

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 018 627**

51 Int. Cl.:

C02F 3/12 (2013.01)

C02F 3/08 (2013.01)

C02F 3/30 (2013.01)

C02F 101/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.06.2020** **PCT/US2020/039069**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.12.2020** **WO20263786**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.06.2020** **E 20739811 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.12.2024** **EP 3990400**

54 Título: **Procedimiento para eliminar amonio de una corriente de aguas residuales**

30 Prioridad:

27.06.2019 US 201962867272 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.05.2025

73 Titular/es:

**VEOLIA WATER SOLUTIONS & TECHNOLOGIES
SUPPORT (100.00%)**

**Immeuble L'Aquarène, 1 place Montgolfier
94417 Saint-Maurice, FR**

72 Inventor/es:

**ZHAO, HONG;
KRUPA, KENNETH;
DIMASSIMO, RICHARD y
LEMAIRE, ROMAIN**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 3 018 627 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

Procedimiento para eliminar amonio de una corriente de aguas residuales

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un procedimiento de desamonificación para eliminar amonio del agua de rechazo en una corriente lateral a través de un procedimiento de reactor discontinuo secuencial de lodos activados de película fija integrada.

10 Se pueden utilizar varios procedimientos de tratamiento de aguas residuales con biopelícula para eliminar contaminantes de las aguas residuales. Uno de estos procedimientos se denomina procedimiento de reactor de biopelícula de lecho móvil (MBBR). Los procedimientos de MBBR se consideran procedimientos sólo de biopelícula con flujo continuo en un reactor completamente mezclado. Los sistemas de MBBR incluyen un tanque de aireación. 15 Dentro del tanque de aireación se encuentra un conjunto de portadores de biopelícula de plástico que soportan la biopelícula utilizada para tratar las aguas residuales que pasan a través del tanque de aireación. Los portadores de biopelícula pueden flotar o en algunos casos pueden hundirse cuando no están mezclados. Durante el tratamiento de aguas residuales, la biopelícula en los portadores entra en contacto con las aguas residuales y se produce un proceso biológico. Los procedimientos de MBBR ofrecen numerosas ventajas. Estas ventajas incluyen principalmente la 20 facilidad de operación y la robustez.

Similar en algunos aspectos a un procedimiento de MBBR es lo que se conoce como un procedimiento de lodos activados de película fija integrada (IFAS). También es un procedimiento de flujo continuo, e implica portadores de biopelícula para soportar parte de la biomasa. Sin embargo, el procedimiento de IFAS también incluye biomasa 25 suspendida. Debido a la biomasa suspendida y al flujo continuo, es común emplear un clarificador externo aguas abajo del tanque de aireación, para recuperar la biomasa suspendida y reciclarla al tanque de aireación.

También es posible operar un reactor de IFAS como reactor discontinuo secuencial. Esto se conoce como procedimiento de IFAS SBR. Este procedimiento, a diferencia de los procedimientos de MBBR e IFAS, es un 30 procedimiento no continuo. En lugar de ello, las aguas residuales se tratan en una secuencia de etapas que incluyen el llenado, la aireación y el mezclamiento, seguido de la sedimentación, que a su vez es seguida de la decantación.

La decantación generalmente se proporciona mediante uno o más decantadores flotantes que residen en la superficie del agua en el reactor de IFAS SBR. 35

Se conoce por el documento U.S. 2012/0006744 un reactor biológico de flujo ascendente para tratar aguas residuales que contienen portadores de biopelícula, así como biomasa suspendida. El reactor biológico está configurado para ser utilizado para tratamiento aeróbico, anóxico, y anaeróbico. El reactor biológico está diseñado específicamente para 40 reducir la cantidad de lodos aeróbicos en exceso y altas concentraciones de sólidos en el efluente tratado.

Muchas aguas residuales contienen nitrógeno amónico ($\text{NH}_4\text{-N}$) (denominado aquí amonio). Para cumplir con diversos límites regulatorios, se debe eliminar el amonio de las aguas residuales antes de descargarlas. El enfoque convencional emplea un procedimiento biológico de dos etapas denominado procedimiento de nitrificación y 45 desnitrificación.

En los últimos años se ha descubierto que el amonio presente en ciertas corrientes de desechos, tal como el líquido de deshidratación del digestor de lodos anaeróbicos (que se encuentra en una corriente lateral), se puede eliminar utilizando bacterias diferentes de las normalmente asociadas con la nitrificación-desnitrificación convencional. En este caso, un procedimiento típico combina nitrificación aeróbica y oxidación anaeróbica de amonio (anammox). En la etapa 50 de nitrificación, las bacterias oxidantes de amonio aeróbicas (AOB) oxidan una porción sustancial del amonio en la corriente de desechos a nitrito (NO_2^-). Después, en la segunda etapa, las bacterias oxidantes de amonio anaeróbicas (AnAOB) convierten el amonio restante y el nitrito en gas nitrógeno (N_2) y una pequeña cantidad de nitrato (NO_3^-). El procedimiento total, es decir, la nitrificación y el procedimiento de anammox, se denomina desamonificación.

Los procedimientos de MBBR se pueden utilizar en un procedimiento de desamonificación de corriente lateral para eliminar el amonio del agua de rechazo producida por un digestor anaeróbico. Existen algunas limitaciones en un procedimiento de MBBR en tales casos. Los procedimientos de MBBR normalmente no son muy eficientes en un procedimiento de desamonificación de corriente lateral, en el que la alimentación al digestor anaeróbico se trata previamente mediante un procedimiento de hidrólisis térmica. Además, la capacidad y la tasa de conversión de un 60 procedimiento de MBBR a menudo son menos que ideales.

Por otra parte, un procedimiento de IFAS de flujo continuo aborda algunas de estas deficiencias. Los procedimientos de IFAS suelen tener tasas de conversión elevadas (generalmente el doble) y una mayor calidad del efluente. Además, un procedimiento de IFAS puede absorber compuestos orgánicos inhibidores presentes en algunas corrientes de desechos mejor que un procedimiento de MBBR. Cuando se utiliza un procedimiento de hidrólisis térmica para tratar 65

la alimentación a un digestor anaeróbico, una configuración de IFAS requiere menos agua de dilución tibia. Esta relación de dilución más baja es significativa para los proyectos de agua de rechazo hidrolizada térmicamente debido a que los procedimientos de hidrólisis térmica sólo pueden proporcionar una cantidad limitada de dilución de agua tibia. Sin embargo, el sistema de IFAS de flujo continuo tiene algunas desventajas. La principal desventaja es que un sistema de IFAS de flujo continuo requiere un clarificador externo para separar del efluente tratado la biomasa suspendida, de modo que la biomasa suspendida separada pueda devolverse al reactor de IFAS. Los clarificadores externos requieren tanques adicionales y aumentan el espacio ocupado por todo el sistema, lo que no siempre está disponible, especialmente en proyectos de modernización. Además, los clarificadores externos requieren más equipo mecánico, tales como mecanismos clarificadores y bombas para devolver los lodos activados.

Se conoce del documento U.S. 2013/0264280 un procedimiento convencional de desamonificación para el tratamiento de aguas residuales que utiliza bacterias AOB y ANAMMOX para eliminar el amonio. El procedimiento de desamonificación descrito implica el cultivo de bacterias AOB y ANAMMOX en una corriente lateral, en el que las aguas residuales tienen una concentración de amonio relativamente alta y utiliza las bacterias AOB y ANAMMOX cultivadas en la corriente lateral para eliminar el amonio de las aguas residuales en la corriente principal.

En algunos casos, los sistemas y procedimientos de tratamiento de aguas residuales se actualizan periódicamente en las instalaciones de tratamiento de aguas residuales. Esto puede ocurrir en el caso de procedimientos de desamonificación de corriente lateral. Por ejemplo, el sistema de flujo lateral se puede mejorar mediante la modernización de un sistema de hidrólisis térmica para pretratar la alimentación a un digestor anaeróbico. Esto introducirá inhibidores (compuestos orgánicos) que afectarán negativamente la eficiencia de un procedimiento de desamonificación de MBBR existente.

Además, con el tiempo, el flujo y la carga de un MBBR existente pueden aumentar, y el sistema de MBBR existente podría no ser adecuado para manejar dichas cargas. En estos casos, existe la necesidad de un sistema de desamonificación adaptable que pueda incorporar compuestos inhibidores y tratar de manera eficiente cargas adicionales dirigidas al sistema de desamonificación, y que sea susceptible de una fácil adaptación sin aumentar significativamente la huella del sistema de desamonificación.

La presente invención se refiere a un método según la reivindicación 1.

El método según la invención se lleva a cabo en un único reactor diseñado para ser un MBBR o un IFAS SBR. La conversión del reactor de un MBBR a un IFAS SBR, o viceversa, es sencilla y fácil de implementar. Con el diseño del único tanque o reactor, los dos modos de operación, MBBR e IFAS SBR, son intercambiables dependiendo de las necesidades de tratamiento.

El único reactor incluye una malla de retención de medios fija que está diseñada para descargar aguas residuales tratadas cuando el reactor asume un modo de MBBR, así como cuando el reactor asume un modo de IFAS SBR. En otras palabras, se emplea o se utiliza la misma rejilla de retención de medios para descargar aguas residuales tratadas en el modo de MBBR o en el modo de IFAS SBR.

La presente invención implica un procedimiento de tratamiento de aguas residuales que incluye un procedimiento de desamonificación de corriente lateral para eliminar el amonio del lodo que se elimina de un procedimiento de corriente principal. La corriente lateral puede incluir pretratamiento mediante hidrólisis térmica, aunque esto no es esencial ni obligatorio. La corriente lateral incluye un digestor anaeróbico y un IFAS SBR aguas abajo para tratar el agua de rechazo del digestor anaeróbico. Mediante un procedimiento discontinuo realizado en el IFAS SBR, las aguas residuales se llenan, se airean y se hacen reaccionar en una primera fase, a la que sigue entonces una fase de sedimentación, que a su vez es seguida de una fase de decantación. En este procedimiento, los sólidos suspendidos totales (TSS) emitidos por el IFAS SBR no son preocupantes debido a que el efluente del IFAS SBR puede devolverse a la cabecera de la planta de tratamiento de aguas residuales. Por lo tanto, no es necesario decantarlo desde la superficie del agua. Las etapas de separación de sólidos y líquidos (sedimentación y decantación) son necesarias únicamente para retener suficiente biomasa suspendida. Por lo tanto, las rejillas de retención de medios se pueden utilizar para decantar el líquido del reactor tanto de la zona clarificada como de la zona de medios, pero NO de la zona de lodos del fondo.

El reactor de desamonificación utilizado en el procedimiento de eliminación de amonio de aguas residuales está configurado para funcionar como un reactor de biopelícula de lecho móvil (MBBR) o como un reactor discontinuo secuencial de lodos activados de película fija integrada (IFAS SBR), comprendiendo el reactor de desamonificación:

un único tanque de desamonificación;

una rejilla de aireación dispuesta en una porción inferior del tanque;

en el que el tanque de desamonificación está configurado para contener portadores de biopelícula que tienen biomasa soportada sobre ellos;

incluyendo el único tanque una malla de retención o varias mallas para descargar aguas residuales tratadas del reactor de desamonificación y para retener los portadores de biopelícula en el tanque y evitar que los portadores de biopelícula se descarguen con aguas residuales tratadas del tanque;

en el que el reactor de desamonificación de único tanque está configurado para operar en un modo de MBBR de flujo continuo o en un modo de IFAS SBR no continuo;

en el que la malla de retención está configurada para descargar agua tratada cuando el reactor de desamonificación asume un MBBR; y

en el que la malla de retención está fija con respecto al tanque y está configurada como un decantador para decantar aguas residuales tratadas del reactor de desamonificación cuando el reactor de desamonificación asume un IFAS SBR.

La presente invención implica un método para tratar aguas residuales que contienen amonio y eliminar amonio en un procedimiento de corriente lateral a través de la desamonificación en un reactor discontinuo secuencial de lodos activados de película fija integrada (IFAS SBR), comprendiendo el método:

dirigir las aguas residuales a un procedimiento de tratamiento biológico de corriente principal, y someterlas a un tratamiento biológico y producir lodos y un efluente clarificado;

tratar el lodo en un procedimiento de corriente lateral:

dirigiendo los lodos a un digestor anaeróbico en la corriente lateral;

dirigiendo los lodos en el digestor anaeróbico para producir lodos digeridos;

deshidratando los lodos digeridos en la corriente lateral para producir el agua de rechazo;

dirigiendo el agua de rechazo al IFAS SBR que contiene biomasa soportada en portadores y biomasa suspendida, y eliminando el amonio del agua de rechazo en el IFAS SBR a través de un procedimiento discontinuo que incluye una serie de etapas que incluyen:

llenar el IFAS SBR con el agua de rechazo;

airear el agua de rechazo en el IFAS SBR;

sedimentar la biomasa en el IFAS SBR; y

decantar el agua de rechazo tratada dirigiéndola a través de una malla de retención de portadores fija.

Existen numerosas ventajas en la utilización de un IFAS SBR en un procedimiento de desamonificación de corriente lateral. Como se señaló anteriormente, el IFAS SBR proporciona una tasa de conversión de amonio relativamente alta y no requiere un clarificador externo, que es necesario en un sistema de IFAS de flujo continuo convencional. Al utilizar mallas de medios fijas en el reactor para decantar el sobrenadante en el IFAS SBR, se elimina la necesidad de utilizar decantadores flotantes convencionales. Además, la flexibilidad del IFAS SBR significa que se puede incorporar una fase anóxica al procedimiento para eliminar el nitrato que pueda quedar de un procedimiento de desamonificación. Finalmente, el modo de IFAS SBR aumenta significativamente la capacidad del sistema, y es especialmente adecuado para corrientes de desecho con compuestos inhibidores tales como los que se encuentran en el efluente de una unidad de hidrólisis térmica.

Otros objetos y ventajas de la presente invención se harán evidentes y obvios a partir del estudio de la siguiente descripción y de los dibujos adjuntos, que son meramente ilustrativos de dicha invención.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 ilustra el reactor, que está diseñado para funcionar en modo de MBBR o en modo de IFAS SBR.

La Figura 2 ilustra el reactor funcionando en modo de MBBR.

La Figura 3 ilustra el reactor funcionando en el modo de IFAS SBR durante una fase inicial de un procedimiento de IFAS SBR.

La Figura 4 muestra el reactor funcionando como un procedimiento de IFAS SBR durante una fase de sedimentación.

La Figura 5 muestra el reactor funcionando en el modo de IFAS SBR, e ilustra la fase de decantación.

La Figura 6 es una ilustración esquemática de un procedimiento de tratamiento de aguas residuales que incluye un procedimiento de desamonificación de corriente lateral que emplea el reactor que funciona en un modo de IFAS SBR.

DESCRIPCIÓN DE REALIZACIONES EJEMPLARES

Con referencia adicional a los dibujos, particularmente a la Figura 1, en ella se muestra un único reactor, y se indica generalmente con el número 10. Como se analiza a continuación, el reactor 10 está diseñado como un MBBR o un IFAS SBR. El reactor 10 incluye un tanque 12 que tiene una rejilla de aireación 14 soportada adyacente al fondo del tanque. Un soplador 16 está conectado operativamente a la rejilla de aireación para suministrar aire a la rejilla de aireación, que a su vez dispersa aire en el reactor 10. Un canal de espuma 18 se extiende alrededor de al menos una parte del reactor 10 a una altura seleccionada. El canal de espuma 18 está diseñado para recibir espuma de una superficie superior de las aguas residuales contenidas en el reactor 10, y para descargar la espuma recolectada del canal de espuma.

El reactor 10 también incluye portadores o medios de biopelícula 20. Aquí no se tratan los detalles de los portadores de biopelícula 20 debido a que su construcción y uso son bien conocidos y apreciados por los expertos en la técnica. Los portadores de biopelícula suelen estar hechos de material plástico con una densidad cercana a la densidad del agua (1 g/cm^3). En algunos casos, la densidad de los portadores de biopelícula es menor que la densidad del agua, lo que significa que flotan en las aguas residuales contenidas en el reactor 10. En muchos casos, los portadores flotantes son preferibles debido a que su uso generalmente aumenta la capacidad del reactor. En otros casos, la densidad de los portadores 20 podría ser superior a la densidad del agua, en cuyo caso estos portadores de biopelícula se hunden cuando no se mezclan físicamente con las aguas residuales en el reactor. Se aprecia que estos portadores de biopelícula 20 soportan una biomasa activa o biopelícula que se utiliza para tratar biológicamente las aguas residuales en el reactor 10.

Para mezclar las aguas residuales y los portadores de biopelícula 20, se han previsto rejillas de aireación 14 y un mezclador o mezcladores 22. En algunos procedimientos que se pueden realizar en el reactor 10, el mezclador 22, junto con el aire disperso por la rejilla de aireación 14, mezcla los portadores de biopelícula 20 de manera que se distribuyen de manera generalmente uniforme en todas partes del reactor 10. Generalmente, el mezclamiento del reactor se proporciona principalmente mediante la aireación. Los mezcladores se utilizan para ocasiones especiales, tales como el arranque y cuando se integran fases anóxicas en las secuencias de SBR.

Para descargar el agua tratada del reactor 10, se proporciona una o más mallas de retención de portadores de biopelícula fijas (malla portadora), indicadas generalmente con el numeral 24, para descargar del reactor 10 aguas residuales tratadas. La malla portadora 24 cumple dos funciones. En primer lugar, sirve para descargar el agua tratada del reactor 10. Cuando el reactor 10 es un MBBR, las aguas residuales tratadas se descargan de forma continua a través de la malla portadora 24. Cuando el reactor 10 asume un IFAS SBR, la malla portadora 24 está configurada para ser un decantador. En segundo lugar, actúa como una malla de retención y evita que los portadores de biopelícula 20 se descarguen del reactor 10 con el agua tratada. Una de las ventajas de la presente invención es que la malla portadora 24 sirve para descargar el agua tratada cuando el reactor 10 opera como un MBBR o como un IFAS SBR. Por lo tanto, si surge la necesidad de convertir el reactor 10 de un MBBR a un IFAS SBR, no es necesario realizar modificaciones sustanciales en el reactor 10.

Continuando con la vista de la malla portadora 24, se puede observar en la Figura 1 que la misma comprende una malla de retención de portadores de biopelícula 24A. La malla 24A incluye aberturas que son suficientemente pequeñas para evitar que los portadores de biopelícula 20 pasen a través de ella cuando se descarga del reactor el agua tratada. La malla portadora 24 incluye salidas bifurcadas 24B y 24C. La salida 24B incluye una válvula de control manual 26A, y está diseñada para descargar agua tratada cuando el reactor 10 asume un MBBR. Un tanque de efluente 28 está conectado comunicativamente a la salida 24B, y en este ejemplo, forma parte del reactor 10. El tanque de efluente 28 sirve efectivamente como una caja de vertedero de efluentes cuando el reactor 10 asume un MBBR que controla el nivel de agua en el reactor 10. La salida 24C incluye una válvula de control automático 26B, y está diseñada para ser utilizada para descargar aguas residuales tratadas cuando el reactor 10 asume un IFAS SBR.

El reactor 10 está configurado para ser un MBBR o un IFAS SBR. La expresión "configurado para", como se utiliza aquí y en las reivindicaciones, significa específicamente diseñado para realizar una función descrita. El reactor 10 está diseñado para utilizarse en un procedimiento de MBBR o en un procedimiento de IFAS SBR.

La Figura 2 muestra el reactor 10 funcionando como un procedimiento de MBBR de flujo continuo. Aquí, el reactor 10 incluye los portadores de biopelícula 20. Aunque la densidad relativa de los portadores de biopelícula 20 puede variar,

en muchos casos es preferible que su densidad relativa sea menor que la del agua, lo que les permite flotar en las aguas residuales en el reactor 10. En este ejemplo, la posición de la malla portadora 24 está dispuesta generalmente a mitad de la altura del reactor 10. Se entiende y se aprecia que la posición o altura particular de la malla portadora 24 puede variar.

Continuando con la referencia a la Figura 2, a medida que las aguas residuales fluyen a través del reactor 10, se puede suministrar aire de manera continua o intermitente a las aguas residuales mediante la rejilla de aireación 14. El efecto combinado del aire dispersado por la rejilla de aireación 14 y el mezclamiento ejercido por el mezclador 22 hace que los portadores de biopelícula 20 se mezclen con las aguas residuales y en general se distribuyan de manera uniforme a través de partes del reactor 10. Aunque tanto la aireación como el mezclador pueden estar encendidos al mismo tiempo, normalmente el mezclador se enciende sólo durante el período en que el aire está apagado.

A medida que las aguas residuales fluyen a través del reactor 10, la biopelícula en los portadores 20 entra en contacto con las aguas residuales. Se pueden realizar diversos tratamientos biológicos en este modo de MBBR mediante los portadores de biopelícula 20. Generalmente, la biomasa soportada en los portadores 20 consume materia orgánica. Específicamente, un procedimiento de MBBR se puede emplear para la desnitrificación, nitrificación, eliminación de DBO/DQO, y desamonificación.

El reactor 10 puede asumir un IFAS SBR sin alteraciones significativas. Como se señaló anteriormente, en un procedimiento de IFAS, tanto la biomasa suspendida (la biomasa suspendida se muestra en 21 en la Figura 3) como la biomasa de película fija (soportada sobre portadores 20) están contenidas en el reactor 10, y se emplean para tratar aguas residuales. Cuando el procedimiento de IFAS se realiza por fases o se hace funcionar como un modo discontinuo secuencial, tienen lugar diversas fases o etapas a lo largo del tiempo en el reactor 10 durante el curso del tratamiento de un lote de aguas residuales. Estas etapas incluyen: llenar el reactor; airear las aguas residuales en el reactor; hacer reaccionar la biomasa suspendida y la biomasa de biopelícula con las aguas residuales; sedimentar las aguas residuales; y decantar las aguas residuales tratadas. Algunas de estas etapas se pueden llevar a cabo simultáneamente. Por ejemplo, en una fase, el llenado, la aireación y la reacción pueden ocurrir simultáneamente. En algunos casos, la fase de sedimentación puede reducirse sustancialmente o incluso eliminarse si el volumen de decantación es relativamente pequeño.

Las Figuras 3, 4 y 5 muestran el reactor 10 de un IFAS SBR. En este ejemplo, hay tres fases distintas en el procedimiento: (1) llenado, aireación y reacción; (2) sedimentación; y (3) decantación.

La Figura 3 muestra la primera fase. Las aguas residuales a tratar se alimentan al reactor 10. Durante esta primera fase, las válvulas de control 26A y 26B se cierran, garantizando que no se descarguen aguas residuales del reactor 10. Durante el llenado, la rejilla de aireación 14 suministra aire a las aguas residuales. Además, en los momentos apropiados después de comenzar a llenar el reactor, se puede accionar el mezclador 22 para mezclar las aguas residuales, la biomasa suspendida y los portadores de biopelícula 20 si se detiene la aireación. Durante esta fase de llenado, aireación y reacción, se producen reacciones biológicas, y se procede al tratamiento de las aguas residuales. Como se analiza con más detalle a continuación, el IFAS SBR puede realizar, por ejemplo, la desamonificación. Durante la fase de reacción, AOB y AnAOB trabajan juntas para convertir el amonio en gas nitrógeno. Una vez que el reactor 10 se llena hasta un nivel seleccionado, se corta la alimentación al reactor. En una realización preferida, la alimentación del influente generalmente durará toda la duración de la fase de reacción. La ventaja de un tiempo de alimentación relativamente largo es que reduce la necesidad de equalización del influente. Antes de pasar a la segunda fase, la de sedimentación, puede ser conveniente en algunos casos prolongar el tiempo de reacción más allá de la conclusión del llenado.

Durante la fase de sedimentación, como se muestra en la Figura 4, la aireación está apagada, el mezclador 22 no se acciona, y las válvulas 26A y 26B permanecen cerradas, impidiendo cualquier descarga de aguas residuales del reactor 10. En el procedimiento de sedimentación, la biomasa suspendida 21 se deposita en una porción inferior del reactor 10 y forma lo que se denomina una capa de lodo 40. Véase la Figura 4. En este ejemplo, los portadores de biopelícula 20 tienen una densidad relativa menor que la del agua, y por lo tanto flotan. Como se muestra en la Figura 4, los portadores de biopelícula 20 formarán lo que se denomina una capa de medio superior 42. Entre la capa de medio 42 y la capa de lodo 40 se encuentra lo que se denomina una zona clarificada 44. En este ejemplo como se muestra en la Figura 4, la malla portadora 24 se coloca en la interfaz formada por la capa de medios 42 y la zona clarificada 44. Durante la fase de sedimentación, los lodos pueden quedar atrapados en la capa de medio 42. Se puede incorporar una fase de separación de lodos/medio a la secuencia de SBR. Es decir, al operar el mezclador 22 a una velocidad muy baja para agitar los portadores de biopelícula 20, esto facilitará la liberación de los sólidos contenidos en la capa de medio 42.

Una vez que sedimenta la biomasa suspendida en el reactor 10, se procede a la decantación. Ahora la válvula 26B se abre, y la válvula 26A permanece cerrada. Las aguas residuales tratadas pasan a través de la malla portadora 24 (que ahora actúa como decantador) hacia la salida 24C. Téngase en cuenta que durante la decantación, la capa de medio 42 que contiene los portadores de biopelícula 20 se desplaza lentamente hacia abajo y se aproxima a la capa de lodo 40. La fase de decantación puede terminarse en diversos momentos en función del nivel de aguas residuales en el

reactor 10. Por supuesto, cuando la superficie superior de las aguas residuales se mueve por debajo de la malla portadora 24, se deduce que la decantación está completa. Una vez finalizada o completada la decantación, entonces otro lote de aguas residuales se dirige al reactor 10 y sigue el mismo procedimiento.

En un diseño típico, el volumen de lodos está determinado por la capacidad de nitrificación del procedimiento. El volumen de agua clarificada, proporcional al volumen de lodos, proporciona un factor de seguridad para evitar la pérdida de lodos durante la fase de decantación. De este modo, la ubicación de la malla portadora 24 debería, en un ejemplo, estar situada en la parte superior de la zona de agua clarificada 44 (después de la sedimentación). En otras palabras, la malla portadora 24 está ubicada en la interfaz de la capa de medios 42 y la zona de agua clarificada 44, como se muestra en la Figura 4. El volumen del portador está determinado por la capacidad de anammox del procedimiento. Normalmente, los portadores o medios se añaden al tanque en un volumen del 50 % del reactor. En la Figura 4, la capa de medio 42 debe ocupar alrededor del 50% de la altura del tanque, sin considerar el borde libre. Normalmente, la fase de decantación finaliza cuando el nivel del agua del reactor alcanza la malla portadora 24. Generalmente habrá alguna porción de los portadores por encima del nivel del agua. Esto significa que la capa de medio 42 sedimentará debido a su propio peso durante la fase de decantación. Se debe tener en cuenta que al final de la decantación, la parte inferior de la capa de medio 42 puede alcanzar la parte superior de la capa de lodos 40.

Uno de los propósitos de la sedimentación, decantación y eliminación de lodos es mantener un tiempo de retención de sólidos (SRT) adecuado para retener suficientes AOB y al mismo tiempo reprimir las bacterias oxidantes de nitrato (NOB) en el crecimiento suspendido. Por lo tanto, la eliminación de lodos se puede lograr mediante bombas de eliminación de lodos, purga por gravedad, o liberando sólidos biológicos con el efluente tratado.

Se señala que la misma malla portadora 24 empleada para decantar en el modo de IFAS SBR es la misma malla portadora utilizada para descargar continuamente del reactor 10 aguas residuales tratadas cuando funciona como un MBBR. Esto significa que en el reactor 10 no se requieren decantadores flotantes convencionales.

La Figura 6 es una ilustración esquemática de un procedimiento de tratamiento de aguas residuales que tiene una corriente principal y una corriente lateral. La corriente lateral incluye un IFAS SBR similar al que se muestra en las Figuras 3-5 y se analiza anteriormente. Como se explica a continuación, el IFAS SBR en la corriente lateral está diseñado para eliminar el amonio de la corriente lateral a través de un procedimiento de desamonificación.

Con referencia adicional a la Figura 6 y al sistema y procedimiento de tratamiento de aguas residuales que se muestra en ella, las aguas residuales a tratar se dirigen a un clarificador primario 50. El clarificador primario 50 trata el influente de aguas residuales produciendo un efluente primario y un lodo primario. Como se analiza a continuación, el lodo primario se dirige a la corriente lateral para su tratamiento. El efluente primario del clarificador primario 50 se dirige a un reactor biológico 52 para tratamiento secundario. El procedimiento biológico empleado en la corriente principal para tratar el efluente primario generalmente se centra principalmente en la eliminación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y en la nitrificación. Existen diversos sistemas de eliminación de DBO y de nitrificación que son bien conocidos y apreciados por los expertos en la técnica. Por ejemplo, la DBO se puede eliminar mediante procedimientos convencionales de lodos activados, procedimientos de MBBR y procedimientos de IFAS. En cualquier caso, el reactor biológico 52 produce un efluente secundario. El efluente secundario se dirige a un clarificador secundario 54, que a su vez produce un efluente tratado clarificado y un lodo secundario. En algunos casos, el lodo secundario producido por el clarificador secundario 54 se puede reciclar como lodo activado de retorno (RAS) al reactor de tratamiento biológico 52. Como otra opción, como se muestra en la Figura 6, el lodo secundario puede dirigirse a un espesador de lodos 56, que deshidrata y espesa el lodo. Como apreciarán los expertos en la técnica, el clarificador primario 50, el reactor biológico 52 y el clarificador secundario 54 forman parte del sistema y procedimiento de corriente principal.

Pasando a la corriente lateral como se muestra en la Figura 6, el lodo primario del clarificador primario 50 se dirige a un tanque de retención de lodos 58. Como una opción, el lodo secundario se puede mezclar con el lodo primario en el tanque de retención de lodo 58. El lodo del tanque de retención de lodo 58 se puede dirigir a una unidad de hidrólisis térmica 60. Como lo indica la Figura 6, la unidad de hidrólisis térmica 60 es opcional, y puede no ser necesaria en algunos procedimientos de corriente lateral. Si bien la hidrólisis térmica es opcional, cuando se utiliza con la digestión anaeróbica, generalmente aumenta la reducción de sólidos volátiles hasta en un 50 % en comparación con la digestión anaeróbica sola. Se postula que la liberación de amonio del digestor anaeróbico también aumenta sustancialmente cuando el procedimiento de digestión anaeróbica está precedido por un procedimiento de hidrólisis térmica. Por lo tanto, es probable que la hidrólisis térmica aumente la carga de nitrógeno en la corriente lateral.

En cualquier caso, si se emplea una unidad de hidrólisis térmica 60, el efluente de la misma se dirige a un digestor anaeróbico 62. En los casos en los que no se utiliza la unidad de hidrólisis térmica, el lodo del tanque de retención de lodo 58 se dirige al digestor anaeróbico 62. Como apreciarán las personas normalmente expertas en la técnica, el digestor anaeróbico 62 digiere anaeróbicamente el lodo.

El efluente del digestor anaeróbico 62 se dirige a una unidad de deshidratación 64. La unidad de deshidratación trata el lodo produciendo una torta de lodo y agua de rechazo, que normalmente tiene un contenido relativamente alto de amonio. El agua de rechazo producida por un digestor anaeróbico generalmente tiene una temperatura alta, una

concentración de amonio relativamente alta, y generalmente la relación de amonio a carbono es relativamente alta. Cuando se emplea una unidad de hidrólisis térmica 60 en la corriente lateral, la unidad de hidrólisis térmica puede producir agua de dilución tibia que se mezcla con el agua de rechazo.

5 El agua de rechazo se dirige al reactor 10, que funciona en modo de IFAS SBR y lleva a cabo un procedimiento de desamonificación que elimina el amonio del agua de rechazo. Puede resultar beneficioso repasar brevemente los fundamentos de un procedimiento de desamonificación en el contexto de un IFAS SBR. La desamonificación implica dos bacterias distintas: las bacterias oxidantes de amonio aeróbicas (AOB) y las bacterias oxidantes de amonio anaeróbicas (AnAOB). Estas se discuten en los antecedentes de la invención. Un procedimiento de IFAS SBR parece particularmente adecuado para llevar a cabo un procedimiento de desamonificación debido a que un procedimiento de IFAS SBR emplea biomasa de biopelícula y biomasa suspendida. En un procedimiento de desamonificación de IFAS SBR, la biomasa o bacterias suspendidas incluyen las AOB, y las AOB llevan a cabo un procedimiento de nitrificación. Esto deja que la biomasa de biopelícula (AnAOB) lleve a cabo un procedimiento de oxidación anaeróbica de amonio que convierte el amonio restante y el nitrito en gas nitrógeno (N_2) y una pequeña cantidad de nitrato (NO_3^-). 15)).

La unidad de IFAS SBR de corriente lateral, como se muestra en la corriente lateral del procedimiento de la Figura 6, lleva a cabo un procedimiento de desamonificación a través de una serie de fases o etapas como se explicó anteriormente y como se muestra en las Figuras 3-5. Una vez alcanzada la fase de decantación, el agua residual tratada se dirige desde el reactor 10 a través de la malla portadora 24 y la salida 24C. Aquí, la malla portadora 24 actúa como decantador para el IFAS SBR. 20

El efluente tratado procedente del IFAS SBR, que está agotado en amonio, se recicla a la corriente principal para su posterior tratamiento. Es de destacar que no existe un clarificador ni una unidad de separación sólidos-líquido aguas abajo del IFAS SBR. En este procedimiento en particular, hay poca preocupación por los sólidos suspendidos totales (TSS) en el efluente que sale del IFAS SBR. Esto se debe a que el efluente del IFAS SBR se recicla a la corriente principal para su posterior tratamiento. 25

Así, en el procedimiento de la Figura 6, durante varias fases del procedimiento de IFAS SBR, las AOB suspendidas y las AnAOB de la biopelícula eliminan el amonio a través del procedimiento de desamonificación. En un ejemplo, el procedimiento de IFAS SBR comienza la desamonificación durante el llenado y la aireación. Incluso durante la sedimentación y decantación, las AnAOB convierten el amonio y el nitrito en gas nitrógeno. La flexibilidad del reactor 10 significa que se puede incorporar una fase anóxica al procedimiento global para desnitrificar la cantidad relativamente pequeña de nitrato que pueda quedar del procedimiento de desamonificación. Con la flexibilidad de una operación de SBR, se pueden incorporar períodos de apagado de aire y encendido del mezclador 22 en la secuencia operativa para la desnitrificación heterotrófica para eliminar el nitrato producido por el procedimiento de anammox. 30 35

El reactor 10 y el procedimiento de desamonificación de IFAS SBR de corriente lateral que se analizan aquí presentan numerosas ventajas. En primer lugar, el reactor 10 funciona como un reactor de desamonificación de único tanque que puede emplear un procedimiento de MBBR de flujo continuo o un procedimiento de IFAS SBR sin requerir modificaciones sustanciales en el reactor. En segundo lugar, un IFAS SBR es compacto. El tiempo de retención de lodos en suspensión necesario para el crecimiento de AOB puede ser muy corto (alrededor de 2,5 días, por ejemplo) debido a que la temperatura de la corriente lateral suele ser relativamente alta, típicamente alrededor de 30 °C. Debido a este corto tiempo de retención de los lodos en suspensión, el volumen necesario para retener la biomasa suspendida es relativamente pequeño. Este es otro factor que contribuye a la compacidad de un IFAS SBR. En tercer lugar, el reactor 10 incluye una malla de retención de portadores fija que descarga agua tratada desde un MBBR o un IFAS SBR. Así, en el caso de un IFAS SBR, este diseño elimina la necesidad de decantadores flotantes convencionales. En cuarto lugar, la presente invención implica un procedimiento de desamonificación de corriente lateral altamente eficiente para eliminar el amonio del agua de rechazo del digestor anaeróbico a través de un procedimiento de desamonificación llevado a cabo por un IFAS SBR. 40 45 50

REIVINDICACIONES

1. Un método para tratar aguas residuales en un reactor de desamonificación (10) para eliminar amonio de las aguas residuales y configurado para operar en un modo como un reactor de biopelícula de lecho móvil (MBBR) u operar en un segundo modo como un reactor discontinuo secuencial de lodos activados de película fija integrada (IFAS SBR), comprendiendo el reactor de desamonificación (10):

- un único tanque de desamonificación (12);
- una rejilla de aireación (14) dispuesta en la parte inferior del único tanque de desamonificación (12);

en el que el único tanque de desamonificación (12) está configurado para contener portadores de biopelícula (20) que tienen biomasa soportada en ellos; el único tanque de desamonificación (12) incluye una malla de retención (24A) para descargar las aguas residuales tratadas del reactor de desamonificación (10) y para retener los portadores de biopelícula (20) en el único tanque de desamonificación (12) y evitar que los portadores de biopelícula (20) se descarguen con las aguas residuales tratadas del único tanque de desamonificación (12); teniendo la malla de retención (24A) una salida bifurcada (24B, 24C) que se extiende desde la misma a través de la cual fluyen las aguas residuales tratadas después de pasar por la malla de retención (24A); incorporándose una primera y una segunda válvula de control de flujo (26A, 26B) en la salida bifurcada (24B, 24C) y estando configuradas para controlar si el reactor de desamonificación (10) está operando en un modo de MBBR o en un modo de IFAS SBR; estando configuradas las válvulas primera y segunda (26A, 26B) en la salida bifurcada (24B, 24C) para funcionar de la siguiente manera:

- cuando la primera válvula (26A) está abierta y la segunda válvula (26B) está cerrada, el reactor de desamonificación (10) funciona como un MBBR de flujo continuo;
- cuando la primera válvula (26A) está cerrada y la segunda válvula (26B) está abierta, el reactor de desamonificación (10) funciona como un IFAS SBR no continuo;

en el que la malla de retención (24A) y la salida bifurcada (24B, 24C) que se extiende desde ella están fijadas con respecto al único tanque de desamonificación (12); y en el que cuando la primera válvula (26A) está cerrada y la segunda válvula (26B) está abierta, la malla de retención (24A) y al menos una porción de la salida bifurcada (24C) están configuradas como un decantador para decantar aguas residuales tratadas del reactor de desamonificación (10), incluyendo el método:

dirigir las aguas residuales a un procedimiento de tratamiento biológico principal y someterlas a un tratamiento biológico y producir lodos y un efluente clarificado;

tratar el lodo en una corriente lateral:

- dirigiendo los lodos a un digestor anaeróbico (62) en la corriente lateral;
- digiriendo el lodo en el digestor anaeróbico (62) para producir lodo digerido;
- deshidratando el lodo digerido en la corriente lateral para producir agua de rechazo;

- dirigiendo el agua de rechazo al reactor de desamonificación (10) que contiene biomasa soportada en portadores de biopelícula (20) y biomasa suspendida, y eliminar el amonio del agua de rechazo en el reactor de desamonificación (10) a través de un procedimiento discontinuo que incluye las etapas de:

- llenar el reactor de desamonificación (10) con el agua de rechazo;
- airear el agua de rechazo en el reactor de desamonificación (10);
- sedimentar la biomasa en el reactor de desamonificación (10); y
- decantar el agua de rechazo tratada dirigiéndola a través de la malla de retención (24A) y al menos la porción de la salida bifurcada (24C).

2. El método de la reivindicación 1, en el que el reactor de desamonificación de único tanque (10) está configurado para funcionar como un IFAS SBR en ausencia de un clarificador aguas abajo.

3. El método de la reivindicación 1, en el que los portadores de biopelícula (20) tienen una densidad relativa de 1 o menos, y están configurados para flotar en las aguas residuales contenidas en el único tanque de desamonificación (12).

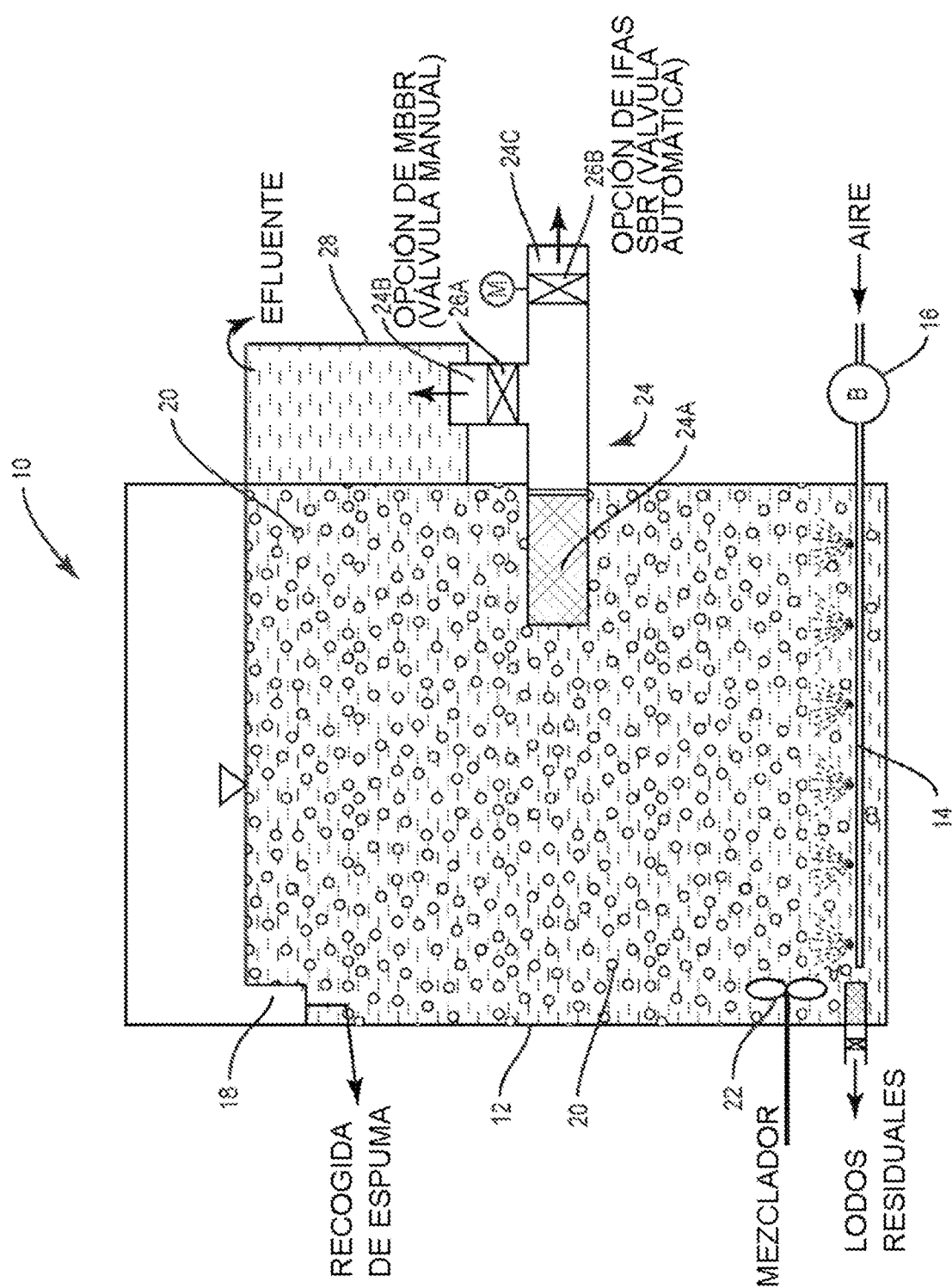


FIG. 1

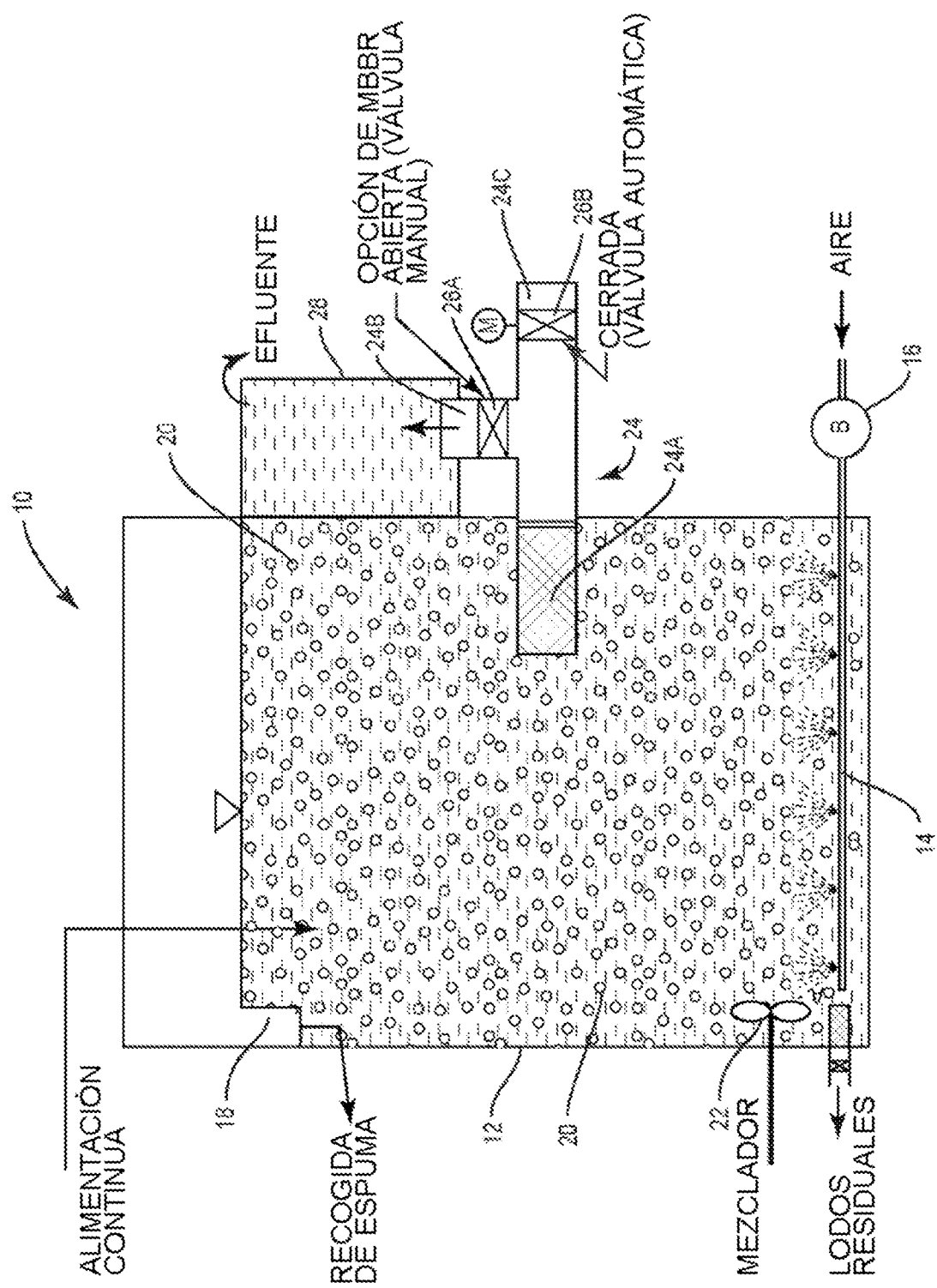


FIG. 2

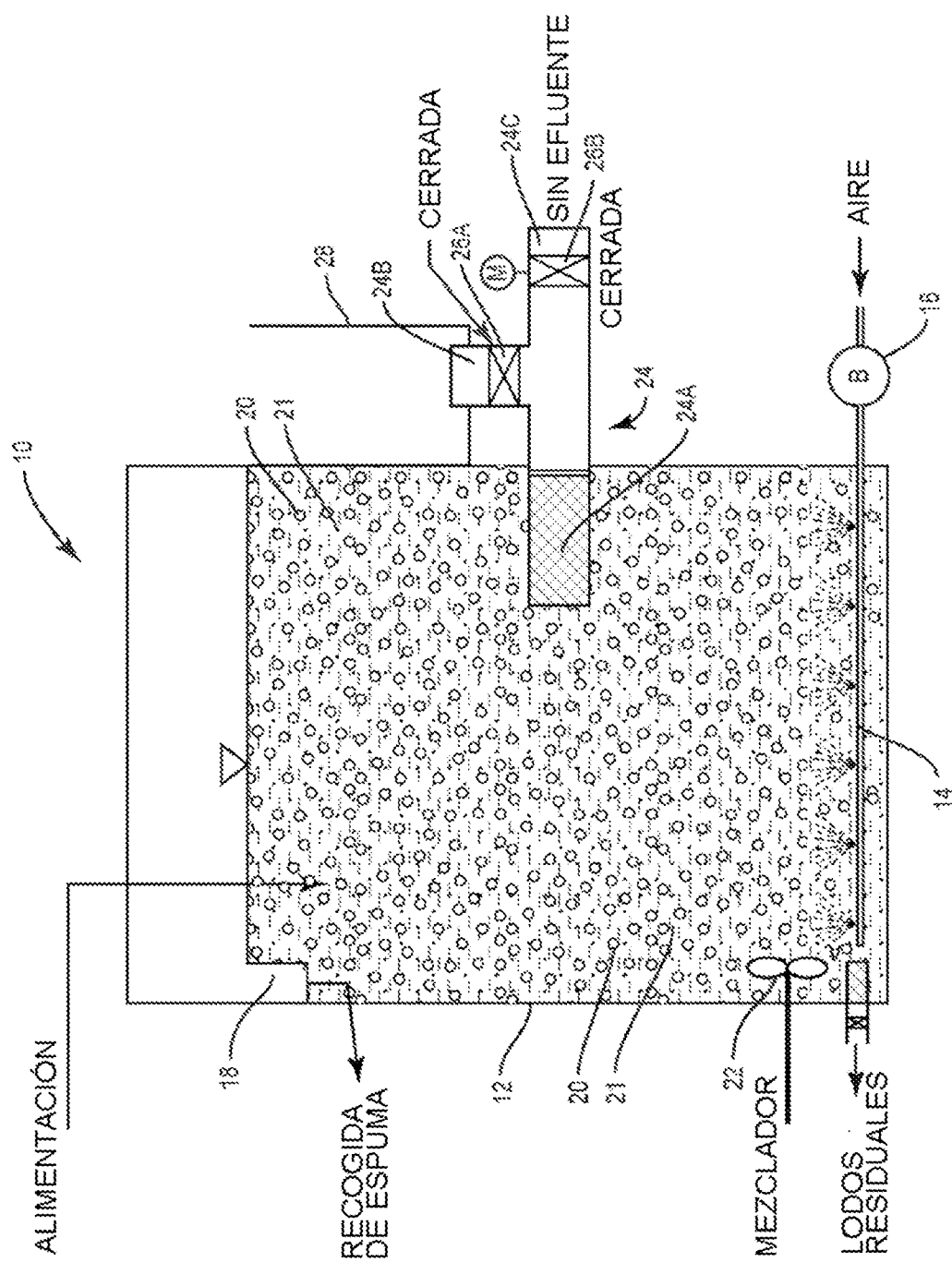


FIG. 3

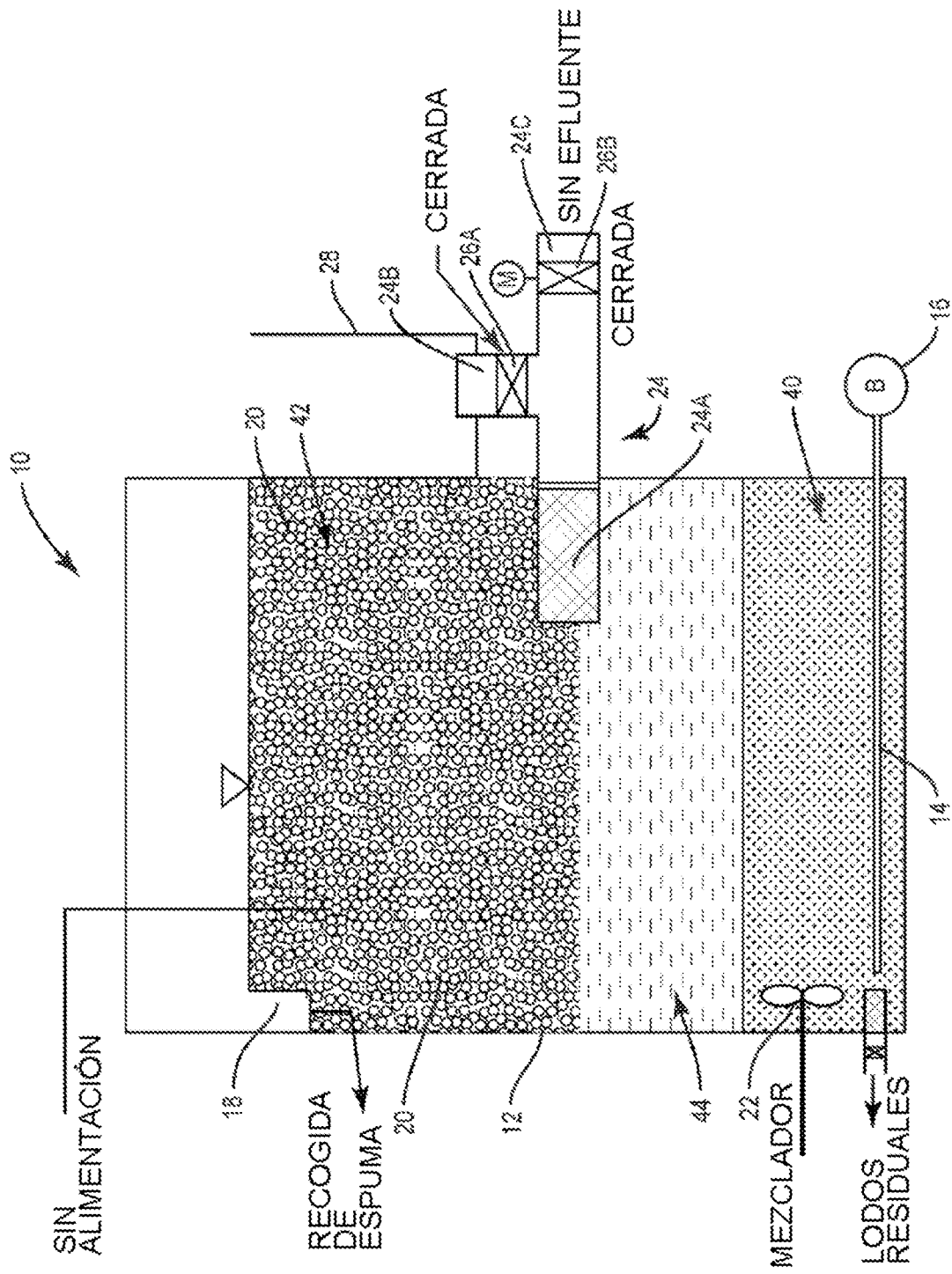


FIG. 4

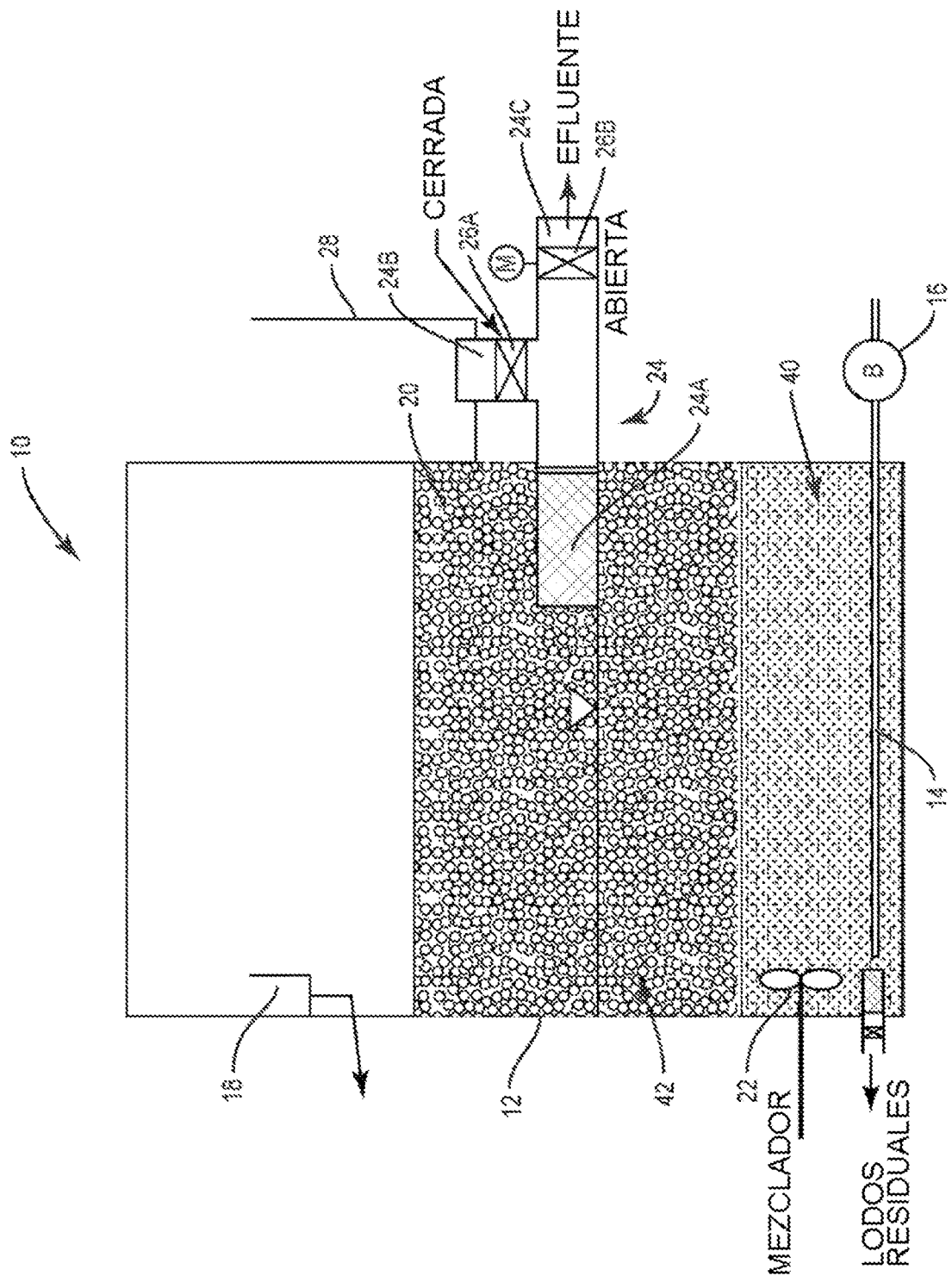
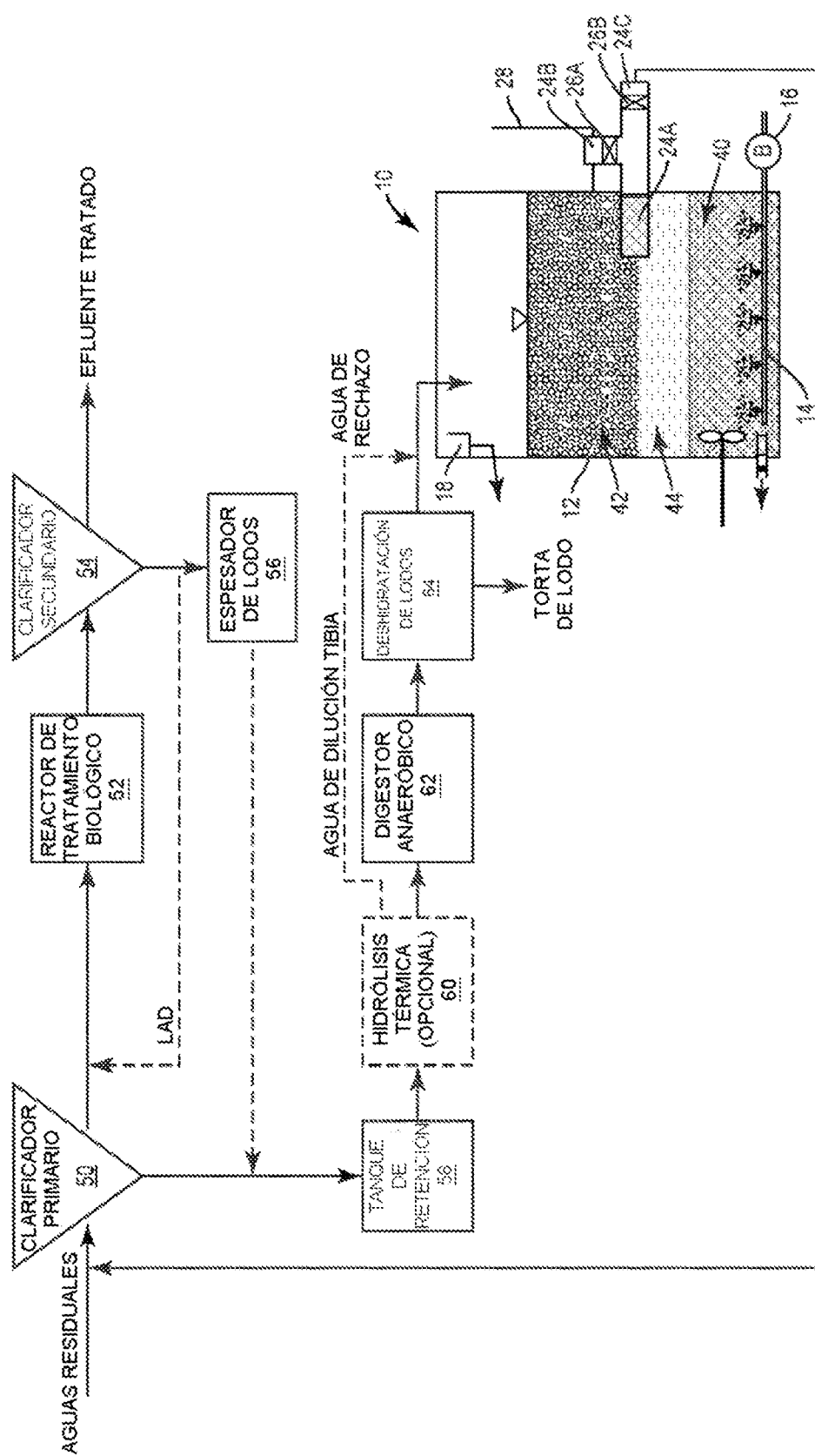


FIG. 5



99