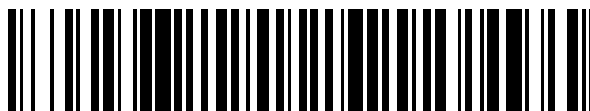


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 728 006**

51 Int. Cl.:

**C02F 3/30**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.10.2010 PCT/EP2010/065459**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.04.2011 WO11045392**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.10.2010 E 10768750 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.02.2019 EP 2488457**

54 Título: **Sistema anaerobio/aerobio para la purificación de líquidos y método para ello**

30 Prioridad:

**16.10.2009 US 252265 P**

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

**21.10.2019**

73 Titular/es:

**DUTCH WATER TECHNOLOGIES B.V. (50.0%)  
Smidsstraat 2  
8601 WB Sneek, NL y  
AQWISE - WISE WATER TECHNOLOGIES LTD.  
(50.0%)**

72 Inventor/es:

**ARBEL, TAMAR;  
ASSULIN, NIR;  
ENGELAAR, ANTONIUS JOHANNES HENDRIKUS  
HYACINTUS y  
YALIN, TAMMY**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 728 006 T3**

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

**DESCRIPCIÓN**

Sistema anaerobio/aerobio para la purificación de líquidos y método para ello

5 La presente invención se refiere a un sistema anaerobio/aerobio de purificación. Este sistema purifica el líquido. Más específicamente, el líquido se relaciona con el tratamiento de aguas en general y más específicamente con el tratamiento de aguas residuales.

Los sistemas de purificación convencionales con sistemas aerobios dan como resultado una purificación energéticamente ineficiente. Otros sistemas anaerobios/aerobios combinados convencionales dan como resultado sistemas complejos y costosos que requieren cargas de residuos muy altas para que sean económicamente factibles en cierta medida.

10 El documento WO 2009/096797 describe un reactor para tratar aguas residuales en un único reactor con un volumen anóxico/anaerobio y uno aerobio.

El documento US 2003/085171 describe un procedimiento anaerobio-aerobio para el tratamiento de aguas residuales que implica la mezcla del licor en la etapa anaerobia mediante al menos una inyección controlable de gas.

15 El objeto de la presente invención es mejorar los sistemas de purificación para permitir la purificación de un líquido de una manera más eficaz y/o eficiente.

Este objetivo se logra con el sistema anaerobio/aerobio de purificación de líquidos, sistema que comprende un reactor de acuerdo con la reivindicación 1.

20 Preferiblemente, el líquido se relaciona con un líquido acuoso tal como un flujo de agua y más específicamente un flujo de agua residual. Sin embargo, también es posible tratar otros flujos de proceso con el sistema de acuerdo con la invención.

El sistema anaerobio/aerobio de purificación de líquidos lleva a cabo procesos biológicos anaerobios y aerobios que tienen lugar en un sistema o reactor, realizando de este modo un tipo de reactor dinámico anaerobio/aerobio (DANA).

25 Los procedimientos anaerobios y aerobios se integran conectando la entrada del subsistema aerobio a la salida del subsistema anaerobio utilizando medios de conexión. Por ejemplo, estos medios de conexión comprenden una tubería de conexión que permite la transferencia del líquido anaerobio tratado al subsistema aerobio. Esto realiza un sistema híbrido integrado capaz de una purificación eficiente de líquidos, tales como las aguas residuales, con una alta carga de material orgánico que requiere una energía y costos mínimos.

30 Además, el sistema minimiza el material residual. El reactor DANA muestra una llamada huella de alrededor del 50% en comparación con los sistemas convencionales. Además se reduce la emisión de componentes olorosos. Además, los costos operativos se reducirán en aproximadamente un 40% en comparación con los sistemas convencionales existentes. De acuerdo con la invención estos efectos logran un sistema más efectivo y eficiente en comparación con los sistemas convencionales.

35 Como una ventaja adicional de la presente invención, el sistema integrado tiene requisitos modestos de servicios de instalación en comparación con los sistemas convencionales existentes. Esto reduce los costos de instalación. Además, el sistema de acuerdo con la invención es capaz de tratar aguas residuales muy contaminadas. Esto hace que el sistema sea especialmente relevante para las industrias que expulsan aguas residuales con cargas relativamente altas de materia orgánica como pasta de papel y papel, bebidas y alimentos. Además, en el sistema de acuerdo con la presente invención se puede tratar eficientemente un flujo que se origina en una fuente industrial y/o una fuente municipal.

45 La mayoría de los procedimientos convencionales de tratamiento de aguas residuales son "aerobios": las bacterias utilizadas para descomponer los productos de desecho toman oxígeno para realizar su función. Esto da como resultado un alto requerimiento de energía (se debe suministrar oxígeno) y un gran volumen de bacterias de desecho ('lodos') que se producen durante el proceso. Los sistemas aerobios son considerados rápidos y fáciles de mantener. Sin embargo, no logran manejar los afluentes con una alta carga orgánica de manera eficiente, por lo que en la mayoría de los casos no son adecuados para el tratamiento de aguas residuales industriales.

50 Las bacterias en los procedimientos "anaerobios" no requieren oxígeno para sus funciones metabólicas. Excluir el oxígeno es fácil, y los requisitos de energía y la producción de lodos son, debido a la lenta velocidad de crecimiento de la biomasa anaerobia, mucho menores que para los procedimientos aerobios. El gas producido durante el proceso se puede utilizar como fuente de energía, lo que reduce los costos del proceso. Sin embargo, el procedimiento es complejo, los costos del procedimiento son más altos y se necesita una mano de obra profesional.

Aunque son capaces de tratar afluentes muy contaminados, los procedimientos anaerobios son mucho más lentos que los procedimientos aerobios y solo son adecuados para eliminar la materia orgánica y no cualquier otro tipo de contaminación, tales como nutrientes o patógenos. Además, a los procedimientos anaerobios generalmente les

gustan los efluentes "constantes" de modo que no pueden hacer frente a variaciones del flujo o de la composición. Por ejemplo, los procedimientos anaerobios no pueden hacer frente a las cargas de choque hidráulicas y/o tóxicas que son bastante comunes en el sector industrial.

5 De acuerdo con la invención, el impacto de las cargas de choque anteriores se reduce significativamente. En el tratamiento anaerobio, la carga de choque se reduce utilizando la biomasa (en exceso). En una realización actualmente preferida de acuerdo con la invención, la biomasa se inocula en un portador. Por lo tanto, las cargas tóxicas son menos peligrosas para las bacterias. La producción de biomasa aumentará durante el tratamiento de la carga de choque. Por lo tanto, la carga de choque se amortigua cuando se transfiere del subsistema anaerobio al subsistema aerobio. Esto reduce el problema de que se produzcan cargas de choque, permitiendo un tratamiento efectivo de las mismas con el sistema integrado de acuerdo con la presente invención.

El tratamiento en los subsistemas del sistema de acuerdo con la presente invención puede usar varias configuraciones, tales como un reactor biológico de lecho móvil (MBBR), un sistema de lodos activados de película fija integrada (IFAS) y un reactor de clarificación de lecho móvil (MBCR).

15 En una realización preferida de acuerdo con la presente invención, la presión en el subsistema anaerobio de purificación de líquidos es operativa para bombear la salida tratada por vía anaerobia con el medio de conexión desde el subsistema anaerobio de purificación de aguas al subsistema aerobio de purificación.

20 En el subsistema anaerobio se produce biogás. Preferiblemente, el volumen de gas se mantiene sustancialmente constante usando una válvula. El subsistema anaerobio está dotado de afluentes. Por lo tanto, el subsistema anaerobio provoca que el líquido se mueva hacia el subsistema aerobio. Esto evita el uso de una bomba adicional, lo que hace que el sistema sea menos costoso. Esto integra aún más los dos subsistemas diferentes.

25 Preferiblemente, un volumen de recolección de gas está ubicado en un espacio de cabeza por encima del subsistema anaerobio de purificación de aguas. Este volumen de recolección de gas recoge el gas producido por el sistema anaerobio de purificación de líquidos. Esto logra un tipo de recipiente de presión para conducir el líquido tratado anaerobiamente del subsistema anaerobio al subsistema aerobio. Preferiblemente, la presión del gas recogido se controla mediante una válvula reductora o una columna de agua. Esto asegura que se logre y mantenga la altura deseada de la manta de gas.

En una realización preferida de acuerdo con la presente invención, el subsistema de purificación aerobia de aguas se coloca físicamente por encima del subsistema de purificación anaerobia de líquidos.

30 Colocando los dos subsistemas físicamente uno encima del otro, se logra una configuración efectiva. Preferiblemente, esta configuración se combina con la tubería de conexión entre los dos subsistemas lo que permite impulsar el líquido tratado entre los dos subsistemas como se mencionó anteriormente. Esto consigue un sistema eficiente para tratar el líquido de acuerdo con la invención.

De acuerdo con la presente invención, el subsistema anaerobio de purificación de líquidos incluye soportes de biomasa para soportar microorganismos anaerobios.

35 Al proporcionar un subsistema anaerobio con los soportes de biomasa, los microorganismos anaerobios están soportados y, de este modo, permiten un funcionamiento eficiente de esta biomasa. El uso de estos soportes de biomasa en el subsistema anaerobio permite la omisión de la separación trifásica convencional, lo que hace que el sistema de acuerdo con la invención sea más efectivo. El funcionamiento detallado de una realización preferida de estos soportes de biomasa se describe en una de la Solicitud Publicada de Patente Europea No. 1401775 y la Solicitud de Patente Publicada PCT No. WO 2009/107128 del solicitante/cesionario. También se puede emplear cualquier otro soporte de biomasa adecuado.

45 Preferiblemente, en el sistema de acuerdo con la invención se proporcionan medios de suministro de gas para suministrar gas al subsistema anaerobio de purificación de líquidos. Esta funcionalidad de suministro de gas mejora la mezcla y evita los caminos preferenciales en el lecho. En combinación con los soportes de biomasa anteriores, el gas suministrado provoca un movimiento relativo de los soportes que es especialmente relevante en una configuración de lecho fluido.

Preferiblemente, los medios de suministro de gas en el subsistema anaerobio están conectados al volumen de conexión de gas mencionado anteriormente. Esto permite el uso efectivo del biogás producido en el subsistema anaerobio. Esto evita que el sistema anaerobio use fuentes externas para esta operación específica.

50 En una realización preferida adicional de acuerdo con la presente invención, el subsistema aerobio de purificación comprende además un medio tipo Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil.

55 Proporcionar un lecho móvil o fluido en el subsistema aerobio permite una operación eficaz del proceso realizado en el sistema de acuerdo con la presente invención. En una realización actualmente preferida, tanto los subsistemas anaerobios como los aerobios usan una configuración de lecho fluido preferiblemente usando los soportes de biomasa mencionados anteriormente.

En una realización preferida adicional de acuerdo con la presente invención, el sistema comprende además medios de recirculación.

5 Al proporcionar medios de recirculación es posible extraer del subsistema anaerobio una parte del CO<sub>2</sub> formado del biogás producido. Esto provoca un aumento del pH del efluente anaerobio, lo que reduce significativamente el consumo de reactivos. Esto mejora la operación en el subsistema anaerobio. Además, o en combinación con los mismos, el medio de recirculación puede usarse para recircular (parte del) efluente anaerobio y/o aerobio a un (pre)depósito o depósito de acidificación previa para mejorar aún más el tratamiento general.

10 Preferiblemente, se utilizan los soportes de biomasa mencionados anteriormente en relación con el subsistema anaerobio. Se ha demostrado que tales soportes mejoran la eficiencia de la operación de purificación en el sistema anaerobio.

Además, el sistema anaerobio se puede combinar o usar una o más de las características técnicas descritas anteriormente.

La invención también se refiere a un método de acuerdo con la nueva reivindicación 9.

15 Los mismos efectos y ventajas aplican con respecto a un método tal como los descritos con respecto al sistema anaerobio/aerobio. El método puede usar una o más de las características técnicas descritas anteriormente para el sistema.

Otras ventajas, características y detalles de la invención se dilucidan en base a las realizaciones preferidas de la misma.

- La Fig. 1 muestra una realización del sistema según la invención;

20 - La Fig. 2 muestra una ilustración simplificada de un sistema anaerobio/aerobio sinérgico de purificación de agua construido y operativo de acuerdo con una realización preferida de la presente invención;

- La Fig.3 muestra una ilustración simplificada de acuerdo con otra realización preferida de la presente invención;

- La Fig. 4 solamente con fines ilustrativos muestra una ilustración simplificada de un sistema como una alternativa a la presente invención;

25 - La Fig. 5 solamente con fines ilustrativos muestra una ilustración simplificada de un sistema como una alternativa a la presente invención; y

- Las Figs. 6-7 muestran resultados experimentales con el sistema de acuerdo con la invención.

30 Una realización preferida de un sistema 2 según la presente invención se muestra en la figura 1 en la que el depósito anaerobio 4 incluye la zona superior 18 con los soportes 32 de biomasa y una zona inferior por debajo del nivel de los soportes de biomasa, designada por el número de referencia 16.

En la realización ilustrada, los soportes 32 de biomasa pueden estar en modo de lecho móvil y pueden mezclarse de manera continua o intermitente. En otra realización preferida de la presente invención, los soportes de biomasa pueden establecerse en un modo fijo y de mezcla/vibración periódicamente.

La pre-acidificación de las aguas residuales tiene lugar en el depósito 52 de pre-acidificación.

35 El efluente aerobio y anaerobio se puede hacer circular y retornar parcialmente al depósito de pre-acidificación 52. Esto permite diluir las aguas residuales concentradas al tiempo que crea un afluente con una carga de alimentación constante. Además, si es necesario, en el depósito de pre-acidificación se pueden regular el nitrógeno, el fósforo, el pH, la temperatura y el antiespumante.

40 Las aguas residuales después de la pre-acidificación del depósito 52 se suministran al sistema mediante la bomba de alimentación 6, y se introducen en el reactor en una corriente descendente mediante rociadores 8, ubicados en la parte superior del espacio de cabeza 20 de gas del área anaerobia. El afluente se pulveriza por la parte superior del lecho fluido 18, que consiste en biomasa unida sobre soportes flotantes 32 de biomasa. El fluido fluye de arriba a abajo y a través de los soportes de biomasa. La materia orgánica es convertida por la biomasa anaerobia en biogás. El biogás producido se eleva hacia el espacio de cabeza 20 de gas por encima de la zona anaerobia superior 18.

45 La liberación del biogás atrapado entre los soportes de biomasa y en las cavidades de los soportes, se puede lograr mediante la inyección de Gas de Mezcla (MG) 22 y/o chorros 14.

50 La inyección de gas 22 puede tener lugar por la parte inferior del área anaerobia 16 del reactor 4 a través de inyectores de gas. Las burbujas de gas se elevan hacia la capa superior de biogás del área anaerobia. Durante el ascenso de las burbujas, la consistencia del lecho soporte se altera y se evita la canalización. Además, se libera biogás.

En otra realización preferida de la presente invención, los chorros 14 pueden colocarse en la pared de la zona anaerobia superior 18. La circulación del efluente anaerobio provocará el movimiento del lecho de material soporte, impidiendo la canalización.

5 Para garantizar una altura constante de la capa de gas, la presión del gas recolectada se controla mediante una válvula reductora 24 especialmente desarrollada o mediante una columna de agua a una altura igual o superior al nivel de agua residual aerobia (no se muestra).

El biogás producido en el depósito anaerobio 4, consiste principalmente en metano (CH<sub>4</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Debido a la recirculación, parte del CO<sub>2</sub> formado se extrae y provoca un aumento del pH del efluente anaerobio. Esto reduce drásticamente el consumo de reactivos.

10 La conversión biológica de hasta el 90% de, principalmente, la materia orgánica se realiza mediante la biomasa anaerobia unida. Para garantizar una conversión eficiente de hasta el 90% de la materia orgánica en el área anaerobia del reactor y fomentar la unión de la biomasa anaerobia en los soportes, el flujo y el tiempo de retención hidráulico (tasa de actualización) de las aguas residuales deben ser suficientemente altos .

15 La inmovilización de la biomasa anaerobia sobre el soporte evitará el transporte de la biomasa anaerobia al reactor aerobio.

En otra realización preferida de la presente invención, se puede aplicar el conducto de entrada de aguas residuales 10 para un modo de flujo ascendente.

Los soportes 32 de biomasa tienen una densidad inferior a la densidad del agua. En otra realización preferida de la presente invención, los soportes pueden tener una densidad igual o superior a la densidad del agua.

20 La mezcla de aguas residuales en el depósito 4 se puede realizar mediante la circulación interna de las aguas residuales desde el fondo del depósito 4, utilizando la bomba 12 y extendiendo las aguas residuales circuladas por medio de difusores o chorros 14.

En otra realización preferida de la presente invención, la mezcla se puede llevar a cabo mediante un mezclador mecánico (no mostrado).

25 La construcción del aparato y el uso de soportes de la biomasa en el depósito anaerobio 4 permitirá renunciar a la separación trifásica convencional, antes de la recolección de biogás.

30 El lodo anaerobio S en el fondo del depósito 4 se puede mezclar mediante un mezclador mecánico, una bomba de circulación o cualquier otro dispositivo de mezclado. Además, el lodo anaerobio S se puede drenar del depósito 4 por medio de la válvula de drenaje 28. El efluente anaerobio del depósito 4 pasa al depósito aerobio 34 a través del conducto elevador interno 30A para una conversión adicional de la materia orgánica. Alternativamente, la transición de las aguas residuales del depósito anaerobio 4 al depósito aerobio 34 puede realizarse mediante una tubería externa 30B. Además, los efluentes anaerobios y/o aerobios pueden devolverse al depósito de pre-acidificación 52 por medio de la tubería de recirculación 26 y/o 48.

35 El depósito aerobio 34 consiste en difusores 40 que se pueden instalar a nivel del suelo o en una altura por encima de él, para funcionar como un Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil (MBBR) o un Reactor de Clarificación de Lecho Móvil (MBCR) (PCT/IL 2009/000825), respectivamente. Cuando funciona como configuración MBCR, generalmente se dispone un conjunto de difusores de gas entre la región superior 38 de turbulencia del tratamiento biológico y la región 36 inferior de sedimentación de sólidos para proporcionar burbujas de gas, que se mueven hacia arriba a través de las aguas residuales en el depósito y a través de los soportes 32 de la biomasa en la región 38 superior de turbulencia, que proporciona un movimiento turbulento del agua residual en la región 38. El gas, generalmente aire presurizado, se suministra al conjunto 40 de difusores de gas a través de una entrada 46 de gas. Las salidas 40 de los difusores de gas pueden incluir uno cualquiera o más de difusores y chorros de burbujas gruesas y finas. El lodo S producido en la parte aerobia es drenado por la válvula 44.

45 El efluente tratado E 50 del depósito aerobio 34 sale del reactor a través de una criba de alambre de cuña 42 acoplada a la salida de aguas residuales para evitar que los soportes 32 salgan del reactor.

50 Dado que la mayor parte de la conversión de materia orgánica se realiza en el depósito anaerobio 4 del reactor, la energía requerida para la aireación del área aerobia 34 se reduce, en comparación con los sistemas convencionales. El área aerobia 34 está llena de soportes de biomasa, para aumentar el área superficial efectiva e inmovilizar las bacterias para evitar el lavado y la conversión. La concentración reducida de materia orgánica ingresada en el depósito 34 y la gran área de contacto en el reactor da como resultado un área aerobia eficiente. El consumo de energía en comparación con la conversión aerobia convencional se reduce significativamente por este medio.

Ahora se hace referencia a la Fig. 2, la cual es una ilustración simplificada de un sistema anaerobio/aerobio sinérgico de purificación de agua construido y operativo de acuerdo con otra realización preferida de la presente invención. Como se ve en la Fig. 2, se proporciona un reactor integrado, designado generalmente por el número de referencia

100, que incluye un subsistema anaerobio 102 de purificación de agua, que recibe agua para tratar, tal como agua residual, en una entrada 104. Preferiblemente, el agua residual se suministra desde arriba por medio de una pluralidad de boquillas 106, que están acopladas a la entrada 104. El nivel del agua en el subsistema anaerobio 102 de purificación de agua es típicamente como se designa por el número de referencia 107.

5 En la realización ilustrada, el subsistema anaerobio 102 de purificación de agua proporciona una salida de agua tratada por vía anaerobia a través de una salida 108 a un subsistema aerobio 110 de purificación de agua, integrado con el subsistema anaerobio 102 de purificación de agua y preferiblemente ubicado físicamente allí arriba, que recibe la salida del agua tratada por vía anaerobia por una entrada 112 y proporciona una salida de agua tratada por vía anaerobia y aerobia como un efluente E por una salida 114. Si es apropiado, el efluente E de la salida 114 puede tratarse adicionalmente mediante cualquier técnica adecuada.

10 De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, el subsistema anaerobio 102 de purificación de agua incluye una multiplicidad de soportes de biomasa 120 que están dispuestos en el agua a tratar. Los soportes de biomasa 120 son operativos para soportar microorganismos anaerobios. La estructura y el funcionamiento de una realización preferida de soportes de biomasa se describen en una de la Solicitud Publicada de Patente Europea No. 1401775 y la Solicitud de Patente Publicada PCT No. WO 2009/107818 del solicitante/cesionario. Se puede emplear cualquier otro soporte de biomasa adecuado.

15 Opcionalmente, puede introducirse periódicamente un gas inerte, tal como el nitrógeno, en el agua a tratar a través de una entrada 122 de suministro de gas para producir un movimiento relativo limitado de los soportes de biomasa 120 con el fin de desagrupar el soporte y evitar su obstrucción. Alternativamente, esto puede lograrse mediante una bomba de circulación dispuesta dentro del subsistema 102 y/o un compresor de gas que inyecta biogás desde el tampón.

20 El gas, principalmente metano y dióxido de carbono, generado por la purificación anaerobia del agua en el subsistema 102 se eleva a un volumen de recolección de gas 124 en un espacio de cabeza sobre el agua tratada en el subsistema anaerobio 102 de purificación de agua y se libera preferiblemente para su uso a través de una salida 126 del gas generado G. Opcionalmente, parte del gas generado puede suministrarse a través de la entrada 122 de suministro de gas, además de o en lugar del gas inerte.

25 La presión en el subsistema anaerobio 102 hace que el agua tratada anaerobiamente suba desde el subsistema anaerobio 102 a través de la salida 108 (A y/o B) a la entrada 112 (A y/o B) en el subsistema aerobio 110 de tratamiento de agua. La entrada 112 se ubica preferiblemente en una parte inferior del subsistema aerobio 110. Dispuestos encima de la entrada 112 se proporcionan preferiblemente una pluralidad de difusores de aire 130 que están acoplados a una fuente de aire presurizado 132, tal como un compresor, a través de un conducto de aire presurizado 134.

30 El nivel de agua en el subsistema aerobio 110 de purificación de agua es típicamente como se designa por el número de referencia 107. En el agua a ser tratada en el subsistema aerobio 100 de purificación de agua se disponen una multiplicidad de soportes 140 de biomasa y son operativos para soportar microorganismos anaerobios. Se puede emplear cualquier otro soporte de biomasa adecuado. Los soportes 140 de biomasa están generalmente confinados en el volumen por encima de los difusores 130, por el movimiento de las burbujas de aire de los difusores.

35 En la parte inferior del subsistema aerobio 110 de purificación de agua, debajo de los difusores 130, se proporciona preferiblemente un volumen 142 de sedimentación de lodos, que está equipado con una salida 144 de lodo S.

Preferiblemente, la estructura y el funcionamiento del subsistema aerobio 110 de purificación de agua están de acuerdo con las enseñanzas de las Solicitudes de Patentes Publicadas Europeas Nos. 1401775 y 2049443 del solicitante/cesionario, y de la Solicitud Publicada de Patente de EE.UU. No. 2009/0211972.

40 Ahora se hace referencia a la Fig. 3, la cual es una ilustración simplificada de un sistema anaerobio/aerobio sinérgico de purificación de agua construido y operativo de acuerdo con otra realización preferida de la presente invención. Como se ve en la Fig. 3, se proporciona un reactor integrado, designado generalmente por el número de referencia 200, que incluye un subsistema anaerobio 202 de purificación de agua, que recibe agua para tratar, tal como agua residual, por una entrada 204. Preferiblemente, el agua residual se suministra desde arriba por medio de una pluralidad de boquillas 206, que están acopladas a la entrada 204. El nivel de agua en el subsistema anaerobio 202 de purificación de agua es típicamente como se designa con el número de referencia 207.

45 El subsistema anaerobio 202 de purificación de agua proporciona una salida de agua tratada por vía anaerobia a través de una salida 208 a un subsistema aerobio 210 de purificación de agua, integrado con el subsistema anaerobio 202 de purificación de agua y preferiblemente localizado físicamente allí encima, que recibe la salida de agua tratada por vía anaerobia por una entrada 212 y proporciona una salida de agua tratada por vía anaerobia y aerobia como un efluente por una salida 214. Si es apropiado, el efluente de la salida 214 puede tratarse adicionalmente mediante cualquier técnica adecuada.

De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, el subsistema anaerobio 202 de purificación de

- agua incluye una multiplicidad de soportes 220 de biomasa que están dispuestos en agua para ser tratada. Los soportes de biomasa 220 son operativos para soportar microorganismos anaerobios. La estructura y el funcionamiento de una realización preferida de soportes de biomasa se describen en la Solicitud Publicada de Patente Europea No. 1401775 y en la Solicitud de Patente Publicada PCT No. WO 2009/10718 del solicitante/cesionario. Se puede emplear cualquier otro soporte de biomasa adecuado.
- 5 Opcionalmente, puede introducirse periódicamente un gas inerte, tal como el nitrógeno, en el agua a tratar a través de una entrada 222 de suministro de gas con el fin de producir un movimiento relativo limitado de los soportes 220 de biomasa con el fin de desagrupar el soporte y evitar la obstrucción de los mismos. Alternativamente, esto puede lograrse mediante una bomba de circulación dispuesta dentro del subsistema 202.
- 10 El gas, principalmente metano y dióxido de carbono, generado por el subsistema anaerobio 202 de purificación de agua sube a un volumen 224 de recolección de gas en un espacio de cabeza sobre el agua tratada en el subsistema anaerobio 202 de purificación del agua y se libera preferiblemente para su uso a través de una salida 226 del gas generado. Opcionalmente, parte del gas generado puede suministrarse a través de la entrada 222 de suministro de gas además de o en lugar del gas inerte.
- 15 La presión en el subsistema anaerobio hace que el agua tratada por vía anaerobia suba desde el subsistema anaerobio 202 a través de la salida 208 a la entrada 212 en el subsistema aerobio 210 de tratamiento de agua. La entrada 212 está ubicada preferiblemente en una porción inferior del subsistema aerobio 210. Dispuestos sobre la entrada 212, se proporcionan preferiblemente una pluralidad de difusores de aire 230 que están acoplados a una fuente de aire presurizado 232, tal como un compresor, a través de un conducto de aire presurizado 234.
- 20 El nivel de agua en el subsistema aerobio 210 de purificación de agua es típicamente como se designa con el número de referencia 207. Una multiplicidad de soportes de biomasa 240 se disponen en el agua a ser tratada en el subsistema aerobio 200 de purificación de agua y son operativos para soportar microorganismos anaerobios. Se puede emplear cualquier otro soporte de biomasa adecuado. Los soportes de biomasa 240 están generalmente confinados al volumen por encima de los difusores 230, por el movimiento de las burbujas de aire de los difusores.
- 25 Preferiblemente, la estructura y el funcionamiento del subsistema aerobio 210 de purificación de agua están de acuerdo con las enseñanzas de las Solicitudes de Patentes Publicadas Europeas Nos. 1401775 y 2049443 del solicitante/cesionario, y la Solicitud Publicada de Patente de EE.UU. No. 2009/0211972. Ahora se hace referencia a la Fig. 4 solo con fines ilustrativos, la cual es una ilustración simplificada de un sistema sinérgico anaerobio/aerobio de purificación de agua como alternativa a la presente invención. Como se ve en la Fig. 4, se proporciona un reactor integrado, designado generalmente por el número de referencia 300, que incluye un subsistema anaerobio 302 de purificación de agua, que recibe agua para ser tratada, tal como agua residual, por una entrada 304. Preferiblemente, el agua residual se suministra desde abajo por medio de una pluralidad de boquillas 306, que están acopladas a la entrada 304. El nivel de agua en el subsistema anaerobio 302 de purificación de agua es típicamente como se designa con el número de referencia 307.
- 30 El subsistema anaerobio 302 de purificación de agua proporciona una salida de agua tratada por vía anaerobia a través de una salida 308 a un subsistema aerobio 310 de purificación de agua, integrado con el subsistema anaerobio 302 de purificación de agua y preferiblemente localizado físicamente allí encima, que recibe la salida de agua tratada por vía anaerobia por una entrada 312 y proporciona una salida de agua tratada por vía anaerobia y aerobia como un efluente por una salida 314. Si es apropiado, el efluente de la salida 314 puede tratarse adicionalmente mediante cualquier técnica adecuada.
- 35 El subsistema anaerobio 302 de purificación de agua incluye una multiplicidad de soportes 320 de biomasa que están dispuestos en el agua a ser tratada. Los soportes 320 de biomasa son operativos para soportar microorganismos anaerobios. La estructura y el funcionamiento de una realización preferida de soportes de biomasa se describen en la Solicitud Publicada de Patente Europea No. 1401775 y en la Solicitud de Patente Publicada PCT No. WO 2009/10718 del solicitante/cesionario. Se puede emplear cualquier otro soporte de biomasa adecuado.
- 40 Opcionalmente, puede introducirse periódicamente un gas inerte, tal como el nitrógeno, en el agua a tratar a través de una entrada 322 de suministro de gas con el fin de producir un movimiento relativo limitado de los soportes 320 de biomasa con el fin de desagrupar los soportes y evitar la obstrucción de los mismos. Alternativamente, esto puede lograrse mediante una bomba de circulación dispuesta dentro del subsistema 302.
- 45 El gas, principalmente metano y dióxido de carbono, generado por el subsistema anaerobio 302 de purificación de agua sube a un volumen 324 de recolección de gas en un espacio de cabeza sobre el agua tratada en el subsistema anaerobio 302 de purificación del agua y se libera preferiblemente para su uso a través de una salida 326 del gas generado. Opcionalmente, parte del gas generado puede suministrarse a través de la entrada 322 de suministro de gas además de o en lugar del gas inerte.
- 50 La presión en el subsistema anaerobio hace que el agua tratada por vía anaerobia suba desde el subsistema anaerobio 302 a través de la salida 308 a la entrada 312 en el subsistema aerobio 310 de tratamiento de agua. La entrada 312 está ubicada preferiblemente en una porción inferior del subsistema aerobio 310. Dispuestas sobre la entrada 312, se proporcionan preferiblemente una pluralidad de difusores de aire 330 que están acoplados a una
- 55

fuelle de aire presurizado 332, tal como un compresor, a través de un conducto de aire presurizado 334.

El nivel de agua en el subsistema aerobio 310 de purificación de agua es típicamente como se designa con el número de referencia 307. Una multiplicidad de soportes 340 de biomasa se disponen en el agua a ser tratada en el subsistema aerobio 300 de purificación de agua y son operativos para soportar microorganismos anaerobios. La estructura y el funcionamiento de una realización preferida de soportes de biomasa se describe en la Solicitud Publicada de Patente Europea No 1401775 y en la Solicitud Publicada de Patente de EE.UU. No. 2009/10718 del solicitante/cesionario. Se puede emplear cualquier otro soporte de biomasa adecuado. Los soportes 340 de biomasa están confinados generalmente en el volumen por encima de los difusores 330, por el movimiento de las burbujas de aire de los difusores.

10 En la parte inferior del subsistema aerobio 310 de purificación de agua, debajo de los difusores 330, se proporciona preferiblemente un volumen 342 de sedimentación de lodos, que está equipado con una salida 344 de lodos.

Preferiblemente, la estructura y el funcionamiento del subsistema aerobio 310 de purificación de agua están de acuerdo con las enseñanzas de las Solicitudes Publicadas de Patente Europea del solicitante/cesionario Nos. 1401775 y 2049443, y de la Solicitud Publicada de Patente de EE.UU. nº 2009/0211972.

15 Ahora se hace referencia a la Fig. 5 solo con fines ilustrativos, la cual es una ilustración simplificada de un sistema sinérgico anaerobio/aerobio de purificación de agua como una alternativa a la presente invención. Como se ve en la Fig. 5, se proporciona un reactor integrado, designado generalmente por el número de referencia 400, que incluye un subsistema anaerobio 402 de purificación de agua, que recibe agua para ser tratada, tal como agua residual, por una entrada 404. Preferiblemente, el agua residual se suministra desde abajo por medio de una pluralidad de boquillas 20 406, que están acopladas a la entrada 404. El nivel de agua en el subsistema anaerobio 402 de purificación de agua es típicamente como se designa con el número de referencia 407.

25 El subsistema anaerobio 402 de purificación de agua proporciona una salida de agua tratada por vía anaerobia a través de una salida 408 a un subsistema aerobio 410 de purificación de agua, integrado con el subsistema anaerobio 402 de purificación de agua y preferiblemente localizado físicamente allí encima, que recibe la salida de agua tratada por vía anaerobia por una entrada 412 y proporciona una salida de agua tratada por vía anaerobia y aerobia como un efluente por una salida 414. Si es apropiado, el efluente de la salida 414 puede tratarse adicionalmente mediante cualquier técnica adecuada.

30 El subsistema anaerobio 402 de purificación de agua incluye una multiplicidad de soportes de biomasa 420 que están dispuestos en el agua a ser tratada. Los soportes de biomasa 420 son operativos para soportar microorganismos anaerobios. Se puede emplear cualquier otro soporte de biomasa adecuado.

Opcionalmente, puede introducirse periódicamente un gas inerte, tal como el nitrógeno, en el agua a tratar a través de una entrada 422 de suministro de gas con el fin de producir un movimiento relativo limitado de los soportes de biomasa 420 con el fin de desagrupar los soportes y evitar la obstrucción de los mismos. Alternativamente, esto puede lograrse mediante una bomba de circulación dispuesta dentro del subsistema 102.

35 El gas, principalmente metano y dióxido de carbono, generado por el subsistema anaerobio 402 de purificación de agua sube a un volumen 424 de recolección de gas en un espacio de cabeza sobre el agua tratada en el subsistema anaerobio 402 de purificación del agua y se libera preferiblemente para su uso a través de una salida 426 del gas generado. Opcionalmente, parte del gas generado puede suministrarse a través de la entrada 422 de suministro de gas además de o en lugar del gas inerte.

40 La presión en el subsistema anaerobio hace que el agua tratada por vía anaerobia suba desde el subsistema anaerobio 402 a través de la salida 408 a la entrada 412 en el subsistema aerobio 410 de tratamiento de agua. La entrada 412 está ubicada preferiblemente en una porción inferior del subsistema aerobio 410. Dispuestos sobre la entrada 412, se proporcionan preferiblemente una pluralidad de difusores de aire 430 que están acoplados a una fuente de aire presurizado 432, tal como un compresor, a través de un conducto de aire presurizado 434.

45 El nivel de agua en el subsistema aerobio 410 de purificación de agua es típicamente como se designa con el número de referencia 407. Una multiplicidad de soportes de biomasa 440 se disponen en el agua a ser tratada en el subsistema aerobio 400 de purificación de agua y son operativos para soportar microorganismos anaerobios. Se puede emplear cualquier otro soporte de biomasa adecuado. Los soportes 440 de biomasa están confinados generalmente en el volumen por encima de los difusores 430, por el movimiento de las burbujas de aire de los difusores. 50

Preferiblemente, la estructura y el funcionamiento del subsistema aerobio 410 de purificación de agua están de acuerdo con las enseñanzas de las Solicitudes Publicadas de Patente Europea del solicitante/cesionario Nos. 1401775 y 2049443, y de la Solicitud Publicada de Patente de EE.UU. nº 2009/0211972.

#### Experimento 1

55 Se utilizó un reactor anaerobio a escala de laboratorio de 19 litros, con una altura de 2 metros y un diámetro de 11



5 cm, para un primer experimento que ilustra el principio de inmovilización de biomasa anaerobia en un material soporte de biomasa. Se alimentó un producto de melaza fermentada al reactor. La tasa de carga volumétrica (VLR) se controló mediante ajustes de la concentración de DQO y el flujo de alimentación. El reactor se hizo funcionar en una configuración de flujo descendente. La velocidad del fluido varió desde 0,25 m/h hasta 0,67 m/h. El pH se ajustó a pH 7 con NaOH, la temperatura fue constantemente de 35°C.

10 La Figura 6 muestra la relación entre la VLR aplicada (en kg/m<sup>3</sup>/d) y la conversión (en %) de DQO y VFA (con la conversión de DQO en una línea continua, la conversión de VFA en una línea discontinua y VLR en una línea discontinua de puntos). Durante el experimento se observó un mayor desarrollo de biomasa en el material soporte, lo que permitió una mayor VLR. El sistema mostró una conversión estable de VFA y DQO hasta una VLR de 22 kg/m<sup>3</sup>/d.

#### Experimento 2

15 Para tratar las aguas residuales de una fábrica de almidón se usó un reactor DANA con una parte anaerobia de 2,35 m<sup>3</sup>, una altura de 3 metros, un diámetro de 1 metro, una altura del lecho soporte de 1,3 metros, un área superficial de 0,78 m<sup>2</sup> y una parte aerobia que tenía una altura de 3,5 metros, una altura de 3 metros, una altura del lecho soporte de 1,3 metros y un diámetro de 1 metro. Se trató un agua residual con una concentración promedio de DQO de 5 g/L. El reactor anaerobio se hizo funcionar en modo de flujo descendente. Con un máximo de 200 L/h de agua residual alimentada, combinada con un flujo de recirculación de 400 L/h, la velocidad de flujo descendente alcanzada fue de 0,76 m/h. El nivel de oxígeno disuelto en el depósito aerobio se mantuvo en 2 mg/L. La temperatura del afluente fue de 35°C a 37°C, y el pH se mantuvo en 6,8 con NaOH.

20 La inoculación del depósito anaerobio se realizó utilizando material soporte inoculado al 10% como parte superior del lecho soporte. En un mes se alcanzó una tasa de carga volumétrica (VLR) de 10 kg/m<sup>3</sup>/d. La conversión de DQO y VFA (en %) del reactor DANA total se representa frente a VLR (en kg/m<sup>3</sup>/d) y se muestra en el gráfico 7 (con la conversión de DQO en diamantes, la conversión de VFA en cuadrados y VLR en triángulos). La conversión promedio de la parte anaerobia fue del 80%, la DQO/VFA restante se convirtió al 90% mediante el reactor aerobio.  
25 La conversión promedio total para el reactor DANA fue del 95%.

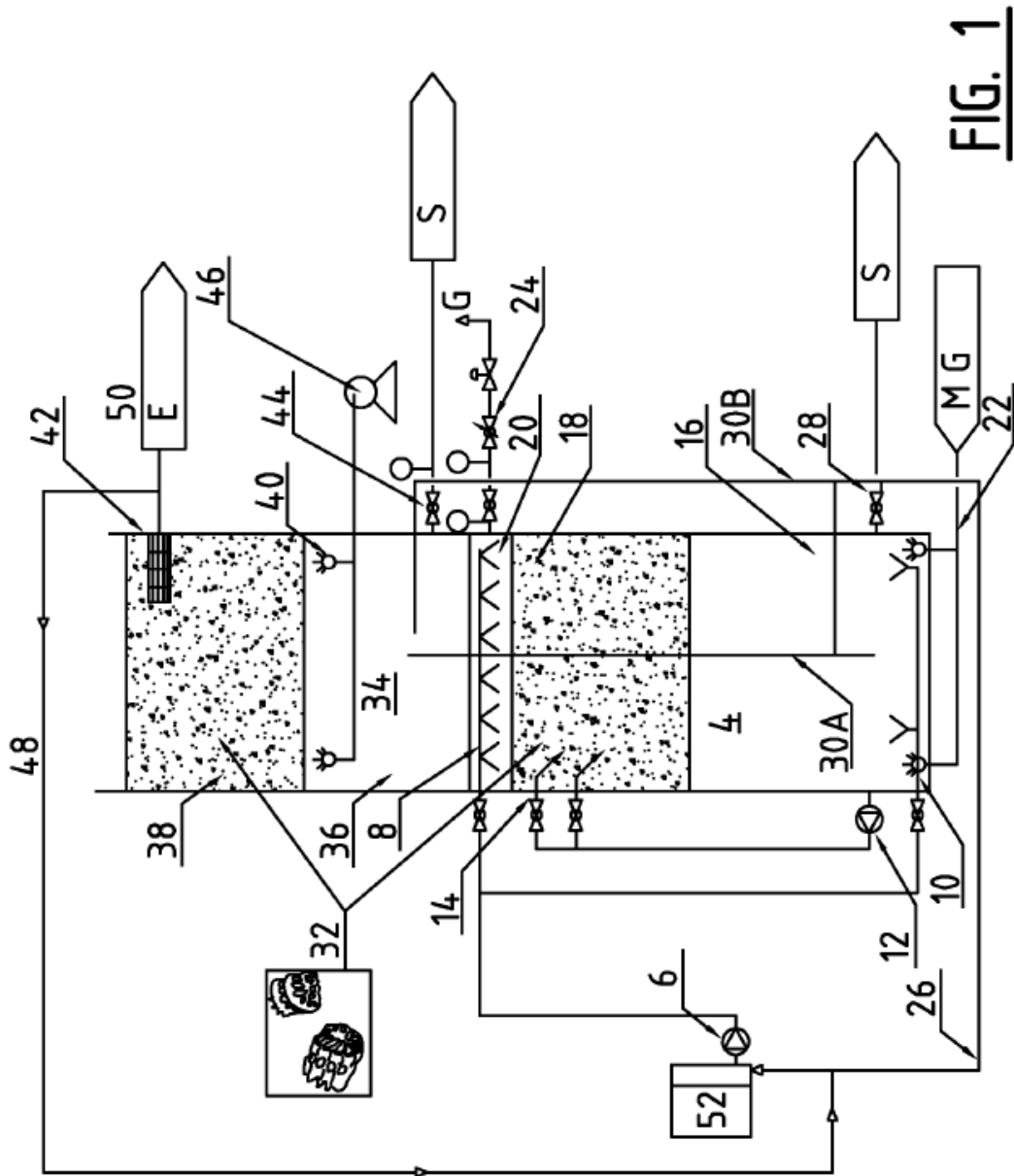
## REIVINDICACIONES

1. Sistema anaerobio/aerobio (2, 100, 200) de purificación de líquidos que comprende un reactor, en el que el reactor comprende:
- 5 - un subsistema anaerobio (4, 102, 202) de purificación de líquidos con una entrada (10, 104, 204) para recibir el líquido a tratar, y una salida (108, 208) que proporciona una salida del líquido tratado por vía anaerobia; y
  - 10 - un subsistema aerobio (34, 110, 210) de purificación de líquidos, integrado con el subsistema anaerobio (4, 102, 202) de purificación de líquidos, con una entrada (112 desde abajo, 212 desde arriba) para recibir la salida del líquido tratado por vía anaerobia y una salida (114,214) para proporcionar una salida de líquido tratado por vía anaerobia y aerobia, en donde la entrada (10, 104, 204) del subsistema aerobio (34, 110, 210) está conectada con medios de conexión (30A, 30B) a la salida (108, 208) del subsistema anaerobio, caracterizado porque el subsistema anaerobio (4, 102, 202) de purificación de líquidos incluye soportes (32,120,220) de biomasa para soportar microorganismos anaerobios, y en el que el líquido a tratar se introduce en el reactor en una corriente de flujo descendente desde la parte superior del subsistema anaerobio (4, 102, 202) sobre un lecho fluido (18) de los soportes (32,120,220) de biomasa.
- 15 2. Sistema anaerobio/aerobio (2, 100, 200) de purificación de líquidos según la reivindicación 1, en el que la presión en el subsistema anaerobio (2, 100, 200) de purificación de líquidos es operativa para bombear la salida de líquido tratado por vía anaerobia con los medios de conexión (30A, 30B) desde el subsistema anaerobio (4, 102, 202) de purificación de líquidos al subsistema aerobio (34, 110, 210) de purificación de líquidos.
- 20 3. Sistema anaerobio/aerobio (2, 100, 200) de purificación de líquidos según la reivindicación 1 o 2, que además comprende un volumen (20) de recolección de gas ubicado en un espacio de cabeza (20, 124, 224) sobre el subsistema anaerobio (4) de purificación de líquidos para recoger el gas producido por el sistema anaerobio (4, 102, 202) de purificación de líquidos.
- 25 4. Sistema anaerobio/aerobio (2, 100, 200) de purificación de líquidos según la reivindicación 1, 2 o 3, en el que el subsistema aerobio (34, 110, 210) de purificación de líquidos está ubicado físicamente por encima del subsistema anaerobio (4, 102, 202) de purificación de líquidos.
5. Sistema anaerobio/aerobio (2, 100, 200) de purificación de líquidos según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, que además comprende medios (22, 122, 222) de suministro de gas para suministrar gas al subsistema de anaerobio (4, 102, 202) de purificación de líquidos para mezclar.
- 30 6. Sistema anaerobio/aerobio (2, 100, 200) de purificación de líquidos según la reivindicación 5, en el que el medio (22, 122, 222) de suministro de gas está conectado al volumen (20, 124, 224) de recolección de gas según la reivindicación 3 para suministrar gas desde el espacio de cabeza al medio de suministro de gas.
7. Sistema anaerobio/aerobio (2, 100, 200) de purificación de líquidos según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que se incluye un subsistema aerobio (34, 110, 210) de purificación de líquidos que además comprende un medio (38) tipo reactor de biopelícula de lecho móvil.
- 35 8. Sistema anaerobio/aerobio (2, 100, 200) de purificación de líquidos según cualquiera de las reivindicaciones 1-7, que además comprende un medio (26, 48) de recirculación de líquidos para recircular un efluente anaerobio y/o aerobio.
9. Método anaerobio/aerobio de purificación de líquidos, que comprende las etapas de:
- 40 - purificación anaerobia de un líquido en un subsistema anaerobio (4, 102, 202) de purificación de líquidos provisto de una salida del líquido tratado por vía anaerobia;
  - purificación aerobia de un líquido en un subsistema aerobio (34, 110, 210) de purificación de líquidos provisto de una entrada (10, 104, 204) para recibir la salida del líquido tratado por vía anaerobia; e
  - 45 - integrar los subsistemas conectando la salida (108, 208) del subsistema anaerobio a la entrada (10, 104, 204) del subsistema aerobio con medios de conexión (30A, 30B), en donde el subsistema anaerobio (4, 102, 202) de purificación de líquidos está provisto de soportes (32) de biomasa para soportar microorganismos anaerobios, en donde el líquido a tratar se introduce en el reactor en una corriente de flujo descendente desde la parte superior del subsistema anaerobio (4, 102, 202) sobre un lecho fluido (18) de los soportes (32) de biomasa.
- 50 10. Método anaerobio/aerobio de purificación de líquidos según la reivindicación 9, en el que la presión en el subsistema anaerobio (4, 102, 202) de purificación de líquidos es operativa para bombear la salida de líquido tratado por vía anaerobia desde la purificación anaerobia de líquidos hasta la purificación aerobia de líquidos.
11. Método anaerobio/aerobio de purificación de líquidos según la reivindicación 9 o 10, en el que la purificación aerobia de líquidos utiliza soportes (32) de biomasa para soportar microorganismos.

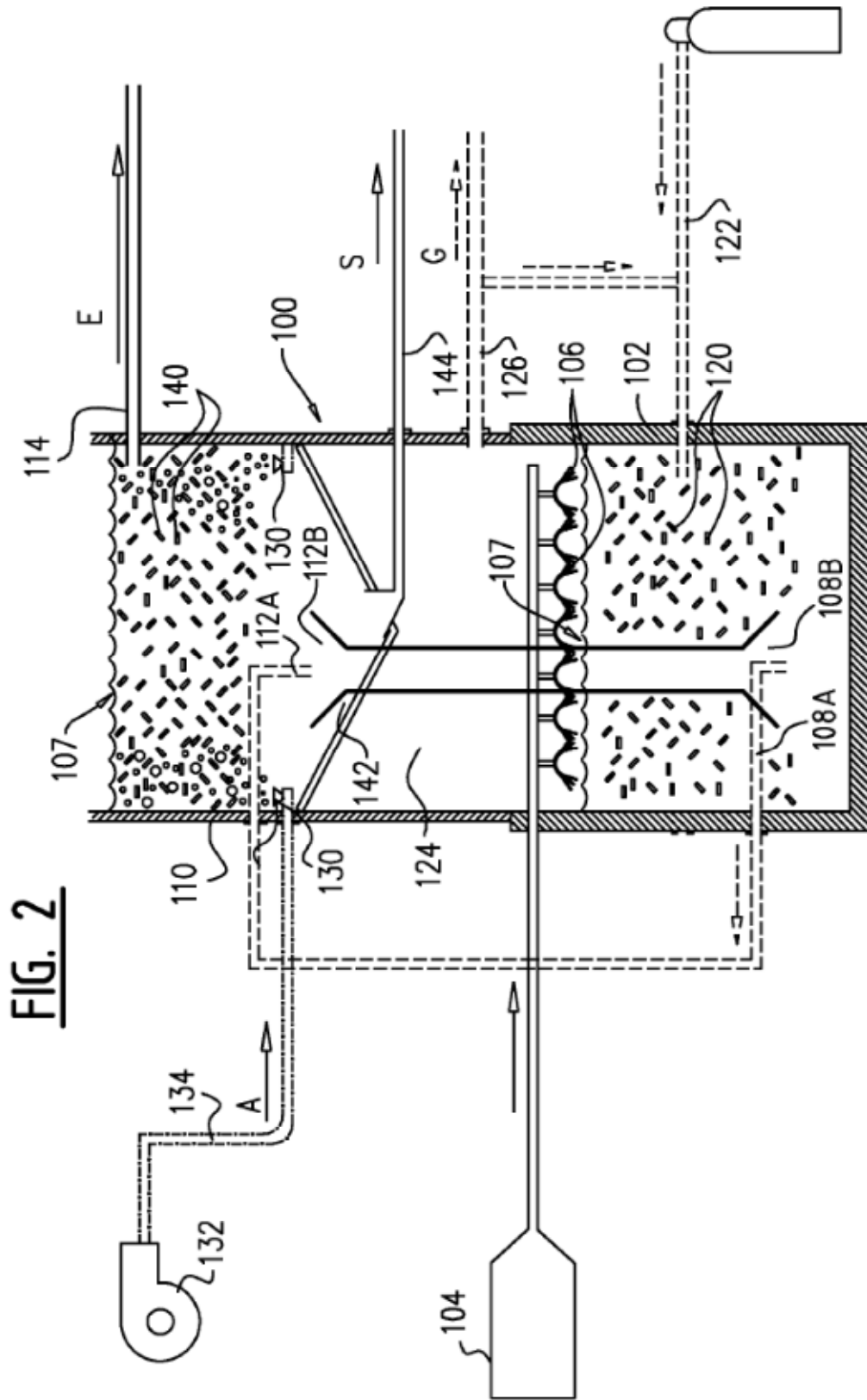
**12.** Método anaerobio/aerobio de purificación de líquidos según las reivindicaciones 9, 10 u 11, en el que la purificación aerobia de líquidos incluye la funcionalidad del reactor de biopelícula de lecho móvil.

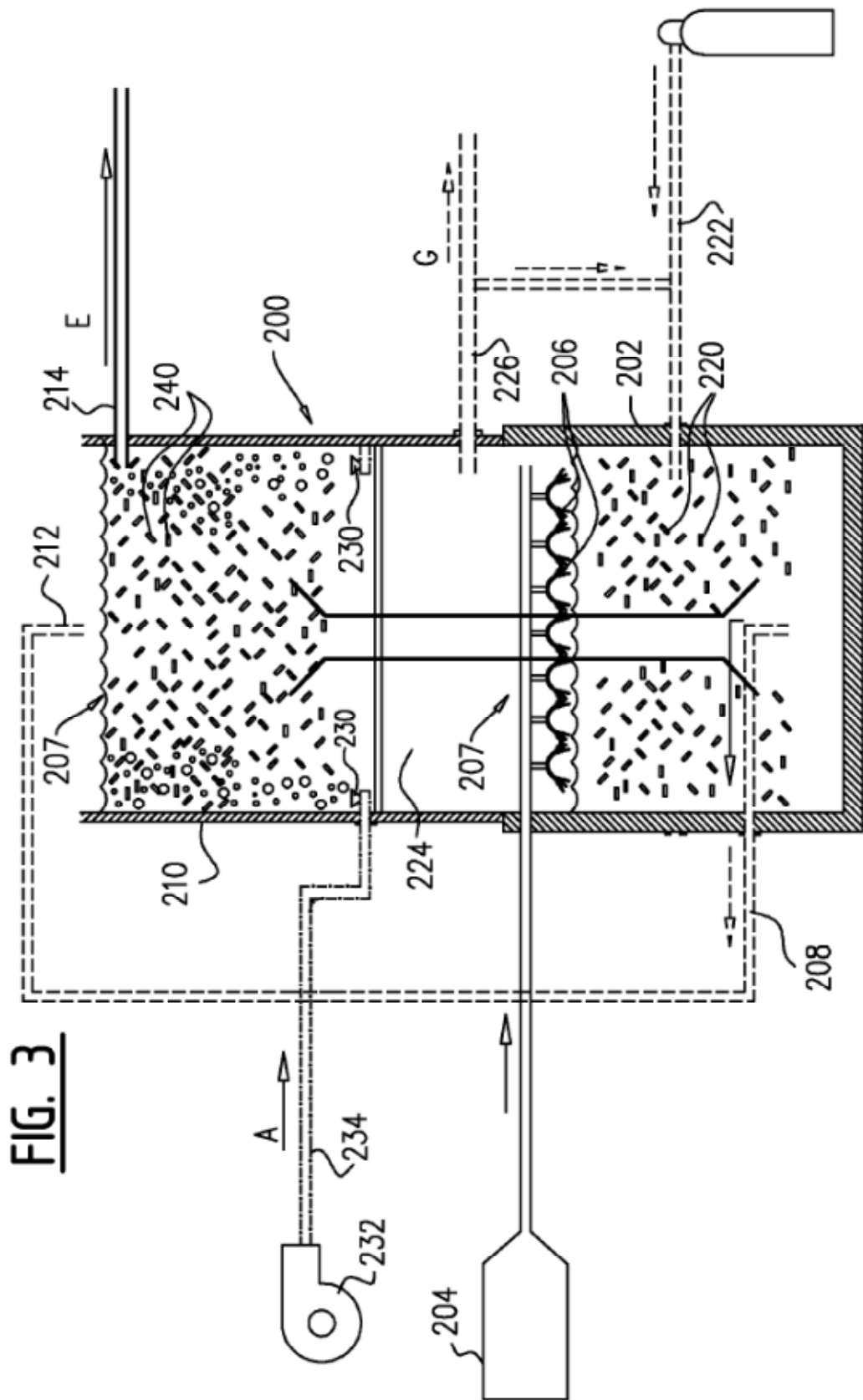
**13.** Método anaerobio/aerobio de purificación de líquidos según la reivindicación 12, que además comprende suministrar gas al subsistema anaerobio (4, 102, 202) de purificación de líquidos para provocar el movimiento relativo de los soportes (32) de biomasa.

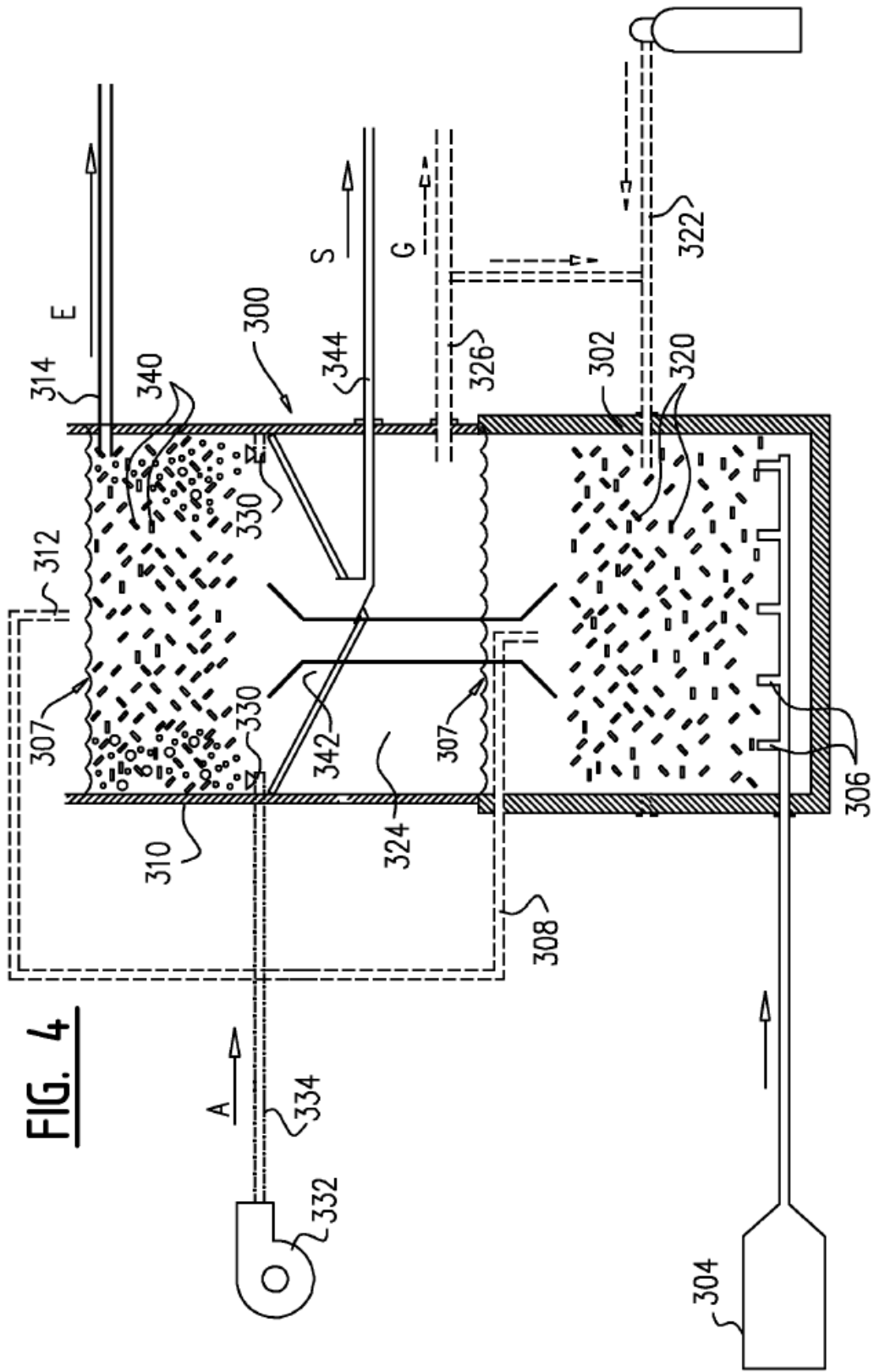
**14.** Método anaerobio/aerobio de purificación de líquidos según la reivindicación 12 o 13, en el que el suministro de gas utiliza el gas producido en el subsistema anaerobio (4, 102, 202) de purificación de líquidos.

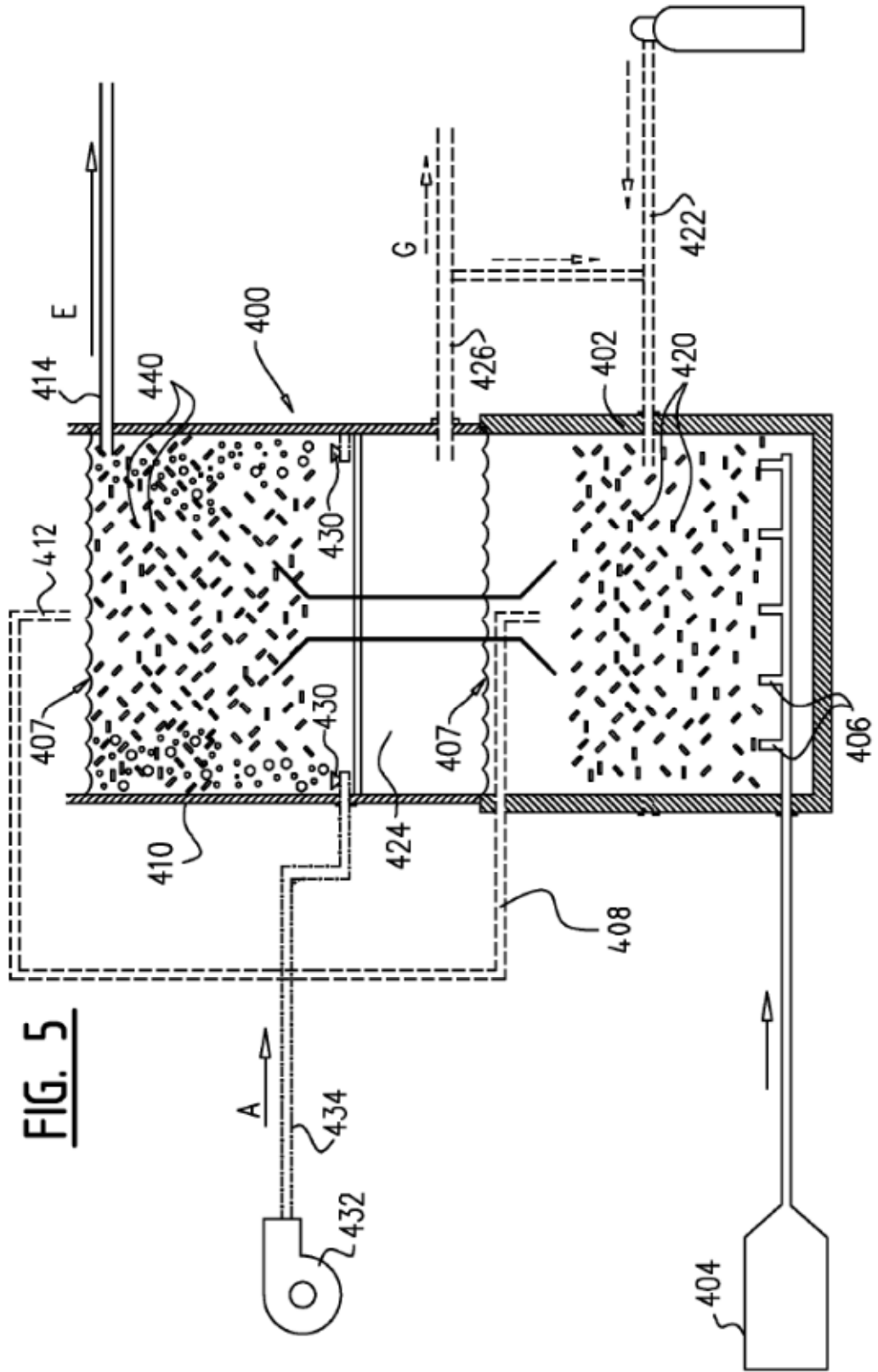


**FIG. 1**



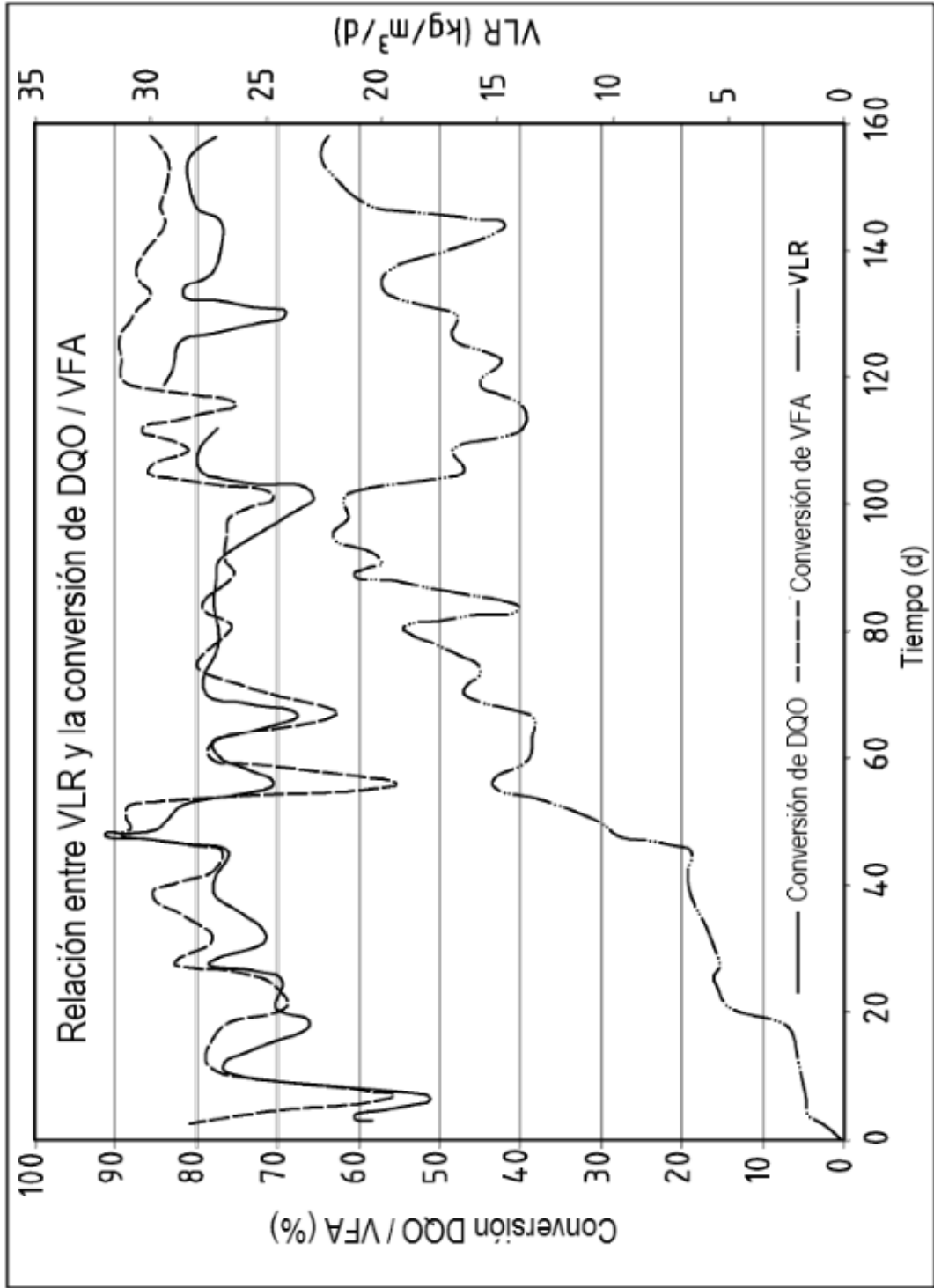




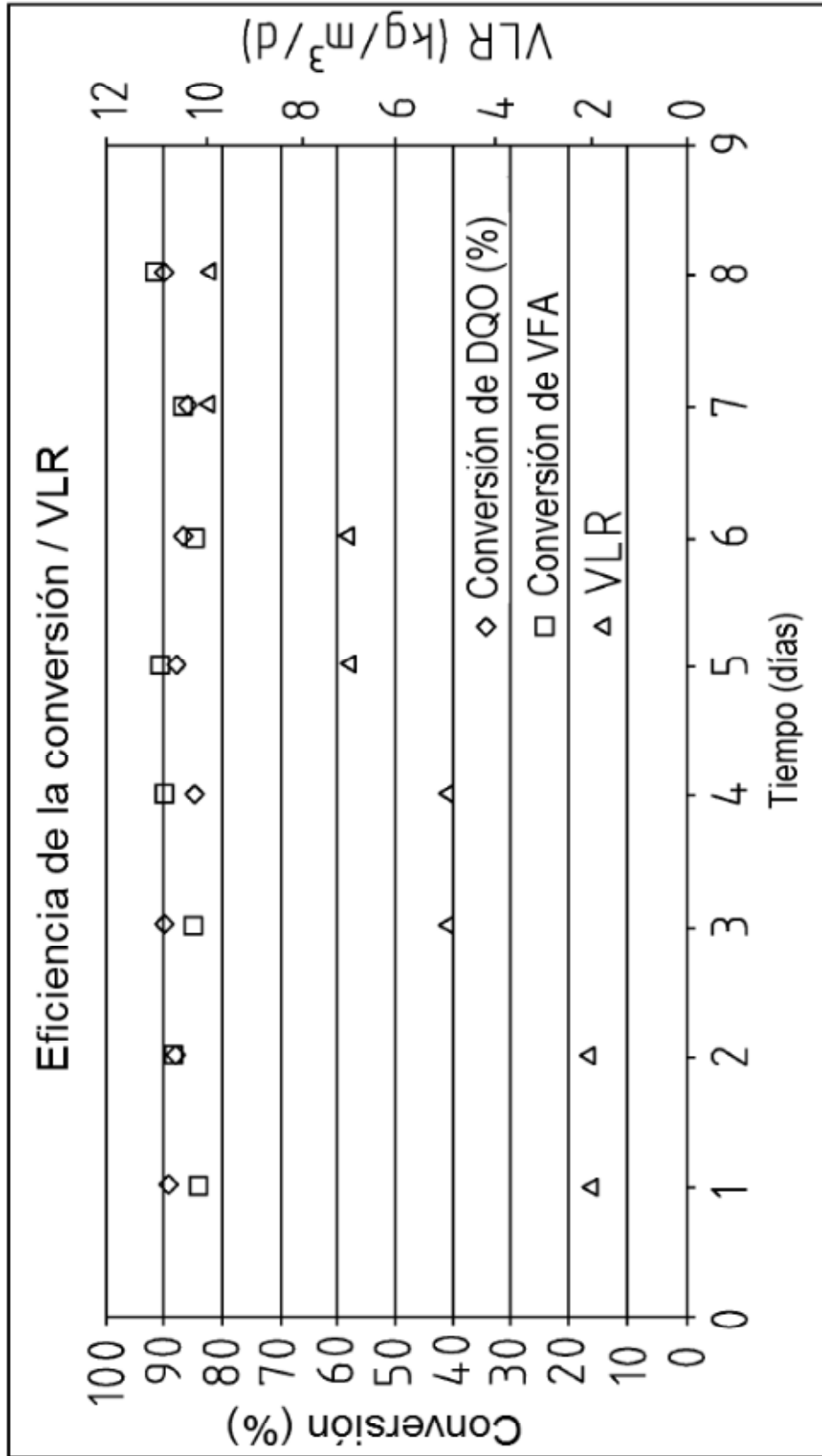


**FIG. 5**





**FIG. 6**



**FIG. 7**