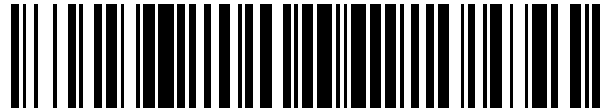


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 559 608**

51 Int. Cl.:

B09C 1/00 (2006.01)

B09C 1/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.06.2013 E 13171615 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.10.2015 EP 2674230**

54 Título: **Procedimiento e instalación de tratamiento de un suelo que contiene al menos un contaminante que hay que extraer**

30 Prioridad:

12.06.2012 FR 1255504

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

15.02.2016

73 Titular/es:

**GRS VALTECH (100.0%)
2/4 Avenue des Canuts, CS60320
69517 Vaulx-en-Velin Cedex, FR**

72 Inventor/es:

**GERLAND, EMMANUEL y
BOURDIN, CHRISTOPHE**

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 559 608 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 e instalación de tratamiento de un suelo que contiene al menos un contaminante que hay que extraer

5 **Sector de la técnica**

La invención se refiere a un procedimiento y a una instalación de tratamiento de un suelo que contiene al menos un contaminante que hay que extraer.

10 En particular, la invención se refiere a un procedimiento de tratamiento del tipo que prevé:

- calentar el suelo a una temperatura adaptada para producir en el suelo unos vapores que comprenden el contaminante en un estado gaseoso,
- captar los vapores por medio de un sistema de captación que comprende al menos un pozo de extracción hundido en el suelo.

15 **Estado de la técnica**

20 Un procedimiento de tratamiento de este tipo, llamado SVTE para Soil Venting Thermal Extraction, implementado *in situ* para descontaminar el suelo de un sitio permite concretamente librarse de los trabajos de excavación y de los problemas de transporte y de almacenamiento que generan. De esta manera, permite reducir los perjuicios para el entorno y, llegado el caso, la población cerca del sitio tratado. Permite igualmente aumentar la rapidez del tratamiento de descontaminación. En este sentido, no obstante sin limitarse a ello, el procedimiento SVTE responde perfectamente a las limitaciones inherentes a una aplicación en medio urbano, por ejemplo para tratar

25 contaminaciones orgánicas en el centro urbano, concretamente en el marco de una rehabilitación de un espacio urbano degradado. Además, los costes asociados a un tratamiento de descontaminación de este tipo pueden reducirse.

30 Unos procedimientos de tratamiento de un suelo conformes al preámbulo de la reivindicación 1 y unas instalaciones de tratamiento conformes al preámbulo de la reivindicación 9 se conocen por los documentos de los Estados Unidos US 6 543 539 y US 2004/228690.

Objeto de la invención

35 La invención tiene por objeto mejorar el procedimiento de tratamiento definido anteriormente y conocido por la técnica anterior.

Para ello, según un primer aspecto, la invención propone un procedimiento de tratamiento que presenta las características definidas en la parte caracterizadora de la reivindicación 1.

40 El procedimiento de tratamiento según la invención utiliza una o varias puntas calentadoras eléctricas para calentar el suelo. De esta manera, aprovecha únicamente la conductividad térmica del suelo. Como este parámetro es esencialmente constante sea cual sea la naturaleza de los terrenos, el rendimiento del tratamiento no queda afectado por las heterogeneidades del suelo, contrariamente a otros procedimientos que pueden ser tributarios de otros parámetros, como la conductividad hidráulica del suelo. Además, el tipo de punta calentadora utilizado ofrece un reparto y una difusión del calor mejorados sobre toda la longitud de la punta calentadora. De ello resulta una mejor uniformidad del tratamiento de descontaminación y una disminución de su duración.

50 En un modo de realización, el procedimiento de tratamiento puede prever, para calentar el suelo, la utilización de un polvo altamente compactado de partículas refractarias al calor en la masa de relleno.

Por otra parte, el procedimiento de tratamiento puede prever, para calentar el suelo, la disposición de una pluralidad de puntas calentadoras según una red que comprende al menos dos filas de puntas calentadoras, comprendiendo cada una de las filas una pluralidad de puntas calentadoras alineadas y equidistantes las unas con respecto a las

55 otras, siendo paralelas entre sí las filas de puntas calentadoras.

Además, el contaminante puede presentar una tensión de vapor, pudiendo prever el procedimiento de tratamiento, para calentar el suelo, llevar cada punta calentadora a una temperatura adaptada para alcanzar la tensión de vapor del contaminante en el suelo, en particular a una temperatura comprendida entre 400 °C y 1.000 °C.

60 El procedimiento de tratamiento puede prever, para captar los vapores, la disposición de al menos dos pozos de extracción a equidistancia de cada punta calentadora.

65 El procedimiento de tratamiento puede prever, para captar los vapores, poner el sistema de captación en depresión por medio de un dispositivo de aspiración del sistema de captación conectado a cada pozo de extracción.

El procedimiento de tratamiento puede prever, además, tratar los vapores por medio del sistema de captación, previendo dicho procedimiento de tratamiento concretamente la realización de al menos un tratamiento de los vapores elegido de entre:

- 5 - una recondensación de los vapores en una unidad de recondensación del sistema de captación,
- una termooxidación del contaminante que comprende un precalentamiento seguido de una oxidación en una unidad de termocatálisis del sistema de captación,
- una fotooxidación del contaminante que comprende una fotólisis mediante radiación ultravioleta combinada con una oxidación en una unidad de fotocátalisis del sistema de captación,
- 10 - una filtración en medio húmedo en un biofiltro del sistema de captación,
- una filtración sobre carbón activo en un filtro de carbón activo del sistema de captación.

El procedimiento de tratamiento puede prever, además, recuperar y tratar unas aguas por medio del sistema de captación, previendo dicho procedimiento de tratamiento concretamente la realización de al menos un tratamiento de las aguas elegido de entre:

- una separación mediante diferencia de densidades en un depósito del sistema de captación,
- una extracción de contaminante disuelto en las aguas mediante un fluido que atraviesa dichas aguas a contracorriente en un stripper del sistema de captación,
- 20 - una filtración sobre carbón activo en un filtro de carbón activo del sistema de captación.

Según un segundo aspecto, la invención propone una instalación de tratamiento para implementar el procedimiento de tratamiento definido anteriormente, comprendiendo dicha instalación de tratamiento:

- 25 - un sistema de calentamiento eléctrico adaptado para calentar el suelo a una temperatura adaptada para producir en el suelo unos vapores que comprenden el contaminante en un estado gaseoso, comprendiendo dicho sistema de calentamiento al menos una punta calentadora eléctrica y un dispositivo de alimentación con energía eléctrica, comprendiendo cada punta calentadora una funda hueca de material conductor de calor, al menos un elemento calentador eléctrico dispuesto en el interior de la funda y una masa de relleno de material eléctricamente aislante y conductor de calor, rellenando dicha masa de relleno la funda alrededor del elemento calentador, teniendo por objeto la funda de cada punta calentadora estar hundida en el suelo, teniendo por objeto el elemento calentador de cada punta calentadora estar conectado al dispositivo de alimentación,
- 30 - un sistema de captación adaptado para captar los vapores, comprendiendo dicho sistema de captación al menos un pozo de extracción que tiene por objeto estar hundido en el suelo, comprendiendo el sistema de captación al menos un captador de medida adaptado para medir al menos un parámetro de captación relativo a los vapores en el sistema de captación, como un parámetro de captación elegido de entre una concentración, un caudal, una presión y una temperatura de los vapores,
- 35 - una unidad de mando conectada al captador de medida y adaptada para regular la temperatura cada punta calentadora en función del parámetro de captación,
- 40 - estando adaptada la unidad de mando para:
 - memorizar al menos una rampa de consigna que manda un aumento de temperatura de la punta calentadora en una cantidad determinada en unos períodos determinados,
 - dirigir el aumento de temperatura de la punta calentadora de acuerdo con la rampa de consigna en tanto que el parámetro de captación está en un primer rango de valores determinado,
 - 45 - ralentizar el aumento de temperatura de la punta calentadora si el parámetro de captación está en un segundo rango de valores determinado, distinto del primer rango de valores.

En un modo de realización, la masa de relleno de cada punta calentadora puede comprender un polvo altamente compactado de partículas refractarias al calor.

50 El sistema de captación puede comprender un dispositivo de aspiración conectado a cada pozo de extracción y adaptado para poner el sistema de captación en depresión.

El sistema de captación puede estar adaptado, además, para tratar los vapores, comprendiendo dicho sistema de captación concretamente al menos un dispositivo de tratamiento de los vapores elegido de entre:

- una unidad de recondensación adaptada para realizar una recondensación de los vapores,
- una unidad de termocatálisis adaptada para realizar una termooxidación del contaminante que comprende un precalentamiento seguido de una oxidación,
- 60 - una unidad de fotocátalisis adaptada para realizar una fotooxidación del contaminante que comprende una fotólisis mediante radiación ultravioleta combinada con una oxidación,
- un biofiltro adaptado para realizar una filtración en medio húmedo,
- un filtro de carbón activo adaptado para realizar una filtración sobre carbón activo.

65 El sistema de captación puede estar adaptado, además, para recuperar y tratar unas aguas, comprendiendo dicho sistema de captación concretamente al menos un dispositivo de tratamiento de las aguas elegido de entre:

- un depósito adaptado para realizar una separación mediante diferencia de densidades,
- un stripper adaptado para realizar una extracción de contaminante disuelto en las aguas mediante un fluido que atraviesa dichas aguas a contracorriente,
- 5 - un filtro de carbón activo adaptado para realizar una filtración sobre carbón activo.

Descripción de las figuras

10 Otros objetos y ventajas de la invención se mostrarán tras la lectura de la descripción que sigue de un modo de realización particular de la invención dado a título de ejemplo no limitativo, haciéndose la descripción con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

- la figura 1 es una representación esquemática de una instalación de tratamiento instalada sobre un suelo que contiene uno o varios contaminantes, implementando la instalación de tratamiento un procedimiento de tratamiento según un modo de realización de la invención para extraer el o los contaminantes y descontaminar el suelo,
- 15 - la figura 2 es una representación con vista frontal de una punta calentadora eléctrica utilizada en la instalación de tratamiento de la figura 1 para calentar el suelo para producir en el suelo unos vapores que contienen el contaminante en el estado gaseoso,
- 20 - la figura 3 es una representación esquemática con corte longitudinal de la punta calentadora de la figura 2,
- la figura 4 es una representación esquemática de una red de puntas calentadoras eléctricas y de pozos de extracción de un sistema de captación de la instalación de tratamiento de la figura 1, estando adaptado cada pozo de extracción para captar los vapores producidos en el suelo,
- la figura 5 es una representación en perspectiva de una parte de la red de puntas calentadoras y de pozos de extracción, que ilustra una dispersión de calor a lo largo de una de las puntas calentadoras,
- 25 - la figura 6 es una representación esquemática de una unidad de recondensación del sistema de captación de la instalación de tratamiento de la figura 1 adaptada para realizar una recondensación de los vapores,
- la figura 7 es una representación esquemática de una unidad de fotocátalisis del sistema de captación de la instalación de tratamiento de la figura 1 adaptada para realizar una fotooxidación del contaminante que comprende una fotólisis mediante radiación ultravioleta combinada con una oxidación,
- 30 - la figura 8 es una representación esquemática de un reactor de la unidad de fotocátalisis de la figura 7,
- la figura 9 es una representación esquemática de un biofiltro del sistema de captación de la instalación de tratamiento de la figura 1 adaptado para realizar una filtración en medio húmedo,
- la figura 10 es una representación esquemática de un filtro de carbón activo del sistema de captación de la instalación de tratamiento de la figura 1 adaptado para realizar una filtración sobre carbón activo,
- 35 - la figura 11 es una representación esquemática de dispositivos de tratamiento de las aguas del sistema de captación de la instalación de tratamiento de la figura 1.

40 En las figuras, las mismas referencias designan elementos idénticos o análogos.

Descripción detallada de la invención

45 La figura 1 representa una instalación de tratamiento 1 instalada sobre un sitio 2 que tiene un suelo 3 que contiene uno o varios contaminantes. La instalación de tratamiento 1 está adaptada para la implementación de un procedimiento SVTE (para Soil Venting Thermal Extraction) de tratamiento del suelo 3 *in situ* con vistas a extraer los contaminantes y a descontaminar el suelo 3 del sitio 2.

La instalación de tratamiento 1 comprende:

- 50 - un sistema de calentamiento 5 adaptado para calentar el suelo 3 para producir en el suelo 3 que va a tratarse unos vapores que contienen los contaminantes que van a extraerse en un estado gaseoso,
- un sistema de captación 15 adaptado para captar los vapores producidos en el suelo 3.

55 El sistema de calentamiento 5 es eléctrico y comprende una o varias puntas calentadoras eléctricas 6 y un dispositivo de alimentación con energía eléctrica 7.

60 Como se representa en las figuras 2 y 3, cada punta calentadora 6 comprende una funda 8 hueca de material conductor de calor que tiene por objeto estar hundida en el suelo 3. En particular, la funda 8 puede estar formada mediante un tubo cilíndrico, concretamente de sección circular, según un eje A, preferentemente rectilíneo, de metal como acero. En el interior de la funda 8, la punta calentadora 6 comprende igualmente de uno a tres elementos calentadores eléctricos, como unas resistencias eléctricas 9 en forma de serpentín, y una masa de relleno 10 en la que están sumergidas las resistencias eléctricas 9. La masa de relleno 10 puede estar constituida por un polvo altamente compactado de partículas refractarias al calor, de material eléctricamente aislante y conductor de calor, como óxido de magnesio o magnesia (MgO). Cada resistencia eléctrica 9 incluye en un extremo superior 9a, que tiene por objeto colocarse por el lado de una superficie horizontal exterior del suelo 3, unos conectores 11 dispuestos para permitir una conexión eléctrica de la resistencia eléctrica 9 al dispositivo de alimentación 7. Cada punta

calentadora 6 puede estar equipada igualmente con un termopar 12 (visible en la figura 6) que tiene como objetivo protegerla contra unas sobretemperaturas y que permite igualmente la regulación de su temperatura y, por lo tanto, la energía suministrada como se mostrará en lo que sigue de la descripción.

5 La invención no se limita a la estructura anteriormente descrita de la punta calentadora 6. Como variante, cada punta calentadora 6 podría comprender una sola resistencia eléctrica 9. Por otra parte, cada resistencia eléctrica 9 podría insertarse en un tubo intermedio conductor de calor recibido en la funda 8, estando fija la resistencia eléctrica 9 en el interior del tubo intermedio mediante una masa de relleno de material eléctricamente aislante y conductor de calor idéntica o diferente de una eventual masa de relleno entre el tubo intermedio y la funda 8. Además, podrían utilizarse otros materiales aislantes eléctricamente y conductores de calor bajo otras formas.

10 Unos ejemplos de puntas calentadoras 6 que pueden implementarse en el sistema de calentamiento 5 de la instalación de tratamiento 1 según la invención se describen en las patentes de los Estados Unidos US 2 767 288, US 3 305 820 y US 3 340 382. Pueden utilizarse concretamente unas puntas calentadoras 6 comercializadas por la compañía WATLOW® bajo la marca MULTICELL®.

15 El sistema de captación 15 comprende uno o varios pozos de extracciones 16, un dispositivo de aspiración 17, uno o varios dispositivos de tratamiento de los vapores 18 y uno o varios dispositivos de tratamientos de las aguas 19.

20 Cada pozo de extracción 16 tiene por objeto estar hundido en el suelo 3. El pozo de extracción 16 puede realizarse con un tubo cilíndrico, concretamente de sección circular, según un eje B, preferentemente rectilíneo, con metal como acero. En particular, el tubo puede presentar una pared maciza sobre una longitud del tubo determinada, por ejemplo 3 m, desde un extremo superior 16a que tiene por objeto colocarse por el lado de la superficie horizontal exterior del suelo 3. La pared del tubo puede estar tamizada sobre el resto de la longitud del tubo. Un tapón, por ejemplo de bentonita o similar, puede disponerse sobre una parte de la pared maciza con el fin de asegurar una estanquidad perfecta, por ejemplo a una distancia de 2 m del extremo superior del tubo. Una parte anular sobre la pared tamizada puede colmarse mediante un elemento filtrante como una gravilla filtrante rodada calibrada. Cada pozo de extracción 16 puede estar equipado con una cabeza de pozo sobre la que se habilitan unos picados con el fin de poder realizar un muestreo de los gases del suelo tomados de los vapores.

30 El sistema de captación 15 comprende uno o varios captadores de medida 20 adaptados cada uno para medir un parámetro de captación relativo a los vapores producidos en el suelo, como una temperatura, una presión, una concentración o un caudal de los vapores. De esta manera, pueden instaurarse en los picados previstos sobre cada cabeza de pozo unos termopares 20a acoplados a unos captadores de medida de depresión de control.

35 La instalación de tratamiento 1 comprende igualmente una unidad de mando 25 conectada a los captadores de medidas 20 y programada para mandar el funcionamiento de la instalación de tratamiento 1 en función de datos que se refieren al suelo 3 recogidos previamente al tratamiento, pero igualmente unos parámetros de captación medidos en el transcurso del tratamiento.

40 En las figuras 1 y 4, la funda 8 de cada punta calentadora 6 está hundida en el suelo 3 que va a tratarse hasta una profundidad deseada, definida según los parámetros geológicos, hidrogeológicos y las concentraciones medidas en un estado inicial. En particular, se disponen varias puntas calentadoras 6 según una red que comprende varias filas, por ejemplo cuatro en la figura 4, de puntas calentadoras 6. Cada fila comprende una pluralidad de puntas calentadoras 6 alineadas y separadas las unas de las otras según un paso determinado. Cada punta calentadora 6 se dispone entonces a equidistancia de las puntas calentadoras 6 adyacentes de la misma fila. En la figura 4, dos filas adyacentes están paralelas entre sí y desviadas en un semipaso. Los conectores 11 de las resistencias eléctricas 9 están conectados al dispositivo de alimentación 7.

50 La red comprende igualmente varios pozos de extracción 16 hundidos en el suelo 3 a una profundidad variable, en el corazón del penacho de contaminación. Al menos dos pozos de extracción 16, por ejemplo tres en la figura 4, se disponen a equidistancia de cada punta calentadora 6. Cada pozo de extracción 16 se une a los otros pozos de extracción 16 de la red por medio de un flexible metálico y de una válvula que permite aislar (aislamiento gaseoso) el pozo de extracción 16 del resto de la red. El conjunto de los pozos de extracción 16 de la red y de los flexibles completamente metálicos permite garantizar la equipotencialidad total del sistema de captación 15. La red de pozos de extracción 16 está, por otra parte, conectada al dispositivo de aspiración 17, como un ventilador de extracción, para poder poner el sistema de captación 15 en depresión.

60 Según el procedimiento SVTE, el suelo 3 se calienta en el lugar al nivel de las zonas contaminadas a una temperatura que permite alcanzar una tensión de vapor de los contaminantes suficiente con el fin de facilitar su extracción mediante venting. De acuerdo con el tipo de contaminante, las puntas calentadoras 6 pueden suministrar una potencia de 1,5 kW por metro y llevarse a una temperatura comprendida entre 400 °C y 1.000 °C. Entonces, puede operarse una dispersión de calor representada en la figura 5 hasta alcanzar la temperatura mínima en límite de radio de acción que permite alcanzar la tensión de vapor de los contaminantes prevista.

65 La potencia de las puntas calentadoras 6 se regula mediante unos variadores de potencia con recorte. En particular, la unidad de mando 25 puede regular la temperatura de cada punta calentadora 6 en función de uno o varios

ES 2 559 608 T3

parámetros de captación. La subida de temperatura de la zona que va a descontaminarse depende de la temperatura de las puntas calentadoras 6 y de la curva de respuesta del terreno. Con el fin de dominar esta, la subida de temperatura de las puntas calentadoras 6 se hace por medio de una rampa de consigna memorizada en la unidad de mando 25 y que manda un aumento de temperatura de la punta calentadora 6 en una cantidad determinada, por ejemplo 100 °C, en unos períodos determinados, por ejemplo cada semana.

La unidad de mando 25 dirige el aumento de temperatura de la punta calentadora 6 de acuerdo con la rampa de consigna en tanto que el o los parámetros de captación están en unos primeros rangos de valores determinados respectivos.

La subida de temperatura no es, preferentemente, acelerada. Cuando el o los parámetros de captación se encuentran en unos segundos rangos de valores determinados respectivos, distintos de los primeros rangos de valores, en particular, cuando el o los parámetros de captación se salen de sus primeros rangos de valores respectivos, la subida de temperatura de cada punta calentadora 6 podrá ralentizarse en función concretamente de las concentraciones extraídas, de las depresiones y de las temperaturas medidas en las cabezas de pozos.

Bajo el efecto del calor, los contaminantes pasan al estado gaseoso, después se captan mediante los pozos de extracción 16 del sistema de captación 15 puesto en depresión.

En el modo de realización representado, el sistema de captación 15 comprende igualmente varios dispositivos de tratamiento de los vapores 18.

La figura 6 representa una unidad de recondensación 30 que asegura un pretratamiento de los vapores que consiste en una recondensación de los vapores extraídos mediante los pozos de extracción 16 mediante el paso a través de un sistema de intercambiadores de calor y de desvesiculadores. La unidad de recondensación comprende un grupo frío 31, un aerorrefrigerante 32 y un contenedor "skid de condensación – intercambiador desvesiculador" 33 que permiten enfriar los vapores a una temperatura de 7 °C. Todos los líquidos procedentes de esta recondensación se transfieren a los dispositivos de tratamiento de las aguas 19, descritos más adelante.

El conjunto del sistema de captación 15 se considera como una zona ATEX 1 o 2 y se trata como tal. Un ventilador 34 mantiene una depresión en la unidad de recondensación 30. El ventilador 34 así como la parte baja de la unidad de recondensación 30 están desclasificados en zona sin peligro por medio de una regulación de un valor de explosividad que actúa sobre una válvula de dilución. La regulación se fija, por ejemplo, en un máximo de un 25 % del L.I.E (Límite Inferior de Explosividad) con un corte de seguridad en un 50 %. Estos valores podrán calibrarse y fijarse sobre los gases más limitantes.

El conjunto de los parámetros de captación que se refieren concretamente a la temperatura a la entrada y a la salida, la depresión aguas arriba y aguas abajo y la explosividad pueden medirse mediante unos captadores de medida 20 apropiados y registrarse en continuo mediante la unidad de mando 25. Por otra parte, podrán editarse en cualquier momento, por ejemplo bajo forma de tablas y/o de gráficos.

El sistema de captación 15 puede comprender igualmente una unidad de termocatálisis (CATOX). El principio de la termocatálisis consiste en oxidar violentamente los contaminantes orgánicos para producir sustancialmente CO₂ y agua. Para producir esta oxidación, los vapores se precalientan, después se introducen en un reactor catalítico. El precalentamiento puede, por ejemplo, asegurarse mediante unas resistencias eléctricas. Para garantizar una buena eficacia, los vapores se introducen en el reactor catalítico a una temperatura mínima de 320 °C.

A título de ejemplo no limitativo, las características de la unidad de termocatálisis que puede implementarse son las siguientes:

- caudal de aire tratado de 1.000 m³/h,
- concentración máxima a la entrada: 15 % de L.I.E (Hexano),
- dimensiones: 6.000 mm x 2.500 mm x 2.700 mm,
- masa: 5 toneladas,
- potencia eléctrica instalada: 50 kW.

La reacción es fuertemente exotérmica. El calor generado en el reactor catalítico permite asegurar, por medio de un intercambiador térmico, una parte (o la totalidad en condiciones autotermas) del recalentamiento de los vapores entrantes. Este aumento de temperatura constituye igualmente un límite técnico para las concentraciones máximas admisibles en los vapores entrantes (temperatura máxima admisible a la salida de catalizador: 480 °C a 500 °). Por consiguiente, en el ejemplo precitado, los vapores se introducen en la unidad de termocatálisis con un flujo de entrada limitado a 11 g/m³.

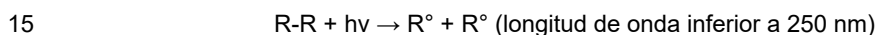
La unidad de termocatálisis puede montarse en contenedor, equipada con un armario de mando y con un conjunto de automatismos y de módulos de seguridad necesarios, como un autómatas programable con regulación PID para el control de precalentamiento de los vapores, unas válvulas automáticas de cierre de la red del sistema de captación

15 en caso de anomalía, una válvula de dilución en caso de llegada de concentraciones demasiado elevadas (riesgo de subida de temperatura), un control y un registro de los caudales y de las concentraciones.

5 Las figuras 7 y 8 representan una unidad de fotocatalisis 35 del sistema de captación 15 de la instalación de tratamiento 1. La unidad de fotocatalisis 35 realiza una fotooxidación en el transcurso de la que los vapores contaminados pueden tratarse a baja temperatura. A título de ejemplo no limitativo, la fotooxidación es de tipo ultravioleta (UV) catalizada.

10 La unidad de fotocatalisis 35 comprende un reactor fotocatalítico 36, representado en la figura 8, en el que se producen numerosas reacciones. En primer lugar, se observa una fotólisis de la molécula anotada R-R (como por ejemplo cis 1,2 dicloro-etileno) bajo el efecto de una radiación UV producida mediante unas fuentes UV 37.

La reacción de fotólisis se escribe:

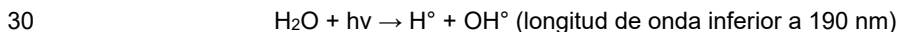


Los productos de esta fotólisis reaccionan a continuación con diferentes agentes oxidantes producidos al mismo tiempo en el reactor fotocatalítico 36 a partir del oxígeno del aire o de la humedad del flujo de vapores. El dióxigeno del aire sufre igualmente una fotólisis de la que resulta una formación de ozono según las reacciones siguientes:



25 Esta reacción es reversible para una longitud de onda inferior a 250 nm.

La humedad del flujo de aire permite igualmente la producción del radical OH° que posee un fuerte poder oxidante según la reacción siguiente:



35 El reactor fotocatalítico 35 puede recurrir ventajosamente a un catalizador TiO2 fijado sobre un soporte 38 híbrido que combina el dióxido de titanio y carbón activo. La adsorción de contaminantes sobre un sustrato inerte que posee una fuerte porosidad y su difusión hacia las partículas de TiO2 permite aumentar localmente las concentraciones y, por lo tanto, las cinéticas de degradación. Además, los intermedios de reacción tienen una fuerte probabilidad de reabsorberse sobre el soporte y de degradarse de nuevo. Por lo tanto, se liberan escasamente a la atmósfera.

40 La unidad de fotocatalisis 35 permite obtener un excelente rendimiento sobre los disolventes clorados o incluso, en una menor medida, sobre los BTEX. Sin embargo, la eficacia es más limitada sobre los hidrocarburos alcanos y los etanos (en el mejor de los casos un 40 %).

45 La reacción de fotooxidación produce al final CO2, agua y ácido clorhídrico HCl. El ácido clorhídrico puede eliminarse con la ayuda de una torre de lavado 39 en la que se efectúa un lavado con agua adicionada con sosa NaOH. El Ph se regula en 8 con el fin de obtener un buen rendimiento de lavado. La desconcentración se manda mediante una medida de conductividad. Las aguas de desconcentración se reenvían al tratamiento de las aguas.

50 Cada unidad de fotocatalisis 35 puede estar equipada con una medida Hct mediante fotoionización (PID) 41 con el fin de seguir su rendimiento de degradación y con un ventilador 40 que permite garantizar una depresión en el interior del reactor fotocatalítico 36 y, de esta manera, evitar cualquier riesgo de fuga de ozono. La unidad de fotocatalisis 35 puede estar equipada igualmente con captadores de medida 20 de caudal, de presión y de temperatura en continuo con el fin de seguir su buen funcionamiento, pudiéndose extraer unas tablas y unos gráficos de seguimiento de las medidas efectuadas mediante los captadores de medida.

55 Al garantizar la unidad de fotocatalisis 35 solo un rendimiento de un 40 % a un 90 %, puede instaurarse un nivel de tratamiento mediante biofiltro 45, representado en la figura 9. En particular, el biofiltro 45 puede optimizarse con un sistema de gestión de la humedad, un rociado en continuo, una recuperación de las aguas y/o una bioestimulación.

60 El biofiltro 45 se realiza, por ejemplo, bajo forma de andana equipada con membranas 46 por encima y por debajo con el fin de garantizar su estanquidad. Su composición principal es a base de compost que permite una mejor difusión que otros elementos más bastos tipo cortezas, etc. Puede integrarse carbón activo en su composición, que permite de esta manera atenuar los picos de contaminaciones. El principal parámetro que garantiza un rendimiento importante del biofiltro en funcionamiento es su tasa de humedad. Para garantizar una tasa óptima de humedad, el biofiltro puede rociarse permanentemente. Las percolaciones se recuperan y pasan por un reactor de bioestimulación 47, antes de reinyectarse. La temperatura del reactor de bioestimulación 47 puede regularse, equipado con un sistema de ventilación y con un sistema de dosificación de nutrientes. El rendimiento del biofiltro 65 45 puede controlarse mediante los analizadores de COV con fotoionización (PID).

- En la figura 10, puede operarse un tratamiento de acabado del aire sobre carbón activo antes de rechazo a la atmósfera con el fin de garantizar los umbrales de rechazos admisibles. Para ello, un filtro de carbón activo 50 puede estar equipado con un ventilador 51 y con sondas de medida de depresión abajo y de medida de presión arriba con el fin de garantizar, por una parte, la ausencia de fuga y, por otra parte, que el carbón no está colmatado. Cada filtro de carbón activo 50 puede estar equipado con un analizador de COV con fotoionización PID que mide mediante secuenciación la entrada y la salida del filtro con el fin de garantizar su buen funcionamiento y la conformidad de los rechazos. Los valores del PID, así como las presiones y depresiones pueden registrarse en continuo mediante la unidad de mando.
- El conjunto de las aguas, que incluye cualquier tipo de líquido, que resulta del tratamiento de vapores pueden recuperarse mediante diferentes dispositivos de tratamiento de las aguas 19 del sistema de captación 15 representados en la figura 11.
- Las aguas pueden, en particular, dirigirse hacia una cuba tampón 42 (visible en la figura 7) que permite gestionar las fluctuaciones de caudal y reenviar un caudal estabilizado hacia los dispositivos de tratamiento de las aguas 19.
- El sistema de captación 15 puede comprender concretamente un depósito 55 adaptado para realizar una separación de los líquidos mediante diferente de densidades. El depósito 55 puede estar equipado con un primer nivel de "desengrasado" que permite recuperar tanto los sobrenadantes como las coladas con la ayuda de un juego de electroválvulas EV y de una bomba peristáltica 56 mandada mediante unas sondas de interfaces. Los flotantes y coladas recuperados pueden almacenarse en un recipiente sobre retención 57.
- Las aguas recuperadas pueden tratarse igualmente sobre un stripper 60, por ejemplo del tipo con columna, en el que se utiliza un fluido que atraviesa las aguas a contracorriente para disolver los contaminantes. A continuación, las aguas pueden filtrarse sobre carbón activo en uno o varios filtros de carbón activo 65 antes de rechazo a las aguas residuales.
- La unidad de mando 25 está conectada a cada uno de los dispositivos de tratamiento de los vapores 18 y de las aguas 19 para mandarlos y, llegado el caso, registrar los datos y los parámetros de captación medidos concretamente mediante los captadores de medida 20 del sistema de captación 15.
- Para asegurar un control del tratamiento realizado mediante la instalación de tratamiento 1 descrita anteriormente, puede realizarse una medida de la concentración de contaminante en el aire extraído, así como un cálculo de la cantidad de contaminante en el aire extraído mediante integración con el caudal. Puede realizarse igualmente un pesaje del volumen de contaminante extraído en fase líquida durante el envío a eliminación. Por otra parte, la extracción de los vapores en cada uno de los pozos de extracción 16 puede ajustarse mediante control de las concentraciones al PID y de las depresiones con la ayuda de un manómetro electrónico durante campañas de seguimiento. Además, pueden efectuarse mediante unos equipos específicos operaciones puntuales de seguimiento, de tomas, de compañías de análisis, así como operaciones de mantenimiento.
- Puede hacerse un seguimiento de la descontaminación principalmente mediante el seguimiento de las cantidades extraídas y de las concentraciones sobre cada pozo de extracción. Estas cantidades y concentraciones aumentan en un primer momento a medida que sube de temperatura el sistema de calentamiento 5. Una vez que el sistema de calentamiento 5 ha alcanzado su nivel óptimo, disminuyen de acuerdo con una curva de decrecimiento exponencial.
- Aunque descritos en combinación los unos con los otros dentro de una misma instalación de tratamiento 1, los tratamientos descritos anteriormente podrían realizarse independientemente los unos de los otros. Además, solo podría realizarse una parte de estos tratamientos. Para ello, cada uno de los dispositivos para implementar los tratamientos puede utilizarse independientemente de los otros dispositivos y solo puede utilizarse una parte de los dispositivos para implementar los tratamientos. Además, uno o varios de los tratamientos descritos anteriormente, así como uno o varios de los dispositivos descritos anteriormente, podrían implementarse en otras aplicaciones que no sean la del tratamiento de descontaminación de un suelo y, en particular, en otra instalación que no sea la descrita anteriormente. Por lo tanto, los tratamientos y las unidades correspondientes pueden ser independientes concretamente de la utilización de las puntas calentadoras eléctricas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de tratamiento de un suelo (3) que contiene al menos un contaminante que hay que extraer, previendo dicho procedimiento de tratamiento:

- calentar el suelo (3) a una temperatura adaptada para producir en el suelo (3) unos vapores que comprenden el contaminante en un estado gaseoso,
- captar los vapores por medio de un sistema de captación (15) que comprende al menos un pozo de extracción (16) hundido en el suelo (3),

previendo dicho procedimiento de tratamiento, para calentar el suelo (3):

- utilizar un sistema de calentamiento (5) eléctrico que comprende al menos una punta calentadora (6) eléctrica y un dispositivo de alimentación (7) con energía eléctrica, comprendiendo cada punta calentadora (6) una funda (8) hueca de material conductor de calor, al menos un elemento calentador (9) eléctrico dispuesto en el interior de la funda (8) y una masa de relleno (10) de material eléctricamente aislante y conductor de calor, rellenando dicha masa de relleno (10) la funda (8) alrededor del elemento calentador (9),
- hundir la funda (8) de cada punta calentadora (6) en el suelo (3),
- conectar el elemento calentador (9) de cada punta calentadora (6) al dispositivo de alimentación (7),
- medir al menos un parámetro de captación relativo a los vapores en el sistema de captación (15), como un parámetro de captación elegido de entre una concentración, un caudal, una presión y una temperatura de los vapores, mediante al menos un captador de medida (20) del sistema de captación (15),
- regular la temperatura de cada punta calentadora (6) en función del parámetro de captación mediante una unidad de mando (25) conectada al captador de medida (20),

estando dicho procedimiento de tratamiento **caracterizado por que** prevé, para regular la temperatura de cada punta calentadora (6):

- memorizar al menos una rampa de consigna que manda un aumento de temperatura de la punta calentadora (6) en una cantidad determinada en unos períodos determinados,
- dirigir el aumento de temperatura de la punta calentadora (6) de acuerdo con la rampa de consigna en tanto que el parámetro de captación está en un primer rango de valores determinado,
- ralentizar el aumento de temperatura de la punta calentadora (6) si el parámetro de captación está en un segundo rango de valores determinado, distinto del primer rango de valores.

2. Procedimiento de tratamiento según la reivindicación 1, que prevé, para calentar el suelo (3), la utilización de un polvo altamente compactado de partículas refractarias al calor en la masa de relleno (10).

3. Procedimiento de tratamiento según la reivindicación 1 o 2, que prevé, para calentar el suelo (3), la disposición de una pluralidad de puntas calentadoras (6) según una red que comprende al menos dos filas de puntas calentadoras (6), comprendiendo cada una de las filas una pluralidad de puntas calentadoras (6) alineadas y equidistantes las unas con respecto a las otras, siendo paralelas entre sí las filas de puntas calentadoras (6).

4. Procedimiento de tratamiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el contaminante presenta una tensión de vapor, previendo dicho procedimiento de tratamiento para calentar el suelo (3), llevar cada punta calentadora (6) a una temperatura adaptada para alcanzar la tensión de vapor del contaminante en el suelo (3), en particular a una temperatura comprendida entre 400 °C y 1.000 °C.

5. Procedimiento de tratamiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que prevé, para captar los vapores, la disposición de al menos dos pozos de extracción (16) equidistantes de cada punta calentadora (6).

6. Procedimiento de tratamiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que prevé, para captar los vapores, poner el sistema de captación (15) en depresión por medio de un dispositivo de aspiración (17) del sistema de captación (15) conectado a cada pozo de extracción (16).

7. Procedimiento de tratamiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que prevé, además, tratar los vapores por medio del sistema de captación (15), previendo dicho procedimiento de tratamiento concretamente la realización de al menos un tratamiento de los vapores elegido de entre:

- una recondensación de los vapores en una unidad de recondensación (30) del sistema de captación (15),
- una termooxidación del contaminante que comprende un precalentamiento seguido de una oxidación en una unidad de termocatálisis del sistema de captación (15),
- una fotooxidación del contaminante que comprende una fotólisis mediante radiación ultravioleta combinada con una oxidación en una unidad de fotocatalisis (35) del sistema de captación (15),
- una filtración en medio húmedo en un biofiltro (45) del sistema de captación (15),
- una filtración sobre carbón activo en un filtro de carbón activo (50) del sistema de captación (15).

8. Procedimiento de tratamiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que prevé, además, recuperar y tratar unas aguas por medio del sistema de captación (15), previendo dicho procedimiento de tratamiento concretamente la realización de al menos un tratamiento de las aguas elegido de entre:

- 5 - una separación mediante diferencia de densidades en un depósito (55) del sistema de captación (15),
- una extracción de contaminante disuelto en las aguas mediante un fluido que atraviesa dichas aguas a contracorriente en un stripper (60) del sistema de captación (15),
- una filtración sobre carbón activo en un filtro de carbón activo (65) del sistema de captación (15).

10 9. Instalación de tratamiento (1) para implementar el procedimiento de tratamiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, comprendiendo dicha instalación de tratamiento (1):

- 15 - un sistema de calentamiento (5) eléctrico adaptado para calentar el suelo (3) a una temperatura adaptada para producir en el suelo (3) unos vapores que comprenden el contaminante en un estado gaseoso, comprendiendo dicho sistema de calentamiento (5) al menos una punta calentadora (6) eléctrica y un dispositivo de alimentación (7) de energía eléctrica, comprendiendo cada punta calentadora (6) una funda (8) hueca de material conductor de calor, al menos un elemento calentador (9) eléctrico dispuesto en el interior de la funda (8) y una masa de relleno (10) de material eléctricamente aislante y conductor de calor, rellenando dicha masa de relleno (10) la funda (8) alrededor del elemento calentador (9), teniendo por objeto la funda (8) de cada punta calentadora (6) estar hundida en el suelo (3), teniendo por objeto el elemento calentador (9) de cada punta calentadora (6) estar conectado al dispositivo de alimentación (7),
- 20 - un sistema de captación (15) adaptado para captar los vapores, comprendiendo dicho sistema de captación (15) al menos un pozo de extracción (16) que tiene por objeto estar hundido en el suelo (3), comprendiendo el sistema de captación (15) al menos un captador de medida (20) adaptado para medir al menos un parámetro de captación relativo a los vapores en el sistema de captación (15), como un parámetro de captación elegido de entre una concentración, un caudal, una presión y una temperatura de los vapores,
- 25 - una unidad de mando (25) conectada al captador de medida (20) y adaptada para regular la temperatura de cada punta calentadora (6) en función del parámetro de captación, estando la unidad de mando (25) **caracterizada por el hecho de que** está adaptada para:

30 memorizar al menos una rampa de consigna que manda un aumento de temperatura de la punta calentadora (6) en una cantidad determinada en unos períodos determinados, dirigir el aumento de temperatura de la punta calentadora (6) de acuerdo con la rampa de consigna en tanto que el parámetro de captación está en un primer rango de valores determinado,

35 ralentizar el aumento de temperatura de la punta calentadora (6) si el parámetro de captación está en un segundo rango de valores determinado, distinto del primer rango de valores.

40 10. Instalación de tratamiento (1) según la reivindicación 9, en la que la masa de relleno (10) de cada punta calentadora (6) comprende un polvo altamente compactado de partículas refractarias al calor.

45 11. Instalación de tratamiento (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 10, en la que el sistema de captación (15) comprende un dispositivo de aspiración (17) conectado a cada pozo de extracción (16) y adaptado para poner el sistema de captación (15) en depresión.

50 12. Instalación de tratamiento (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en la que el sistema de captación (15) está adaptado, además, para tratar los vapores, comprendiendo dicho sistema de captación (15) concretamente al menos un dispositivo de tratamiento de los vapores (18) elegido de entre:

- 55 - una unidad de recondensación (30) adaptada para realizar una recondensación de los vapores,
- una unidad de termocatálisis adaptada para realizar una termooxidación del contaminante que comprende un precalentamiento seguido de una oxidación,
- una unidad de fotocatalálisis (35) adaptada para realizar una fotooxidación del contaminante que comprende una fotólisis mediante radiación ultravioleta combinada con una oxidación,
- 60 - un biofiltro (45) adaptado para realizar una filtración en medio húmedo,
- un filtro de carbón activo (50) adaptado para realizar una filtración sobre carbón activo.

65 13. Instalación de tratamiento (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, en la que el sistema de captación (15) está adaptado, además, para recuperar y tratar unas aguas, comprendiendo dicho sistema de captación (15) concretamente al menos un dispositivo de tratamiento de las aguas (19) elegido de entre:

- un depósito (55) adaptado para realizar una separación mediante diferencia de densidades,
- un stripper (60) adaptado para realizar una extracción de contaminante disuelto en las aguas mediante un fluido que atraviesa dichas aguas a contracorriente,
- un filtro de carbón activo (65) adaptado para realizar una filtración sobre carbón activo.

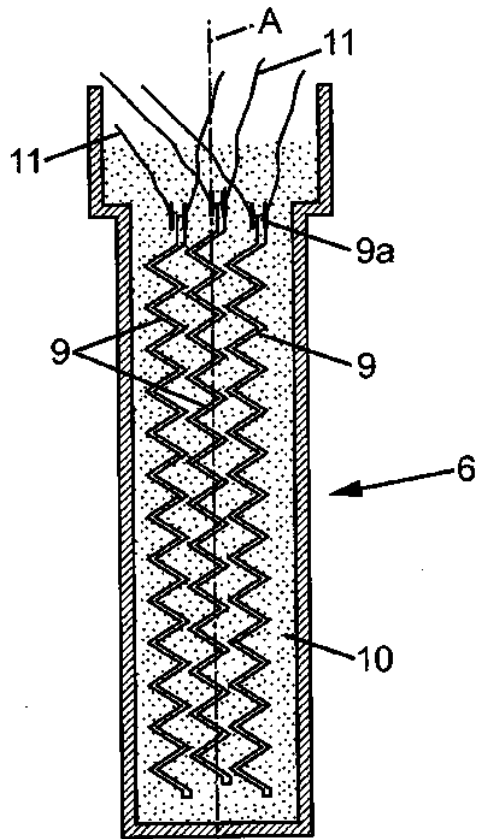
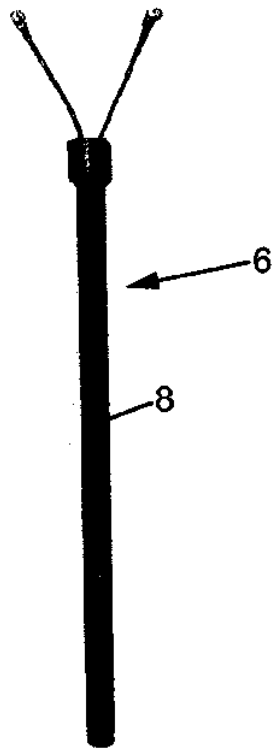
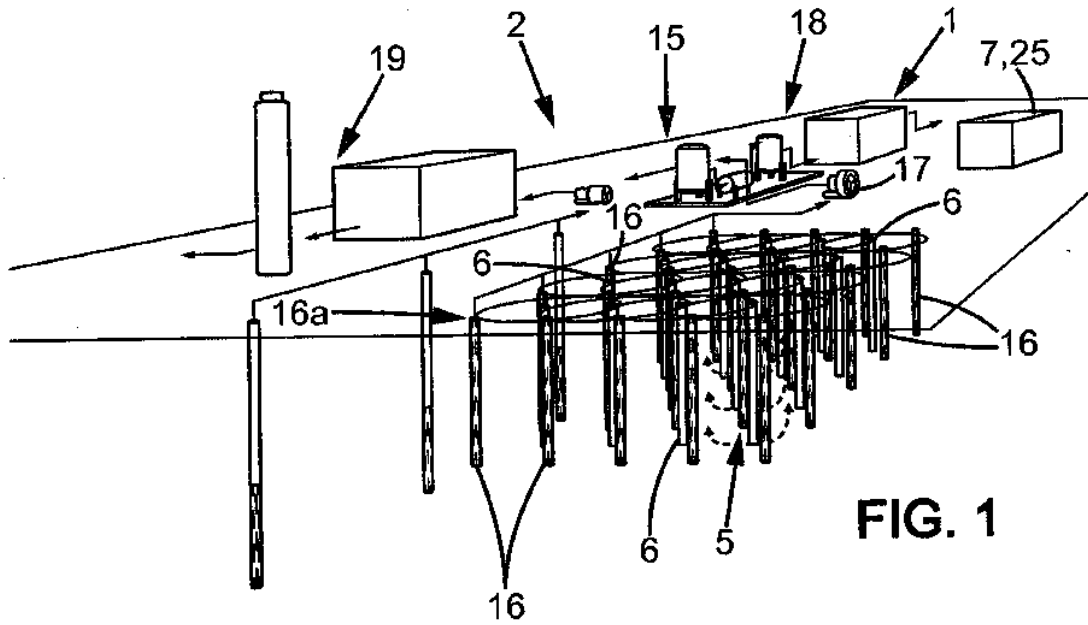


FIG. 2

FIG. 3

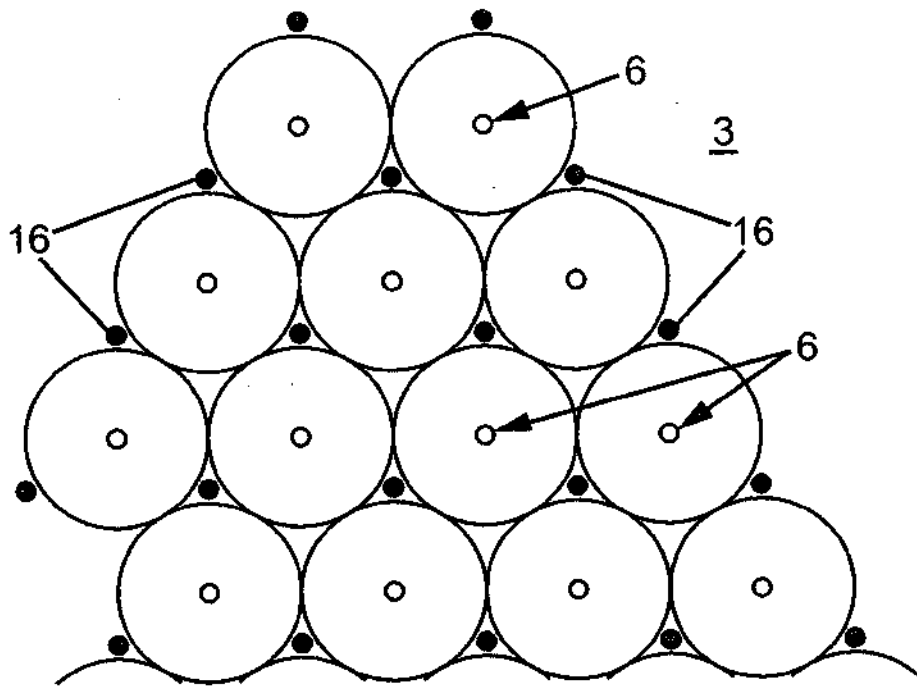


FIG. 4

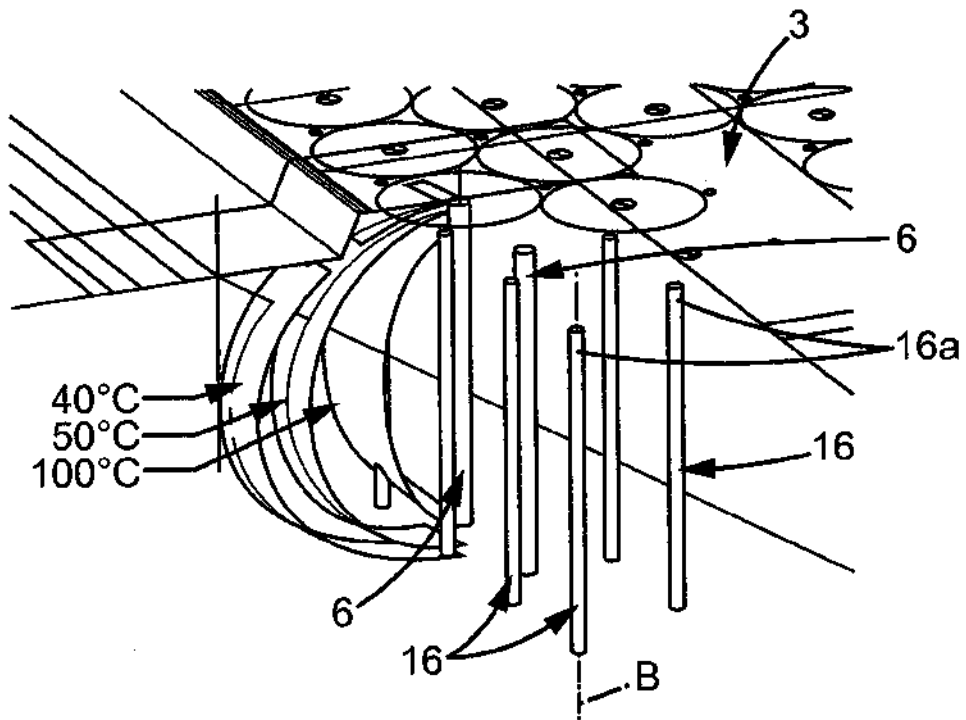


FIG. 5

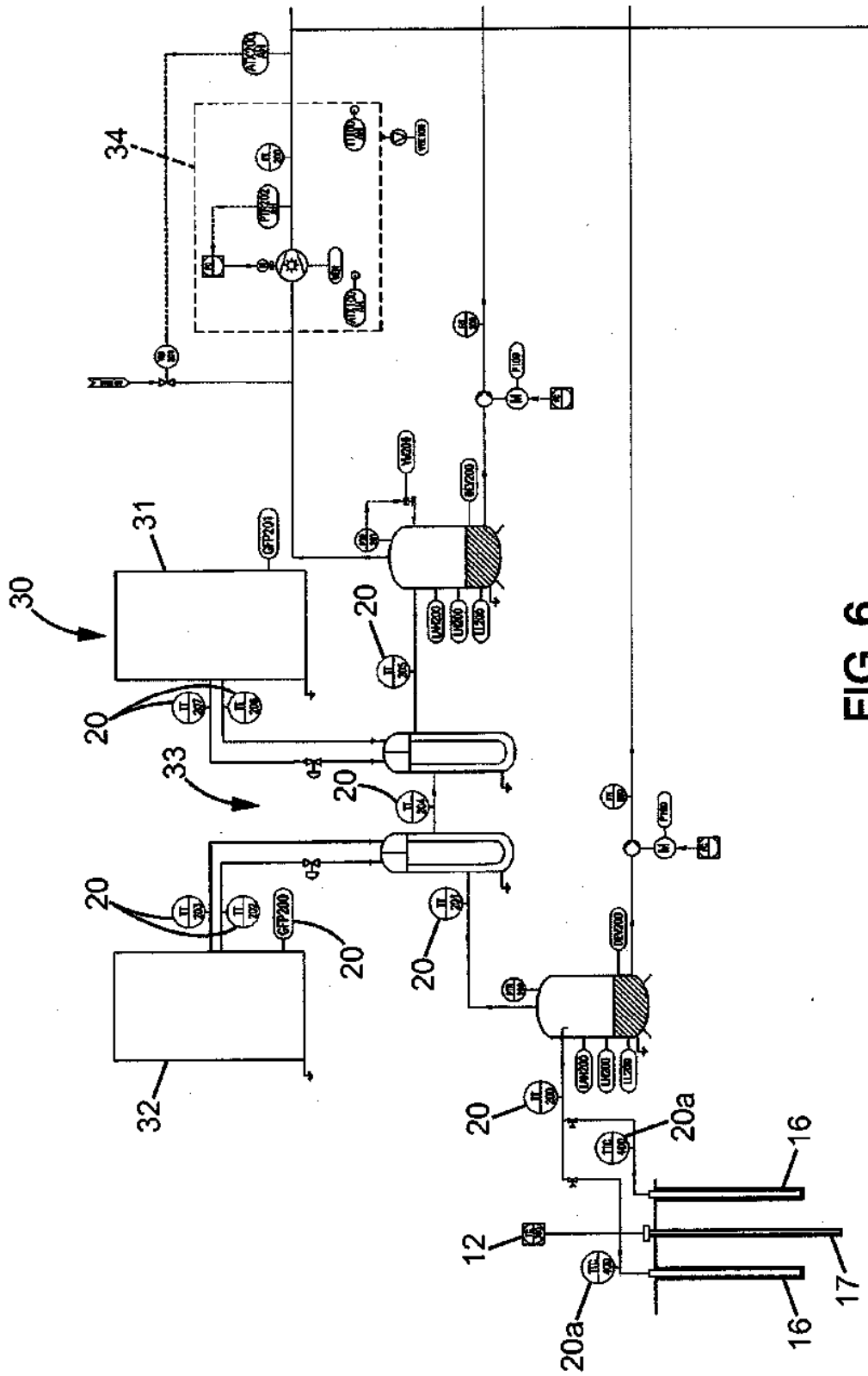


FIG. 6

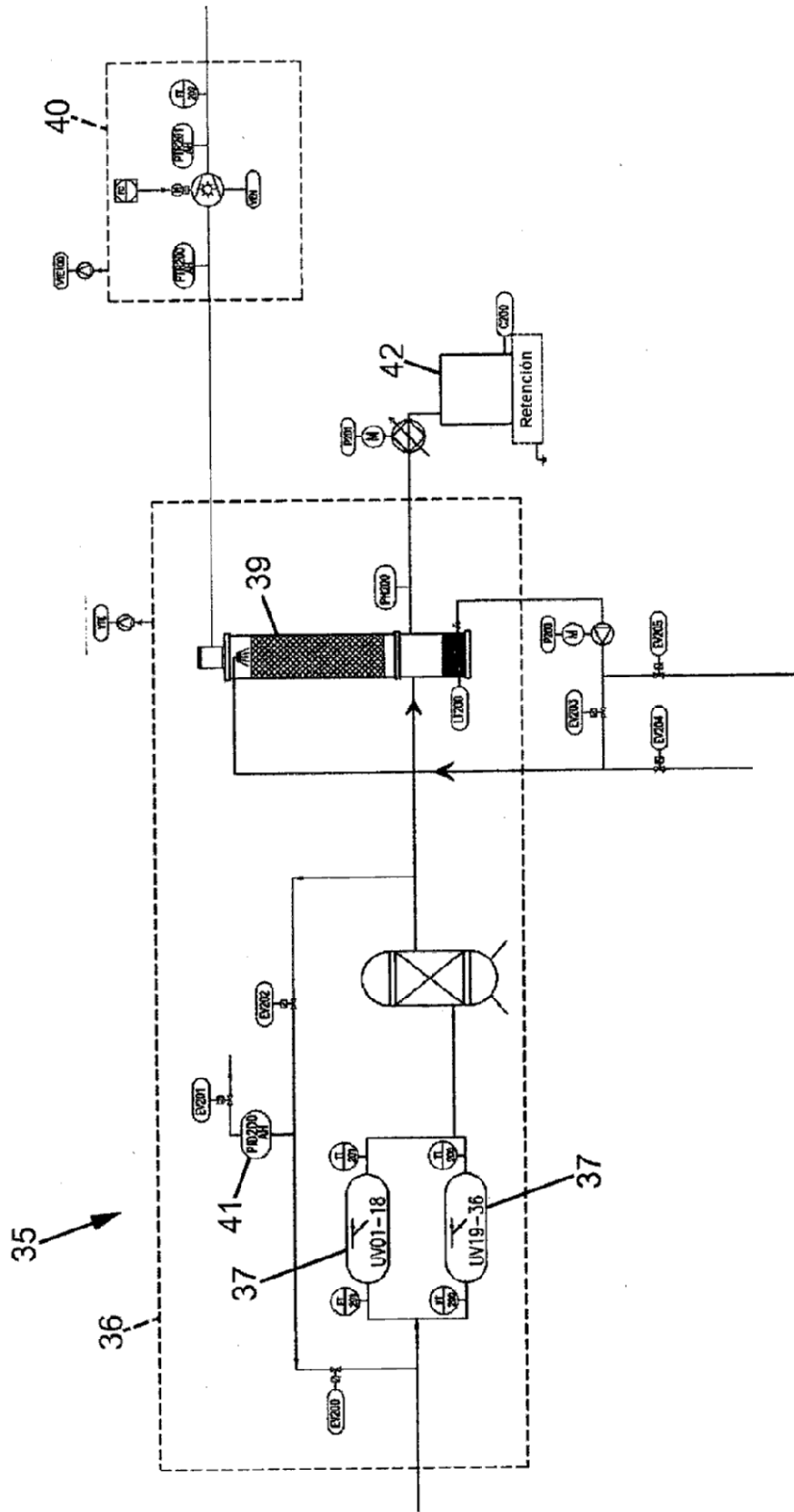


FIG. 7

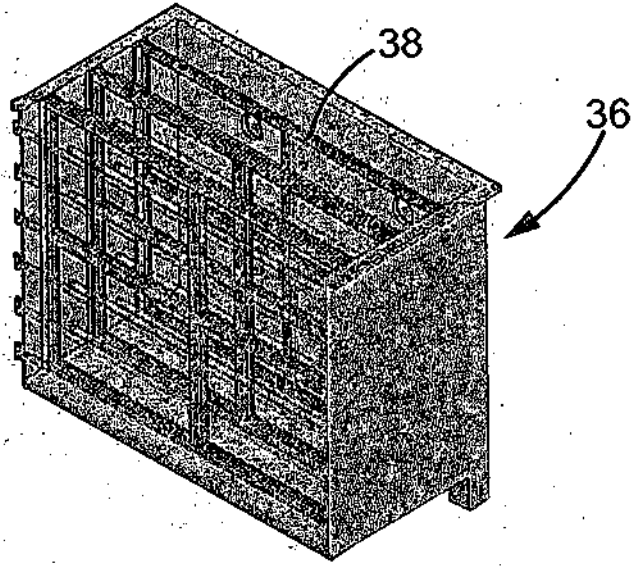


FIG. 8

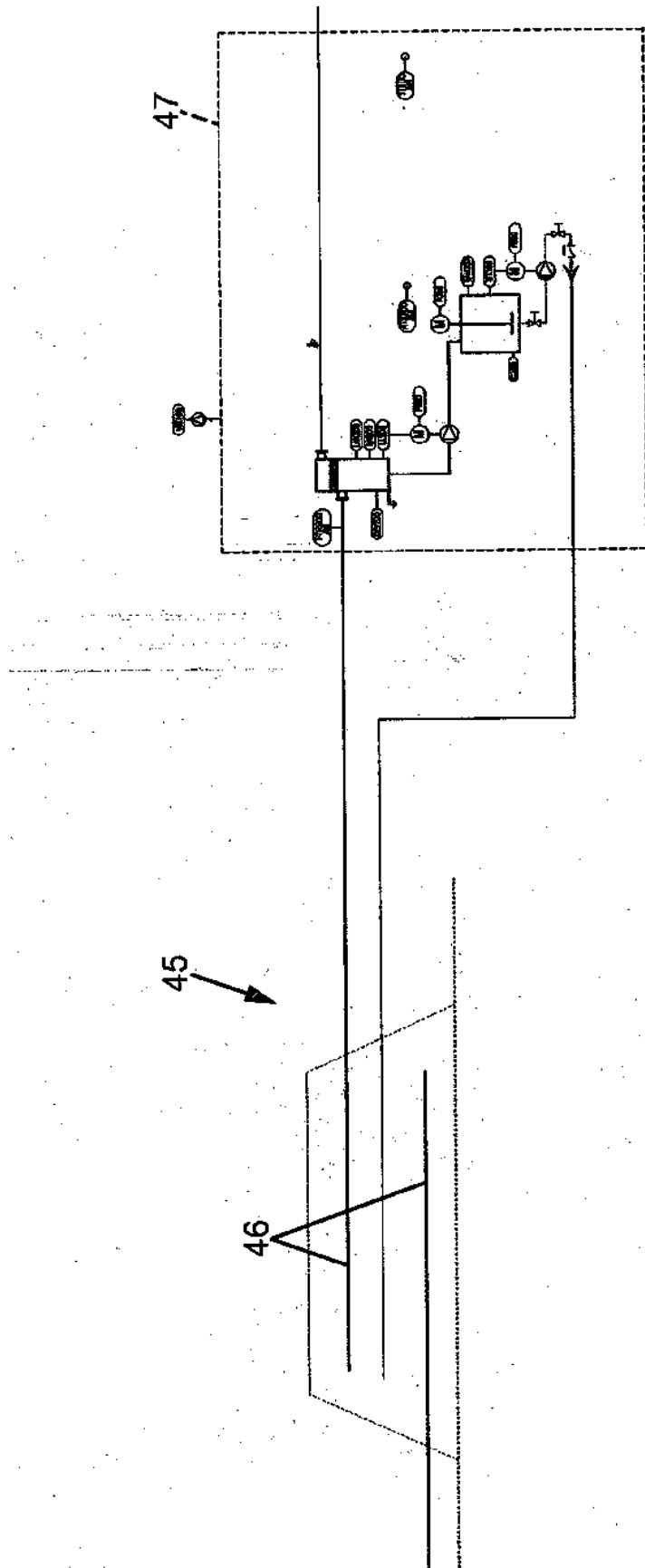


FIG. 9

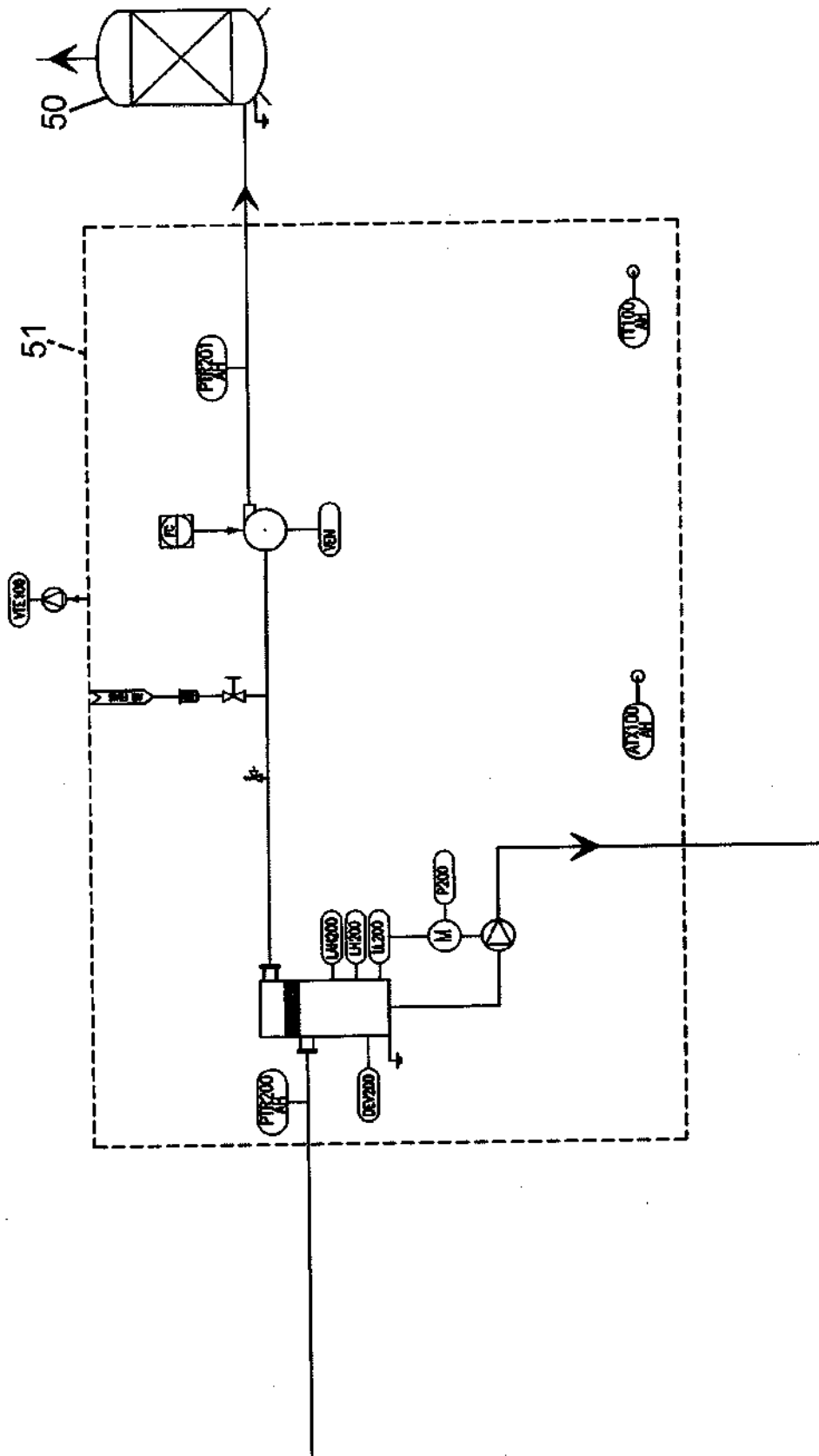


FIG. 10

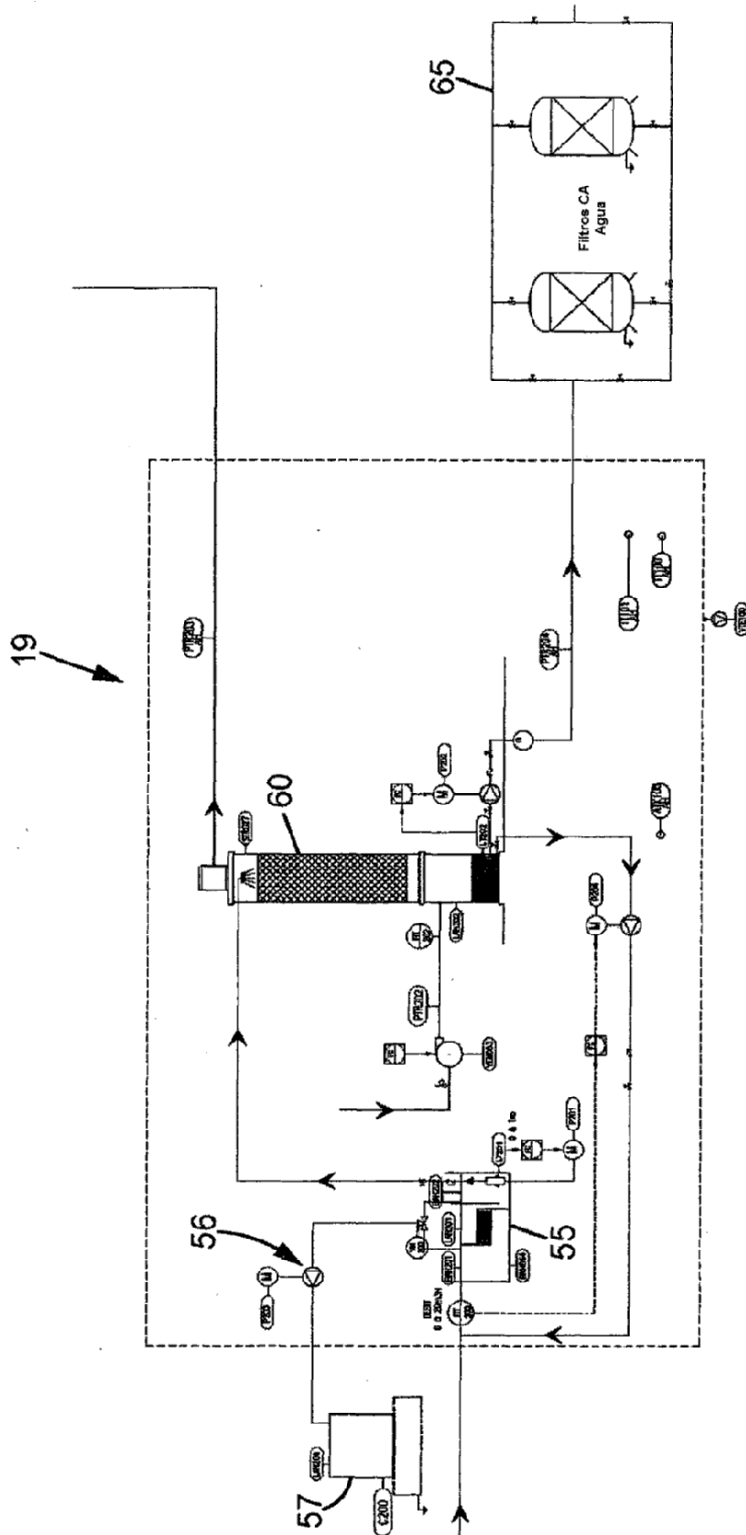


FIG. 11