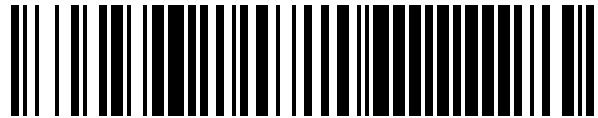


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 205 187**

21 Número de solicitud: 201731534

51 Int. Cl.:

*C02F 101/10* (2006.01)

**C02F 3/02** (2006.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

**18.12.2017**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**13.02.2018**

71 Solicitantes:

**Valdés García, Julio Francisco (100.0%)  
C/ DEL FUERO Nº 8, 8 B  
33400 AVILÉS (Asturias) ES**

72 Inventor/es:

**Valdés García, Julio Francisco**

74 Agente/Representante:

**ALMAZÁN PELEATO, Rosa María**

54 Título: **DIGESTOR ANAEROBIO SECUENCIAL**

**ES 1 205 187 U**

## DIGESTOR ANAEROBIO SECUENCIAL

### DESCRIPCIÓN

5

#### OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un digestor anaerobio secuencial para depuración de efluentes.

10

#### ANTECEDENTES DE LA INVENCION

En los procesos de depuración biológica de aguas residuales con alta carga orgánica, son utilizados normalmente digestores o reactores anaerobios de alta velocidad, de los que se conocen dos clases de reactores:

15

a) Reactor anaerobio de acumulación, que puede a su vez ser:

- Reactor de Contacto
- Digestor de Actividad Central (Sistema D.A.C.)

b) Reactor anaerobio de lecho fijo o lecho móvil que puede a su vez dividirse en los siguientes sistemas:

20

- Upflow anaerobic slugde blanket (UASB),
- Reactor de lecho fluido o lecho expandido (Sistema BIOFLUID),
- Filtros anaerobios
- Reactor de dos fases.

25

El Reactor de Contacto es un reactor único que dispone de dispositivos que permiten una alimentación de continuo, agitación con homogeneización del contenido del digestor y posibilidad de obtener tiempos de residencia de sólidos (biomasa bacteriana) superiores a los tiempos de residencia hidráulica (THR) gracias a sistemas internos o externos de concentración y recirculación de sólidos.

30

Sin embargo, la concentración bacteriana en un digestor único no resuelve el grave problema de adaptación de las bacterias metanogénicas a los niveles de PH de la carga orgánica, sus distintas exigencias de fijación y su diferente tasa de reproducción, lo que produce inevitablemente una importante pérdida de rendimiento del proceso, tanto en depuración como

en capacidad de producción energética secundaria, ante la presencia de condiciones hostiles a dichas bacterias, que son por otra parte esenciales en el proceso. En efecto es esencial al proceso el equilibrio microbacteriano de la biomasa, para que el mismo volumen de carga orgánica a tratar sea digerido en tiempo coherente por las bacterias acidogénicas (hidrolíticas y fermentativas), y las metanogénicas (acetoclásticas e hidrogenófilas), ya que una sobremasa de bacterias acidogénicas respecto a la biomasa de bacterias metanogénicas no sólo desestabiliza el proceso -por cuanto pierde eficiencia al no ser capaz de eliminar los distintos componentes del residuo en el tiempo adecuado- sino que además desestabiliza a las bacterias metanogénicas, produciendo una inhibición progresiva de éstas, por lo que introduce una regresión progresiva de la actividad bacteriana.

De la misma forma el Sistema D.A.C., aunque aumenta el rendimiento del Reactor de Contacto con un decantador interno que asegura una mayor concentración de biomasa bacteriana en el interior y facilita la precipitación de materiales inertes fácilmente sedimentables, no resuelve el mismo problema de cohabitación en el mismo Digestor de bacterias heterogéneas con exigencias contrapuestas de hábitat, por lo que opera con un THR que, según los estudios realizados, con un volumen útil de 500m<sup>3</sup> del Digestor se sitúa en torno a 12,5 días para un volumen de agua residual a depurar del orden de 40 m<sup>3</sup>/día, con un nivel de eficiencia en la depuración medido en % COD (Demanda Química de Oxígeno) soluble de 95,7, y en % SV (Sólidos Volátiles) eliminados de 76,7, y una producción de Biogás de 156.200 M<sup>3</sup>/año, lo que denota un insuficiente rendimiento del sistema, por cuanto la duración del THR conlleva la necesidad de invertir en un Reactor de alto volumen útil en relación al caudal entrante por día (500 m<sup>3</sup> de volumen para un caudal diario de 40 m<sup>3</sup>), lo que supone una inversión inicial muy alta en capital fijo y un nivel relativamente bajo de eficiencia por la duración en días del proceso (12,5 días).

El sistema UASB mejora el rendimiento gracias a una granulación de la biomasa anaerobia y a la utilización de lecho de lodos, pero la concentración bacteriana en un único Reactor no resuelve el problema de la incompatibilidad relativa en el hábitat ente las bacterias, su distinta tasa de reproducción y su distinta sensibilidad al PH, por lo que variaciones en la carga de entrada, en su composición orgánica o en las condiciones ambientales producen variaciones sustanciales inestables en el rendimiento del proceso.

Los Reactores de lecho Fluido o Fluidificado o de Lecho Expandido son aptos para aumentar

la fijación de las bacterias metanogénicas por adhesión a materiales inertes en suspensión como arena, carbón en polvo, silicatos, carbonatos, vidrios, plásticos u otros. Entre ellos destaca el sistema conocido como BIOFLUID de lecho Fluido, que aumenta el rendimiento de la digestión anaerobia con una mejor adecuación de la relación área/volumen y con la  
 5 consiguiente disminución de la concentración de CO<sub>2</sub> en el líquido del Reactor, simplifica el control de la temperatura del proceso, y mediante la selección de soportes micronizados de fácil fluidización, no sólo disminuye los consumos energéticos del Reactor sino que favorece el desarrollo selectivo de bacterias más conveniente en función esencialmente del agua residual a depurar.

10

De la misma forma forman parte del estado de la técnica los filtros anaerobios de materiales inertes dispuestos en láminas , anillos o esferas , colocados al azar o en configuración modular, y que pueden operar con flujos de alimentación up-flow AF o down-flow DSFF, que facilitan la formación de biofilm bacteriano, y sobre todo el Reactor denominado de Dos Fases,  
 15 caracterizado por unir en un único contenedor o Reactor, diferenciando internamente el proceso, una fase hidrolítica y acidogénica que opera con un Reactor DSFF y una Fase Metanogénica que utiliza un Reactor de lecho Fluido o Expandido , constituyendo en conjunto un Reactor único de Alta Velocidad, con dos fases internas diferenciadas , capaz de alcanzar la mayores tasas de rendimiento y eficiencia conocidas en el estado de la técnica anterior a la  
 20 presente invención. Son significativos los siguientes trabajos:

IZA, COLLERAN y otros, "International workshop on anaerobic treatment technology for municipal and industrial wastewater",

KENNEDY ,K.J. y DROSTE R.L. "Anaerobic wastewater treatment in downflow stationary fixed film reactors"

25

WEILAND , P y ROZZI, A. "The start-up operation and monitoring of high- rate anaerobic treatment systems",

y en España FIESTAS J.A.: " Reactores anaerobios para la depuración de aguas industriales y urbanas" (1.996).

30

Resulta significativo, a la vista del estado de la técnica anterior, que no existe hasta la fecha un procedimiento de depuración anaerobia que resuelva íntegramente el problema de la incompatibilidad de hábitat entre bacterias metanogénicas y bacterias acidogénicas que se deriva de su distinta sensibilidad al PH, de su distinta tasa de reproducción, y de la disparidad de los lechos de fijación que cada tipo de dichas bacterias requiere, pues incluso el Reactor en

5 dos fases es un cuerpo único que unifica internamente, aun con una discriminación relativa, las condiciones de PH ácido y de presencia de metales pesados que inhiben a las bacterias metanogénicas del hábitat microbacteriano, lo que conlleva una inestabilidad no resuelta del proceso de depuración, y una pérdida de eficiencia tanto en capacidad de vertido efluente como en tiempo hidráulico de residencia (THR), con el consiguiente incremento relativo de las necesidades de inversión en capital fijo que supone el mayor tamaño de los Reactores anteriormente conocidos.

10 El problema tecnológico no resuelto por el estado de la técnica anterior radica en que los Reactores únicos, incluso los de dos fases, no evitan a las bacterias acetoclásticas e hidrogenófilas la presencia en el medio de metales pesados y PH ácido que inhiben su acción, lo que produce una tendencia a la desestabilización del sistema pues la inhibición de las bacterias metanogénicas produce como resultado una sobrepoblación relativa de bacterias acidogénicas que por ser a su vez de alta tasa de reproducción, origina una espiral en  
15 progresión creciente de inhibición de las bacterias metanogénicas y de la fase acetoplástica e hidrogénofila de producción de metano hasta el colapso del sistema, al no completarse secuencialmente el proceso que necesita la acción combinada de los diferentes grupos de bacterias.

## 20 DESCRIPCION DE LA INVENCION

El digestor anaerobio secuencial de la invención tiene una configuración que resuelve las incompatibilidades que presentan los actuales reactores anaerobios de alta velocidad, como es el tiempo de adaptación del proceso y mejora la tasa de actividad de las bacterias, mediante la sincronización secuencial por la adecuación de tiempos de retención hidráulica (THR) en las diferentes fases.  
25

Este digestor puede ser utilizado para tratar diferentes aguas residuales que contengan más o menos carga orgánica, por no ser importante en el funcionamiento del digestor la cantidad de materia orgánica contenida en el agua, alcanzando altos porcentajes en la reducción de la materia orgánica contenida en las aguas residuales tratadas y disminuyendo el tiempo de retención hidráulica necesario para la reducción de esta carga orgánica.  
30

Otra aportación del digestor de la invención es su contribución a la optimización de los

recursos a una buena economía circular, ya que partiendo de un residuo se obtienen materias primas de alto valor añadido para la agricultura, tanto la ecológica como la no ecológica, pudiendo sustituir con los subproductos producidos el abono necesario en el supuesto de agricultura no ecológica por estos fertilizantes ecológicos obtenido en el digestor.

5

El agua depurada procedente de digestión de los efluentes puede ser utilizada para el riego, aportando micronutrientes digeridos que las plantas necesitan para su desarrollo. Con esta forma fácil de obtener los alimentos necesarios las plantas desarrollan mucho mejor la parte aérea al no necesitar desarrollar los rizomas y raíces para obtener el alimento. Bien sea porque se les suministra en el riego en forma de goteo o bien por cualquier otro sistema que aporta al suelo estos micronutrientes previamente digeridos.

10

El digestor anaerobio secuencial para depuración de efluentes de la invención es del tipo que comprenden dos fases o secuencias, que se desarrollan en, al menos, dos reactores cerrados herméticamente con, al menos:

15

-un primer reactor de lecho fijo, con bacterias acidogénicas (hidrolíticas y fermentativas), con un primer flujo ascendente de efluente a través de dicho primer reactor, y

-un segundo reactor de lecho fluidificado, con bacterias metanogénicas (acetoclásticas e hidrogenófilas) y con un segundo flujo ascendente de efluente a través de dicho segundo reactor; donde, de acuerdo con la invención, el primer reactor tiene un volumen interior (capacidad) comprendido entre 1,5 y 3 veces el caudal diario entrante de efluente; y donde a la vez, la segundo reactor tiene un volumen interior comprendido entre 2,2 y 1,7 veces el volumen de la primer reactor (muy idealmente de 1,5 veces), comprendiendo, además, unos extractores de biogás dispuestos, al menos, en dichos reactores.

20

25

El digestor de la invención, por tanto se compone de un sistema de doble reactor combinado con el que se resuelve, tras un largo proceso de investigación de más de diez años, la incompatibilidad de hábitat entre bacterias acidogénicas de un lado y las metanogénicas de otro mediante la separación en dos reactores herméticos anaerobios independientes (el primero de lecho fijo formado por cerámica con suficiente porosidad para fijar las bacterias acidogénicas, y el segundo de lecho fluidificado que fija las metanogénicas en silicatos micronizados) en términos tecnológicos tales que se garantiza que al segundo reactor únicamente llega el agua residual del vertido exenta de metales pesados y con PH neutro, eliminando así los elementos hostiles a las bacterias metanogénicas, condición que optimiza

30

las condiciones de reproducción y de actividad de la población bacteriana del segundo reactor.

5 Ambos reactores por su diseño son capaces de actuar de forma combinada en un proceso único, permitiendo la organización y el rendimiento de cada grupo de bacterias mediante la fijación de estas y de la formación de biofilm bacteriano en cada uno de estos reactores alcanzando óptimas condiciones selectivas en su hábitat microbacteriano.

10 La comunicación entre estos equipos se realiza idealmente por rebosamiento, consiguiendo con esto la decantación de metales y sustancias no biodegradable, para su posterior retirada en el caso de los metales y para la utilización como fertilizantes en el supuesto de minerales digeridos anaeróbicamente. Las formaciones de subproductos técnicamente limpios se utilizarán para la producción de fertilizantes susceptibles de comercialización independiente.

15 Opcionalmente se puede incluir un circuito de recirculación en cada reactor, que se utilizará para aumentar la velocidad del proceso y mejorar la producción de biogás.

20 De este modo se consigue asegurar una concentración ideal de la población bacteriana acidogénica en un primer digestor o reactor independiente respecto a la población bacteriana del segundo Reactor, de forma que esta concentración ideal de bacterias acidogénicas -que rompen los polímeros o ácidos grasos de cadena larga lo que permite la liberación de metales que reaccionan con carbonatos u otros compuestos no solubles y precipitan por gravedad y reducen además el PH del vertido liberando ácidos de cadena corta (ácido acético y otros)- consiguen proporcionar el efluente a la entrada del segundo reactor ya depurado de metales pesados por precipitación en el primer reactor, y con un PH entre 6,5 y 7,5 que es el tolerado por las bacterias metanogénicas y donde tienen la capacidad de reacción suficiente para neutralizar las pequeñas fracciones ácidas, manteniendo una alta tasa de actividad y rendimiento en la depuración.

### **BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS**

30 La figura 1 muestra una sección frontal del digestor de la invención.

La figura 2 muestra una sección lateral del digestor de la invención.

La figura 3 muestra una vista en planta del digestor de la invención, donde aparece seccionado el segundo reactor para apreciar las boquillas impulsoras.

### DESCRIPCION DE UNA REALIZACION PRÁCTICA DE LA INVENCION

5

El digestor (1) anaerobio secuencial para depuración de efluentes de la invención (ver fig 1) es del tipo en cuyo interior se desarrollan dos fases en, al menos, dos reactores (2, 3) cerrados herméticamente con, al menos:

- 10 -un primer reactor (2) de lecho fijo, con bacterias acidogénicas, con un primer flujo (4) ascendente de efluente a través de dicho primer reactor (2), y
- un segundo reactor (3) de lecho fluidificado, con bacterias metanogénicas y con un segundo flujo (5) ascendente de efluente a través de dicho segundo reactor (3);
- donde, de acuerdo con la invención, el primer reactor (2) tiene un volumen interior comprendido entre 1,5 y 3 veces el caudal diario entrante de efluente; y
- 15 -donde el segundo reactor (3) tiene un volumen interior comprendido entre 2,2 y 1,7 veces el volumen del primer reactor (2);
- comprendiendo además unos extractores de biogás (12, 14) dispuestos, al menos, en dichos reactores (2, 3).

20 Muy preferentemente, el volumen interior del segundo reactor (3) es de 1,5 veces el volumen del primer reactor (2), ya que es donde se ha encontrado el menor rendimiento en las pruebas realizadas.

El primer reactor (2) comprende un difusor (6) impulsor inferior y un lecho cerámico (7) para las bacterias. El difusor (6) impulsor inferior consigue generar el primer flujo ascendente (4) a través del lecho cerámico (7). Dicho lecho cerámico (7) comprende idealmente piezas (70) cerámicas porosas para ofrecer la mayor superficie posible al asentamiento bacteriano. Además, para conseguir una mayor presencia de bacterias a lo largo de este primer flujo (4) por el interior del primer reactor (2), la invención comprende que el lecho cerámico (7) 25 comprenda piezas (70) cerámicas colocadas a diferentes alturas/pisos, como se ve en las figuras 1 y 2, que serán atravesados sucesivamente por dicho primer flujo (4). Las piezas (70) son por ejemplo de arcilla cocida y colocadas reticularmente, favoreciendo la formación de biopelícula. Estas cerámicas resultantes de la cocción de la arcilla resultan un medio 30 idóneo para la fijación de bacterias acidogénicas. De esta forma y con estas cerámicas



porosas se consigue además una alta tasa de reproducción de dichas bacterias y una muy buena tasa de fijación.

5 Mediante la colocación de los diferentes pisos en altura se consigue regular el pH en la parte alta del primer reactor (2) en un valor estable cercano a 7,5, valor perfecto para que pase el agua de esta fase a la siguiente fase metanogénica en el segundo reactor (3).

10 La disposición de las piezas (70) cerámicas como lecho fijo a diferentes alturas produce como resultado que los carbonatos o compuestos insolubles resultantes en las reacciones bioquímicas producidas por las bacterias en los metales pesados -una vez rotas las cadenas de polímeros y completada la acción bacteriana acidogénica- sedimenten por gravedad sobre el fondo (23). De esta forma y por decantación, al tener más peso específico los metales pesados, se acumulan y se impide su paso al segundo reactor (3) metanogénico, pudiendo ser extraídos del digestor (1).

15 Por ello, la invención ha previsto que la base del primer reactor (2) tenga un registro (22) de vaciado y un fondo (23) inclinado hacia dicho registro (22) de vaciado. De esta forma se puede remover la precipitación y sedimentación de metales liberados por la acción degradante de las bacterias acidogénicas, así como la precipitación y sedimentación de otros productos no biodegradables se precipiten por gravedad y sedimenten. Estos metales pesados, además,  
20 son nocivos para las bacterias metanogénicas por lo que su retirada programada ayuda en la estabilidad del proceso.

25 Por su parte, de forma muy preferente la salida del primer reactor (2) hacia el segundo reactor (3) comprende un rebosadero (8) superior, que desemboca en un canal de acumulación (80) donde se encuentra dispuesta, al menos, una toma de aspiración (9) del efluente hacia la entrada (30) al segundo reactor (3). De esta forma, el efluente de salida del primer reactor (2) sale limpio de metales pesados con un pH cercano al neutro, un REDOX próximo a -320 y una temperatura de 32° C, ideales para el proceso que se lleva a cabo en el  
30 segundo reactor (3). El rebosadero (8) superior comprende idealmente un canal Thompson, con deflector, no representado, que remansará el efluente impidiendo la salida de aceites y grasas que flotan y dejando salir dicho efluente por la parte inferior de dicho deflector; utilizando este deflector, además, para retener y poder retirar aceites y grasas en caso necesario. Además la utilización del rebosadero (8) superior mejora la oxigenación.

Además, el canal de acumulación (80) comprende un desagüe (81) a nivel de fondo, conectado a una entrada inferior (29) al primer reactor (2) para recirculación de flotantes sedimentables nuevamente hacia la parte inferior de dicho primer reactor (2) para facilitar su retirada a través del registro (22).

Por su parte, el segundo reactor (3) comprende unas boquillas inferiores (31) de entrada que se encuentran a continuación de la entrada (30) conectada a la toma de aspiración (9) del canal de acumulación (80). La impulsión se realiza a través de, al menos, una bomba de impulsión (32) para generar el segundo flujo (5) ascendente. Dichas boquillas inferiores (31) comprenden idealmente boquillas de efecto Venturi, que consiguen mantener el silicato (atapulgita calcinada o arcillas expandidas, sepiolita) como lecho fluido mediante la propia impulsión del efluente. Este material es perfecto para fijar bacterias en suspensión y colonizarlo formando pelotas, que se mantienen en este lecho fluido sin llegar a la superficie, pero aproximándose a la misma, y retornan a la parte inferior una vez sueltan el biogás formado por las bacterias repitiéndose el ciclo constantemente. Estas bacterias tienen un mejor desarrollo por la acción de los minerales aportados como fuente de nutrientes que están presentes en los silicatos aportados.

En la parte alta de este segundo reactor (3) se sitúan unos soportes plásticos (33) que actúan como decantador y evitan con su configuración física la salida de los silicatos aportados cuando están sin colonizar, que solo se enviarían al exterior en el agua efluente si la velocidad del reactor fuera superior a la velocidad de decantación del soporte utilizado. También tienen incidencia sobre las bacterias cuando no soltaron el biogás almacenado por éstas y están fijadas en estos silicatos: con estos soportes plásticos (33), idealmente de reticulado, formando canales se obliga a las bacterias fijadas en el silicato a romper la formación de pelotas al chocar contra las paredes de dichos canales, y por tanto a soltar el biogás almacenando; como resultado el silicato recupera su mayor peso específico al soltar las burbujas de biogás que mantienen fijadas las bacterias en su membrana, precipitándose hacia abajo.

La salida del agua depurada se realiza mediante un cierre hidráulico (11) con aliviaderos de presión, que se aprecia en el lateral del digestor (1) en la fig 1, y que soporta la presión necesaria para el buen funcionamiento de las diferentes fases y la secuenciación de las

mismas.

La invención ha previsto que, preferentemente, el segundo reactor (3) se encuentre dispuesto concéntricamente en sentido vertical con el primer reactor (2), y por el exterior del mismo, aislando térmicamente así el primer reactor (2) respecto al exterior para ayudar a mantener la temperatura del efluente en los valores ideales, donde con un pequeño aislamiento térmico (60) solo con la aportación de 5 centímetros de material aislante adicional tipo espuma de poliuretano, poliestireno expandido o extruido o lana de roca en la superficie exterior y terminado con una funda exterior de fibra de vidrio le confieren una transmitancia térmica perfecta (ver fig 2).

En cuanto a los extractores de biogás, comprenden preferentemente una campana (12) de cierre superior dispuesta sobre, al menos, el primer reactor (2) y el canal de acumulación (80); comprendiendo dicha campana (12) un colector (13) superior de salida del biogás. Dichos extractores de biogás comprenden también unas tubuladuras (14) dispuestas en la parte superior del segundo reactor (3), y que desembocan en la campana (12), recibiendo así la campana (12) el gas de directamente de los dos reactores (2, 3) concéntricos verticales. Con esta campana (12) se consigue que el biogás producido no forme turbulencias en la parte superior del digestor (1) al ser extraído, por estar retirados las tubuladuras (14) recolectoras del biogás producido en el segundo reactor (3) metanogénico y mantener una distancia definida entre la boca superior de estas tubuladuras (14) y la evacuación en la campana (12) recolectora. Dicha campana (12) superior también comprende una válvula de mantenimiento presión (11a) con apretura por sobrepresión en caso necesario.

La invención ha previsto la disposición preferente de un homogeinizador (15) (ver fig 1) previamente a la entrada de efluente (16) al primer reactor (2) para homogenizar en tamaño las partículas en el efluente entrante en torno a 2 mm., ya que esta homogenización en el tamaño de las partículas orgánicas en suspensión solidas facilita muy significativamente la rápida acción de las bacterias acidogénicas. Dicho homogeinizador (15) comprende idealmente un separador de sólidos/líquidos y un agitador. La fracción sólida separada en este separador puede formar parte de la producción circular de residuo a materia prima, ya que podrá ser utilizada como fertilizante o cama de los animales si se le prepara adecuadamente

También se ha previsto la disposición de unos medios de monitorización del proceso que podrían comprender:

- Sondass de temperatura (17)
- Sondass de presión (18)
- Sondass de pH, no representadas,
- Sondass REDOX, no representadas, y
- Sondass de composición del biogás, no representadas.

5

10

Estos medios de monitorización se asocian a través de la correspondiente unidad de control a las diferentes bombas que impulsan el efluente, de forma que se activa o desacelera la circulación y/o recirculación de efluente y de materia flotada siempre que el pH esté fuera de un rango de 6,5 / 7,5; el riesgo de inestabilidad puede surgir cuando por circunstancias externas el efluente tenga más aportación de agua limpia, o una mala operación del proceso produzca una alteración del efluente que haga inoperante el sistema de recirculación. Con el control y monitorización del pH y del REDOX así como de la composición del biogás (su mayor o menor porcentaje de CO<sub>2</sub>) se conocerá el buen o mal funcionamiento del digestor (1) y se posibilita su funcionamiento automático. Las diferentes sondas están ubicadas a diferentes alturas.

15

20

También se ha previsto la disposición de unos medios de calentamiento del efluente entrante para ayudar a conseguir una temperatura interior entre 28 y 33 grados. Dichos medios de calentamiento del efluente entrante comprenden idealmente un intercambiador (40) de calor interpuesto entre la salida de efluente (41) del digestor y la entrada de efluente (16), y además una bomba de calor (44), con un valor COP aproximado de 5.

25

Por último, indicar que opcionalmente se puede incluir un circuito, no representado, de recirculación en cada reactor (2, 3), que se utilizará para aumentar la velocidad del proceso y mejorar la producción de biogás.

30

El proceso de funcionamiento se inicia en el primer reactor (2), que está herméticamente cerrado, y en el que introducimos el líquido a depurar, preferentemente mediante una bomba de desplazamiento positivo, no representada, para mejor control del caudal, y con una temperatura de 32° / 35° C elevada en el intercambiador (40) de calor situado en la entrada del

digestor (1).

Este intercambiador (40) recupera el calor del líquido efluente de salida del digestor (1) aportándolo al efluente de entrada con la participación adicional de la bomba de calor (44) para terminar de conseguir la aportación de calor complementaria para conseguir la temperatura buscada. En el proceso de acondicionamiento térmico del afluente se obtienen unos C.O.P. entre la energía eléctrica consumida por la bomba de calor (44) y la energía calorífica entregada superiores a 5; es decir, por cada unidad de kw eléctrico consumido por el digestor (1), se entregarán más de 5 kw térmicos. La temperatura conseguida en el efluente -y mantenida en el interior del digestor (1)- influye en el grado de conversión de la materia orgánica en biogás, que es superior al 80%.

Este primer reactor (2) está herméticamente cerrado y dotado de cierres hidráulicos de seguridad para permitir la liberación de la presión de biogás en caso necesario. Contiene bacterias acidogénicas de alta tasa de reproducción (igual o inferior a 24 horas) fijadas mediante el lecho fijo de arcilla cocida (mezclada o no con sepiolita o carbonato cálcico para optimizar la fijación). La alta tasa de reproducción de estas bacterias permite una drástica reducción del TRH en este reactor, y la circunstancia de que dichas bacterias sean inmunes al PH ácido y capaces de digerir la sustancia orgánica que lo contiene y de liberar con su acción las moléculas que contienen los metales pesados, producen como efecto esencial una neutralización del pH y la eliminación de los metales del efluente que circula hacia el segundo reactor (3) metanogénico. Como se ha indicado, el volumen de este segundo reactor (3) de lecho fluidificado tiene ser de aproximadamente, 1,5 veces el volumen del primer reactor (2) al contener una biomasa bacteriana con tasa de reproducción más lenta. Con esto se consigue una buena estabilidad microbiana del digestor (1). Al recibir el segundo reactor (3) un efluente con un pH regulado y no excesivamente ácido -más bien neutro- y sin metales, se consigue la estabilización microbacteriana del digestor (1) resolviendo definitivamente el problema existente de incompatibilidad de hábitat con las bacterias acidogénicas del primer reactor (2), que en el estado de la técnica anterior debían convivir biológicamente en el mismo hábitat.

El proceso se realiza en fase acuosa. Lo que permite una mayor velocidad de reacción y una mejor reproducción de los microorganismos necesarios para la degradación de la materia orgánica. La fase acuosa es el medio óptimo para la fijación y el crecimiento de microorganismos acuáticos en silicatos micronizados, y permite una recuperación del 90% del calor

del efluente de salida, incrementando la eficiencia energética del proceso. La fase acuosa es el medio más natural para el desarrollo de los microorganismos acuáticos uní y pluricelulares.

5 La configuración del digestor según estas características, con mantenimiento de valores ideales de pH REDOX y temperatura, influye en el grado de conversión de la materia orgánica en biogás que es superior al 80% en plazos inferiores a cinco días, incluso plazos de horas para cierto tipo de residuos, lo que implica la posibilidad de implementar equipos más pequeños, y se reduce mucho la inversión.

10 Prácticamente el agua sale depurada, se puede diseñar el equipo para obtener el grado de depuración requerido para el vertido posterior del agua, bien a cauce público a colector, o riego. Para esto podría resultar necesario contar con un equipo de Electro oxidación que actuase como terciario, reduciendo cargas contaminantes no degradadas en DNAS.

15 Además, tiene costes operativos bajos, no requiere uso de reactivos y puede funcionar en modo automático, sin presencia de operarios.

Indicar que el digestor, por su tamaño, normalmente incorporará escaleras (100) y/o pasarelas exteriores para facilitar el mantenimiento

20 Descrita suficientemente la naturaleza de la invención, así como la manera de realizarse en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas y representadas en los dibujos adjuntos son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren el principio fundamental.

25

30

## REIVINDICACIONES

- 5 1.-Digestor (1) anaerobio secuencial para depuración de efluentes; del tipo que desarrolla  
don fases mediante, al menos, dos reactores (2, 3) cerrados herméticamente con, al menos:  
-un primer reactor (2) de lecho fijo, con bacterias acidogénicas y un primer flujo (4)  
ascendente de efluente a través de dicho primer reactor (2), y  
-un segundo reactor (3) de lecho fluidificado, con bacterias y con un segundo flujo (5)  
10 ascendente de efluente a través de dicho segundo reactor (3);  
**caracterizado porque** el primer reactor (2) tiene un volumen interior comprendido entre 1,5  
y 3 veces el caudal diario entrante de efluente; y  
porque el segundo reactor (3) tiene un volumen interior comprendido entre 2,2 y 1,7 veces  
el volumen de la primer reactor (2);  
15 comprendiendo unos extractores de biogás (12, 14) dispuestos, al menos, en dichos  
reactores (2, 3).
- 2.-Digestor (1) anaerobio secuencial según reivindicación 1 **caracterizado porque** el  
volumen interior del segundo reactor (3) es 1,5 veces el volumen del primer reactor (2).  
20
- 3.-Digestor (1) anaerobio secuencial según cualquiera de las reivindicaciones anteriores  
**caracterizado porque** el primer reactor (2) comprende un difusor (6) impulsor inferior y un  
lecho cerámico (7) para las bacterias.
- 25 4.-Digestor (1) anaerobio secuencial según reivindicación 3 **caracterizado porque** el lecho  
cerámico (7) comprende piezas (70) cerámicas porosas.
- 5.-Digestor (1) anaerobio secuencial según reivindicación 3 o 4 **caracterizado porque** el  
lecho cerámico (7) comprende piezas (70) colocadas a diferentes alturas.  
30
- 6.-Digestor (1) anaerobio secuencial según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5  
**caracterizado porque** la base del primer reactor (2) tiene un registro (22) de vaciado y un  
fondo (23) inclinado hacia dicho registro (22) de vaciado.

7.-Digestor (1) anaerobio secuencial según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** la salida del primer reactor (2) hacia el segundo reactor (3) comprende un rebosadero (8) superior que desemboca en un canal de acumulación (80) donde se encuentra dispuesta, al menos, una toma de aspiración (9) del efluente hacia el  
5 segundo reactor (3).

8.-Digestor (1) anaerobio secuencial según reivindicación 7 **caracterizado porque** el rebosadero (8) superior comprende un canal Thompson con deflector para remanso del efluente y retención de aceites y grasas.  
10

9.-Digestor (1) anaerobio secuencial según reivindicación 7 o 8 **caracterizado porque** el canal de acumulación (80) comprende un desagüe (81) a nivel de fondo, conectado a una entrada inferior (29) del primer reactor (2) para recirculación de flotantes sedimentables nuevamente hacia la parte inferior de dicho primer reactor (2).  
15

10.-Digestor (1) anaerobio secuencial según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9 **caracterizado porque** el segundo reactor (3) comprende unas boquillas inferiores (31) de entrada que se encuentran conectadas a la toma de aspiración (9) del canal de acumulación (80) a través de, al menos, una bomba de impulsión (32).  
20

11.-Digestor (1) anaerobio secuencial según reivindicación 10 **caracterizado porque** las boquillas inferiores (31) comprenden boquillas de efecto Venturi.

12.-Digestor (1) anaerobio secuencial según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** el segundo reactor (3) se encuentra cerrado superiormente mediante unos soportes plásticos (33) que actúan como decantador y evitan la salida de los silicatos aportados cuando están sin colonizar.  
25

13.-Digestor (1) anaerobio secuencial según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** el segundo reactor (3) se encuentra dispuesto concéntricamente en sentido vertical con el primer reactor (2).  
30

14.-Digestor (1) anaerobio secuencial según reivindicación 13 **caracterizado porque** el segundo reactor (3) se encuentra dispuesto concéntricamente en sentido vertical con el



primer reactor (2) por el exterior de éste.

15.-Digestor (1) anaerobio secuencial según reivindicación 14 **caracterizado porque** comprende un aislamiento térmico (60) exterior.

5

16.-Digestor (1) anaerobio secuencial según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** comprende un cierre hidráulico (11) con aliviaderos de presión para la salida del agua depurada.

10

17.-Digestor (1) anaerobio secuencial según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** los extractores de biogás comprenden una campana (12) de cierre superior dispuesta sobre, al menos, el primer reactor (2) y el canal de acumulación (80); comprendiendo dicha campana (12) un colector (13) superior de salida del biogás. Y una válvula de mantenimiento presión (11a) con apretura por sobrepresión.

15

18.-Digestor (1) anaerobio secuencial según reivindicación 17 **caracterizado porque** los extractores de biogás comprenden unas tubuladuras (14) dispuestas en la parte superior del segundo reactor (3), y que desembocan en la campana (12).

20

19.-Digestor (1) anaerobio secuencial según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** comprende un homogeneizador (15) dispuesto previamente a la entrada de efluente (16) al primer reactor (2) para homogeneizar en tamaño las partículas en el influente en torno a 2 mm.

25

20.-Digestor (1) anaerobio secuencial según reivindicación 19 **caracterizado porque** el homogeneizador (15) comprende un separador de sólidos/líquidos y un agitador.

21.-Digestor (1) anaerobio secuencial según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** comprende medios de monitorización del proceso que comprenden:

30

Sondas de temperatura (17),  
Sondas de presión (18),  
Sondas de pH,  
Sondas REDOX, y  
Sondas de composición del biogás.

22.-Digestor (1) anaerobio secuencial según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** comprende unos medios de calentamiento del efluente entrante.

5 23.-Digestor (1) anaerobio secuencial según reivindicación 22 **caracterizado porque** los medios de calentamiento del efluente entrante comprenden un intercambiador (40) de calor interpuesto entre la salida de efluente (41) del digestor y la entrada de efluente (16).

10 24.-Digestor (1) anaerobio secuencial según reivindicación 22 o 23 **caracterizado porque** los medios de calentamiento comprenden una bomba de calor (44).

25.-Digestor (1) anaerobio secuencial según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** comprende un circuito de recirculación en cada reactor (2, 3).

15

20

25

30

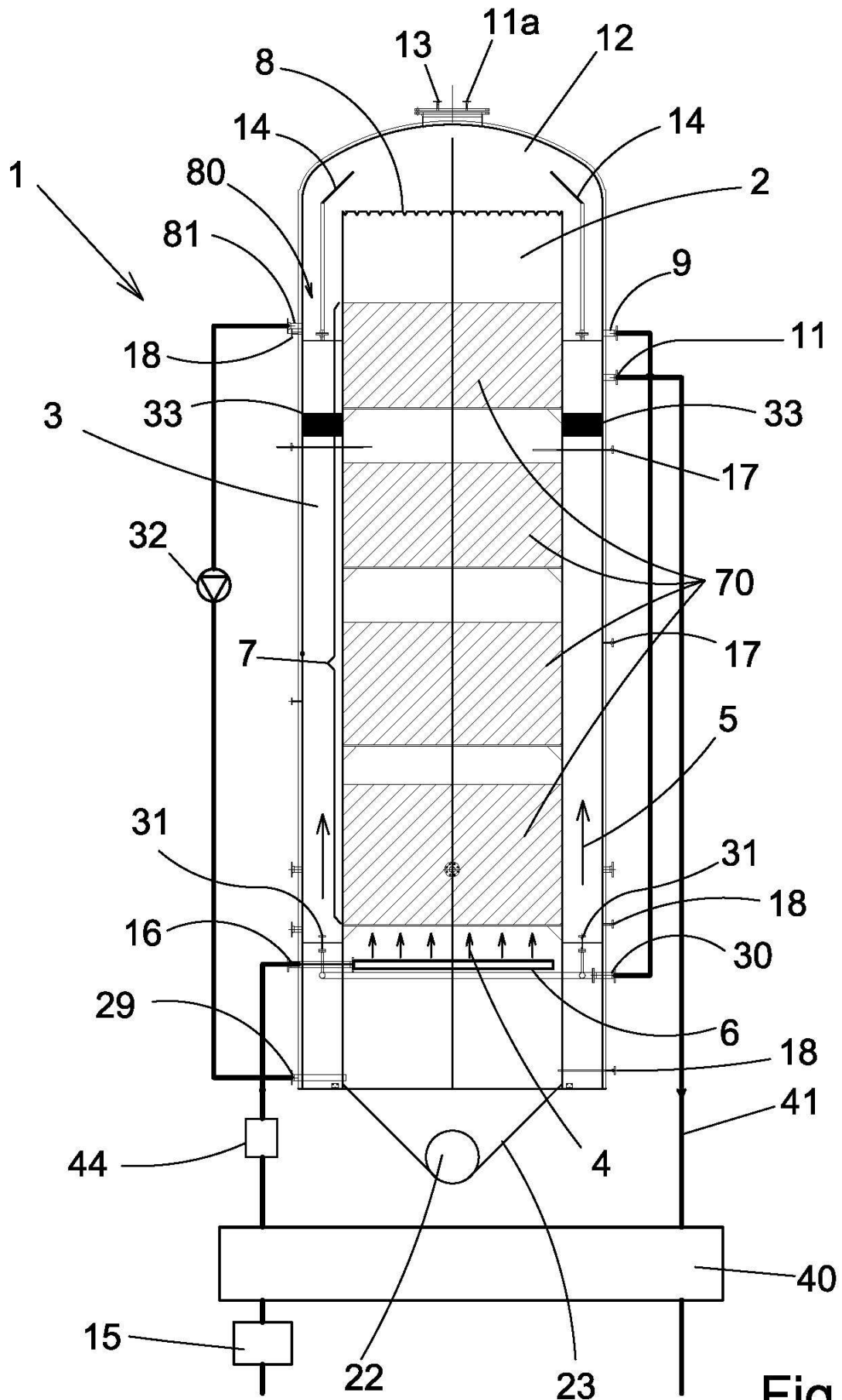


Fig 1

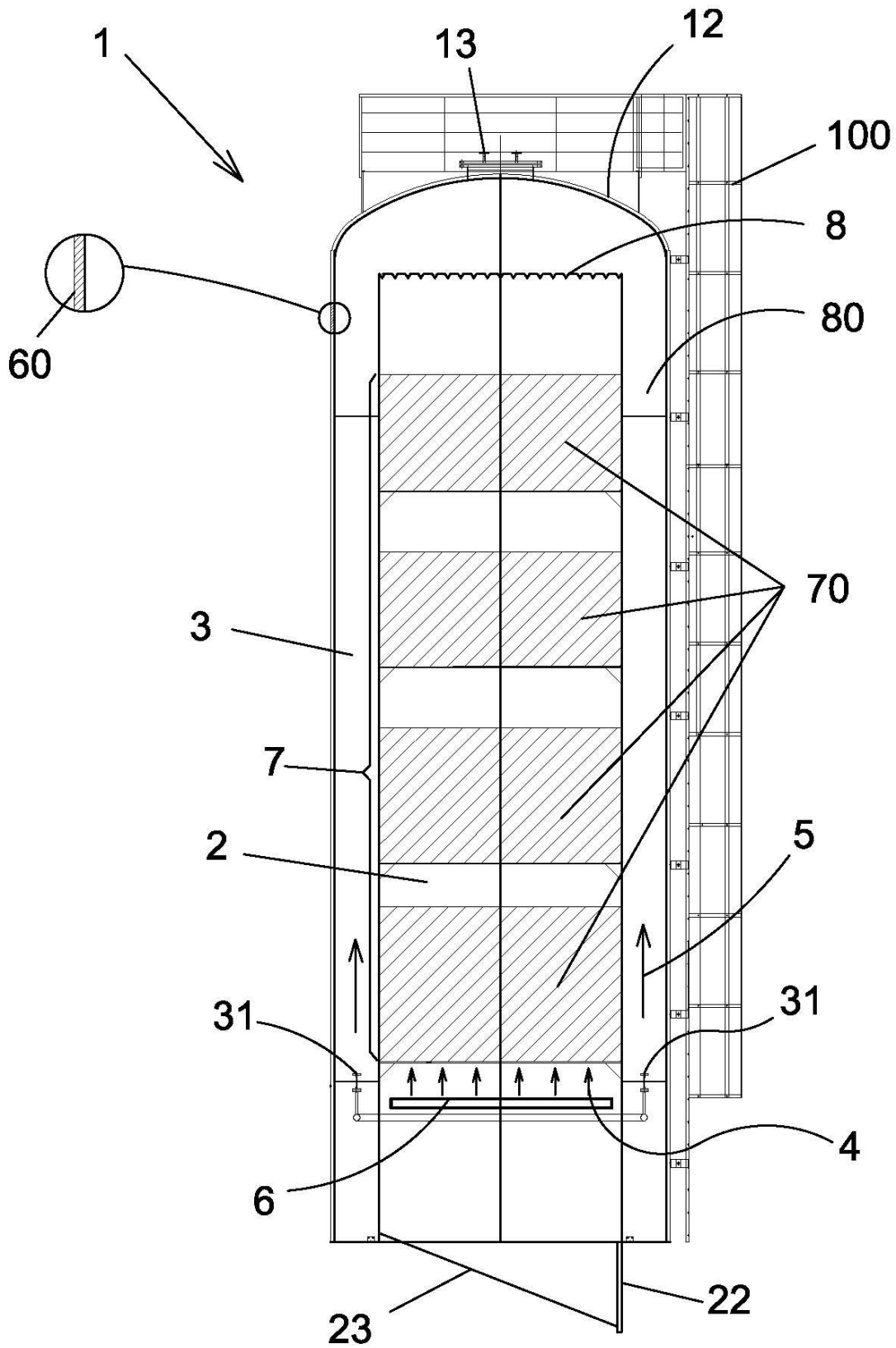


Fig 2

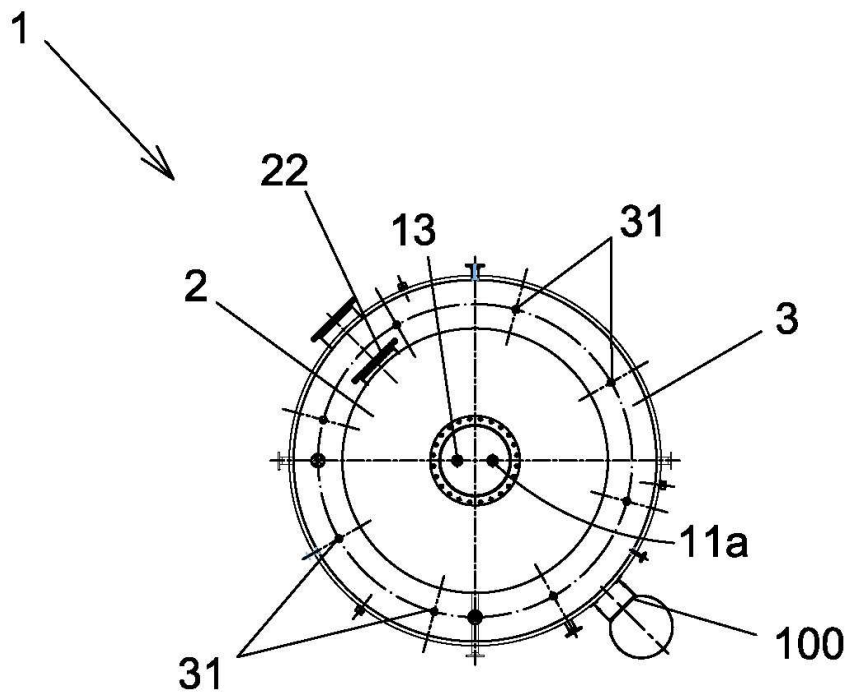


Fig 3