo 5 (profético)

Método para reducir el lodo primario en el clarificador primario antes del digestor anaerobio.

- 25 Otra aplicación reconocida de los resultados sorprendentes en Dublín sería la posibilidad de reducir el lodo primario en el clarificador primario antes del digestor anaerobio, ya que el tratamiento del lodo primario es muy caro.

- 30 Para el tratamiento de lodo del clarificador primario, se instaló en el sitio un biofermentador (adquirido de Advanced Biofermentation Services, Fleming Island FL) para añadir directamente un lote de tratamiento al lodo del clarificador primario en la entrada a la planta de aguas residuales. La velocidad de dosificación puede variar en base al volumen tratado por la planta de tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, típicamente, el volumen tratado por la planta de aguas residuales de menos de 1-3MGV sería 37,85-227,121 (10-60 galones) por día de un lote de fuerza $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$. El aumento de escala para plantas más grandes sería proporcional. Para lograr velocidades más rápidas de metabolismo, las velocidades de dosificación se podrían doblar o cuadruplicar, requiriéndose esto para obtener los resultados deseados.

- 35 El beneficio de coste al consumidor dependería de la reducción de los costes de manipulación de los lodos del lodo primario, tales como los costes de equipo de deshidratación, sustancias químicas/polímeros para deshidratación, mano de obra, transporte, y tasas para la eliminación. Además, una segunda ventaja sería mejorar la eficiencia de tales procedimientos de manipulación del lodo cuando tal capacidad está limitada, evitando de ese modo el gasto de capital o minimizando la necesidad de gasto.

REIVINDICACIONES

1. Un método para reducir la producción de lodos en un procedimiento de tratamiento de aguas residuales en al menos alrededor de 10%, a la vez que se reducen los sólidos y BOD en una corriente de efluente final; en el que el método comprende tratar una corriente de agua residual en una instalación de tratamiento de aguas residuales mediante adición de un lote de tratamiento desde un biofermentador; en el que el lote de tratamiento se añade a un digester anaerobio, a una cuba de igualación, o a un clarificador primario de la instalación de tratamiento de aguas residuales; en el que el procedimiento de tratamiento de aguas residuales comprende:
 - 5 10 15 20 25
 - dirigir la corriente de agua residual a la instalación de tratamiento, teniendo la corriente un caudal de al menos 75708 litros (20.000 galones) por día, y teniendo la corriente de agua residual entrante al menos 50 mg/l de sólidos y 100 mg/l de BOD;
 - eliminar los sólidos y BOD de la corriente de agua residual en la instalación de tratamiento para proporcionar la corriente de efluente final;
 - teniendo la corriente de efluente final menos de 10% de los sólidos de la corriente de agua residual, y menos de 10% de la BOD de la corriente de agua residual;
 - en el que el biofermentador se coloca in situ en una localización de la instalación de tratamiento de aguas residuales;
 - en el que se depositan, en el biofermentador in situ, nutriente, agua y un inóculo que comprende microbios, y el inóculo se hace crecer en el biofermentador colocado in situ, para proporcionar el lote de tratamiento que comprende microbios;
 - en el que el inóculo se hace crecer hasta una concentración de aproximadamente 10^8 - 10^9 unidades formadoras de colonia por mililitro (cfu/ml), para lograr una inoculación mínima preferida de aproximadamente 10^3 - 10^4 cfu/ml en el punto de aplicación del lote de tratamiento;
 - en el que el biofermentador incluye un tanque principal, una entrada para agua, una salida para el lote de tratamiento, un aparato de mezclamiento, y un aparato de control de la temperatura;
 - en el que se aplica directamente al menos una porción del lote de tratamiento que comprende microbios al agua residual contaminada, de manera que los microbios no se aíslan, concentran o liofilizan entre las etapas de crecimiento y de aplicación al procedimiento de tratamiento del agua residual.

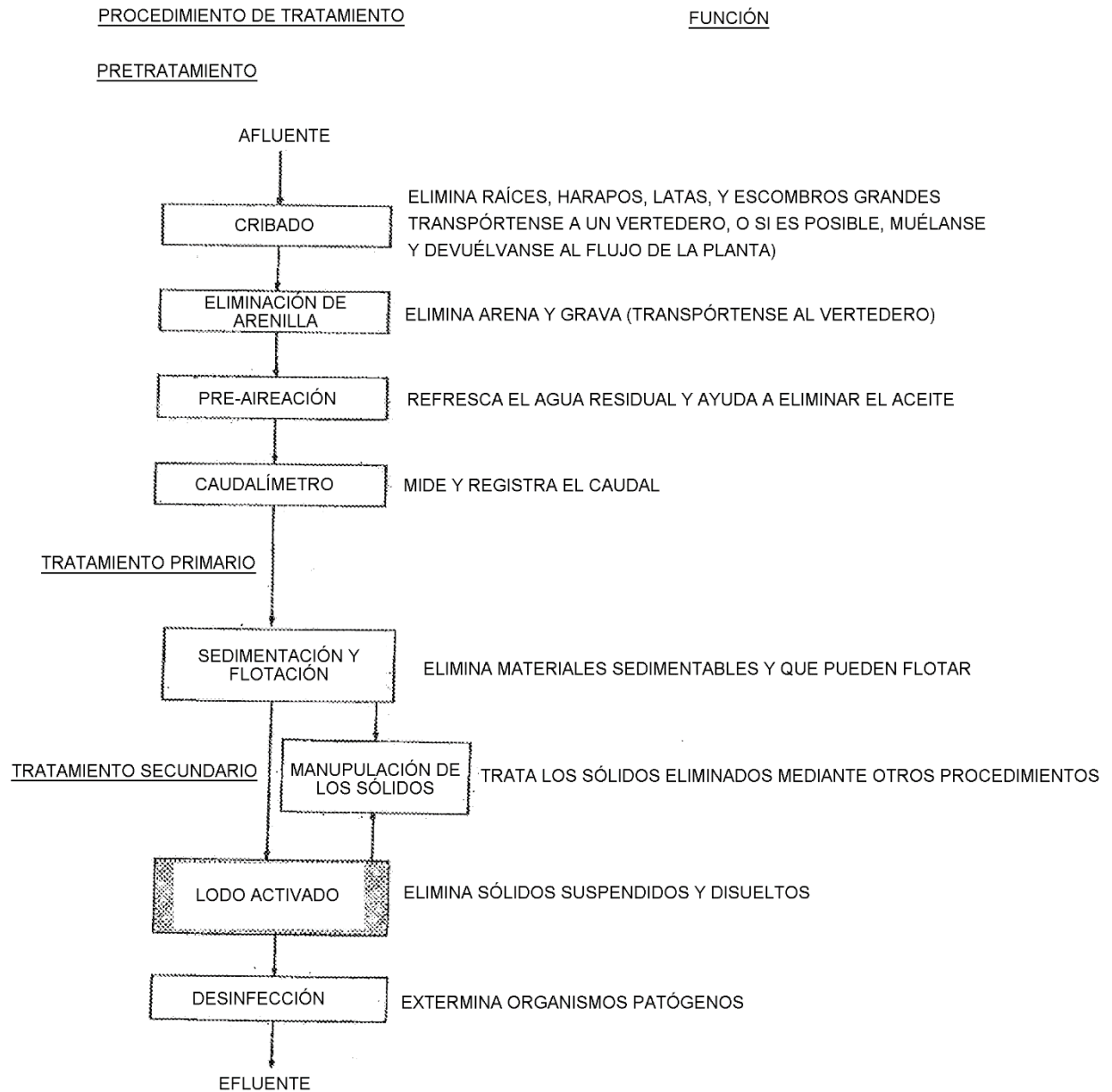


FIG. 1

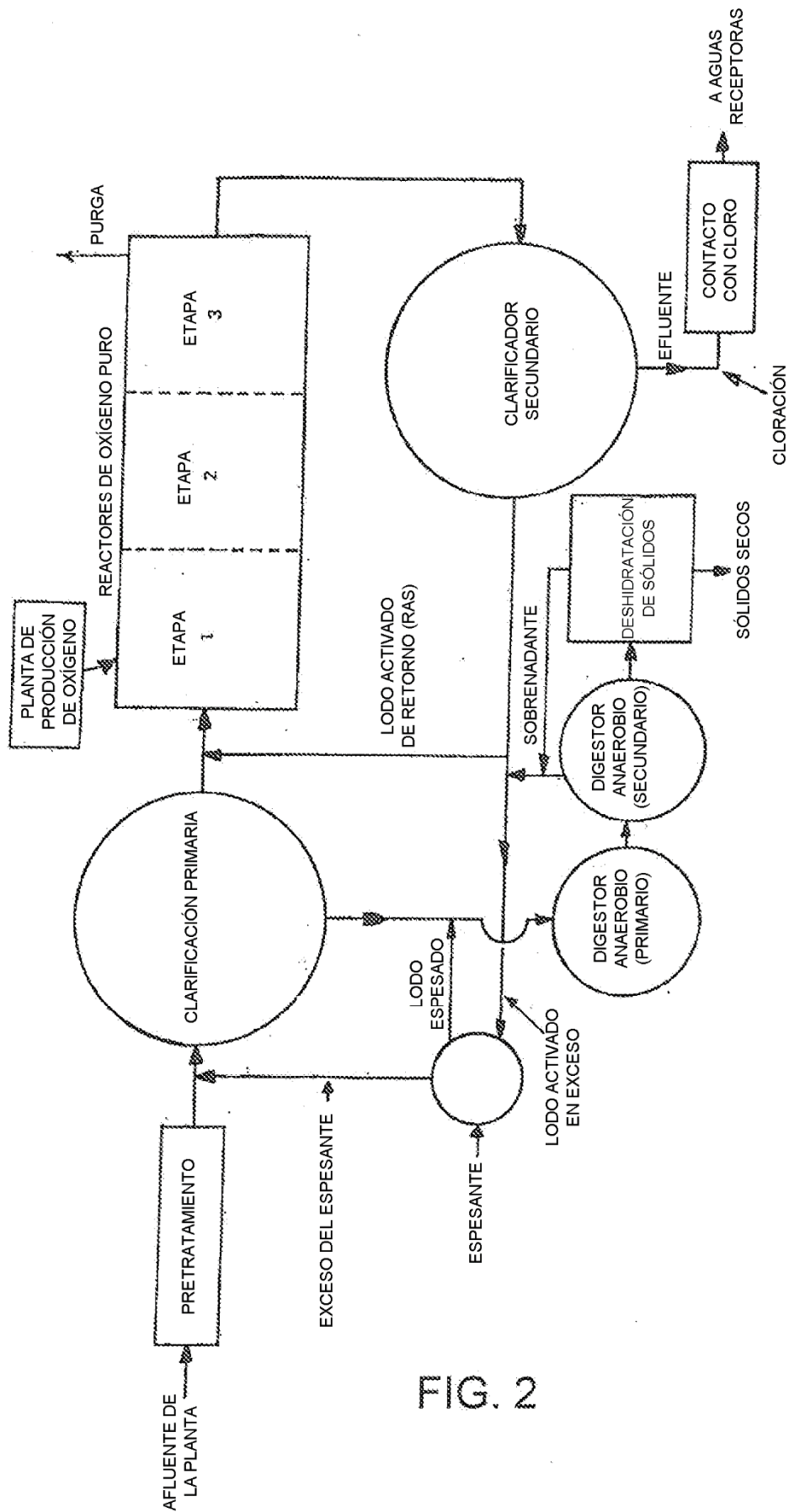
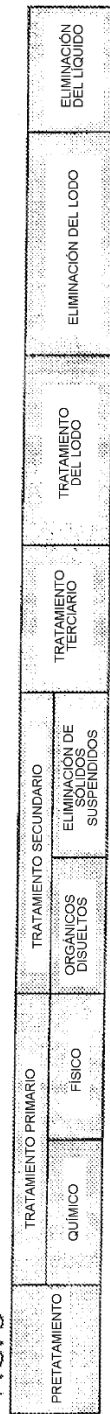


FIG. 2

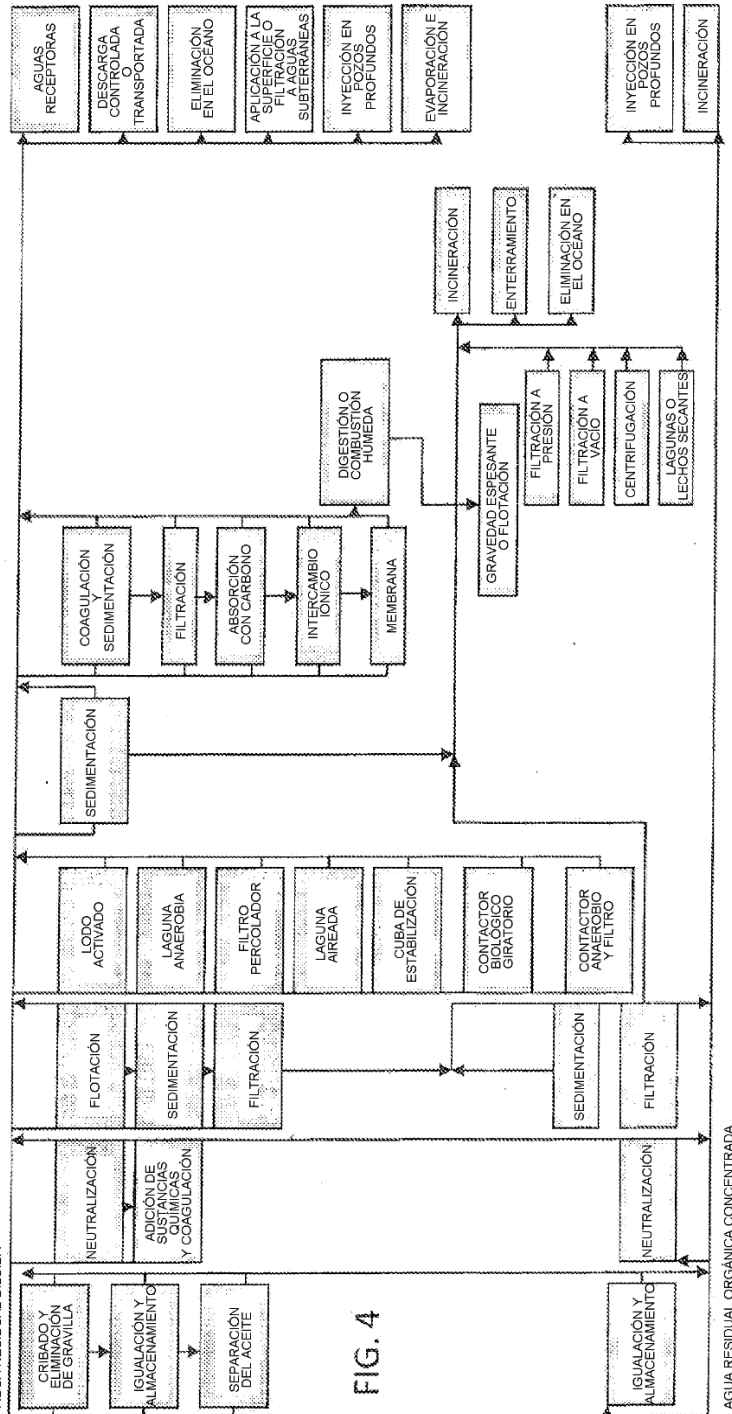
DIAGRAMA DE SUSTITUCIÓN DE LAS SECUENCIAS Y PROCEDIMIENTOS DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE ABS

FIG. 3



AGUA RESIDUAL DILUIDA

FIG. 4



AGUA RESIDUAL ORGANICA CONCENTRADA