



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 760 048**

(21) Número de solicitud: 201831090

(51) Int. Cl.:

**C02F 3/28** (2006.01)  
**C02F 11/04** (2006.01)

(12)

## PATENTE DE INVENCIÓN CON EXAMEN

B2

(22) Fecha de presentación:

**12.11.2018**

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

**12.05.2020**

Fecha de concesión:

**07.05.2021**

(45) Fecha de publicación de la concesión:

**14.05.2021**

(73) Titular/es:

**HULLERAS DEL NORTE, S.A. S.M.E. (100.0%)**  
**AVDA.DE GALICIA, 44**  
**33005 OVIEDO (Asturias) ES**

(72) Inventor/es:

**VIESCA RODRÍGUEZ, José Luis;**  
**CANTO TOIMIL, Noel;**  
**HIGUERA GARRIDO, Alberto;**  
**ÁLVAREZ ARECES, Juan Enrique;**  
**GONZÁLEZ GARCÍA, Albino;**  
**FERNÁNDEZ MARTÍNEZ, Pablo;**  
**HERNÁNDEZ BATTEZ, Antolín y**  
**GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, Rubén**

(74) Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

(54) Título: **SISTEMA ANAEROBIO CONTINUO MODULAR PARA LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES**

(57) Resumen:

Sistema anaerobio continuo modular para la depuración de aguas residuales.

La invención se refiere a un sistema para la depuración de aguas residuales que comprende al menos un módulo exterior alfa (1) localizado alrededor de al menos un módulo central beta (2), donde cada módulo exterior alfa (1) comprende una salida de aguas residuales localizada en su parte superior conectada a una estructura de recogida (9) de las aguas residuales conectada al módulo central beta (2), donde a su vez cada módulo exterior alfa (1) comprende en su interior al menos una estructura de soporte bacteriano (5) con una serie de conductos internos de paso, sostenida mediante un sistema de soporte (6) diseñado para ser extraído por el extremo superior de cada módulo exterior alfa (1). A su vez, el módulo central beta (2) contiene en su interior al menos un conducto con al menos un sistema de extracción (11) de aguas tratadas y finalizando en su extremo inferior en una apertura (13) para la salida de aguas tratadas en el módulo central beta (2), y donde cada módulo exterior alfa (1) y módulo central beta (2) comprende medios para la extracción de lodos localizados en el extremo inferior de dichos módulos.

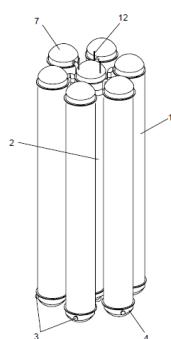


FIG. 3

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015.

Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

**DESCRIPCIÓN****SISTEMA ANAEROBIO CONTINUO MODULAR PARA LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES**

5

**SECTOR DE LA TÉCNICA**

La presente invención se refiere a un nuevo sistema continuo modular para el tratamiento de aguas residuales mediante digestión anaerobia. En particular, se refiere a un digestor modular para la depuración biológica de aguas residuales que permite trabajar a diferentes caudales de entrada al sistema, manteniendo los tiempos de residencia y las velocidades de flujo. Se trata por tanto de un sistema especialmente ventajoso por su flexibilidad a la hora de trabajar bajo distintas condiciones de operación, por su capacidad de puesta en marcha con flora bacteriana importada y para trabajar siendo alimentado con distintos caudales, manteniendo la eficiencia del proceso. Es asimismo objeto de la invención el proceso de digestión anaerobia llevado a cabo en dicho sistema.

**ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN**

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen la finalidad de eliminar los contaminantes presentes en el agua, produciendo agua limpia o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido (fango).

En los años 80 tuvieron gran desarrollo en Europa los digestores anaerobios para usos agrícolas al resultar muy ventajosos en el tratamiento de efluentes con un alto contenido en materia orgánica, para los que la opción aerobia exigía instalaciones de tamaño no competitivo. En la actualidad la digestión anaerobia se aplica también al tratamiento de aguas residuales urbanas e industriales no agroalimentarias, como alternativa al proceso aerobio convencional.

En la digestión anaerobia se obtiene un producto gaseoso (biogás) a partir de materia orgánica en una atmósfera pobre en oxígeno mediante la acción de diferentes grupos de bacterias. Como producto residual se obtiene una mezcla de cargas orgánicas de difícil degradación y productos minerales (N, K, Ca, etc.). La ventaja de este proceso es que permite producir una energía renovable (entre el 50 y el 70% del biogás es

metano susceptible de ser usado como fuente de energía) y reducir la producción de gases de efecto invernadero (tanto por la reducción de emisiones de CH<sub>4</sub>, como de CO<sub>2</sub>).

- 5 Las reacciones necesarias para un óptimo procesado de los residuos se pueden dividir en dos líneas de actuación: una línea de carbono y una línea de nitrógeno.

En la línea del carbono se degradan principalmente las proteínas, glúcidos y lípidos contenidos en el agua a tratar y se caracteriza por que comprende las siguientes 10 reacciones: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis. Uno de los principales problemas de esta línea es la aparición de inhibidores, siendo primordial el control del pH (que a su vez depende del equilibrio CO<sub>2</sub> – HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) y la relación C/N.

Por su parte, en la línea del nitrógeno se degradan, sucesivamente, la urea, el ión 15 amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), el NO<sub>2</sub><sup>-</sup> y el NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Esta línea es fundamental para controlar la relación C/N y mantenerla en valores óptimos que aseguren que las reacciones de la línea del carbono se desarrolle plenamente.

Los procesos biológicos de tratamiento de las aguas residuales pueden consistir en 20 procesos de cultivo en suspensión en los que los microorganismos que degradan la materia orgánica se mantienen en suspensión dentro del medio líquido o procesos de cultivo fijo en los que los microorganismos están fijados a un medio inerte.

En particular, en el estado de la técnica es posible encontrar los siguientes sistemas 25 para llevar a cabo la digestión anaerobia:

- 1) Reactor de Mezcla Completa sin Recirculación: Suele consistir en un depósito en el que se uniformiza la mezcla mediante agitación no energética de la misma, manteniendo una relación más o menos uniforme substrato/microorganismos. Si bien es uno de los sistemas más sencillos, también es uno de los que más 30 tiempo de residencia requiere;
- 2) Reactor de Mezcla Completa con Recirculación: Se trata de un sistema similar al anterior, pero con recirculación parcial del efluente. Durante la recirculación se desgasifica el efluente para favorecer la posterior decantación de sólidos (flóculos biológicos) que son recirculados al digestor. Con este sistema se

- conserva el stock de microorganismos y los tiempos de residencia son inferiores a los del reactor sin recirculación;
- 3) Reactor de Flujo Pistón: En este caso, la mezcla presenta mayor concentración de microorganismos a la entrada del afluente. Para mejorar la distribución de 5 microorganismos en la integridad del volumen se puede inyectar biogás a presión en la parte de mayor concentración, obteniéndose una mejor homogeneización de la mezcla;
- 4) Reactor con Retención de Biomasa sin Recirculación: La presencia y mantenimiento de biomasa dentro del reactor acorta los tiempos de residencia, lo que redunda en una mayor eficiencia del sistema. La retención de esta 10 biomasa se realiza generalmente mediante su inmovilización en soportes (filtros anaerobios y lechos fluidizados) o por floculación de la biomasa y conservación mediante gravedad (lecho de lodos):
- a. en los sistemas con filtro anaerobio las bacterias anaerobias forman biofilms que se adhieren a soportes generalmente inertes o formados por materiales que promueven la fijación y/o el crecimiento de las mismas;
  - b. en los sistemas de lecho fluidizado se emplean pequeñas partículas inertes que sirven de soporte para las bacterias y que se mantienen fluidizadas por el flujo ascendente del fluido;
  - c. en los sistemas de lecho de lodos se persigue igualmente la floculación de 20 las bacterias, pero sin partículas inertes como base de los flóculos. Su permanencia en el reactor se obtiene mediante el equilibrio entre la sedimentación y el arrastre ejercido por el flujo. Requiere un separador en la parte superior para evitar la pérdida de biomasa y extraer el biogás;
- 25 5) Sistemas Discretos: Se trata de sistemas en los que el fluido permanece confinado durante todo el proceso. Los procesos que se llevan a cabo en dichos reactores son discretos, puesto que la producción de biogás varía análogamente a la población de microorganismos con periodos de latencia, estacionalidad y decrecimiento. Como en cualquier aproximación discreta a una solución continua, ésta se puede alcanzar iterando los sistemas discretos, es decir, utilizando varios digestores con sucesivos tiempos de puesta en marcha;
- 30 6) Sistemas de Dos Etapas: Estos sistemas consisten en una primera etapa con elevado tiempo de retención que abastece a una segunda etapa más corta donde se digiere la materia orgánica y los ácidos grasos producto de la primera

fase;

- 7) Sistemas de Dos Fases: Están formados por dos reactores en serie en los que se llevan a cabo individualmente los procesos de acidogénesis y metanogénesis, resultando en tiempos de retención inferiores a los de los reactores de mezcla completa;
- 5 8) Sistemas Híbridos: Son los que resultan de la combinación de varios de los sistemas anteriormente descritos.

Tras una búsqueda de antecedentes se han localizado los siguientes documentos del

10 estado de la técnica:

La solicitud de patente española ES1156462, en la que se describe un digestor anaeróbico caracterizado por que comprende un cuerpo central con forma semiesférica donde se produce la digestión anaerobia, una cámara de carga por 15 donde se alimenta el digestor y un sistema de agitación a partir del biogás recirculado por una tubería de circulación.

A su vez, en la solicitud de patente española ES1205187 se describe un digestor anaerobio secuencial para depuración de efluentes mediante, al menos, dos reactores cerrados herméticamente. El sistema comprende, por tanto, un primer reactor de lecho fijo con bacterias acidogénicas y un segundo reactor de lecho fluidizado y se caracteriza por que el primer reactor tiene un volumen interior comprendido entre 1,5 y 20 3 veces el caudal diario entrante de efluente y por que el segundo reactor tiene un volumen interior comprendido entre 2,2 y 1,7 veces el volumen del primer reactor.

25

La patente ES2393772 describe un equipo para depuración biológica de aguas residuales configurado en un solo digestor anaeróbico con separación de fases para realizar una digestión anaeróbica hidrolítica y metanogénica. El equipo está formado por un cuerpo con dos paredes concéntricas. En el cuerpo interno del equipo se sitúan 30 piezas cerámicas donde tiene lugar la digestión anaeróbica del agua, mientras que perimetralmente se sitúa una cámara con un compartimento inferior, donde tiene lugar una digestión metanogénica. El reactor comprende a su vez conductos de recirculación de agua hacia un nuevo receptáculo de digestión, y conductos de salida de gases, así como una salida inferior para lodos.

Como se puede inferir del estado de la técnica, los parámetros principales de interés para un digestor anaerobio son:

- 5 a. el tiempo de retención el cual, a caudal constante (inherente a la instalación que genera los residuos) y con un volumen constante de reactor, no se puede regular;
- b. la conservación y distribución de los microorganismos de modo que, cuanto mayor sea la cantidad de microorganismos, menor será el tiempo de retención; y
- c. el control sobre los inhibidores de cada fase como son el aumento de la acidez (pH), la relación C/N, la presencia de ión amonio, etc.
- 10

Se ha demostrado que el control sobre el N que hacen los sistemas conocidos hasta la fecha resulta insuficiente. Asimismo, la relación C/N se ha revelado crítica en su influencia sobre la generación de biogás. Diferentes experimentos realizados en el 15 desarrollo de la invención han demostrado que, a ratios de C/N de 2 o 3, la producción de biogás aumenta considerablemente al aumentar la presencia de C en el fluido de ensayo.

La problemática que queda por resolver en el estado actual de la técnica es, 20 principalmente, la siguiente:

- 25 • la imposibilidad de regular velocidades de tránsito y tiempos de retención al trabajar con volúmenes constantes y ser el caudal de entrada el que genera la instalación (constante);
- la pérdida de microorganismos en el efluente;
- 30 • la lentitud de la puesta en marcha de los reactores por la falta de flora bacteriana inicial;
- la degradación correcta de la línea de nitrógeno para mantener una relación C/N óptima;
- la regulación del pH;
- la imposibilidad de cumplir con los volúmenes de reactor en sistemas bifásicos continuos con caudales nominales reales para garantizar los tiempos de retención requeridos;
- 35 • la imposibilidad de trabajar con flujos parciales al no poder garantizar los tiempos de retención bajo condiciones distintas a las de diseño;

- la acumulación de grasas de alto DQO y el atrapamiento de gas y flóculos de microorganismos en ellas;
  - la floculación de bacterias, minimizando pérdidas de las mismas.
- 5 El sistema objeto de la invención permite solventar los problemas anteriores, que actualmente no resuelve el estado de la técnica, de la manera en que se detalla a continuación.

### **DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN**

- 10 Es, por tanto, un primer objeto de la invención un sistema anaerobio continuo modular para la depuración de aguas residuales caracterizado por que comprende una pluralidad de módulos exteriores alfa de geometría tubular localizados alrededor de al menos un módulo central beta, también de geometría tubular, estando cada módulo exterior alfa y módulo central beta cerrado mediante una tapa superior y una tapa 15 inferior localizadas respectivamente en el extremo superior e inferior de cada módulo exterior alfa y módulo central beta.

Cada módulo exterior alfa comprende al menos un sistema de entrada de aguas residuales localizado en su extremo inferior y una salida de aguas residuales tratadas 20 localizada en su parte superior. Dicha salida se lleva a cabo a través de un conducto que está conectado a través de un codo a una estructura de recogida de las aguas residuales tratadas en los módulos exteriores alfa, situada alrededor del módulo central beta. Dicha estructura de recogida está conectada al módulo central beta a través de un conducto de unión que es introducido al módulo central beta por su 25 extremo inferior.

A su vez, cada módulo exterior alfa comprende en su interior al menos una estructura de soporte bacteriano con una serie de conductos internos de paso, estando dicha(s) estructura(s) de soporte bacteriano sostenida(s) mediante un sistema de soporte 30 localizado en el interior de cada módulo exterior alfa. Dicho sistema de soporte estará preferentemente diseñado para ser extraído por el extremo superior de cada módulo exterior alfa, a través de la tapa superior.

El módulo central beta contiene en su interior al menos un conducto con al menos un

sistema de extracción de aguas tratadas, estando dicho conducto conectado con un sistema de accionamiento para controlar la apertura de dicho(s) sistema(s) de extracción. Asimismo, dicho conducto finaliza en su extremo inferior en una apertura para la salida de las aguas tratadas en el módulo central beta.

5

Adicionalmente, cada módulo exterior alfa y módulo central beta comprende en su extremo inferior medios para la extracción de los lodos que se van acumulando a lo largo del proceso.

10 Es asimismo objeto de la invención un proceso para la depuración de aguas residuales llevado a cabo en el sistema objeto de la invención.

Dicho proceso comprende:

(a) introducir las aguas residuales a tratar en al menos un módulo exterior alfa mediante un sistema de entrada de aguas residuales localizado en la parte inferior de cada módulo exterior alfa;

(b) someter a las aguas residuales a tratar en al menos un módulo exterior alfa a una reacción de hidrólisis y acidogénesis, según atraviesan al menos una estructura de soporte bacteriano localizada en el interior de cada módulo exterior alfa;

(c) una vez las aguas residuales son tratadas en los módulos exteriores alfa que se encuentren en funcionamiento, dichas aguas residuales tratadas salen de cada módulo exterior alfa por su extremo superior, siendo conducidas a continuación a una estructura de recogida de las aguas residuales tratadas;

(d) a continuación, las aguas residuales tratadas son conducidas desde la estructura de recogida hasta el módulo central beta, entrando a dicho módulo central beta por su extremo inferior;

(e) en dicho módulo central beta las aguas residuales son sometidas a las reacciones de acetogénesis y metanogénesis, completando así el proceso de biodigestión. Estas aguas son extraídas a través de al menos un sistema de extracción localizado en al menos un conducto situado en el interior de dicho módulo central beta.

**BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

Para favorecer la comprensión del objeto de la invención, se acompañan las siguientes figuras a la presente descripción:

**Figura 1:** Vista general simplificada en alzado y planta del sistema reivindicado.

5

**Figura 2:** Vista simplificada en sección del sistema reivindicado, donde se observa la disposición de las estructuras de soporte bacteriano, su posibilidad de extracción y sustitución y los sistemas de extracción localizados en el módulo central beta.

10 **Figura 3:** Vista simplificada en perspectiva isométrica del sistema reivindicado.

Listado de referencias:

1. Módulo exterior alfa
- 15 2. Módulo central beta
3. Sistema de entrada de aguas residuales
4. Tapa inferior
5. Estructura de soporte bacteriano
6. Sistema de soporte de las estructuras de soporte bacteriano
- 20 7. Tapa superior
8. Codo
9. Estructura de recogida de las aguas tratadas en los módulos exteriores alfa (1)
10. Conducto de unión entre la estructura de recogida (9) de las aguas tratadas en los módulos exteriores alfa (1) y el módulo central beta (2)
- 25 11. Sistema de extracción de aguas del módulo central beta (2)
12. Sistema de accionamiento de los sistemas de extracción (11)
13. Apertura para la salida de las aguas tratadas en el módulo central beta (2)

**DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN**

30 Como se observa en la Figura 1, la invención se refiere a un sistema anaerobio continuo modular para la depuración de aguas residuales caracterizado por que comprende uno o varios módulos exteriores alfa (1) de geometría tubular localizados alrededor de al menos un módulo central beta (2), también de geometría tubular, estando cada módulo exterior alfa (1) y módulo central beta (2) cerrado mediante un

sistema de cierre que puede consistir en una tapa superior (7) y una tapa inferior (4) localizadas respectivamente en el extremo superior e inferior de cada módulo exterior alfa (1) y módulo central beta (2) para permitir la extracción de lodos y otras labores de mantenimiento o cultivo mediante su apertura parcial o total. El número de módulos exteriores alfa (1) será de al menos 1, aunque en una realización preferente de la invención la configuración del digestor comprenderá 6 módulos exteriores alfa (1), los cuales estarán preferentemente localizados alrededor del módulo central beta (2).

Por módulo exterior alfa (1) se entiende el dispositivo donde tienen lugar las reacciones de hidrólisis y acidogénesis de las aguas residuales.

Por módulo central beta (2) se entiende el dispositivo donde tienen lugar las reacciones de acetogénesis y metanogénesis de las aguas residuales, tras ser previamente sometidas a las reacciones de hidrólisis y acidogénesis.

Cada módulo exterior alfa (1) del sistema comprende al menos un sistema de entrada de aguas residuales (3) localizado preferentemente en su extremo inferior y una salida de aguas residuales tratadas en el módulo alfa (tras ser sometidas a las reacciones de hidrólisis y acidogénesis), localizada en la parte superior de cada módulo exterior alfa (1). Esta salida de aguas residuales tratadas en el módulo exterior alfa (1) se lleva a cabo a través de un conducto que puede comprender un codo (8) a través del cual las aguas residuales tratadas son conducidas hasta una estructura de recogida (9) de las aguas residuales que consiste preferentemente en una estructura en forma de aro o circunferencia localizada alrededor del módulo central beta (2). Dicha estructura de recogida (9) es adecuada para recoger las aguas residuales tratadas procedentes de todos los módulos exteriores alfa (1) que se encuentran activos. Este diseño permite que la estructura cilíndrica de los módulos sea la misma para los módulos exteriores alfa (1) y el o los módulos centrales beta (2), abaratando los costes de fabricación del sistema.

El sistema comprende adicionalmente al menos un conducto de unión (10) entre la estructura de recogida (9) y el módulo central beta (2), entrando dicho conducto de unión (10) al módulo central beta (2) por su extremo inferior.

Adicionalmente, cada módulo exterior alfa (1) comprende en su interior al menos una estructura de soporte bacteriano (5) y, preferentemente, una serie de estructuras de soporte bacteriano (5) localizadas a lo largo del eje longitudinal de cada módulo exterior alfa (1). Dichas estructuras de soporte bacteriano (5) se emplearán

- 5 preferentemente en forma de discos atravesados por una serie de conductos internos de paso para permitir el paso de las aguas residuales a través de los mismos. De manera preferente, las estructuras de soporte bacteriano (5) estarán sostenidas mediante un sistema de soporte (6) que puede consistir en un eje que atraviesa verticalmente el módulo exterior alfa (1) y que permite la extracción del o las  
10 estructuras de soporte bacteriano (5) a través de tapa superior (7) de cada módulo exterior alfa (1). De este modo, se consigue que el sistema comprenda semilleros de bacterias y se logra reducir el tiempo de puesta en marcha del sistema, al partir de soportes ya poblados. Por semillero de bacterias se entiende el lugar donde se fijan y mantienen las bacterias del sistema.

15

El tamaño de los conductos internos de paso de las estructuras de soporte bacteriano (5) podrá variar en función de la volumetría de las partículas en suspensión contenidas en las aguas residuales, pudiéndose adaptar a cualquier tamaño de las mismas.

20

El módulo central beta (2) puede contener en su interior al menos un conducto con al menos un sistema de extracción (11) de aguas tratadas y preferentemente una pluralidad de sistemas de extracción (11) localizados a diferentes alturas a lo largo de dicho conducto contenido en el módulo central beta (2). Gracias a dichos sistemas de extracción (11), que pueden consistir en aperturas adecuadas para permitir el paso de

25

las aguas tratadas, es posible mantener los tiempos de reacción incluso cuando el sistema trabaje a cargas parciales y no nominales de las aguas residuales que serán sometidas al tratamiento. Para ello, los sistemas de extracción (11) se podrán activar individualmente o en su totalidad mediante un sistema de accionamiento (12) que puede consistir en un sistema mecánico adecuado para controlar la apertura de los  
30 distintos sistemas de extracción (11) individualmente, en función del número de módulos exteriores alfa (1) que se encuentren en funcionamiento.

Tanto los sistemas de inyección o de entrada de aguas residuales (3) como los sistemas de extracción (11) se situarán preferentemente en las posiciones que

permitan crear las corrientes adecuadas para facilitar las reacciones de las etapas acetogénica y metanogénica del proceso de tratamiento de aguas residuales.

Adicionalmente a los sistemas de extracción (11) el conducto situado en el interior 5 módulo central beta (2) finalizará en su extremo inferior en una apertura (13) para la salida de las aguas tratadas en el módulo central beta (2), una vez finalizado el proceso de digestión anaerobia.

La proporción de volúmenes de los distintos módulos será preferentemente acorde con 10 los tiempos de digestión requeridos en las diferentes fases del proceso, de hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis.

De manera preferente, cada módulo exterior alfa (1) y módulo central beta (2) comprenderá adicionalmente medios para la agitación de los lodos contenidos en 15 dichos módulos por medios mecánicos y/o inyección de gas (preferentemente biogás) y/o afluente de aguas residuales, así como medios para la extracción de los lodos, localizados en el extremo inferior de cada módulo, donde los lodos se van depositando por decantación. De este modo, mediante la agitación de los lodos se liberará tanto el biogás que retienen como los flóculos de bacterias que hayan podido quedar 20 atrapados en los lodos y que de este modo regresan a su hábitat.

Asimismo, el sistema puede comprender medios para la recirculación de los lodos, preferentemente tras un tratamiento previo, a los módulos exteriores alfa (1) o al módulo beta (2). De este modo, se conseguirá mejorar la eficiencia del proceso.

25 En otra realización particular de la invención, el sistema podrá comprender adicionalmente medios para la regulación del pH, que se realizará preferentemente mediante el control de la presión parcial de CO<sub>2</sub> en los distintos módulos del sistema.

30 Adicionalmente, los módulos exteriores alfa (1) y el o los módulos centrales beta (2) podrán comprender puntos de acceso para la introducción de catalizadores adecuados para acelerar las distintas reacciones del proceso de tratamiento de aguas residuales.

Una de las ventajas del sistema objeto de la invención es que permite mejorar los

tiempos de residencia al aumentar la superficie de soporte bacteriano para una misma superficie en planta del sistema. Siendo la reacción hidrolítica la que requiere tiempos de retención más elevados y siendo la velocidad de esta reacción proporcional a la densidad bacteriana, el sistema reivindicado permite reducir los tiempos de retención  
5 hasta 2.4 veces en esta fase. Puesto que en el estado de la técnica muchos sistemas requieren hasta 3 días de permanencia en la fase hidrolítica, el diseño de la presente invención implica un importante ahorro económico y de recursos.

Igualmente, el aumento de la superficie del soporte bacteriano permite construir  
10 reactores de menor volumen, con una reducción de tamaño de hasta 2.4 veces respecto a los diseños actuales en los que se llevan a cabo los mismos procesos.

Asimismo, el sistema reivindicado mejora la puesta en marcha del sistema, permitiendo, gracias a su diseño, el intercambio de las estructuras de soporte  
15 bacteriano (5) fácilmente gracias a su sencilla extracción de los módulos exteriores alfa (1). De este modo, al ser un sistema modular, las estructuras de soporte bacteriano (5) introducidas en el sistema podrán estar fabricadas o recubiertas de las bacterias necesarias para las reacciones de tratamiento de aguas residuales, pudiéndose emplear las estructuras de soporte bacteriano (5) extraídas de módulos  
20 exteriores alfa (1) para instalarlos en nuevos módulos, lo que permite una puesta en funcionamiento gradual de la instalación, siempre con un elevado porcentaje inicial de microorganismos presentes. Se conseguirá así que el digestor no arranque en vacío, es decir, que su puesta en marcha no sea desde cero, al contar ya con microorganismos en sus soportes. Asimismo, se acelerará la creación de la flora  
25 bacteriana requerida para el proceso. Actualmente esto es imposible puesto que los digestores conocidos en el estado de la técnica se sellan y, por tanto, resultaría tremadamente costosa la extracción de los soportes contenidos en su interior.

Adicionalmente, el diseño del sistema reivindicado permite aumentar la longitud de la  
30 trayectoria de las partículas contenidas en las aguas residuales dentro de los módulos exteriores alfa (1) aumentando, para una misma velocidad, el tiempo que pasan en el sistema.

En resumen, la ventaja principal del sistema reivindicado es que, al tratarse de un

sistema modular, permite un funcionamiento óptimo del proceso a cargas parciales, respetando los tiempos de retención necesarios para que las reacciones se desarrollen óptimamente, mediante la desconexión de uno o más módulos exteriores alfa (1). De este modo, se consigue mejorar la capacidad de trabajo a caudales no nominales, puesto que el diseño modular permite modificar el tamaño de la instalación en función del caudal. Este novedoso concepto permite por tanto optimizar las velocidades de flujo y/o los tiempos de retención, adaptándose a las características del fluido a tratar. También permite que las instalaciones que lo requieran puedan incorporar un sistema que fácilmente cubra las necesidades futuras de las mismas sin apenas modificaciones.

Asimismo, el sistema modular permite la siembra de soportes en al menos uno de los módulos exteriores alfa (1) para poder posteriormente introducirlos como semillas en alguno(s) o en todos los demás módulos exteriores alfa (1), evitando así el arranque en vacío que sufren actualmente los digestores. De este modo, se logra reducir el tiempo requerido para iniciar la producción de biogás. Este sistema modular objeto de la presente invención también permite dimensionar la instalación a futuro sin perder por ello eficiencia en el momento de su puesta en marcha. De igual manera, permite no parar la producción de biogás si hay una caída en el caudal de afluente, manteniendo en funcionamiento parte de los módulos exteriores alfa (1) y, en consecuencia, los tiempos de retención calculados para la instalación.

Es asimismo objeto de la invención el proceso para la depuración de aguas residuales llevado a cabo en el sistema objeto de la invención.

En particular, el proceso puede ser empleado para tratar aguas residuales de origen urbano, constituidas por una mezcla de compuestos orgánicos e inorgánicos y por una elevada cantidad de microorganismos. Si bien la composición de este tipo de residuos puede variar en gran medida en función del origen de los residuos, en principio el digestor objeto de la presente invención podrá emplearse para tratar todo tipo de aguas residuales.

De este modo, el proceso comprende la introducción de las aguas residuales a tratar en al menos un módulo exterior alfa (1) mediante un sistema de entrada de aguas

residuales (3) localizado en la parte inferior de cada módulo exterior alfa (1).

En dicho módulo exterior alfa (1) tienen lugar las reacciones de hidrólisis y acidogénesis de las aguas residuales, según atraviesan las estructuras de soporte bacteriano (5) localizadas a lo largo del eje longitudinal de cada módulo exterior alfa (1).

Las aguas residuales, tras ser tratadas en los módulos exteriores alfa (1) que se decida activar (en función del volumen de aguas residuales que sea necesario tratar) 10 saldrán de cada módulo exterior alfa (1) a través de un conducto que las conducirá a una estructura de recogida (9) de las aguas residuales tratadas procedentes de todos los módulos exteriores alfa (1) que se encuentran activos.

En una realización particular del proceso, éste puede comprender la extracción de las 15 estructuras de soporte bacteriano (5) de al menos un módulo exterior alfa (1) en funcionamiento y su introducción en al menos un módulo exterior alfa (1) no operativo, para su puesta en marcha. De este modo, se consigue reducir el tiempo de puesta en marcha del sistema, al partir de soportes ya poblados. Asimismo, se podrá adaptar el número de estructuras de soporte bacteriano (5) que se reintroduzca en cada módulo 20 exterior alfa (1), en función de las necesidades del sistema.

A continuación, las aguas residuales tratadas en cada módulo exterior alfa (1) son conducidas desde la estructura de recogida (9) hasta el módulo central beta (2), entrando a dicho módulo central beta (2) por su extremo inferior. En dicho módulo 25 central beta (2) tienen lugar las reacciones de acetogénesis y metanogénesis de las aguas residuales.

Una vez transcurrido el tiempo de retención necesario para que se complete el proceso, las aguas residuales se extraen del módulo central beta (2) a través de al 30 menos un sistema de extracción (11) localizado en al menos un conducto contenido en el módulo central (2). El proceso podrá comprender la activación de dicho(s) sistema(s) de extracción (11) mediante un sistema de accionamiento (12).

Adicionalmente, el proceso podrá comprender la agitación de los lodos contenidos en

los módulos por medios mecánicos y/o inyección de biogás y/o afluente, así como la extracción de los lodos acumulados en la parte inferior de los módulos exteriores alfa (1) y del módulo central beta (2). Asimismo, el proceso puede comprender la recirculación de los lodos, preferentemente tras ser previamente tratados, a al menos 5 un módulo exterior alfa (1) y/o al módulo central beta (2).

En otra realización particular de la invención, el proceso podrá comprender además la regulación del pH, puesto que la acidez y la alcalinidad son uno de los principales inhibidores de estos sistemas. Esta regulación del pH se llevará a cabo 10 preferentemente mediante la regulación de la presión en el interior del digestor, controlando la presión del CO<sub>2</sub> en disolución. Para la estabilidad del pH es importante el equilibrio CO<sub>2</sub>-HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Sin embargo, la principal novedad del objeto de la presente invención es que la regulación de la presencia del CO<sub>2</sub> en disolución se lleva a cabo mediante la variación de la presión interior del sistema. De este modo, modificando la 15 presión en el interior de cada módulo exterior alfa (1) o módulo central beta (2) se controla la concentración del CO<sub>2</sub> en la disolución y, de esta manera, el pH del sistema.

En una realización particular de la invención, el proceso podrá asimismo comprender 20 la floculación o flotabilidad de los microorganismos o bacterias contenidas en el o los módulos centrales beta (2) mediante la inclusión de micropartículas de flotabilidad positiva que pueden consistir en microesferas huecas que recirculan una vez alcanzan la parte superior del lecho. En otras realizaciones particulares de la invención, el proceso podrá comprender el uso de partículas sin flotabilidad impulsadas por 25 corrientes hidráulicas y/o neumáticas.

Asimismo, el proceso podrá comprender la adición de catalizadores en los distintos módulos exteriores alfa (1) o en el módulo central beta (2) para favorecer las diferentes reacciones que tienen lugar en su interior.

30 Finalmente, el proceso podrá comprender la realimentación en las fases de los módulos exteriores alfa (1) y del módulo central beta (2) cuando las aguas extraídas no cumplen los criterios establecidos para pasar a la siguiente fase.

## REIVINDICACIONES

1. Sistema anaerobio continuo modular para la depuración de aguas residuales caracterizado por que comprende al menos un módulo exterior alfa (1) de geometría tubular localizado alrededor de al menos un módulo central beta (2), también de geometría tubular, estando cada módulo exterior alfa (1) y módulo central beta (2) cerrado mediante una tapa superior (7) y una tapa inferior (4) localizadas respectivamente en el extremo superior e inferior de cada módulo exterior alfa (1) y módulo central beta (2),
  - 5 donde cada módulo exterior alfa (1) comprende al menos un sistema de entrada de aguas residuales (3) localizado en su extremo inferior y una salida de aguas residuales tratadas en cada módulo exterior alfa (1) localizada en su parte superior, dicha salida estando conectada a través de un codo (8) a una estructura de recogida (9) de las aguas residuales tratadas en cada módulo exterior alfa (1), situada alrededor del módulo central beta (2), estando dicha estructura de recogida (9) conectada al módulo central beta (2) a través de un conducto de unión (10) que es introducido al módulo central beta (2) por su extremo inferior,
  - 10 donde a su vez cada módulo exterior alfa (1) comprende en su interior al menos una estructura de soporte bacteriano (5) con una serie de conductos internos de paso, estando dicha estructura de soporte bacteriano (5) sostenida mediante un sistema de soporte (6) localizado en el interior del módulo exterior alfa (1), dicho sistema de soporte (6) estando diseñado para ser extraído por el extremo superior de cada módulo exterior alfa (1), a través de la tapa superior (7),
  - 15 donde el módulo central beta (2) contiene en su interior al menos un conducto con al menos un sistema de extracción (11) de aguas tratadas en el módulo central beta (2), estando dicho conducto conectado con un sistema de accionamiento (12) adecuado para controlar la apertura de los sistemas de extracción (11) y finalizando en su extremo inferior en una apertura (13) para la salida de aguas tratadas en el módulo central beta (2),
  - 20 y donde cada módulo exterior alfa (1) y módulo central beta (2) comprende medios para la extracción de lodos localizados en el extremo inferior de dichos módulos.
2. Sistema de acuerdo a la reivindicación 1, donde el número de módulos

exteriores alfa (1) es igual a 6.

3. Sistema de acuerdo a la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que cada módulo exterior alfa (1) y módulo interior beta (2) comprende adicionalmente medios de agitación de lodos seleccionados de un grupo que consiste en medios mecánicos, medios para la inyección de gas y medios para la inyección de aguas residuales, así como cualquiera de sus combinaciones.
4. Sistema de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende medios para la extracción de lodos localizados en el extremo inferior de cada módulo exterior alfa (1) y módulo central beta (2), así como medios para la recirculación de los lodos a al menos un módulo exterior alfa (1) y/o al módulo central beta (2).
5. Sistema de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende adicionalmente medios para la regulación del pH.
6. Proceso para la depuración de aguas residuales llevado a cabo en un sistema de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que comprende:
- (a) introducir las aguas residuales a tratar en al menos un módulo exterior alfa (1) mediante un sistema de entrada de aguas residuales (3) localizado en la parte inferior de cada módulo exterior alfa (1);
  - (b) someter a las aguas residuales a una reacción de hidrólisis y acidogénesis, según atraviesan la estructura o estructuras de soporte bacteriano (5) localizadas en el interior de cada módulo exterior alfa (1) en funcionamiento;
  - (c) una vez tratadas en los módulos exteriores alfa (1) en funcionamiento, las aguas residuales salen de cada módulo exterior alfa (1) por su extremo superior, siendo conducidas a continuación a una estructura de recogida (9) de las aguas residuales tratadas en cada módulo exterior alfa (1);
  - (d) a continuación, las aguas residuales tratadas son conducidas desde la estructura de recogida (9) hasta el módulo central beta (2), entrando a dicho módulo central beta (2) por su extremo inferior;
  - (e) finalmente, las aguas residuales introducidas en el módulo central beta (2) son sometidas a una reacción de acetogénesis y metanogénesis dando lugar a

aguas residuales tratadas en el módulo central beta (2), que son extraídas a través de al menos un sistema de extracción (11) localizado en al menos un conducto situado en el interior de dicho módulo central beta (2).

- 5     7. Proceso de acuerdo a la reivindicación 6, caracterizado por que comprende la extracción de la(s) estructura(s) de soporte bacteriano (5) contenida(s) en al menos un módulo exterior alfa (1) en funcionamiento y su introducción en al menos un módulo exterior alfa (1) no operativo, para su puesta en marcha.
- 10    8. Proceso de acuerdo a la reivindicación 6 o 7, caracterizado por que en los módulos exteriores alfa (1) y módulo central beta (2) se generan lodos que son agitados mediante medios de agitación seleccionados de un grupo que consiste en medios mecánicos, medios para la inyección de gas y medios para la inyección de aguas residuales, así como cualquiera de sus combinaciones.
- 15    9. Proceso de acuerdo a la reivindicación 8, donde dichos lodos son extraídos y recirculados a al menos un módulo exterior alfa (1) y/o al módulo central beta (2).
- 20    10. Proceso de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, caracterizado por que comprende adicionalmente regular el pH mediante el control de la presión en el interior los módulos exteriores alfa (1) y módulo central beta (2).
- 25    11. Proceso de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 10, donde el módulo central beta (2) contiene bacterias en su interior que son sometidas a un proceso de floculación mediante la inclusión de micropartículas de flotabilidad positiva.
- 30    12. Proceso de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 11, caracterizado por que comprende adicionar catalizadores en al menos un módulo exterior alfa (1) y/o en el módulo central beta (2) para favorecer las reacciones que se llevan a cabo en su interior.

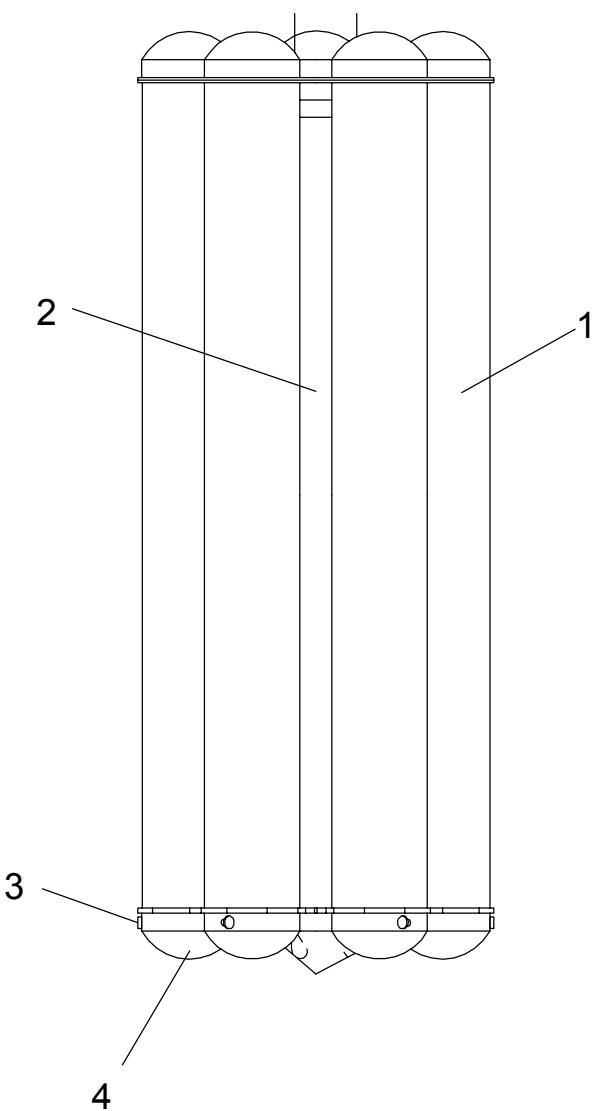
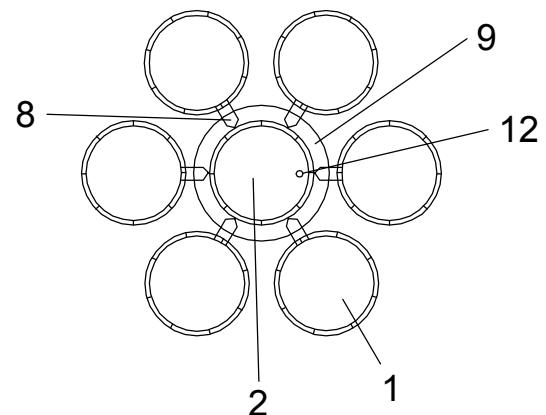
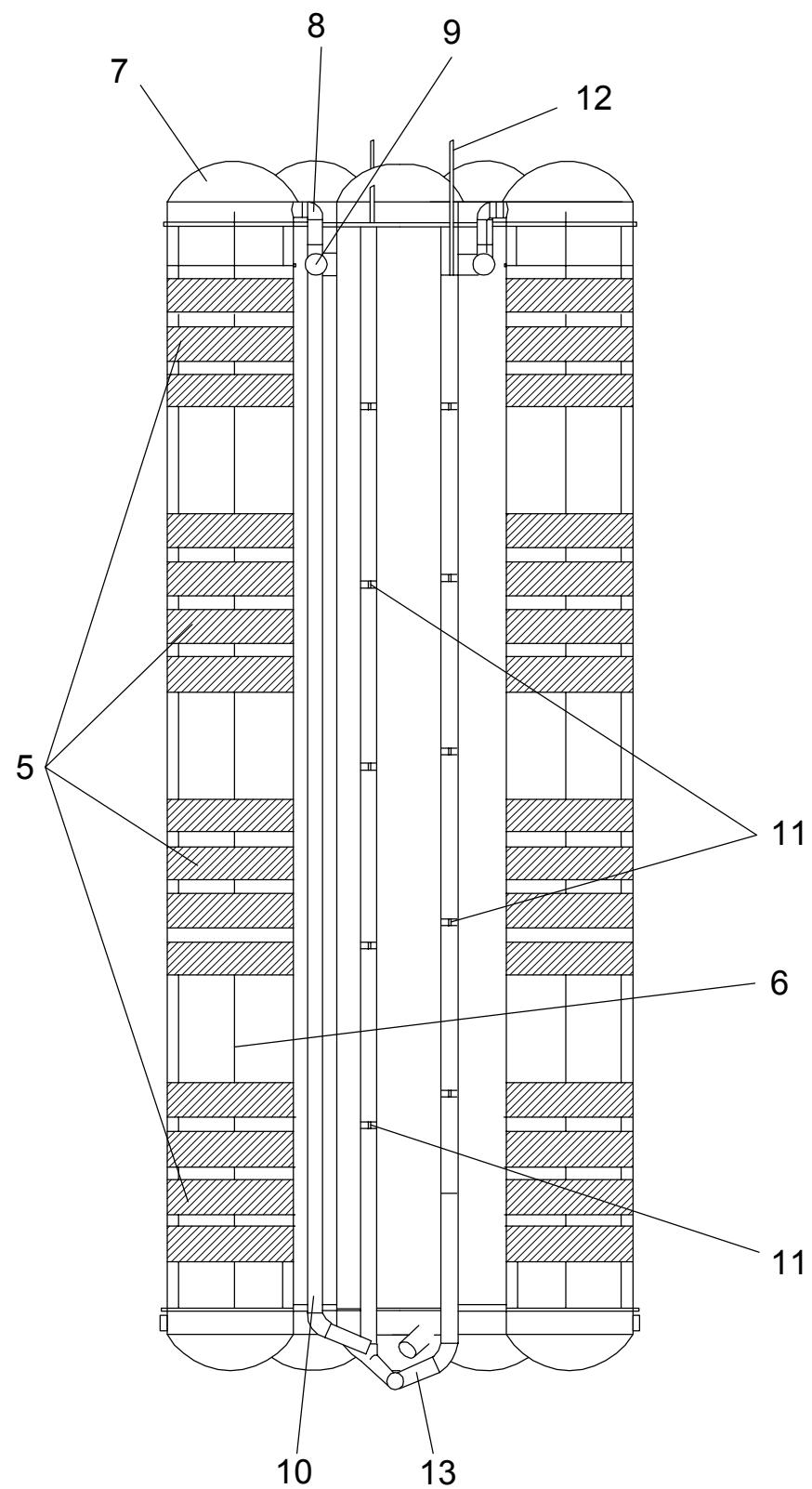
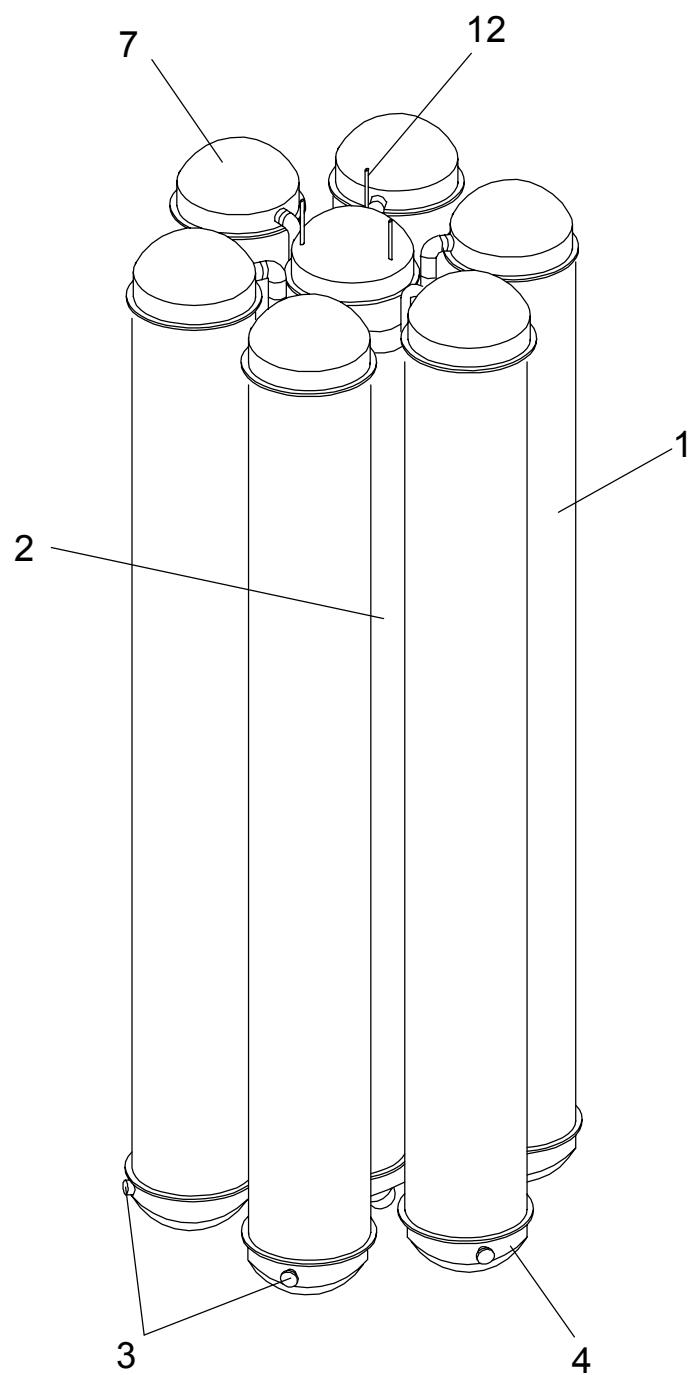


FIG. 1



**FIG. 2**



**FIG. 3**