

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 703 196**

51 Int. Cl.:

**C02F 11/18** (2006.01)

**C02F 11/12** (2006.01)

**C02F 103/32** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.07.2014 PCT/EP2014/066254**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.03.2015 WO15032552**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.07.2014 E 14746995 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.09.2018 EP 3041796**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo de hidrólisis térmica en continuo con recirculación de vapor de recuperación**

30 Prioridad:

**06.09.2013 FR 1358591**

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

**07.03.2019**

73 Titular/es:

**VEOLIA WATER SOLUTIONS & TECHNOLOGIES  
SUPPORT (100.0%)  
L'Aquarène 1 Place Montgolfier  
94417 Saint-Maurice Cedex, FR**

72 Inventor/es:

**CHAUZY, JULIEN;  
CRAMPON, CÉDRIC;  
AUPETIT, THIERRY y  
GILBERT, ANDREW B.**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 703 196 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo de hidrólisis térmica en continuo con recirculación de vapor de recuperación

## 5 1. Campo de la invención

La presente invención se refiere a un procedimiento y a un dispositivo para la hidrólisis térmica en continuo de lodos que contienen materia orgánica, mezcladas o no con otros desechos que contienen materia orgánica. Estos lodos o desechos pueden proceder, por ejemplo, del tratamiento de las aguas residuales domésticas (lodos de depuración digeridos o no digeridos, grasas procedentes del pretratamiento), o procedentes del tratamiento de las aguas residuales industriales (por ejemplo industria agroalimentaria, mataderos, melazas), o desechos de tipo basura doméstica que contiene materia orgánica, o procedente de materias de drenaje, de bandejas separadoras de grasas. El término "lodo" se utilizará a continuación en el documento.

## 15 2. Técnica anterior

Los lodos que provienen del tratamiento de las aguas residuales, ya sea de origen doméstico o industrial, o que provengan de la agricultura, pueden tratarse por vía biológica, en particular por digestión anaerobia.

20 El objetivo de los tratamientos biológicos es degradar la materia orgánica contenida en estos lodos. Esta degradación puede tener como objetivo estabilizar los lodos, permitir la producción de energía (a través de la producción de biogás) y/o también reducir el volumen de lodos. Sin embargo, algunos compuestos orgánicos son más difíciles de degradar por vía biológica que otros y se conoce que un pretratamiento por hidrólisis térmica permite acelerar el proceso de degradación biológica. Este tratamiento térmico se efectúa generalmente bajo presión a una temperatura superior a 100°C, y en la práctica puede ir hasta 220°C, durante un periodo de tiempo predeterminado, en la práctica generalmente de media hora. Gracias a tal tratamiento de hidrólisis térmica, la materia orgánica difícilmente biodegradable se transforma en compuestos que pueden degradarse después más fácilmente biológicamente.

30 De manera clásica, esta degradación biológica ulterior puede llevarse a cabo por digestión dentro de un reactor cerrado que funciona en anaerobia denominado digestor. Tales digestores anaeróbicos pueden funcionar correctamente sólo si operan a una temperatura adecuada y constante, necesitando generalmente un sistema de calentamiento, y si son correctamente mezclados. Esta mezcla es más fácil ya que los lodos que entran en el digestor son fluidos, es decir de baja viscosidad.

35 Se conocen en la técnica anterior diferentes tipos de procedimientos de hidrólisis térmica, realizándose algunos tratando uno por uno, es decir de manera discontinua, unas cantidades dadas de lodos a hidrolizar (funcionamiento en "lotes") mientras que otros procedimientos se diseñan para permitir un tratamiento en continuo, o por lo menos de manera semi-continua, de lodos a hidrolizar.

40 Entre la técnica anterior relativa a estos dispositivos y procedimientos de hidrólisis térmica, se pueden citar en particular los documentos de patente WO96/09882 y WO2006/027062 que se refieren ambos a procedimientos en lotes.

45 Tales procedimientos en lotes presentan los inconvenientes de necesitar la gestión de los ciclos de tratamiento de los diferentes lotes de lodos que deben tratarse, y de un funcionamiento repetitivo de algunos equipamientos, tales como la apertura-cierre de válvulas por ejemplo, que pueden conducir a un desgaste prematuro.

50 Entre las técnicas de tratamiento por hidrólisis térmica de los lodos en continuo o semi-continuo, se pueden citar las técnicas descritas en el documento de patente EP1198424 y aquellas descritas en el documento de patente WO2009/121873.

55 En la técnica descrita en el documento EP1198424, los lodos se llevan a un reactor en el que transitan durante un periodo de 5 a 60 minutos a una temperatura comprendida entre 130°C y 180°C. Los lodos hidrolizados gracias a tal tratamiento se enfrían después mediante un intercambiador de calor a fin de asegurarse que la temperatura de estos es suficientemente baja para ser compatible con el funcionamiento de un digestor aguas abajo y evitar que la biomasa de este digestor se destruya. La energía así recuperada permite precalentar los lodos antes de su entrada en el reactor de hidrólisis térmica. Esta técnica utiliza no obstante unos intercambiadores sobre lodos concentrados no hidrolizados a más del 10% de sequedad, cuya gestión puede, en la práctica, resultar difícil y fastidiosa para el usuario ya que necesitan unos periodos de parada para el mantenimiento y la limpieza. Por otro lado, esta configuración utiliza una bomba, en este caso la bomba 11 en la figura 1 del documento EP1198424, que funciona sobre lodos muy calientes (130 a 180°C), lo que, por experiencia, induce a que esta bomba tenga una vida útil corta. Finalmente, esta configuración está limitada en términos de concentración de los lodos a tratar en la medida en la que no permite tratar lodos que tengan una sequedad superior al 20%. Además, no se optimiza en términos de consumo energético ya que si los lodos se concentrasen aún más (es decir con una sequedad superior al 20% y, por lo tanto, un contenido en agua inferior al 80%), la necesidad en vapor sería aún más reducida teniendo en cuenta

que el volumen de agua (contenida en los lodos) a calentar con el vapor se reduciría.

En la técnica descrita en el documento de patente WO2009/121873, los lodos se tratan en continuo en un reactor de hidrólisis térmica que se presenta en una forma tubular en el que el vapor de agua e inyecta directamente.

5 Este procedimiento presenta la ventaja de ser un procedimiento realmente continuo. Sin embargo, a pesar de que se haya mejorado considerablemente el tratamiento de los lodos por hidrólisis térmica con respecto a los otros procedimientos que existen en el mercado, no presenta, sin embargo, ciertos límites.

10 En primer lugar, si la viscosidad de los lodos a hidrolizar introducidos en el reactor es demasiado elevada, la inyección del vapor en estos puede resultar difícil. En la práctica, este procedimiento puede tratar unos lodos que presentan un porcentaje de sequedad elevado. Más allá de ciertas sequedades, la hidrólisis térmica podría resultar no óptima, lo que limitaría los rendimientos de la digestión anaeróbica dispuesta aguas abajo de la hidrólisis térmica.

15 En segundo lugar, los experimentos llevados a cabo por la depositante han mostrado que las tensiones térmicas y mecánicas observadas dentro del reactor de hidrólisis térmica utilizado en el ámbito del procedimiento descrito en el documento WO2009/121873 podían necesitar unas disposiciones constructivas particulares. Se ha observado que la totalidad del vapor inyectado no se condensaba totalmente en los lodos más allá de algunas sequedades. En la práctica, el vapor inyectado en el reactor puede conocer unos caminos preferenciales. Este problema se identifica, de hecho, en la patente WO2009/121873, en particular en el primer párrafo de la página 5 de este documento que  
20 precisa que, cuando el reactor presenta una parte horizontal, el vapor y los lodos pueden tener tendencia a separarse en dos capas, a saber una capa superior que contiene el vapor y una capa inferior que contiene los lodos.

25 Ahora bien, para todos los procedimientos de hidrólisis térmica y en particular para aquellos que funcionan en continuo, la fase crítica del procedimiento corresponde a la transferencia y a la condensación del vapor en el lodo. En efecto, si esta etapa no se efectúa correctamente, los rendimientos del procedimiento de hidrólisis térmica pueden degradarse considerablemente, ya sea en términos de reacción química o en términos económicos, siendo la cantidad de vapor que debe utilizarse entonces más importante.

30 Los procedimientos de hidrólisis térmica sobre lodos deshidratados se enfrentan por lo tanto a la dificultad de inyectar el vapor en los lodos de manera eficaz, y consiguientemente a la dificultad de asegurar su mezcla, puesto que estos lodos son demasiado viscosos. Los lodos son por naturaleza viscosos, por lo tanto cuanto más grande sea su sequedad, más dificultad tendrá el vapor para inyectarse en el lodo, para mezclarse con este y cederle su energía por condensación para provocar la hidrólisis térmica de los compuestos difícilmente biodegradables.

35 En los procedimientos en lotes, se recomienda utilizar una agitación en las cubas de tratamiento para favorecer la mezcla íntima del vapor con los lodos a tratar. Gracias a tal mezcla agitada efectuada en las cubas de tratamiento, la mezcla de lodos y de vapor se vuelve íntima y el vapor puede ceder rápidamente su energía condensándose en los lodos. Sin embargo, tanto en el ámbito de los procedimientos de la técnica anterior que funcionan en continuo como  
40 en aquellos que funcionan en lotes, los lodos no pueden hidrolizarse eficazmente en la práctica, o por lo menos en la trasposición industrial que se hace de las técnicas descritas y reivindicadas en los documentos de patente citados anteriormente, ya que su sequedad es superior al 20%, lo que impone que los lodos deben limitarse al 20% de materia seca en peso.

45 El documento de patente WO2009/121873 preconiza la utilización de mezcladores estáticos o dinámicos en el reactor a fin de mejorar la mezcla de este vapor con los lodos. Esto se expone en el último párrafo de la página 5 del documento WO2009/121873. Tales mezcladores se recomiendan particularmente cuando el vapor se inyecta en una parte horizontal del reactor, ya que tal parte horizontal se identifica, como ya se ha indicado anteriormente, como una zona en la que el vapor tiene una propensión particular a encontrar un camino de evacuación preferencial y no  
50 mezclarse completamente con el lodo, por lo tanto no cederle su energía correctamente, conduciendo por lo tanto esta propensión a disminuir los rendimientos del reactor de hidrólisis térmica. Cabe señalar no obstante que ninguna realización industrial que utiliza tales mezcladores dinámicos o estáticos para el tratamiento de lodos se ha realizado efectivamente, en conocimiento de la solicitante, sobre las instalaciones comercializadas hasta ahora.

### 55 3. Objetivos de la presente invención

El objetivo de la presente invención es proponer un procedimiento y un dispositivo asociado a la utilización de este procedimiento, que permite en por lo menos un modo de realización mejorar los rendimientos de la tecnología divulgada en el documento WO2009/121873 considerada aquí como la técnica anterior más próxima de la invención,  
60 que se describirá a continuación.

En particular, un objetivo de la presente invención es describir tal procedimiento y tal dispositivo que permiten, en al menos un modo de realización, el tratamiento de lodos destinados a hidrolizarse térmicamente y que presentan unos porcentajes de sequedad superiores a los porcentajes de sequedad máxima que pueden utilizarse hasta ahora efectivamente por la técnica anterior, y esto sin degradar los rendimientos de la digestión siguiendo clásicamente la hidrólisis térmica de los lodos.

Un objetivo de la presente invención es también proponer tal procedimiento y tal dispositivo que permiten, en al menos un modo de realización, la obtención de temperaturas homogéneas de la mezcla de lodos y de vapor en el interior del reactor a fin de alcanzar unos rendimientos de hidrólisis térmica elevados y librarse así de las tensiones mecánicas sobre los reactores relacionadas con temperaturas no homogéneas.

Otro objetivo de la invención es procurar tal técnica que permite, en al menos un modo de realización, reducir el consumo de energía necesaria para su realización.

En particular, la invención persigue el objetivo de divulgar tal procedimiento y tal dispositivo que permiten, en al menos un modo de realización, reducir el consumo de vapor necesario para la hidrólisis de los lodos.

También otro objetivo de la invención es describir tal procedimiento y tal dispositivo que puede utilizar, en al menos un modo de realización, unos reactores de volúmenes más bajos, en particular de longitudes más pequeñas que en la técnica anterior, asegurando al mismo tiempo una condensación optimizada del vapor en los lodos.

También otro objetivo de la invención es describir tal procedimiento y tal dispositivo que permiten, en al menos un modo de realización, la higienización de los lodos.

#### 4. Descripción de la invención

Todo o parte de estos objetivos se alcanzan gracias a la invención que se refiere, en primer lugar, a un procedimiento de hidrólisis térmica en continuo de lodos a tratar que contienen materia orgánica, comprendiendo dicho procedimiento las etapas que consisten en:

deshidratar y homogeneizar dichos lodos a tratar para obtener unos lodos que presentan una sequedad superior al 20% y hasta el 35% en peso de materias secas;

realizar simultáneamente la inyección de vapor de recuperación en dichos lodos y la mezcla de dichos lodos con dicho vapor de recuperación mediante un inyector-mezclador dinámico primario, a fin de obtener una mezcla uniforme primaria de lodos precalentados;

realizar simultáneamente la inyección de vapor vivo en dicha mezcla uniforme primaria, y la mezcla de dicha mezcla uniforme primaria con dicho vapor vivo mediante un inyector-mezclador dinámico secundario a fin de obtener una mezcla uniforme secundaria de lodos calentados a la temperatura de hidrólisis térmica deseada;

dirigir dicha mezcla uniforme secundaria hacia un reactor tubular bajo presión y provocar el flujo esencialmente de tipo pistón, de esta mezcla uniforme secundaria en dicho reactor según un tiempo de estancia suficiente y a una temperatura suficiente para permitir la hidrólisis térmica de la materia orgánica presente en esta mezcla uniforme secundaria;

producir dicho vapor de recuperación dentro de medios de producción de vapor de recuperación a partir de dicha mezcla uniforme secundaria hidrolizada obtenida a la salida de dicho reactor tubular;

enfriar dicha mezcla uniforme secundaria hidrolizada a su salida de dichos medios de producción de vapor de recuperación a una temperatura que permite la digestión ulterior de la materia orgánica hidrolizada que contiene.

Cabe señalar que se entiende en la presente descripción por inyector-mezclador dinámico, cualquier mezclador constituido de una cámara y de medios que permiten provocar una agitación, gracias a unos medios mecánicos motorizados, de las diferentes fases que entran en esta cámara a fin de obtener en la salida una mezcla uniforme. Tales elementos pueden, por ejemplo, estar constituidos de palas o de tornillos movidos por un rotor, o de cualquier otro medio de mezcla también movidos por un rotor.

Se entiende por flujo de tipo pistón, un flujo dentro del cual todas las partículas se desplazan a la misma velocidad.

En el sentido de la invención

- el vapor de recuperación es el vapor bajo presión producido explotando el calor de los lodos hidrolizados a la salida del reactor;

- el vapor vivo es el vapor bajo presión producido mediante un equipamiento anexo previsto para este propósito, como por ejemplo una caldera, un sistema de cogeneración o cualquier otro sistema adaptado.

La realización del enfriamiento de la mezcla homogénea secundaria hidrolizada tiene como objetivo disminuir la temperatura. Esto podrá, por ejemplo, obtenerse haciéndola transitar en uno o varios intercambiadores de calor y/o diluyéndola con agua y/o lodos frescos. En el caso de la dilución, la dilución de los lodos conllevaría una

modificación de su sequedad, así como una disminución de su temperatura.

Así, la invención propone proceder a la mezcla primaria de vapor de recuperación con los lodos a hidrolizar a fin de obtener una mezcla primaria uniforme perfecta de lodos precalentados, y después en proceder a la mezcla secundaria de vapor vivo con la mezcla primaria a fin de obtener una mezcla secundaria uniforme perfecta de lodos calentados, aguas arriba de la etapa de hidrólisis térmica efectuada posteriormente en un reactor tubular. Una etapa de producción del vapor de recuperación a partir de dicha mezcla uniforme secundaria hidrolizada obtenida en la salida de dicho reactor tubular se realiza también para alimentar en vapor de recuperación la etapa de mezcla primaria,

Así, según la invención, las fases de mezcla primaria y secundaria del lodo con el vapor de recuperación y con el vapor vivo son claramente distintas de la fase de hidrólisis térmica, llevándose a cabo, de hecho, las fases de mezcla y la fase de hidrólisis térmica en equipos distintos.

La mezcla uniforme, constituida de la primera y de la segunda mezclas uniformes, realizada previamente a la hidrólisis térmica permite al vapor de agua condensarse en los lodos a nivel de los inyector-mezcladores dinámicos, y así calentar los lodos. Esta mezcla uniforme se dirige después hacia el reactor en el que puede fluir en flujo tan próximo como sea posible del flujo pistón. Presentándose bajo una fase líquida monofásica uniforme, ésta entra en el reactor a una temperatura uniforme, temperatura a la cual la hidrólisis térmica de los compuestos difícilmente degradables biológicamente puede efectuarse de manera eficaz y optimizada.

De manera clásica, a la salida del reactor tubular, esta mezcla uniforme que contiene la materia orgánica hidrolizada se lleva eventualmente a una temperatura y/o a una concentración, por dilución si es necesario, que permite su digestión ulterior.

Así, la invención se desmarca claramente de la técnica anterior y en particular del documento de patente WO2009/121873 por la característica según la cual la mezcla de lodos a hidrolizar con vapor de agua, en este caso vapor de recuperación y después vapor vivo, se realiza aguas arriba del reactor de hidrólisis térmica y no dentro de este.

Tal opción está en desacuerdo con respecto a la enseñanza de esta técnica anterior que indicaba la posibilidad de utilizar un mezclador estático o dinámico integrado al reactor. Esta técnica no permitiría no obstante la obtención de una mezcla suficientemente homogénea para permitir una optimización de la hidrólisis térmica. La presente invención resuelve este problema realizando esta mezcla aguas arriba del reactor de tal manera que la fase que entra en este último sea completamente homogénea y que la energía proporcionada por el vapor de agua dentro de esta mezcla pueda transferirse totalmente al lodo de tal manera que toda la materia que puede hidrolizarse térmicamente pueda serlo previendo un tiempo de estancia, es decir una longitud de reactor suficiente.

Gracias a la homogeneidad de la mezcla de lodo y de vapor que transita en el reactor, debido a que la totalidad del vapor se ha condensado en el lodo gracias a la eficacia del inyector mezclador dinámico, se puede obtener en este una homogeneidad de temperatura de esta mezcla. Tal homogeneidad de temperatura permite librarse de la aparición de caminos preferenciales de recorrido del vapor dentro del reactor y, consiguientemente librarse de las tensiones térmicas y mecánicas inherentes a la aparición de tales caminos preferenciales de flujo.

Especialmente, la mezcla uniforme perfecta del vapor y de los lodos permite disminuir uniformemente la viscosidad de estos y por lo tanto librarse de los efectos mecánicos relacionados con el cizallamiento de los lodos.

La obtención de una mezcla homogénea uniforme de lodos calentados aguas arriba del reactor, obtenida a partir de lodos a hidrolizar y de vapor de recuperación y después de vapor vivo, dentro de inyectores-mezcladores dinámicos primario y secundario presenta en efecto la ventaja de poder tratar unos lodos a hidrolizar que presentan una sequedad elevada, y en particular una sequedad superior al 20%.

La realización de esta técnica contribuye también a reducir la cantidad de vapor vivo necesario para la hidrólisis térmica de los lodos. En efecto el vapor de recuperación producido e inyectado en los lodos se sustituye en parte al vapor vivo inyectado en los lodos para hidrolizarlos. Es así posible reducir la cantidad de energía necesaria a la producción de vapor vivo y así realizar ahorros en términos de consumo energético.

Además, los lodos hidrolizados producidos por la realización de un procedimiento según la invención sufren la mayor parte del tiempo ulteriormente una digestión La realización de tal digestión permite producir biogás que se utiliza, como mínimo en gran parte, para alimentar una caldera o una o más unidades de cogeneración a fin de producir el vapor vivo necesario para la hidrólisis térmica de los lodos. El hecho, según la invención, de producir vapor de recuperación y de inyectarlo en los lodos a hidrolizar permite por lo tanto limitar la necesidad en vapor vivo y, en consecuencia, reducir la parte del biogás formado dedicada a la producción de vapor vivo para la hidrólisis de los lodos. Es así posible producir energía excedentaria (por ejemplo electricidad, calor, inyección de biometano en la red u otro) a partir de este biogás, que podrá utilizarse para otros fines distintos de la hidrólisis de los lodos, o como mínimo aumentar la cantidad producida.

Según una primera variante preferida, dicha etapa que consiste en producir vapor de recuperación comprende:

5 una etapa que consiste en dirigir dicha mezcla uniforme secundaria hidrolizada a su salida de dicho reactor tubular a la entrada de un intercambiador de calor;

una etapa que consiste en dirigir agua a otra entrada de dicho intercambiador de calor;

10 transfiriendo dicha mezcla uniforme secundaria hidrolizada al menos en parte su calor a dicha agua para producir, indirectamente, dicho vapor de recuperación.

15 En este caso, el calor de los lodos hidrolizados se explota para producir indirectamente vapor de recuperación a partir de agua inyectada en un intercambiador de calor en el interior del cual circulan los lodos hidrolizados. Según esta variante, el vapor de recuperación se produce indirectamente a partir de la mezcla uniforme secundaria hidrolizada.

Esta realización permite producir vapor de recuperación "limpio", es decir que no contiene esencialmente elementos tales como espumas, partículas, no condensables u otros, como es el caso del vapor flash.

20 Según una segunda variante preferida, dicha etapa que consiste en producir vapor de recuperación comprende una etapa que consiste en dirigir dicha mezcla uniforme secundaria hidrolizada a su salida de dicho reactor tubular en un reactor flash dentro del cual la presión y la temperatura de dicha mezcla uniforme secundaria se disminuyen rápidamente para producir vapor flash, constituyendo dicho vapor flash dicho vapor de recuperación.

25 En este caso, el calor de los lodos hidrolizados se explota para producir directamente vapor de recuperación en forma de vapor flash que se mezclará con los lodos a hidrolizar en el inyector-mezclador primario a fin de aumentar su temperatura: se realizará así una pre-subida en temperatura de los lodos a tratar. Según esta variante, el vapor de recuperación se produce directamente a partir de la mezcla uniforme secundaria.

30 La presión de dicho vapor de recuperación está preferiblemente comprendida entre 1 y 10 bares a. Cabe señalar que, en el ámbito de la presente descripción, la unidad de presión es el bar absoluto (bar a).

La temperatura de dicho vapor de recuperación está preferiblemente comprendida entre 100°C y 180°C.

35 La temperatura de dichos lodos dirigidos a la entrada de dicho inyector-mezclador primario es preferiblemente inferior a 60°C.

40 La técnica según la invención permite tratar unos lodos relativamente frescos, es decir que tienen una temperatura próxima a la temperatura ambiente o de aquella de lodos digeridos. No es así necesario precalentar los lodos aguas arriba, por ejemplo, mediante un intercambiador de calor suplementario. Esto presenta una ventaja en particular en el plano del mantenimiento en la medida en la que el cuidado de los intercambiadores de calor es relativamente complejo y costoso.

45 La temperatura de dicha mezcla uniforme primaria en la salida de dicho inyector-mezclador dinámico primario será preferiblemente inferior a 100°C.

50 Según una variante preferida de la invención, dicha mezcla uniforme secundaria presenta, en la salida de dicho inyector-mezclador secundario, una temperatura comprendida entre 100°C y 200°C (a saber la temperatura en el reactor que permite la hidrólisis térmica de la materia orgánica presente en dichos lodos) y una presión comprendida entre 1 bar y 22 bares a.

55 Ventajosamente, dicha mezcla uniforme secundaria presenta, en la salida de dicho inyector-mezclador secundario, una temperatura comprendida entre 150°C y 170°C (es decir la temperatura en el reactor que permite la hidrólisis térmica de la materia orgánica presente en dichos lodos) y una presión comprendida entre 5 bares a y 15 bares a.

60 Según una variante preferida de la invención, el vapor vivo, que se utilizará para realizar la mezcla uniforme secundaria de vapor vivo y de la mezcla uniforme primaria, presentará una temperatura comprendida entre 100°C y 220°C y una presión comprendida entre más de 1 bar a y 23 bares a. De manera preferida entre todas, se privilegiará una temperatura de este vapor de agua comprendida entre 180°C y 200°C y una presión comprendida entre 10 bares a y 16 bares a.

La cantidad de vapor vivo así aportada a los lodos dependerá por un lado de la sequedad de estos últimos, así como de su concentración en materia orgánica a hidrolizar.

65 El tiempo de estancia de la mezcla uniforme secundaria dentro del reactor será, como se indica a continuación, suficiente para permitir la realización de la hidrólisis térmica de la materia orgánica, pero en principio estará

preferiblemente comprendido entre 10 minutos y 2 horas, de manera preferida entre todas, entre 20 y 40 minutos.

5 Ventajosamente, el tiempo de estancia de dicha mezcla uniforme secundaria en el reactor será de al menos 20 minutos, y la temperatura de dicha mezcla uniforme secundaria en el reactor será de al menos 100°C de tal manera que el procedimiento según la invención permitirá también la higienización de dichos lodos, estando la totalidad de estos a la temperatura requerida (>100°C) durante un tiempo suficientemente largo. Una temperatura superior a 70°C durante por lo menos 20 minutos aplicada a los lodos es necesaria para higienizarlos.

10 Según una variante preferida de la invención, dicha etapa que consiste en enfriar dicha mezcla uniforme secundaria hidrolizada aguas abajo del reactor tubular a una temperatura que permite la digestión ulterior de la materia orgánica hidrolizada que contiene, comprende al menos una dilución con agua y/o con lodos frescos, y/o al menos una etapa de intercambio de calor dentro de al menos un intercambiador de calor. Se entiende por lodos frescos, unos lodos no hidrolizados.

15 Es así posible disminuir la temperatura de los lodos y/o modificar su concentración a fin de hacer estas (temperatura y/o concentración) compatibles con los fenómenos biológicos implicados, llegado el caso, en la digestión siguiente.

20 La elección del enfriamiento y/o de la dilución se efectuará en función de la naturaleza de los lodos hidrolizados a digerir.

Tal dilución podrá ser necesaria para permitir una buena digestión ulterior de estos lodos hidrolizados térmicamente. Esta mezcla alcanzará entonces una temperatura suficientemente baja y se diluirá suficientemente para respetar la biología del digesor.

25 Asimismo preferiblemente, el procedimiento según la invención comprende unas etapas previas de deshidratación y de homogeneización de los lodos a tratar para su transporte hacia el inyector-mezclador dinámico primario, llevando estas etapas previas a unos lodos que presentan una sequedad comprendida entre más del 20% y hasta el 35% de materias secas. Para que conste, se recuerda que en la práctica los dispositivos de la técnica anterior no permitían hidrolizar eficazmente lodos que presentan una sequedad superior al 20%.

30 Según una variante ventajosa del procedimiento según la invención, éste comprende una etapa que consiste en adaptar las condiciones de realización del inyector-mezclador dinámico primario y/o del inyector-mezclador dinámico secundario en función de la sequedad de los lodos. Así, cuando el o los inyector-mezcladores dinámicos incluirán un rotor de palas, la velocidad de rotación de estas palas podrá modificarse en función de esta sequedad a fin de permitir la realización de una mezcla uniforme incluso cuando esta sequedad sea elevada.

35 Según otro aspecto de la invención, ésta cubre también cualquier dispositivo para la realización de un procedimiento según una cualquiera de las variantes expuestas anteriormente.

40 Según la invención, tal dispositivo comprende:

al menos un inyector-mezclador dinámico primario que tiene una salida de mezcla uniforme primaria;

45 medios de transporte de lodos a tratar que contienen materia orgánica en dicho inyector-mezclador dinámico primario;

medios de transporte de vapor de recuperación en dicho inyector-mezclador dinámico primario;

50 al menos un inyector-mezclador dinámico secundario que tiene una salida de mezcla uniforme secundaria;

medios de transporte de dicha mezcla uniforme primaria en dicho inyector-mezclador dinámico secundario;

medios de transporte de vapor vivo en dicho inyector-mezclador dinámico secundario;

55 un reactor tubular de hidrólisis térmica;

medios de transporte de dicha mezcla uniforme secundaria en dicho reactor tubular de hidrólisis térmica;

60 medios de producción de dicho vapor de recuperación a partir de dicha mezcla uniforme secundaria hidrolizada obtenida en la salida de dicho reactor tubular, comprendiendo dichos medios de producción una salida de vapor de recuperación que comunica con dichos medios de transporte de vapor de recuperación;

65 medios de enfriamiento de dicha mezcla uniforme secundaria que proviene de dichos medios de producción de vapor de recuperación a una temperatura que permite la digestión ulterior de la materia orgánica hidrolizada que contiene.

Tal dispositivo según la presente invención se distingue claramente de la técnica divulgada en el documento WO2009/121873 por la característica según la cual se prevén un inyector-mezclador dinámico primario y un inyector-mezclador dinámico secundario aguas arriba del reactor tubular de hidrólisis térmica y no integrados al reactor de hidrólisis térmico. Como se ha precisado anteriormente, la utilización de un equipo para mezclar los lodos a hidrolizar térmicamente y el vapor de agua, a saber los inyector-mezcladores dinámicos, y de un equipo distinto para realizar la hidrólisis térmica de los compuestos hidrolizables térmicamente contenidos en estos lodos, a saber un reactor tubular, permite optimizar el funcionamiento de este reactor tubular de hidrólisis térmica. Esta optimización se traduce por la obtención de lodos hidrolizados que presentan un contenido más elevado en compuestos hidrolizados fácilmente digeribles dentro de un digestor y por la posibilidad de poder dar a este reactor tubular un volumen más débil.

Tal dispositivo según la invención permite por lo tanto tratar por hidrólisis térmica unos lodos en un volumen de reactor menor, lo que presenta una ventaja económica no despreciable con respecto a la técnica anterior.

Como ya se ha precisado, se podrán utilizar diferentes tipos de inyectores mezcladores dinámicos en el ámbito de la realización de la presente invención. Sin embargo, el dispositivo según esta estará ventajosamente provisto de inyector-mezclador dinámico que presenta una cámara provista de un rotor de palas o de tornillos cuya velocidad de rotación podrá adaptarse en función de la sequedad de los lodos como se ha indicado anteriormente. Cabe señalar que la geometría de las palas podrá ella misma adaptarse en función de la sequedad y de la viscosidad de los lodos.

La técnica anterior según la patente WO2009/121873 prevé en su parte descriptiva general más o menos todas las formas de reactor tubular posible. Sin embargo, los modos de realización de esta técnica dada en este documento de patente preconizan realizar este reactor horizontalmente. Según un modo de realización descrito en este documento de patente WO2009/121873, se prevé una entrada de lodos en un extremo del reactor tubular, con una inyección de vapor cerca de este extremo, estando prevista una salida de los lodos hidrolizados al otro extremo de este reactor tubular, estando unos medios de inyección de agua de enfriamiento previstos a nivel de este segundo extremo. En otro modo de realización descrito en este documento de patente WO2009/121873, el reactor tubular de hidrólisis térmica presenta una primera parte vertical prolongada por una segunda parte horizontal más larga. La razón por la cual cada uno de estos modos de realizaciones preferidas presenta una parte horizontal relativamente larga resulta de la necesidad de poner en contacto el lodo con el vapor durante un tiempo de estancia suficientemente largo para que no sólo la hidrólisis térmica se produzca sino que previamente a esta, dentro del reactor tubular, el vapor de agua inyectado en principio de reactor pueda condensarse en los lodos a fin de transferir a estos la energía necesaria para su hidrólisis.

Según la invención, la inyección de vapor que tiene lugar aguas arriba del reactor gracias a la utilización de inyector-mezclador dinámicos, es una mezcla uniforme perfectamente mezclada que llega al reactor, si bien el reactor en cuestión no tiene que actuar más como condensador sino sólo de reactor de hidrólisis térmica. Su volumen puede por lo tanto reducirse con respecto a la técnica anterior. En efecto, en esta, el reactor debe actuar al mismo tiempo de condensador y de reactor, lo que le confiere un volumen más importante y en particular una longitud más importante que en la presente invención.

Además, el calor de los lodos hidrolizados se explota en la salida del reactor tubular para producir vapor denominado de recuperación que se inyectará y mezclará con los lodos a tratar mediante el inyector-mezclador dinámico primario colocado aguas arriba del inyector-mezclador dinámico secundario en el que los lodos se mezclan con el vapor vivo bajo presión. Esto permitirá reducir la cantidad de vapor vivo bajo presión inyectada en los lodos a hidrolizar y, llegado el caso, reducir la parte del biogás producida por la digestión ulterior de los lodos hidrolizados empleados para la producción de este vapor vivo, y aumentar, por lo tanto, la proporción de este biogás empleado a otros fines distintos de la realización del procedimiento de hidrólisis de lodos, por ejemplo para la producción de energía excedentaria, como por ejemplo calor o electricidad, una inyección de biometano en la red u otro.

Según una primera variante preferida, dichos medios de producción de vapor de recuperación comprenden al menos un intercambiador de calor que comprende una entrada que comunica con la salida de dicho reactor tubular, una entrada de agua de enfriamiento que comunica con unos medios de transporte de agua, una salida de vapor de recuperación y una salida de lodos hidrolizados enfriados.

Esto permite producir indirectamente un vapor de recuperación más limpio, es decir que no contiene elementos tales como espuma, partículas, no condensables u otro, cuya presencia puede necesitar la utilización de ciertos medios de evacuación.

Según una segunda variante preferida, dichos medios de producción de vapor de recuperación comprenden al menos un reactor de vapor flash cuya entrada comunica con la salida de dicho reactor tubular.

Esto permite producir directamente vapor de recuperación en forma de vapor flash, explotando el calor de los lodos hidrolizados, sin utilización de un intercambiador de calor, lo que constituye una ventaja en particular en el plano del mantenimiento.

Según otra característica preferida, dichos medios de enfriamiento de dicha mezcla uniforme secundaria hidrolizada comprenden unos medios de dilución de dicha mezcla uniforme secundaria hidrolizada con agua y/o con lodos frescos y/o unos medios de intercambio de calor dentro de al menos un intercambiador de calor.

5 Es así posible disminuir la temperatura de los lodos, y/o modificar su concentración a fin de hacer ésta (temperatura y/o concentración) compatible con los fenómenos biológicos implicados, llegado el caso, en la digestión siguiente.

La elección del enfriamiento y/o de la dilución se efectuará en función de la naturaleza de los lodos hidrolizados a digerir.

10 Según la invención, los reactores de hidrólisis térmica utilizados podrán presentar unas formas variadas. Sin embargo, según una variante preferida, el reactor tubular de hidrólisis térmica será vertical y presentará una entrada en su extremo inferior y una salida en su extremo superior, o inversamente.

15 Según otra variante preferida, este reactor tubular de hidrólisis térmica presentará una primera porción vertical directamente prolongada por una segunda porción vertical, previéndose la entrada del reactor en la parte inferior de la primera porción vertical y previéndose la salida del reactor en la parte inferior de dicha segunda porción vertical.

20 Según otra variante preferida, este reactor tubular de hidrólisis térmica presentará una primera porción vertical directamente prolongada por una segunda porción vertical, previéndose la entrada del reactor en la parte superior de la primera porción vertical y previéndose la salida del reactor en la parte superior de dicha segunda porción vertical.

25 Cabe señalar que, en el ámbito de la presente descripción, se entiende por "primera porción vertical directamente prolongada por una segunda sección vertical" como cubriendo las realizaciones según las cuales las dos partes verticales se unirían por una conexión horizontal no considerada como zona de reacción.

30 Según también otra variante, dicho reactor tubular de hidrólisis térmica presenta una primera porción vertical unida a una segunda porción vertical, previéndose la entrada del reactor en la parte superior de dicha primera porción vertical y previéndose la salida de dicho reactor en la parte inferior de dicha segunda porción vertical, o inversamente.

35 También ventajosamente, el dispositivo comprende unos medios destinados a mantener la presión en el reactor tubular de hidrólisis térmica como, por ejemplo, al menos una bomba y/o una válvula, preferiblemente una bomba de tornillos excéntrica.

## 5. Lista de las figuras

La invención, así como las diferentes ventajas que presenta, se comprenderá más fácilmente gracias a la descripción de modos de realización dados en referencia a las figuras, en las que:

40 - la figura 1 representa, de manera esquemática y general, una vista de un dispositivo para la hidrólisis térmica de lodos según la invención integrado en una instalación que incluye un digestor previsto aguas abajo de esta, según el cual el calor de los lodos hidrolizados se explota para producir vapor de recuperación, el cual se mezcla con los lodos a tratar mediante un inyector-mezclador dinámico primario colocado aguas arriba del inyector dinámico secundario en el que los lodos se mezclan con el vapor vivo;

45 - las figuras 2a y 2b representan dos formas de reactor tubular de hidrólisis térmica que pueden utilizarse en el ámbito de la presente invención;

50 - las figuras 3a y 3b representan otras dos formas de reactor tubular de hidrólisis térmica que pueden utilizarse en el ámbito de la presente invención;

55 - las figuras 4a y 4b representan también otras dos formas de reactor tubular de hidrólisis térmica que pueden utilizarse en el ámbito de la presente invención;

60 - las figuras 5a y 5b representan también otras dos formas de reactor tubular de hidrólisis térmica que pueden utilizarse en el ámbito de la presente invención;

65 - la figura 6 ilustra un primer modo de realización de un dispositivo según la invención, en el que el vapor de recuperación se produce indirectamente dentro de un intercambiador de calor;

- las figuras 7, 8, 9 y 10 ilustran unas variantes de medios de enfriamiento y/o de dilución de los lodos hidrolizados que provienen del reactor de hidrólisis de un dispositivo según el primer modo de realización;

- la figura 11 ilustra un segundo modo de realización de un dispositivo según la invención, en el que el vapor de recuperación se produce directamente dentro de un reactor flash;

- las figuras 12, 13 y 14 ilustran unas variantes de medios de enfriamiento y/o de dilución de los lodos hidrolizados que provienen del reactor de hidrólisis según el segundo modo de realización;

5 - la figura 15 representa un gráfico que muestra por un lado la evolución de la temperatura dentro del reactor tubular de una instalación de la técnica anterior conforme a los documentos de patente WO2009/121873 que no integra un inyector mezclador dinámico, pero en el que el vapor y el lodo se llevan al cabezal de reactor y, por otro lado, la evolución de la temperatura dentro del reactor tubular de una instalación que corresponde a la invención que integra unos inyector-mezcladores dinámicos en los que el vapor de recuperación y después el vapor vivo y el lodo se mezclan y después se dirigen en forma de mezcla homogénea al cabezal del reactor de hidrólisis térmica.

## 6. Descripción de modos de realización

### 6.1. Estructura general

15 En referencia a la figura 1, se ilustra un dispositivo según la invención de manera general y esquemática. Este dispositivo está integrado en una instalación que incluye un digestor 22 que no pertenece como tal al dispositivo según la invención.

20 Tal instalación se puede utilizar para realizar un procedimiento de lisis-digestión (LD) pero cabe señalar que será también posible integrar el procedimiento según la invención en configuraciones conocidas en la técnica anterior denominadas digestión-lisis (DL) o digestión-lisis-digestión (DLD), sabiendo que en la configuración denominada DL, una parte del lodo se hidroliza y vuelve después al digestor.

25 En referencia a la figura 1, unos lodos deshidratados se dirigen por una canalización 1 hacia una tolva 2, por ejemplo provista de dos tornillos sin fin que permiten homogeneizarlos.

30 Los lodos deshidratados y homogeneizados que provienen de la tolva 2 se bombean gracias a una bomba 3 en una canalización 4 que sirve de medios de entrada de estos lodos a un inyector-mezclador dinámico primario 5. Este inyector-mezclador dinámico primario 5 está también provisto de medios de inyección 10 de vapor de recuperación cuyo modo de producción se describirá más en detalle a continuación. La presión de este vapor de recuperación estará preferiblemente comprendida entre 1 y 0 bares a. Su temperatura estará preferiblemente comprendida entre 100 y 180°C. Este inyector-mezclador dinámico primario 5 puede también alimentarse con vapor vivo durante fases de inicio.

35 El inyector-mezclador dinámico primario 5 permite producir una mezcla uniforme primaria de lodos calentados por el vapor de recuperación. La temperatura de esta mezcla será preferiblemente inferior a 100°C.

40 El inyector-mezclador dinámico primario 5 podrá, si es necesario, limpiarse por ejemplo, mediante una entrada de agua de lavado 200 que desemboca en la canalización 4.

45 La mezcla uniforme primaria que proviene del inyector-mezclador dinámico primario 5 se introduce por medio de una canalización 6 en una cuba tampón 7 en el que se recuperarán unos gases no condensables y se evacuarán por un conducto 8.

Los lodos que provienen de la cuba tampón 7, en este caso la mezcla uniforme primaria, se bombean, gracias a otra bomba de alimentación 9, en una canalización 11 que sirve de medio de entrada de estos lodos a la entrada de un inyector-mezclador dinámico secundario 12.

50 Este inyector-mezclador dinámico secundario 12 está provisto de medios de inyección de vapor vivo 100 generado por un generador de vapor como, por ejemplo, una caldera, o cualquier otro medio de producción de vapor como, por ejemplo, un sistema de cogeneración, no representado en la figura 1. Permite producir una mezcla uniforme secundaria de lodos calentados por vapor vivo.

55 El inyector-mezclador dinámico secundario podrá, si es necesario, limpiarse por ejemplo mediante una entrada de agua de lavado 201 que desemboca en la canalización 11.

60 A la salida del mezclador dinámico secundario 12, una canalización 13 permite dirigir la mezcla uniforme secundaria realizada dentro de este hacia un reactor de hidrólisis térmica 14.

El tratamiento dentro de este reactor de hidrólisis térmica 14 se efectúa a una temperatura comprendida entre 150°C y 170°C, manteniéndose el exterior del reactor mantenido bajo una presión comprendida entre 8 bares a y 10 bares a (referente a eso, cabe señalar que unas temperaturas y unas presiones más bajas o más fuertes podrán utilizarse en función, en particular, de la sequedad de los lodos).

65 El reactor de hidrólisis térmica 14 podrá, llegado el caso, limpiarse por inyección de agua por medio de una entrada

## ES 2 703 196 T3

101 de agua de lavado durante fases de limpieza que pueden efectuarse durante el inicio de la instalación o durante la fase de mantenimiento de este, mientras que eventuales gases no condensables podrán evacuarse del reactor por medio de la purga 102.

5 Los lodos hidrolizados en el reactor de hidrólisis térmica 14 se dirigen después por una canalización 15 hacia unos medios de producción de vapor de recuperación 1000. Estos medios de producción permiten producir vapor de recuperación a partir de la mezcla uniforme secundaria hidrolizada que proviene del reactor de hidrólisis 14, en otras palabras, a partir de lodos hidrolizados.

10 El vapor de recuperación producido a partir del calor de lodos hidrolizados se dirige en el inyector-mezclador dinámico primario 5 a través de la canalización 10 que sirve de medio de inyección de vapor de recuperación en este.

15 Una válvula 18, o cualquier elemento deprimógeno que tiene una función de mantenimiento de presión de los medios de producción de vapor de recuperación, puede colocarse sobre la canalización 10.

20 Los lodos hidrolizados que provienen de los medios de producción de vapor de recuperación 1000 se dirigen a una canalización 19 que desemboca en un digestor 22. Esta canalización 19 comprende eventualmente una bomba 21 aguas arriba del digestor 22.

25 La instalación comprende unos medios de dilución y/o de enfriamiento de los lodos hidrolizados que provienen de los medios de producción de vapor de recuperación 1000 (no representados).

Los lodos hidrolizados y enfriados y/o diluidos se dirigen en el digestor 22 a través de la canalización 19.

30 Los lodos hidrolizados térmicamente enviados hacia el digestor 22 podrán digerirse fácilmente debido a que han sufrido una hidrólisis térmica.

35 Debe quedar claro que la representación realizada en la figura 1 de una instalación que integra un dispositivo según la invención es una representación esquemática. En particular, la forma del reactor 14 en el que la hidrólisis térmica de la mezcla uniforme de lodos calentados se realiza podrá adoptar diferentes formas. Algunas de estas formas, entre otras formas posibles, se dan en referencia en las figuras 2a, 2b, 3a, 3b, 4a, 4b, 5a, 5b.

40 Según la forma representada en la figura 2a, el reactor de hidrólisis térmica 14 presenta una forma vertical. El reactor 14 está provisto en su parte inferior de una entrada 601 de mezcla uniforme de lodos calentados con vapor de recuperación y después vapor vivo y en su parte superior, de una salida del reactor 602. Se prevé una purga 603 para evacuar los eventuales gases no condensables y se prevén también medios de medición de la presión P de la temperatura T que reina en el interior del reactor 14 en la parte superior de este.

45 Según la forma representada en la figura 2b, el reactor de hidrólisis térmica 14 presenta una forma vertical. El reactor 14 está provisto, en su parte superior, de una entrada 601 de mezcla uniforme de lodos calentados con vapor de recuperación y después vapor vivo y en su parte inferior de una salida de reactor 602. Se prevé una purga 603 para evacuar los eventuales gases no condensables en la parte superior y también se prevén medios de medición de la presión P de la temperatura T que reina en el interior del reactor 14 en la parte inferior de este.

50 En referencia a la figura 3a, el reactor de hidrólisis térmica 14 presenta una primera parte vertical 704 provista, en la parte inferior, de una entrada 701 de mezcla uniforme de lodos calentados. Esta primera parte vertical 704 está unida directamente a una segunda parte vertical 705 provista en la parte inferior de una evacuación 702 de lodos hidrolizados. Se prevé una purga 703 a nivel de la unión entre estas dos partes verticales para evacuar los eventuales gases no condensables. Se prevén también medios de medición de la presión P y de la temperatura T en el reactor 14. Cabe señalar que, en esta configuración, la segunda parte 705 está directamente unida a la primera parte vertical 704 sin parte horizontal entre los dos.

55 En referencia a la figura 3b, el reactor de hidrólisis térmico 14 presenta una primera parte vertical 704 provista en la parte superior de una entrada 701 de mezcla uniforme de lodos calentados. Esta primera parte vertical 704 está unida directamente a una segunda parte vertical 705 provista en la parte superior de una evacuación 702 de lodos hidrolizados. Se prevé una purga 703 a nivel de la unión entre estas dos partes verticales para evacuar los eventuales gases no condensables. Se prevén también medios de medición de la presión P y de la temperatura T en el reactor 14. Cabe señalar que, en esta configuración, la segunda parte vertical 705 está directamente unida a la primera parte vertical 704 sin parte horizontal entre las dos.

60 En la variante ilustrada en la figura 4a, la segunda parte vertical 705 y la primera parte vertical 704 están unidas la una a la otra en la parte superior mediante una parte horizontal 706 entre las dos. Se prevén también medios de medición de la presión P y de la temperatura T en el reactor 14.

65 En la variante ilustrada en la figura 4b, la segunda parte vertical 705 y la primera parte vertical 704 están unidas la

una a la otra en la parte inferior mediante una parte horizontal 706 entre las dos. Se prevén también medios de medición de la presión P y de la temperatura T en el reactor 14.

5 En referencia a la figura 5a, el reactor de hidrólisis térmica 14 presenta una primera sección vertical 804 provista en la parte superior de una entrada 801 de mezcla uniforme de lodos calentados. Esta primera parte vertical 804 está unida directamente a una segunda parte vertical 805 provista en la parte inferior de una evacuación 802 de lodos hidrolizados. Se prevé una purga 803 a nivel de la unión entre estas dos partes verticales para evacuar los eventuales gases no condensables. Se prevén medios de medición de la presión P y de la temperatura T en el reactor 14.

10 En referencia a la figura 5b, el reactor de hidrólisis térmica 14 presenta una primera sección vertical 804 provista en la parte inferior de una entrada 801 de mezcla uniforme de lodos calentados. Esta primera parte vertical 804 está unida directamente a una segunda parte vertical 805 provista en la parte superior de una evacuación 802 de los lodos hidrolizados. Se prevé una purga 803 a nivel de la unión entre estas dos partes verticales para evacuar los eventuales gases no condensables. Se prevén también medios de medición de la presión P y de la temperatura T en el reactor 14.

## 6.2. Ejemplo de un primer modo de realización: intercambiador de calor

20 En referencia a la figura 6, se describe de manera esquemática un dispositivo según un primer modo de realización de la invención.

Sólo se describen las diferencias entre el dispositivo ilustrado de manera general en la figura 1 y el dispositivo según este primer modo de realización ilustrado en la figura 6.

25 Según este primer modo de realización, los medios de producción del vapor de recuperación 1000 comprenden un intercambiador de calor 90.

30 Este intercambiador de calor 90 comprende una primera entrada 901 en la que desemboca la canalización 15 a través de la cual los lodos hidrolizados que provienen del reactor de hidrólisis térmica 14 se dirigen a este intercambiador 90. Comprende una segunda entrada 902 a la cual se unen unos medios de entrada de agua que comprenden aquí una canalización 91. Comprende también una salida de vapor de recuperación 903 a la cual está unida la canalización de inyección de vapor de recuperación 10 que desemboca en el inyector-mezclador dinámico primario 5. Este intercambiador de calor 90 comprende también una salida de lodos hidrolizados enfriados 904.

35 La salida de lodos hidrolizados enfriados 904 está unida a una canalización 19 que desemboca en un digestor 22.

40 Esta canalización 19 lleva eventualmente una bomba 21 aguas arriba del digestor 22. Esta bomba 21, o cualquier otro elemento deprimógeno equivalente como, por ejemplo, una válvula, permite mantener la presión en el reactor de hidrólisis térmica 14.

45 En este modo de realización, los medios de dilución y/o de enfriamiento comprenden unos medios de transporte, como una o varias canalizaciones 23, de agua y/o de lodos frescos que desembocan aguas arriba y/o aguas abajo de la bomba 21.

En una variante ilustrada en la figura 7, estos medios de dilución y/o de enfriamiento comprenden:

- un intercambiador de calor 24 colocado aguas arriba de la bomba 21, y
- 50 - medios de transporte, como una o varias canalizaciones 23, de agua y/o de lodos frescos que desembocan aguas arriba y/o aguas abajo del intercambiador de calor 24 y/o de la bomba 21.

En una variante ilustrada en la figura 8, estos medios de dilución y/o de enfriamiento comprenden:

- 55 - dos intercambiadores de calor 24 y 25 colocados en serie aguas arriba de la bomba 21, y
- medios de transporte, como una o varias canalizaciones 23, de agua y/o de lodos frescos que desembocan aguas arriba y/o aguas abajo del primer y/o del segundo intercambiador de calor 24 y 25 y/o de la bomba 21.

60 En una variante ilustrada en la figura 9, estos medios de dilución y/o de enfriamiento comprenden:

- un intercambiador de calor 24 dispuestos aguas arriba de la bomba 21;
- un intercambiador de calor 26 dispuesto aguas abajo de la bomba 21, y
- 65 - medios de transporte, como una o varias canalizaciones 23, de agua y/o de lodos frescos que desembocan aguas

arriba y/o aguas abajo de uno o de los intercambiadores de calor 24 y 26 y/o de la bomba 21.

En una variante ilustrada en la figura 10, estos medios de dilución y/o de enfriamiento comprenden:

- 5 - un intercambiador de calor 26 dispuesto aguas abajo de la bomba 21, y
- unos medios de transporte, como una o varias canalizaciones 23, de agua y/o de lodos frescos que desembocan aguas arriba y/o aguas abajo del intercambiador de calor 26 y/o de la bomba 21.

10 6.3. Ejemplo de un segundo modo de realización: reactor flash

En referencia a la figura 11, se describe de manera esquemática un dispositivo según un segundo modo de realización de la invención.

- 15 Sólo se describen las diferencias entre el dispositivo ilustrado de manera general en la figura 1 y el dispositivo según este segundo modo de realización ilustrado en la figura 11.

En este modo de realización, los medios de producción de vapor de recuperación comprenden un reactor flash 16.

- 20 La presión y la temperatura de los lodos hidrolizados en la salida del reactor 14 disminuyen alta y rápidamente en el interior del reactor flash 16 a fin de producir vapor flash, cuya presión estará comprendida preferiblemente entre 1 y 10 bares a, y la temperatura estará comprendida preferiblemente entre 100 y 180°C.

- 25 El vapor flash así producido, que constituye el vapor de recuperación producido directamente a partir del calor de los lodos hidrolizados, se dirige en el inyector-mezclador dinámico primario 5 a través de la canalización 10 que sirve de medio de inyección de vapor de recuperación en este.

- 30 Una válvula 18, o cualquier elemento deprimógeno, que tiene una función de mantenimiento de la presión del reactor flash, puede colocarse sobre la canalización 10.

- Una válvula 17, o cualquier elemento deprimógeno, puede colocarse sobre la canalización 15 entre la salida de reactor de hidrólisis térmica 14 y la entrada del reactor flash 16. Esta válvula 17 permitirá regular la presión de los lodos hidrolizados que circulan en la canalización 15 para mantener la presión y la temperatura en el reactor de hidrólisis térmica 14.

- 35 Los lodos hidrolizados que provienen del reactor flash 16 se dirigen a la canalización 19 que desemboca en el digestor 22. Esta canalización 19 lleva eventualmente una bomba 21 aguas arriba del digestor 22.

- 40 La instalación comprende unos medios de dilución y/o de enfriamiento de los lodos hidrolizados que provienen del reactor flash 16.

- En este modo de realización, estos medios de dilución y/o de enfriamiento comprenden unos medios de transporte, como una o varias canalizaciones 23, de agua y/o de lodos frescos que desembocan aguas arriba y/o aguas abajo de la bomba 21.

- 45 En una variante ilustrada en la figura 12, estos medios de dilución y/o de enfriamiento comprenden:

- un intercambiador de calor 24 colocado aguas arriba de la bomba 21, y
- 50 - unos medios de transporte, como una o varias canalizaciones 23, de agua y/o de lodos frescos que desembocan aguas arriba y/o aguas abajo del intercambiador de calor 24 y/o de la bomba 21.

En una variante ilustrada en la figura 13, estos medios de dilución y/o de enfriamiento comprenden:

- 55 - un intercambiador de calor 26 colocado aguas abajo de la bomba 21, y
- unos medios de transporte, como una o varias canalizaciones 23, de agua y/o de lodos frescos que desembocan aguas arriba y/o aguas abajo del intercambiador de calor 26 y/o de la bomba 21.

- 60 En una variante ilustrada en la figura 14, estos medios de dilución y/o de enfriamiento comprenden:

- un intercambiador de calor 24 colocado aguas arriba de la bomba 21;
- un intercambiador de calor 26 colocado aguas abajo de la bomba 21, y
- 65 - medios de transporte, como una o varias canalizaciones 23, de agua y/o de lodos frescos que desembocan aguas

arriba y/o aguas abajo de uno o de los intercambiadores de calor 24 y 26 y/o de la bomba 21.

Los lodos hidrolizados y enfriados y/o diluidos se dirigen al digestor 22 a través de la canalización 19.

- 5 Los lodos hidrolizados térmicamente enviados hacia el digestor 22 podrán digerirse fácilmente, debido a que han sufrido una hidrólisis térmica.

#### 6.4. Ensayos

- 10 La figura 15 muestra la evolución en el tiempo de la temperatura que reina en el interior del reactor de hidrólisis térmica:

- por un lado en el ámbito de la invención que utiliza unos inyectores-mezcladores dinámicos previstos aguas arriba del reactor de hidrólisis térmica; y

- 15 - por otro lado, en el ámbito de una instalación similar según la técnica anterior en la que ningún inyector-mezclador dinámico está utilizado, inyectándose el vapor en la base del reactor.

- 20 En referencia a esta figura 15, se puede constatar que, en el ámbito de la presente invención, la temperatura que reina en el interior del reactor sube progresivamente hasta alcanzar y conservar la temperatura de consigna que permite la lisis térmica optimizada de los compuestos orgánicos hidrolizables contenidos en los lodos tratados.

- 25 En la instalación según la técnica anterior, la temperatura observada en el reactor es, desde el principio, la del vapor inyectado. Ésta sufre después variaciones importantes. Esto refleja el hecho de que, en la técnica según esta técnica anterior, no se produce sistemáticamente una mezcla íntima del vapor con los lodos. Por el contrario, las fluctuaciones de temperatura observadas dentro del reactor reflejan la existencia de flujos polifásicos dentro de este. En el ejemplo aquí descrito, al inyectarse el vapor a una velocidad (en la práctica muy superior a 5 m/s) mucho más elevada que la del lodo (en la práctica muy inferior a 3 m/s), éste encuentra pasos preferidos a través de este y no se mezcla íntimamente con él y no le llega a ceder su energía eficazmente, es decir una parte del vapor no se condensa en el lodo.

- 30 Muy por el contrario, gracias a la utilización de inyector-mezclador dinámicos según la invención aguas arriba del reactor de hidrólisis, la mezcla que llega a este reactor es perfectamente homogénea y líquida. Puede por lo tanto fluir en flujo pistón en éste. La temperatura de depósito se conserva durante todo el tiempo de estancia en el reactor. La energía del vapor se transfiere, por lo tanto, de manera optimizada a los lodos y la hidrólisis de los compuestos difícilmente biodegradables puede realizarse eficazmente.

- 35 Cabe señalar también que, gracias a la invención, la cantidad de energía teórica para hidrolizar una cantidad dada de lodos corresponde poco o mucho a la cantidad efectivamente utilizada para obtener esta hidrólisis. A este respecto, cabe señalar que el cálculo de la energía necesaria para aumentar la temperatura de un fluido de una temperatura A a una temperatura B es fácil de realizar. En el ámbito de los ensayos realizados por el depositante, el caudal de vapor teórico calculado fue de 25 kilogramos de vapor a 13 bares por hora, y los ensayos han mostrado que era exactamente este caudal de vapor que era efectivamente necesario para hidrolizar eficazmente los lodos.

- 40 En el ámbito de la instalación según la técnica anterior, se ha demostrado que la mezcla entre el lodo a hidrolizar y el vapor era imperfecta ya que la cantidad de vapor efectivamente inyectada para calentar el lodo (15 kg/h) era inferior a la cantidad teóricamente calculada (25 kg/h). Una cierta cantidad de vapor no se condensaba, por lo tanto, en el lodo. Estos ensayos confirman el interés de la presente invención.

- 45 Finalmente, cabe señalar que la invención permite utilizar unos reactores que presentan un volumen de entre el 20 y el 25% inferior a los volúmenes de reactor de la técnica anterior.

#### 6.5. Ventajas

- 50 Las técnicas según estos primero y segundo modos de realización permiten una hidrólisis óptima de los lodos que tienen una sequedad superior al 20%.

- 55 La necesidad de vapor vivo para la hidrólisis térmica es aún más baja ya que la temperatura de los lodos a hidrolizar aguas arriba del inyector mezclador dinámico secundario es elevada. La mezcla de vapor de recuperación y de lodos a hidrolizar propuesta permite realizar un aumento previo de la temperatura de los lodos a hidrolizar.

- 60 Por lo tanto, las técnicas según estos primero y segundo modos de realización presentan además la ventaja de permitir la reducción de la cantidad de vapor vivo necesario para la realización de la hidrólisis térmica, y reducir el consumo energético requerido para la producción de este vapor vivo.

- 65 En la medida en la que los lodos hidrolizados se digieren posteriormente, y el biogás generado durante esta

digestión se utiliza, en principio, en parte, para producir el vapor vivo necesario para la hidrólisis térmica, y utilizándose la otra parte en exceso para producir, por ejemplo, electricidad, estas variantes hacen posible la utilización de una parte más importante de este biogás en exceso para la producción de energía excedentaria, por ejemplo eléctrica o térmica, susceptible de emplearse para otros fines distintos del de la hidrólisis térmica.

5

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de hidrólisis térmica en continuo de lodos a tratar que contienen materia orgánica, comprendiendo dicho procedimiento las etapas que consisten en:
- 5 deshidratar y homogeneizar dichos lodos a tratar para obtener unos lodos que presentan una sequedad superior al 20% y hasta el 35% en peso de materias secas;
- 10 realizar simultáneamente la inyección de vapor de recuperación en dichos lodos y la mezcla de dichos lodos con dicho vapor de recuperación mediante un inyector-mezclador dinámico primario que presenta una cámara y un rotor a palas, A fin de obtener una mezcla uniforme primaria de lodos precalentados;
- 15 dirigir dicha mezcla uniforme primaria hacia un inyector-mezclador dinámico secundario que presenta una cámara y un rotor de palas, y realizar simultáneamente la inyección de vapor vivo en dicha mezcla uniforme primaria y la mezcla de dicha mezcla uniforme primaria con dicho vapor vivo, a fin de obtener una mezcla uniforme secundaria de lodos calentados a la temperatura de hidrólisis térmica deseada;
- 20 dirigir dicha mezcla uniforme secundaria hacia un reactor tubular bajo presión y provocar el flujo esencialmente de tipo pistón de esta mezcla uniforme secundaria en dicho reactor según un tiempo de estancia suficiente y a una temperatura suficiente para permitir la hidrólisis térmica de la materia orgánica presente en esta mezcla uniforme secundaria;
- 25 producir dicho vapor de recuperación dentro de medios de producción de vapor de recuperación a partir de dicha mezcla uniforme secundaria hidrolizada obtenida en la salida de dicho reactor tubular;
- 30 enfriar dicha mezcla uniforme secundaria hidrolizada a su salida de dichos medios de producción de vapor de recuperación a una temperatura que permite la digestión ulterior de la materia orgánica hidrolizada que contiene.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que dicha etapa que consiste en producir vapor de recuperación comprende:
- 35 una etapa que consiste en dirigir dicha mezcla uniforme secundaria hidrolizada a su salida de dicho reactor tubular a la entrada de un intercambiador de calor;
- 40 una etapa que consiste en dirigir agua a otra entrada de dicho intercambiador de calor;
- 45 transfiriendo dicha mezcla uniforme hidrolizada al menos en parte su calor a dicha agua para producir indirectamente dicho vapor de recuperación.
3. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que dicha etapa que consiste en producir vapor de recuperación comprende una etapa que consiste en dirigir dicha mezcla uniforme secundaria hidrolizada a su salida de dicho reactor tubular, en un reactor flash dentro del cual la presión y la temperatura de dicha mezcla uniforme secundaria hidrolizada disminuyen rápidamente para producir directamente vapor flash, constituyendo dicho vapor flash dicho vapor de recuperación.
4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que la presión de dicho vapor de recuperación está comprendida entre 1 y 10 bares a.
5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que la temperatura de dicho vapor de recuperación está comprendida entre 100°C y 180°C.
6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que la temperatura de dichos lodos dirigidos a la entrada de dicho inyector-mezclador primario es inferior a 60°C.
7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que la temperatura de dicha mezcla uniforme primaria en la salida de dicho inyector-mezclador primario es inferior a 100°C.
8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que dicha mezcla uniforme secundaria presenta, en la salida de dicho inyector-mezclador secundario, una temperatura comprendida entre 100°C y 200°C y una presión comprendida entre 1 bar a y 22 bares a.
9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que dicha mezcla uniforme secundaria presenta, en la salida de dicho inyector-mezclador secundario, una temperatura comprendida entre 150°C y 170°C y una presión comprendida entre 5 bares a y 15 bares a.

10. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 8 o 9, caracterizado por que el vapor de agua utilizado para realizar dicha mezcla uniforme secundaria presenta una temperatura comprendida entre 100°C y 220°C, preferiblemente entre 180°C et 200°C, y una presión comprendida entre 1 bar a y 23 bares a, preferiblemente entre 10 bares a y 16 bares a.
- 5 11. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que dicho tiempo de estancia de dicha mezcla uniforme secundaria en dicho reactor está comprendido entre 10 minutos y 2 horas, preferiblemente entre 20 minutos y 40 minutos.
- 10 12. Procedimiento según la reivindicación 11, caracterizado por que dicho tiempo de estancia de dicha mezcla uniforme secundaria en dicho reactor es de al menos 20 minutos, y por que la temperatura de dicha mezcla uniforme secundaria en dicho reactor es de al menos 100°C de tal manera que permite la higienización de dichos lodos contenidos en este.
- 15 13. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que dicha etapa que consiste en enfriar dicha mezcla uniforme hidrolizada comprende al menos una dilución con agua y/o con unos lodos frescos, y/o al menos una etapa de intercambio de calor dentro de al menos un intercambiador de calor.
- 20 14. Dispositivo para la realización del procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende:
- medios de transporte de lodos a tratar (1,2) que contienen materia orgánica en un inyector-mezclador dinámico primario (5) provisto de una salida de mezcla uniforme primaria y de medios de transporte de vapor de recuperación (10,18);
- 25 medios de transporte de dicha mezcla uniforme primaria (11) en un inyector-mezclador dinámico secundario (12) provisto de una salida de mezcla uniforme secundaria y de medios de transporte de vapor vivo (100)
- medios de transporte (13) de dicha mezcla uniforme secundaria hacia un reactor tubular de hidrólisis térmica (14);
- 30 medios de producción (1000) de dicho vapor de recuperación a partir de dicha mezcla uniforme secundaria hidrolizada obtenida en la salida de dicho reactor tubular (14), comprendiendo dichos medios de producción una salida de vapor de recuperación que comunica con dichos medios de transporte de vapor de recuperación (10,18);
- 35 medios de enfriamiento de dicha mezcla uniforme secundaria hidrolizada que proviene de dichos medios de producción de vapor de recuperación (1000) a una temperatura que permite la digestión ulterior de la materia orgánica hidrolizada que contiene,
- 40 presentando dicho inyector-mezclador dinámico primario (5) y dicho inyector-mezclador dinámico secundario (12) cada uno una cámara y un rotor de palas.
15. Dispositivo según la reivindicación 14, caracterizado por que dichos medios de producción de vapor de recuperación comprenden al menos un intercambiador de calor (90) que comprende una entrada (901) que comunica con la salida de dicho reactor tubular (5), una entrada de agua de enfriamiento que comunica con unos medios de transporte de agua (91), una salida de vapor de recuperación y una salida de lodos hidrolizados enfriados.
- 45 16. Dispositivo según la reivindicación 15, caracterizado por que dichos medios de producción de vapor de recuperación comprenden al menos un reactor de vapor flash (79) cuya entrada comunica con la salida de dicho reactor tubular (5).
- 50 17. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 16, caracterizado por que dichos medios de enfriamiento de dicha mezcla uniforme secundaria hidrolizada comprenden unos medios de dilución de dicha mezcla uniforme secundaria con agua y/o con lodos frescos, y/o unos medios de intercambio de calor dentro de al menos un intercambiador de calor.
- 55 18. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 17, caracterizado por que dicho reactor tubular de hidrólisis térmica es vertical y presenta una entrada en su extremo inferior y una salida en su extremo superior, o a la inversa.
- 60 19. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 17, caracterizado por que dicho reactor tubular de hidrólisis térmica presenta una primera porción vertical directamente prolongada por una segunda porción vertical, previéndose la entrada del reactor en la parte inferior de dicha primera porción vertical y previéndose la salida de dicho reactor prevista en la parte inferior de dicha segunda porción vertical.
- 65

20. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 17, caracterizado por que dicho reactor tubular de hidrólisis térmica presenta una primera porción vertical directamente prolongada por una segunda porción vertical, previéndose la entrada del reactor en la parte superior de la primera porción vertical y previéndose la salida del reactor en la parte superior de dicha segunda porción vertical.

5

21. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 17, caracterizado por que dicho reactor tubular de hidrólisis térmica presenta una primera porción vertical directamente prolongada por una segunda porción vertical, previéndose la entrada del reactor en la parte superior de dicha primera porción vertical y previéndose la salida de dicho reactor en la parte inferior de dicha segunda porción vertical, o a la inversa.

10

22. Dispositivo según una de las reivindicaciones 14 a 21, caracterizado por que comprende unos medios destinados a mantener la presión en dicho reactor tubular de hidrólisis térmica.

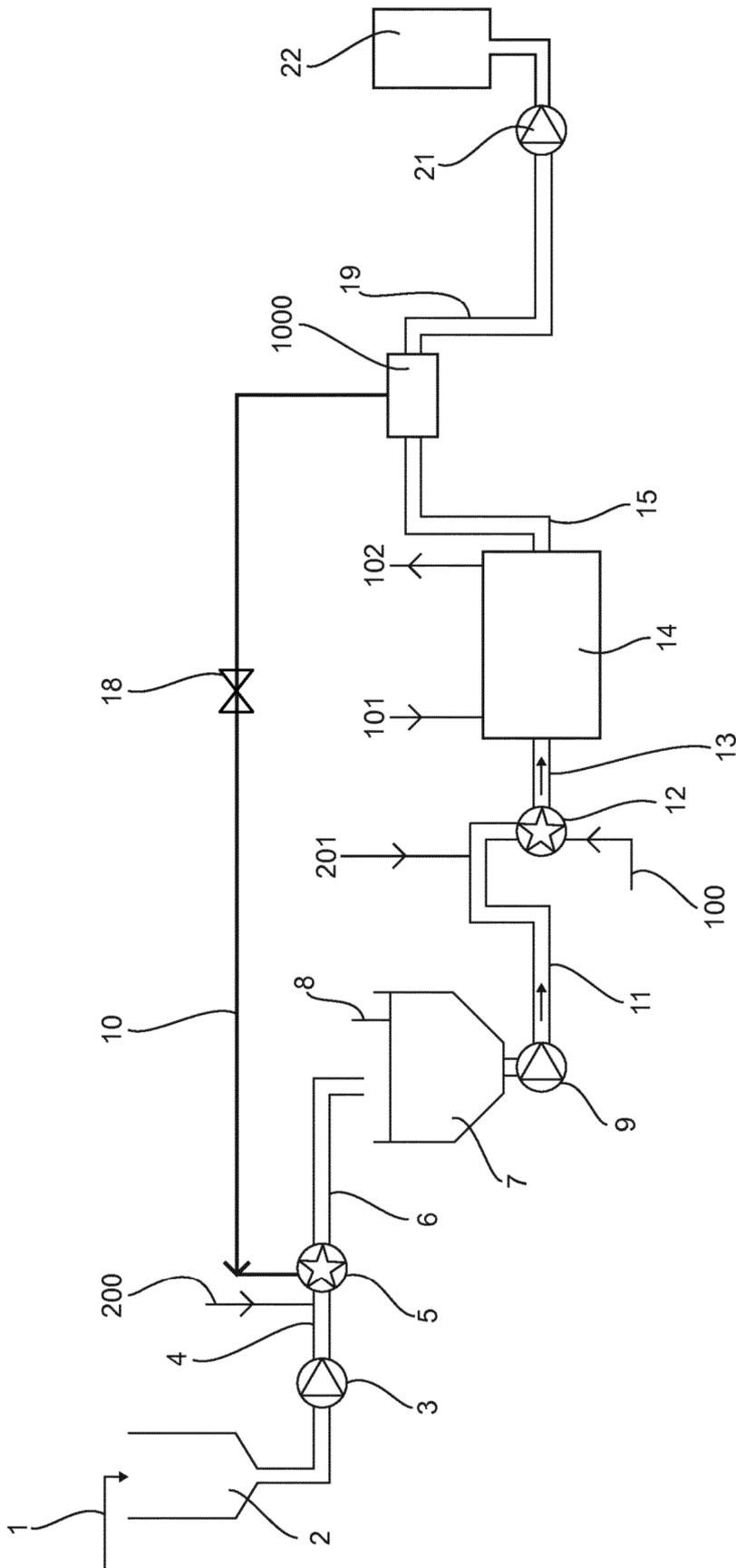


Fig. 1

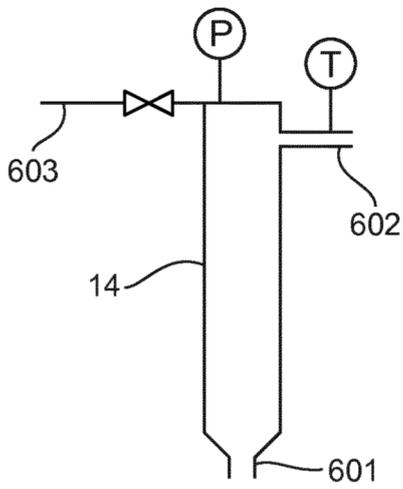


Fig. 2a

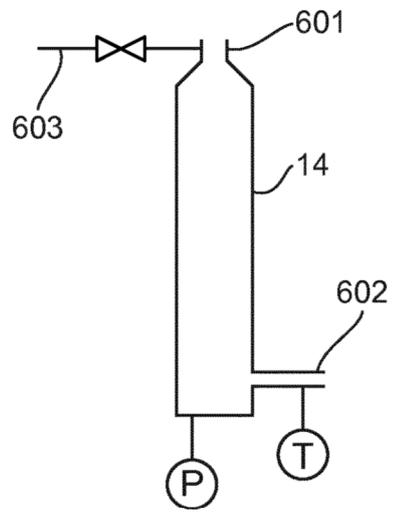


Fig. 2b

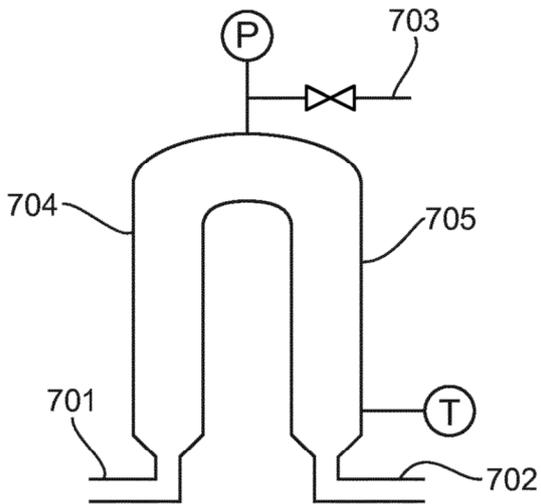


Fig. 3a

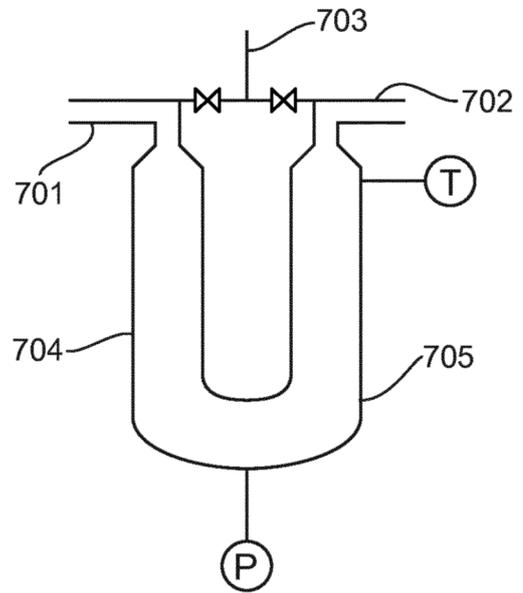


Fig. 3b

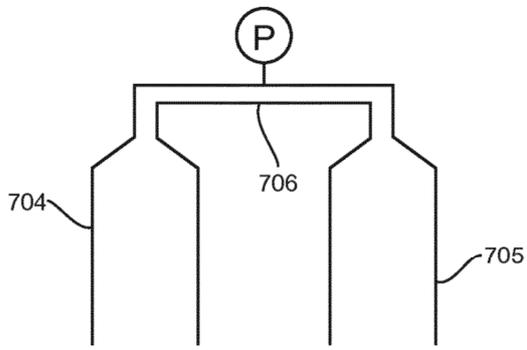


Fig. 4a

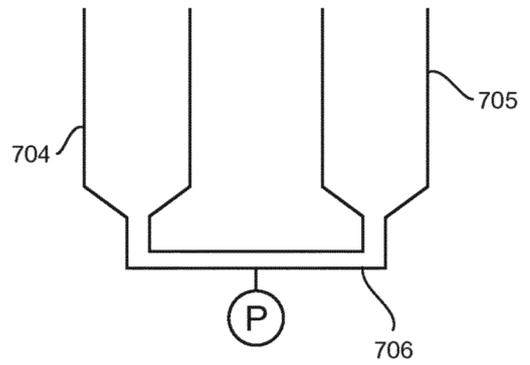


Fig. 4b

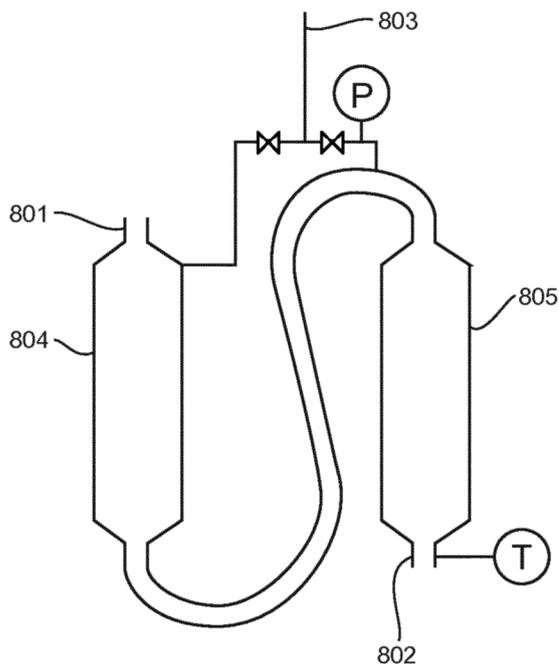


Fig. 5a

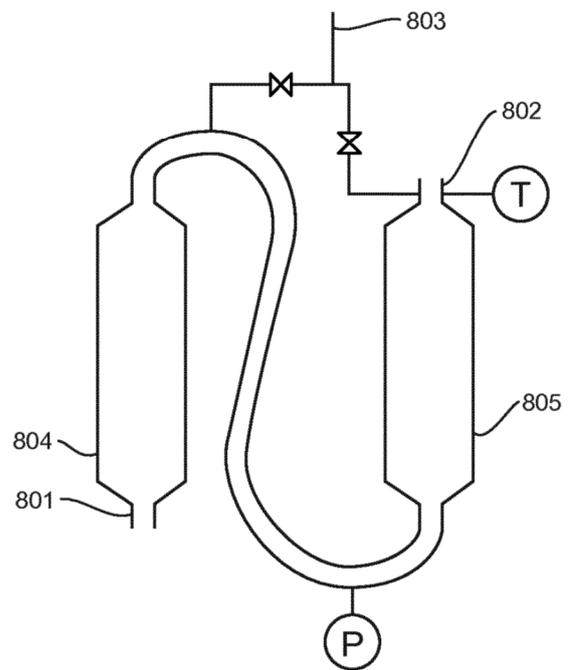


Fig. 5b

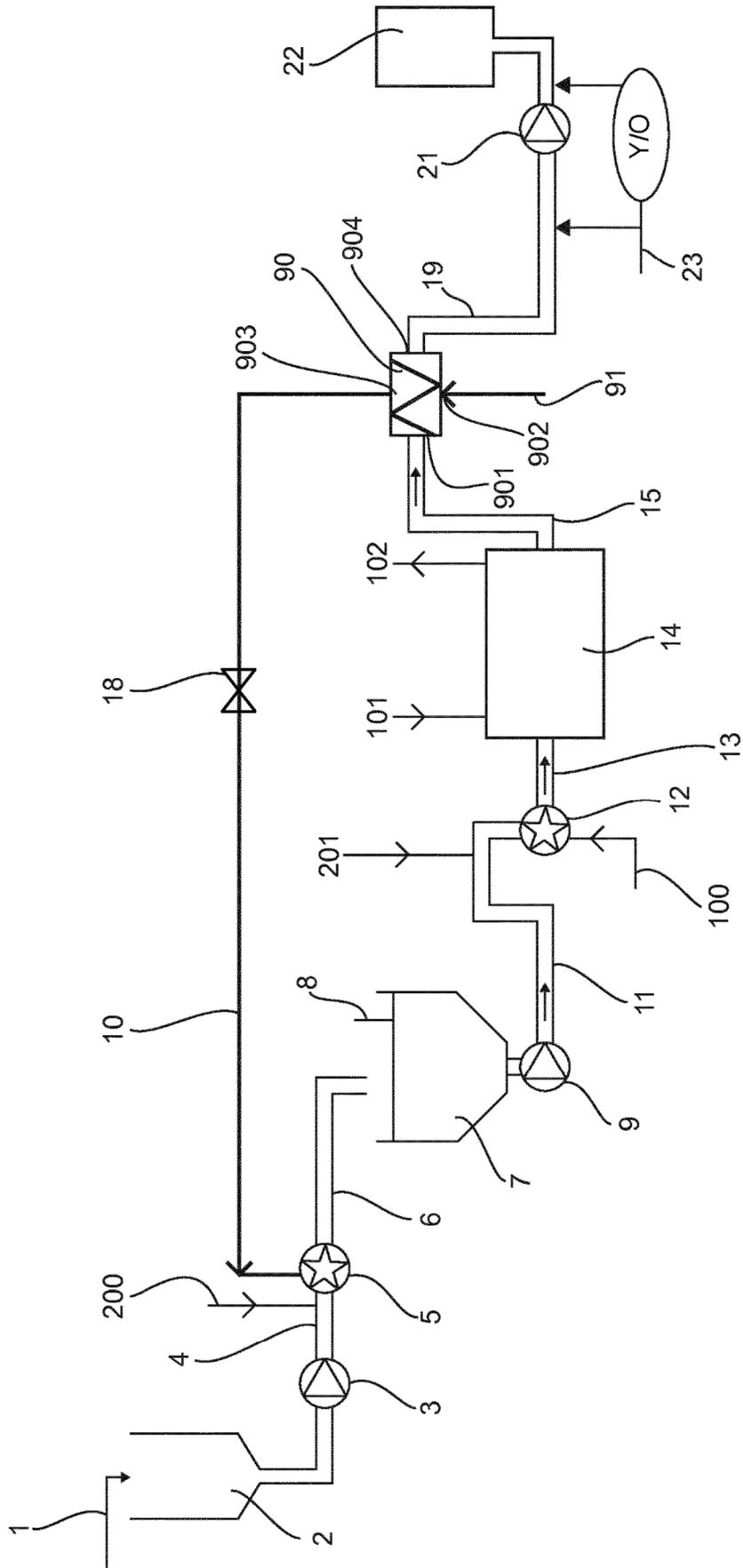


Fig. 6

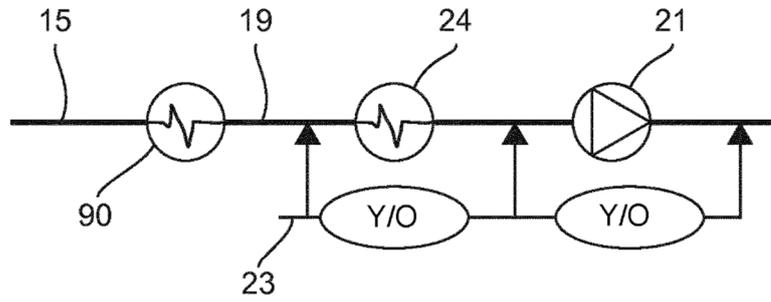


Fig. 7

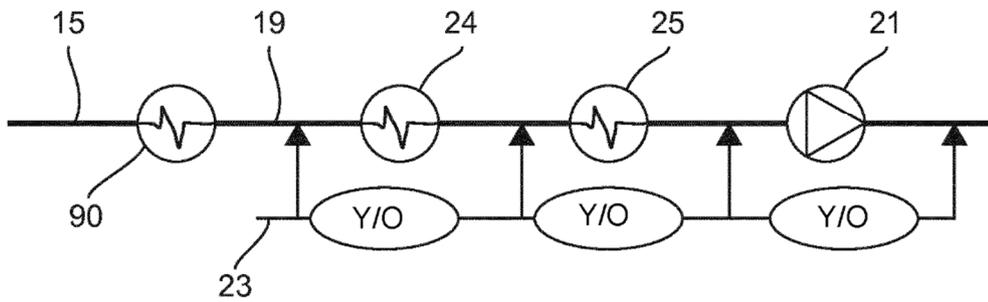


Fig. 8

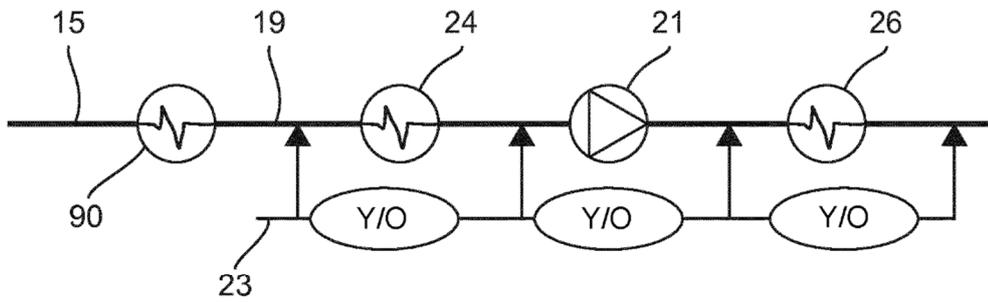


Fig. 9

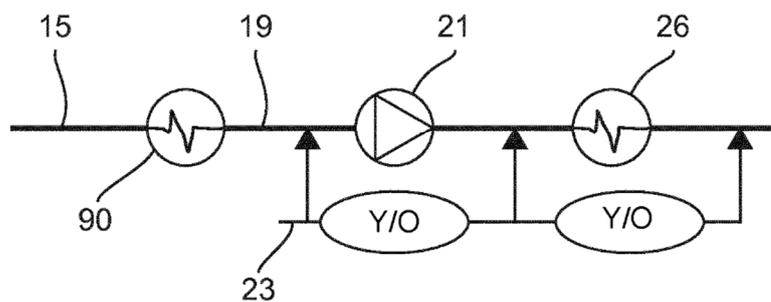
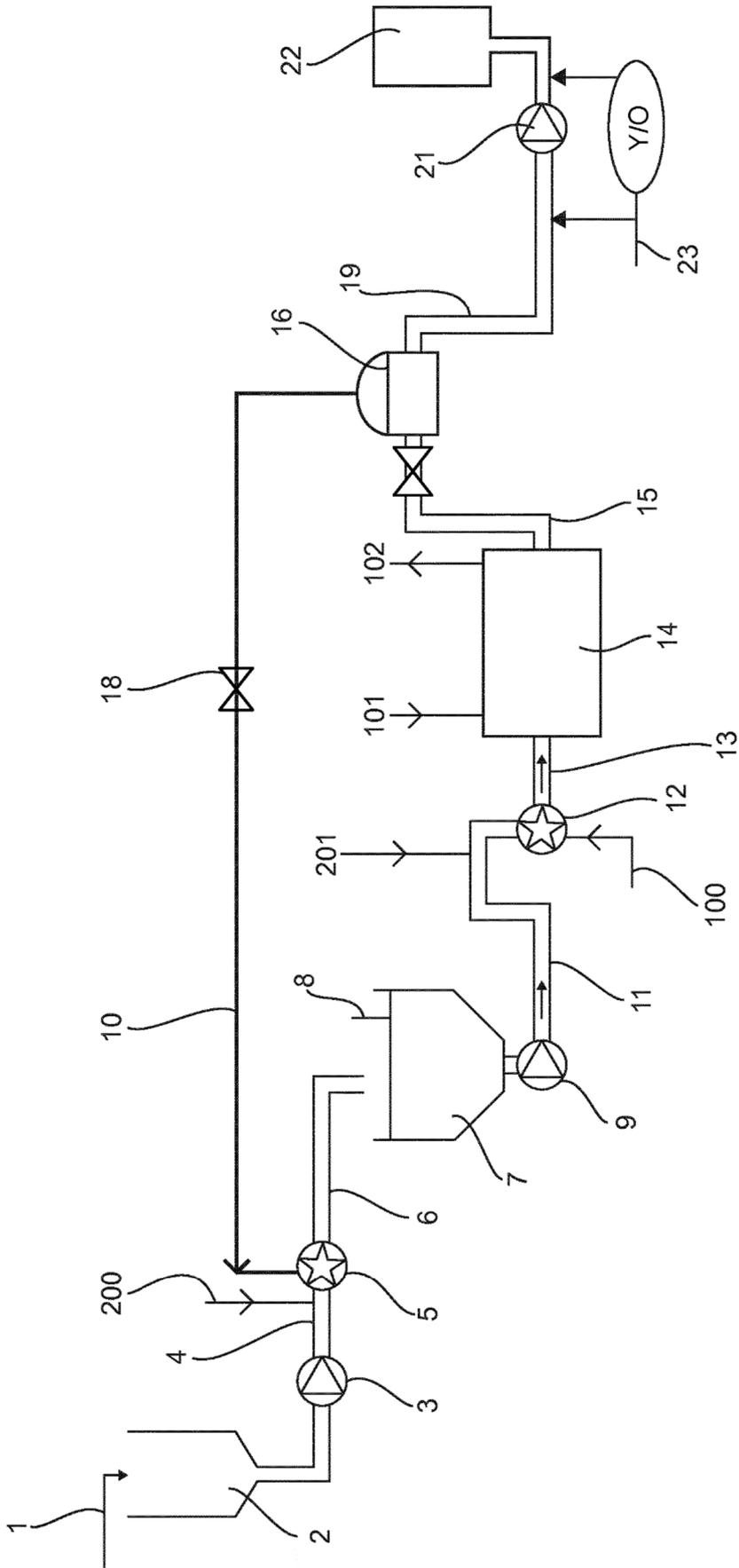


Fig. 10



**Fig. 11**

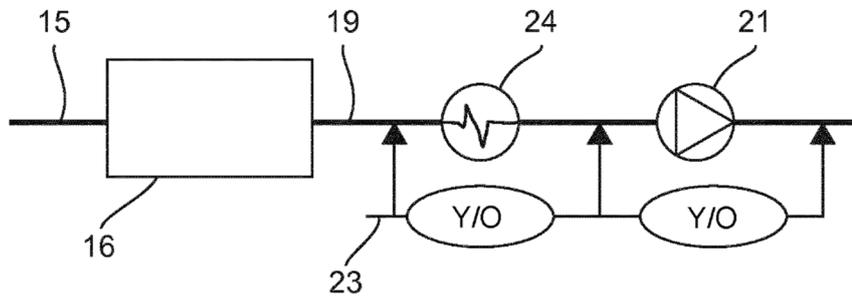


Fig. 12

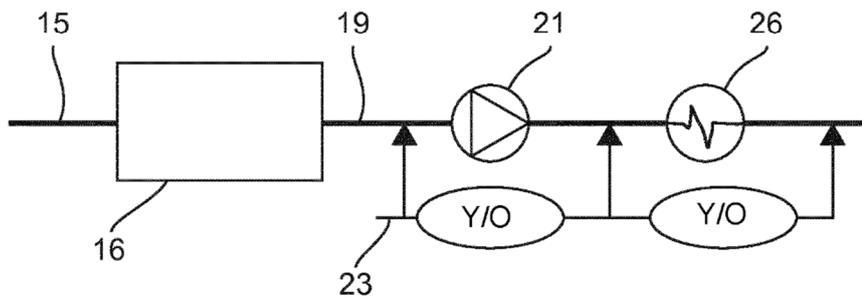


Fig. 13

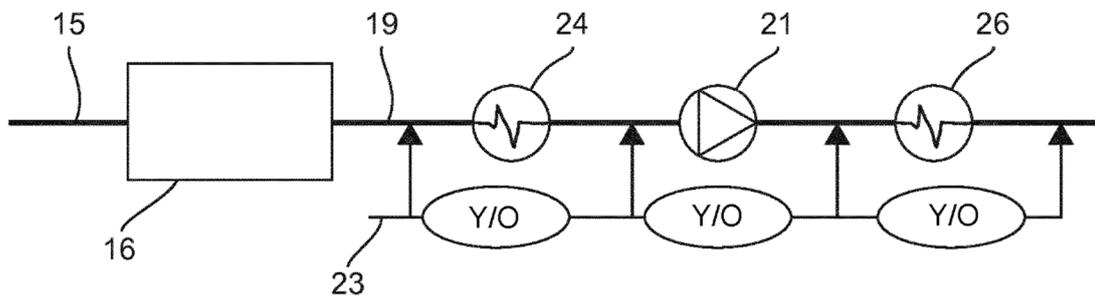


Fig. 14

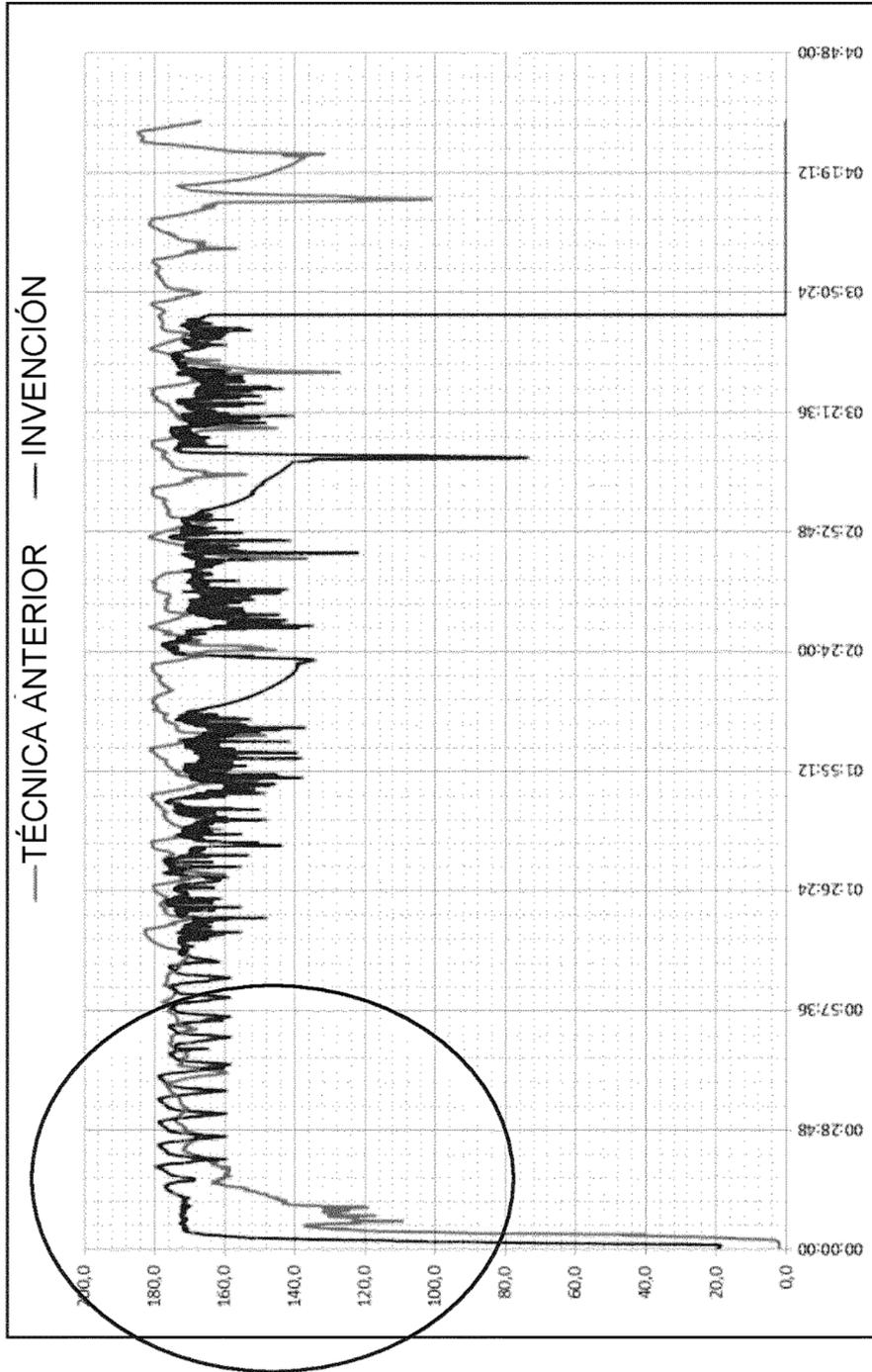


Fig. 15