

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 642 355**

51 Int. Cl.:

<b>C02F 3/00</b>	(2006.01)	<b>C02F 103/00</b>	(2006.01)
<b>C10G 32/00</b>	(2006.01)	<b>C02F 103/06</b>	(2006.01)
<b>C22B 3/18</b>	(2006.01)	<b>C02F 103/10</b>	(2006.01)
<b>B09C 1/10</b>	(2006.01)		
<b>C12C 11/07</b>	(2006.01)		
<b>C05F 17/00</b>	(2006.01)		
<b>C12M 1/38</b>	(2006.01)		
<b>C12M 1/34</b>	(2006.01)		
<b>C22B 3/02</b>	(2006.01)		
<b>C02F 101/00</b>	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.02.2012 PCT/IB2012/000173**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **09.08.2012 WO12104717**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.02.2012 E 12742063 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.07.2017 EP 2670714**

54 Título: **Aparato y método para llevar a cabo procesos microbiológicos**

30 Prioridad:

**02.02.2011 ZA 201100857**

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

**16.11.2017**

73 Titular/es:

**UNIVERSITY OF THE FREE STATE (100.0%)  
205 Nelson Mandela Drive Park West  
Bloemfontein 9301, ZA**

72 Inventor/es:

**ERASMUS, JOHAN y  
VAN HEERDEN, ESTARIETHE**

74 Agente/Representante:

**TEMIÑO CENICEROS, Ignacio**

ES 2 642 355 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**

Aparato y método para llevar a cabo procesos microbiológicos

5 Campo de la invención

Esta invención se relaciona con un aparato y método eficientes en energía para llevar a cabo procesos microbiológicos en materiales a granel tales como suelo, arena, menas granulares, agua, residuos biodegradables subdivididos que van a ser biológicamente tratados, así como posiblemente otros materiales a granel subdivididos susceptibles de procesamiento microbiológico.

10 La invención está particularmente, aunque no exclusivamente, relacionada con procesos microbiológicos que son suficientes en energía, en particular utilizando energía renovable en celdas de coste bajo que se sostienen por sí mismas, en donde se utilizan procesos biológicos para tratar materiales a granel con el fin de descontaminarlos o biotransformarlos a productos ambientalmente más amigables o para extraer componentes de ellos. Los procesos biológicos involucran preferiblemente el uso de microbiota/bioma de origen natural para efectuar actividad biológica deseada dentro del material a granel. Las comunidades microbiológicas pueden incluir bacterias archaea y eucaria e incluso biomas virales.

15 20 En una aplicación importante, la invención está dirigida a la biorremediación de suelo, agua o arena contaminados, tales como contaminados con productos del derrame de petróleo tales como petróleo o gasolina, combustible de aviación, combustible diésel u otros contaminantes exógenos.

25 En muchos aspectos de la invención su uso permite llevar a cabo procesos microbiológicos eficientes en energía cerca de la localidad en la cual el material a granel está presente, en una forma altamente efectiva con el resultado de que la huella de carbono de ciertas situaciones se mejora utilizando energía renovable.

Antecedentes de la invención

30 Es bien conocido que muchos procesos microbiológicos beneficiosos, especialmente procesos bacterianos, tienen lugar de forma natural y cada proceso diferente involucra la actividad de diferentes especies/géneros de bacterias. La velocidad de catálisis en las bacterias relevantes, sin embargo, también es dependiente de las condiciones fisicoquímicas prevalentes especialmente con respecto a la humedad y oxígeno del material a granel que está siendo tratado y la temperatura.

35 Se han propuesto de acuerdo con lo anterior numerosos procesos microbiológicos diferentes en los cuales al menos un control de las condiciones ambientales es ejercido con el propósito de acelerar la actividad microbiológica.

40 Adicionalmente, el uso de las así llamadas "celdas BIO" ha sido propuesto para la biorremediación de suelos contaminados con combustible/hidrocarburos en el sitio y en las cuales el oxígeno es suministrado en forma de aire.

Hay numerosas actividades humanas diferentes que dan como resultado contaminaciones tales como en los campos de la minería, industrial y agrícolas y cada uno en general produce residuos asociados que requieren una disposición.

45 Cualquier sitio que tiene contaminación está obligado moralmente, si no legalmente, a seleccionar entre una amplia variedad de tratamiento siendo la eficacia y el coste los factores principales en tomar una decisión. Muchos países raramente consideran las metodologías in situ o en el sitio aunque, con materiales a granel tales como suelo frecuentemente serían menos costosas y pueden hacerse en un marco de tiempo más corto y plantean menor riesgo.

50 En este aspecto, la US Navy's TechData Sheet TDS-2017-ENV (2nd Revision) describe bioceldas en las cuales la adición de humedad y nutrientes tales como nitrógeno y fósforo puede utilizarse para potenciar la actividad microbiana y en donde se hace provisión de la eliminación de los lixiviados del suelo que está siendo procesado en un contenedor grande. La biocelda también provee la extracción de compuestos orgánicos volátiles liberados haciendo pasar los gases desprendidos a través de un sistema de adsorción de carbono activado granulado. A la vez que provee una biorremediación efectiva, las bioceldas descritas en esta publicación consumen no obstante energía y así tienen asociado con ellas un considerable coste de operación. También, estas bioceldas operan a temperatura ambiente y la actividad microbiológica está asociada con la temperatura prevalente. Esto es así hasta el grado en que en ciertos climas en los cuales la temperatura disminuye sustancialmente en los meses de invierno, los sitios de biorremediación necesitan ser cerrados durante la parte más fría del año.

60 Debe notarse que mientras que los procesos microbianos mejor conocidos para la degradación de hidrocarburos son aeróbicos, es una causa común que hay muchos microbios anaeróbicos e incluso son anóxicos que pueden biorremediar efectivamente suelos así como extraer componentes valiosos de menas subdivididas o similares.

65 Se percibe una necesidad por un método para llevar a cabo procesos microbiológicos en materiales a granel en los cuales los procesos microbiológicos se llevan a cabo bajo condiciones que potencian la actividad microbiológica, y por

lo tanto, como regla general, reducen el tiempo empleado para que un proceso microbiológico alcance un resultado predeterminado.

5 Tal biocelda para la ejecución de procesos microbiológicos en materiales a granel de naturaleza general delineados más arriba deberían ser satisfactoriamente efectivos en costes. Tal biocelda en aplicación a materiales a granel preferiblemente, aunque no necesariamente, utilizaría comunidades in situ y funcionalidad metabólica de especies microbiológicas. Tal biocelda sería relativamente fácil de desplazar de un sitio a otro.

10 También es preferible que un método y aparato para llevar a cabo un proceso microbiológico sea uno en el cual la condición del proceso esté dirigida a reducir la huella ecológica de al menos situaciones particulares, especialmente, aunque no exclusivamente, en el campo de la biorremediación.

15 Un método y aparato para llevar a cabo tal proceso microbiológico usará preferiblemente control fuera del sitio o control PLC utilizando datos de retroalimentación para ajustar los parámetros de alimentación o fisicoquímicos para potenciar la biorremediación o bioactividad.

20 La US5362397 describe un método para la biodegradación de contaminantes orgánicos en una masa de sólidos en partículas. El método comprende proveer una masa contaminada de partículas sólidas sobre una superficie impermeable en comunicación fluida con un reservorio de recubrimiento impermeable. La superficie impermeable tiene suministro de aire operativo sobre la misma y/o medios de succión de aire para proveer una oxigenación adecuada y continua de la masa y/o para retirar emisiones de vapor indeseables de la masa. La masa es irrigada periódicamente aplicando sobre su superficie un medio de cultivo que comprende al menos una cepa bacteriana y cosustancias de la misma. El aire suministrado al paso de los sólidos en partículas es movido por un compresor externo y calentado o enfriado por un acondicionador de aire externo.

25 La EP0461144 describe un proceso para la remediación microbiológica de suelo contaminado por clorofenoles.

#### Resumen de la invención

30 De acuerdo con un primer aspecto de la invención se provee un método para llevar a cabo un proceso microbiológico en un material a granel en el cual una cantidad del material a granel es cargada sobre una parte formadora de recubrimiento a prueba de agua de una biocelda con una disposición de transferencia del calor por debajo de la cantidad de material a granel o dentro de su volumen, o ambos, y en donde el contenido de humedad del material a granel es controlado por la distribución periódica o intermitente de agua dentro del material a granel con el fin de promover la actividad microbiológica dentro del material a granel por medio de los microbios que pueden ser bien de origen natural dentro del material a granel o pueden ser seleccionados o introducidos dentro del material a granel de acuerdo con un resultado deseado, y una instalación para recuperación de lixiviados para recolectar los lixiviados que drenan del material a granel, en uso, en donde la temperatura dentro del material a granel es monitorizada y la disposición de transferencia de calor es calentado o enfriado, según se requiera, con el fin de controlar la temperatura del mismo para hacer que la temperatura del material a granel se aproxime a una temperatura objetiva asociada con la actividad microbiana potenciada de los microbios presentes dentro del material a granel en donde la disposición de transferencia de calor opera para calentar o enfriar aire que es alimentado hacia una entrada de aire antes de descargar el aire dentro del material a granel por medio de una disposición de entrada de aire que incorpora un intercambiador de calor mediante el cual el aire que está siendo alimentado a la disposición de entrada de aire es calentado o enfriado de acuerdo con la temperatura del fluido que circula a través del intercambiador de calor a partir de una fuente de calor y en donde el agua es calentada en un calentador de agua solar para circulación a través del intercambiador de calor en tanto y cuando el calentamiento de aire introducido en el material a granel sea requerido.

50 Características adicionales del primer aspecto de la invención proveen que los microbios sean seleccionados a partir de tipos aeróbicos, anaeróbicos y anóxicos; en el evento de que se utilice aire para ser enfriado para enfriar debe efectuarse usando un acondicionador de aire adecuado; una disposición de transferencia de calor que incluya un sifón de calor compuesto de multitud de cuentas o partículas que tengan un contenido de calor buscado para mantener una temperatura generalmente homogénea durante periodos de tiempo durante los cuales está inactiva una fuente de calor o una fuente de enfriamiento; y que la fuente de calor o fuente de enfriamiento sea un tipo de energía renovable de la fuente de calor o fuente de enfriamiento, especialmente una instalación de absorción de calor solar, y lo más especialmente una que tenga una pluralidad de tubos de absorción de calor evacuados inclinados.

60 Características todavía adicionales del primer aspecto de la invención proveen que los nutrientes requeridos para la acción microbiana buscada, típicamente nitrógeno y fósforo además de oxígeno contenido en el aire, sean agregados opcionalmente en la forma de material sólido en el momento de que la cantidad de material a granel es cargada en la biocelda; en alternativa, o además, que los nutrientes sean añadidos, según se requiera, por medio de agua distribuida en el material a granel; que el agua sea distribuida en el material a granel por aspersión sobre la superficie superior del mismo; que el agua sea reciclada con el lixiviado opcionalmente junto con el agua de ajuste que puede ser agregada para compensar cualquier pérdida o para compensar una corriente de sangría de lixiviado que puede ser retirada; que el contenido de nutrientes del lixiviado sea monitorizado y que los nutrientes sean añadidos cuando pueda requerirse en donde se recircule el lixiviado; y que el contenido de humedad del material a granel sea

monitorizado con la distribución de agua en el material a granel que está siendo controlada de acuerdo con el contenido de humedad detectado.

5 Características aún adicionales del primer aspecto de la invención proveen que el método completo sea llevado a cabo de manera opcional en un ambiente cerrado, convenientemente en un túnel de recubrimiento adecuado en el cual el túnel está conformado como un recinto junto con el recubrimiento a prueba de agua de la biocelda; que el ambiente cerrado tenga una salida para gases que puede estar provista opcionalmente con un sinfín o turbina para extraer energía de los gases que salen en el ambiente cerrado; para pasar cualquier gas de salida a través de un limpiador apropiado para retirar cualquier componente nocivo de los mismos; y una cubierta de aislamiento retraíble para ser asociada con el túnel para controlar pérdidas de calor selectivamente a través de la pared del túnel de acuerdo con la temperatura ambiente externa.

15 De acuerdo con un segundo aspecto de la invención se provee un aparato en la forma de una biocelda para llevar a cabo un método como se definió más arriba que comprende un recubrimiento a prueba de agua; una disposición de transferencia de calor adaptado para ser recubierto por una cantidad de material a granel, en uso; una disposición de entrada de agua que incluye medios de regulador de flujo mediante los cuales puede distribuirse periódica o intermitentemente agua en el material a granel soportado por encima del recubrimiento a prueba de agua; al menos un detector de humedad para detectar el contenido de humedad del material a granel dentro del contenedor; una instalación para recuperación de lixiviados para recolectar el lixiviado que drena del material a granel soportado por encima del recubrimiento a prueba de agua en uso; y al menos un detector de temperatura para detectar la temperatura dentro del material a granel soportado por encima del recubrimiento a prueba de agua; en el que la disposición de transferencia de calor está dispuesto, según se requiera en el uso, para ajustar la temperatura del material a granel soportado por encima del recubrimiento a prueba de agua en el que la disposición de transferencia de calor está dispuesto para calentar o enfriar aire que es alimentado dentro de la disposición de entrada de aire antes de su descarga en el material a granel, incluyendo la disposición de transferencia de calor un intercambiador de calor que puede ser calentado o enfriado por un fluido que circula a través del intercambiador de calor a partir de una fuente adecuada y en el que se incluye un calentador de agua solar que calienta agua para circulación a través del intercambiador de calor tanto y cuando el calentamiento de aire introducido en el material a granel cargado en el aparato sea requerido.

20 Características adicionales del segundo aspecto de la invención proveen que el aparato incluya un controlador que tiene un microprocesador electrónico con el controlador con entradas para asociación con al menos un detector de temperatura y con al menos un detector de humedad; que el controlador tenga una salida para controlar el flujo de calentamiento o fluido de enfriamiento a la disposición de transferencia de calor de acuerdo con la temperatura detectada por en al menos un detector de temperatura; que el controlador tenga una salida para controlar el flujo de agua hacia la disposición de entrada de agua de acuerdo con el resultado desde el al menos un detector de humedad; que el aparato incluya medios de detección de nutrientes para detectar nutrientes en el lixiviado en cuyo caso el controlador tiene una entrada para el resultado desde el medio de detección de nutrientes y, en el evento de que el lixiviado sea reciclado, para que el controlador solamente controle la adición de nutrientes al agua/lixiviado que está siendo suministrado a la disposición de entrada de agua; y que el controlador esté asociado con un suministro de energía eléctrica incluyendo una unidad de batería y una disposición de celda fotovoltaica solar para cargar la unidad de batería.

45 Características todavía adicionales del segundo aspecto de la invención proveen que el intercambiador de calor forme parte de la disposición de entrada de aire con el intercambiador de calor que recibe convenientemente el fluido calentado, en uso, a partir de una unidad de conversión de energía renovable, especialmente una unidad de conversión de energía solar para calentamiento de fluido que puede, en particular, ser una pluralidad de tubos de recolección de calor solar evacuados o un tipo alternativo de un panel de recolección de calor, en cualquier evento típicamente de un tipo utilizado para calentamiento de agua; que la disposición de transferencia de calor esté operativamente rodeado por una multitud de cuentas o partículas que tienen un contenido de calor buscado manteniendo una temperatura elevada durante períodos de tiempo para los cuales la fuente de calor está inactiva y actuando por lo tanto como un sifón de calor; y que el aparato incluya una capa geotextil para separar el material a granel del sifón de calor y la disposición de entrada de aire.

55 Características adicionales del segundo aspecto de la invención proveen que el aparato incluya material en lámina impermeable preferiblemente en la forma de un túnel que encierra completamente la biocelda con una lámina cobertora de material y el recubrimiento del contenedor juntos actuando para formar un túnel completamente cerrado para la biocelda con una salida opcional para gases de desprendimiento en cuyo caso puede estar asociado con la salida un sinfín o turbina para extraer energía de los gases que salen del ambiente cerrado y opcionalmente un depurador apropiado para retirar cualquier componente nocivo del mismo; y que una cubierta aislante retraíble esté asociada con el túnel para controlar selectivamente las pérdidas de calor a través de las paredes del túnel de acuerdo con la temperatura ambiente externa prevalente en cuyo caso el controlador puede estar dispuesto para ajustar automáticamente la posición del aislamiento retraíble, de acuerdo con la temperatura ambiente alimentada al controlador por un sensor de temperatura ambiente.

65 Se entenderá que en casos en los cuales el calor agregado sea derivado de una fuente de energía renovable y la energía eléctrica para operar el controlador y cualquier aparato de refrigeración o acondicionamiento de aire sea derivada de la misma o diferente fuente de energía renovable, el aparato completo se convierte en un aparato

autónomo, que no requiere de ninguna otra entrada de energía. Siendo esto así, en el peor de los casos, el aparato provisto por la invención sería neutral en carbono, y como regla general, al menos en las aplicaciones de biorremediación, el aparato, en uso, servirá para reducir la huella ecológica.

5 Una de las ventajas de utilizar corriente DC que es el producto natural de las celdas fotovoltaicas es que es corriente directa y el uso de baterías para almacenar la energía eléctrica retiene las características de la corriente directa. Por lo tanto es apropiado utilizar motores y bombas de corriente directa para la alimentación intermitente de agua, opcionalmente con nutrientes agregados, y de aire en el caso de un sistema microbiano aeróbico. También hay que anotar que las unidades de acondicionamiento de aire DC eficientes en energía se están haciendo actualmente más  
10 fácilmente disponibles si el uso de tal unidad de acondicionamiento de aire, o unidades de refrigeración similares puede ser apropiado para controlar una temperatura en áreas en las cuales se experimentan temperaturas ambientales altas tales como en algunas regiones desérticas en donde la temperatura ambiente puede elevarse por encima de una temperatura ideal para el crecimiento de los microbios relevantes.

15 Una ventaja adicional de utilizar DC es que el flujo pulsado puede ser empleado convenientemente siempre que sea ventajoso hacerlo. El flujo pulsado puede tener una variedad de beneficios diferentes tales como la prevención de puntos calientes biológicos en el caso de una alimentación de nutrientes.

20 En el caso de que se emplee iluminación artificial de cualquier tipo dentro de la biocelda, las luces pueden ser conmutadas de cualquier manera apropiada incluyendo periodos pulsados cortos de tiempo. Tales luces, por ejemplo, podrían ser LEDs de una naturaleza adecuada.

25 La invención puede ser aplicada a procesos de biorremediación tales como la remediación de suelo, agua, metales pesados y arena contaminados con productos del petróleo, siendo esta última una aplicación particularmente importante de la invención.

Sin embargo, se prevé que la invención también será aplicada en muchos otros casos tales como la lixiviación bacteriana de metales valiosos y minerales a partir de menas que contienen los mismos.

30 Será evidente que el método y aparato de esta invención puede ser operado en remoto mediante la cooperación de dispositivos de comunicación en dos vías en cuyo caso un dispositivo de comunicaciones en el sitio podría ser empleado para transmitir variables de control de corriente a un dispositivo de comunicaciones remoto y este último podría ser empleado para enviar mensajes de control de vuelta para cambiar una o más cualesquiera variables de proceso según sea requerido.  
35

Desde luego, también es posible tener una disposición de comunicaciones de una vía en el cual la información en cuanto al estatus en el sitio puede ser transmitida a un receptor fuera del sitio y una persona responsable podría tomar acciones apropiadas por cualquier medio disponible.

40 En muchos casos, la práctica de la invención reduce la huella ecológica de al menos muchos materiales residuales biodegradables diferentes.

Con el fin de que la invención sea entendida de manera más completa sigue una discusión adicional más detallada de la misma con referencia a los dibujos acompañantes.  
45

Breve descripción de los dibujos

En los dibujos:-

50 Figura 1 es un diagrama de sistema esquemático que muestra el contenido en sección parcial y los otros componentes del aparato en asociación con el mismo;

Figura 2 es una vista plana del contenedor que ilustra las diversas capas dentro del contenedor separadas una por una;  
55

Figura 3 es una elevación en sección esquemática de una parte de la longitud del intercambiador de calor del aparato; y,

60 Figura 4 es un diagrama del sistema esquemático similar a la Figura 1 pero que muestra un sistema apropiado para el crecimiento de microbios anaeróbicos o anóxicos y que muestra adicionalmente otra variación de la invención.

Descripción detallada con referencia a los dibujos

65 En la realización de la invención de la cual el aparato está ilustrado en las Figuras 1 a 3 de los dibujos, una biocelda para la conducción de un proceso de biorremediación tal como uno de suelo contaminado con productos de petróleo, comprende un contenedor (1) grande, típicamente de un tamaño adecuado para contener una cantidad apropiada de

- 5 suelo, por ejemplo, de 5 a 20 metros cúbicos. El contenedor puede ser un cubo convencional de un tamaño apropiado o un contenedor de embarque adecuado con la tapa retirada, o cualquier otro contenedor grande adecuado que desde luego, pueda ser construido sobre medidas para el propósito. Desde luego, también está dentro del alcance de esta invención que puedan emplearse túneles extremadamente largos que pueden ser generalmente autoportantes o puedan estar localizados en zanjas temporales o permanentes al menos parcialmente cavadas en la superficie de la tierra.
- 10 Tales bioceldas alargadas podrían tener una longitud de muchos metros y hasta 100 e incluso 300 metros, dependiendo de la conveniencia y el ambiente.
- 15 Regresando a la presente realización de la invención, el fondo (2) del contenedor está cubierto con una capa (3) de arena encima de la cual se coloca un recubrimiento (4) a prueba de agua, típicamente de un calibre apropiado de material en lámina de polietileno negro. El propósito de la arena es evitar que cualquier desigualdad dura en el fondo del contenedor perfora la lámina a prueba de agua puesto que la lámina sirve el propósito más importante de evitar que cualquier líquido potencialmente tóxico o nocivo escape de la biocelda.
- 20 Encima de la lámina a prueba de agua hay una combinación de ensamblaje (5) de entrada de aire e intercambiador de calor que incluye al menos una tubería (6) de distribución plástica de diámetro grande que tiene perforaciones en la superficie inferior de la misma que forman una salida hacia el contenedor. Esta disposición de perforaciones asegura que cualquier porción de suelo o residuos no entran a la tubería de distribución desde la parte superior bajo la influencia de la gravedad. Dependiendo del tamaño del contenedor y de la disposición física de los diversos componentes del aparato, puede haber más de una de tales tuberías de distribución de diámetro grande en cuyo caso se prevé que estarían dispuestas en general en relación paralela espaciadas lateralmente una con respecto a la otra.
- 25 Como se muestra en la Figura 3, una tubería (7) de entrada de aire de diámetro más pequeño, que también está perforada, está localizada en general concéntricamente con la tubería de distribución. La tubería de entrada de aire es mantenida en relación espaciada con respecto a la superficie interna de la tubería de distribución por medio de una tubería (8) de calentamiento enrollada helicoidalmente a través de la cual se hace circular agua caliente, en uso, con el fin de elevar la temperatura del aire que pasa a través de la tubería de entrada y el ensamblaje intercambiador de calor. Desde luego en el caso de que sea necesario el enfriamiento, también podría hacerse circular agua fría de la misma manera con el fin de enfriar el aire que pasa a través del intercambiador de calor. El suministro de agua caliente a la tubería de calentador enrollada helicoidalmente emana de un calentador (11) solar de agua por medio de una bomba (12) de circulación que hace circular agua dentro de un circuito cerrado que incluye un tanque (13) de almacenamiento.
- 30 El suministro de aire a la tubería de entrada de aire se describe de manera más completa más abajo.
- 35 La combinación de entrada de aire y ensamblaje de intercambiador de calor está cubierta por un cuerpo (14) permeable de cuentas que sirve para retener el calor en la forma de un sifón de calor de tal manera que la temperatura dentro de la biocelda no fluctúe demasiado con las temperaturas más altas y más frías del día y la noche, como será más evidente a partir de lo que sigue. También, la permeabilidad del cuerpo de cuentas permite una distribución homogénea del aire que va a ser alcanzado por debajo del material a granel que está siendo tratado, esto es, suelo contaminado en este caso.
- 40 Por encima del cuerpo de cuentas hay una capa (15) geotextil que en uso sirve para evitar que el material a granel que está siendo tratado en la biocelda, en este caso el suelo que está indicado por el numeral (16), entre al cuerpo de cuentas o a la combinación de entrada de aire y ensamblaje intercambiador de calor.
- 45 Se entenderá que el material a granel que está siendo tratado es introducido en el contenedor dentro del recubrimiento a prueba de agua que se extiende hacia arriba de las paredes laterales del contenedor para formar un entorno completamente a prueba de agua para el material a granel. El material a granel es introducido en general en el contenedor por etapas utilizando un tipo apropiado de tolva mecánica tal como un cargador de extremo frontal. Durante el proceso de carga, al menos un detector (17) de humedad para detectar el contenido de humedad del material a granel dentro del contenedor es enterrado en una o más posiciones adecuadas dentro del material a granel. De manera similar, al menos un detector (18) de temperatura para detectar la temperatura en una posición apropiada dentro del material a granel en el contenedor también es enterrado dentro del material a granel.
- 50 También durante el proceso de carga, cualquier nutriente sólido, típicamente en la forma de fertilizantes que contienen fósforo y nitrógeno en proporciones apropiadas, puede ser agregado de acuerdo con los requerimientos del proceso microbiológico en particular, que se busca desarrollar en la biocelda.
- 55 Una disposición de entrada de agua en la forma de filas de aspersores (21) está instalado por encima de la superficie superior del material a granel en el contenedor de tal manera que el agua que puede contener nutrientes disueltos y cualquier otro constituyente beneficioso pueda ser distribuida periódica o intermitentemente sobre el material a granel contenido dentro del contenedor. En este aspecto será bastante evidente para los experimentados en el arte que la cantidad de agua que se hace circular a través del sistema no debería ser excesiva pero debería buscar el

mantenimiento de un nivel satisfactorio de humedad dentro del material a granel que sea apropiado para la actividad microbiológica deseada óptima.

5 La instalación de circulación de agua incluye una bomba (22) de lixiviación para bombardear el lixiviado que drena del material a granel hacia el contenedor en uso y regresarlo a un tanque (23) de suministro de agua del cual es bombeado por medio de una bomba (24) de suministro de agua a los aspersores. La bomba de lixiviado es activada de acuerdo con el nivel de lixiviado en el fondo del contenedor dentro del recubrimiento a prueba de agua. Debe mencionarse que al menos el recubrimiento a prueba de agua, y posiblemente también el fondo del contenedor, están preferiblemente inclinados de tal manera que la bomba de lixiviación pueda ser localizada en la posición más baja con el fin de recircular el lixiviado al tanque de suministro de agua.

10 La biocelda completa está conformada en un túnel (25) que comprende un material en lámina impermeable que coopera con el recubrimiento del contenedor para incluir completamente la biocelda dentro de las láminas a prueba de agua cooperantes de material. Una salida que está indicada por el numeral (26) está provista para los gases desprendidos que salen al ambiente encerrado. Un soplador (27) sirve para ayudar en el retiro de los gases desprendidos y bien recircularlos hacia la combinación de entrada de aire e intercambiador de calor o descargarlos, según sea apropiado, por medio de un depurador (28), tal como un filtro de carbono activado.

15 Una válvula (29) de tres vías puede ser provista para controlar y dividir opcionalmente el flujo de gases según se requiera. El control de la válvula de tres vías puede depender de la naturaleza de los gases detectados mediante un sensor (30) adicional que puede ser del tipo general conocido como sensor de olores. También, puede proveerse un **dispositivo** de recuperación de energía opcional tal como un tipo sinfín o turbina del **dispositivo** (31) rotatorio para recuperar energía de los gases desprendidos descargados desde el depurador.

20 Cualquier soplador (32) adicional puede ser utilizado para introducir aire adicional, según se requiera.

Con el fin de retener adicionalmente el calor dentro del sistema de biocelda, puede proveerse una cubierta (35) aislante térmicamente retraíble dentro del interior o el exterior del túnel, para retener el calor dentro de la biocelda durante los períodos más fríos de tiempo tales como durante las horas nocturnas o el tiempo de invierno para controlar la pérdida de calor.

30 Un controlador, generalmente indicado por el numeral (36), tiene un microprocesador electrónico y entradas para conexión al detector (18) de temperatura y el detector (17) de humedad; así como un detector (37) de radiación solar; cualquier sensor (30) adicional que pueda estar presente; un detector (38) de temperatura ambiente externa y un dispositivo de comunicaciones inalámbricas tales como una unidad (39) generadora de SMS u otros paquetes de datos que sea capaz de comunicarse con un dispositivo de comunicación remota tal como un teléfono (40) celular de una persona responsable por la operación de la biocelda. En su formato más deseable, ambos dispositivos de comunicaciones son capaces de interactuar en ambas direcciones de tal manera que los parámetros de control puedan ser transmitidos al controlador desde un dispositivo de comunicaciones remotos sin que la persona responsable de la operación de la biocelda necesite visitar la instalación misma. Desde luego puede ser necesario otro tipo de mantenimiento que requiera asistencia física al sitio de la biocelda.

35 El controlador también tiene salidas para controlar la bomba (12) de circulación que controla el flujo de agua calentada del calentador solar de agua hacia el intercambiador de calor de acuerdo con la temperatura detectada por el detector (18) de temperatura; la bomba (23) para de suministro de agua para controlar el flujo de agua a los aspersores (21) de acuerdo con la salida del detector (17) de humedad; el soplador (27) de acuerdo con la salida del sensor (30) adicional que puede ser un sensor de olores; y un mecanismo de ajuste de posición automático (no mostrado) para ajustar automáticamente la posición de la cubierta (35) aislante térmicamente retractable.

40 Es una característica particular de esta invención que la instalación completa de la biocelda es autocontenida y autoprovista de energía y con este fin, el controlador es energizado mediante un suministro de energía eléctrica que incluye una unidad (41) de batería y una celda (42) solar (celda fotovoltaica) y la circuitería asociada para cargar la unidad de batería. La celda solar y la unidad de batería están diseñadas de tal manera que puedan energizar también las bombas que forman parte del sistema así como el soplador (27) de tal manera que la bioinstalación es autoalimentable. Desde luego deben resaltarse que el calentamiento necesario para calentar el material a granel para estimular el crecimiento microbiológico es suministrado por una fuente de energía renovable, en este caso, por medio del calentador (11) solar de agua.

45 El aparato de la invención también puede incluir un detector (45) de nutrientes para detectar nutrientes en el lixiviado o en el agua suministrada a los aspersores en cuyo caso el controlador tiene una entrada para la salida del detector de nutrientes y, en el evento de que el lixiviado sea reciclado, una salida de control controla la adición de nutrientes al agua/lixiviado bien sea en el tanque de almacenamiento o en la tubería según se indica con el numeral (46).

50 Se entenderá que, en uso, el aparato descrito más arriba puede ser utilizado para llevar a cabo un amplio rango de procesos microbiológicos sobre materiales a granel y que el control automático del contenido de humedad, temperatura, suministro de nutrientes, selección de especies microbiológicas y otros procesos variables que apuntan

hacia una actividad biológica óptima pueda ser utilizado de manera altamente efectiva para acelerar procesos microbiológicos especialmente, pero no exclusivamente, procesos de biorremediación microbiológica.

5 El controlador puede ser dispuesto para retener datos para un periodo histórico predeterminado y para enviar mensajes apropiados a través del sistema SMS al teléfono celular de una persona responsable. El sistema completamente autónomo tiene así una estación base de comunicación para control técnico, físico y biológico completo. Una vez que el sistema ha sido fijado para una función particular, tiene bajos requerimientos de habilidad operacional. El sistema es adaptable para sistemas sólidos o líquidos, e incluso puede ser adaptable para sistema en fase gaseosa.

10 Los datos históricos en el sitio pueden ser utilizados para dirigir la biocelda y los diversos parámetros empleados. La concentración, así como la estabilidad del contaminante o biomineral pueden ser monitorizados de cualquier manera deseada. Los datos recuperados durante un período de tiempo pueden ser usados para optimizar los parámetros de la biocelda. Si hay disponibles pocos o ningún dato histórico, la biocelda permite una simulación de los procesos en el sitio antes de que ocurra cualquier optimización y esto podría dar información adicional acerca de la atenuación natural, desarrollo de columnas de gases y su degradación así como otras variables. Pueden recuperarse los datos y categorizarse con respecto a la topografía, filogenia microbiana, geología, geoquímica, clima, etcétera. Estos parámetros ambientales pueden ser utilizados para manejar condiciones variables de la biocelda.

15 20 La biocelda permite análisis amplio que incluye una determinación de si las concentraciones de contaminantes de interés son estables o disminuyen tanto en tiempo como en espacio.

25 El sistema permite así la definición de un ambiente bioquímico y geoquímico favorable. Esto significa que pueden determinarse las condiciones rédox, nivel de oxígeno, concentraciones de donantes y aceptores de electrones que son favorables para la degradación de los contaminantes de interés, incluyendo parámetros fisicoquímicos, pH, temperatura óptima, actividad de agua, etcétera. Dentro de una biocelda, la diversidad microbiana amplia y su dinámica pueden ser simuladas y evaluadas.

30 Desde luego el establecimiento de una comunidad microbiana novedosa a medida puede incrementar las ratas de degradación a un punto en el que la rata es suficiente u optimizada.

35 La adaptabilidad del sistema es una característica única y por lo tanto no se excluyen condiciones ambientales extremas y reacciones extremófilas. Se prevé que altas concentraciones de contaminante, altas temperaturas que incrementen la solubilidad de los contaminantes, la radioactividad y la extracción de minerales inertes están previstos como posibles en el sistema de esta invención.

40 Se han utilizado herramientas basadas en ADN para monitorizar la diversidad microbiana en comunidades complejas. Debido a que los ambientes creados por la actividad de minería, industrial, agrícola y el desecho de residuos asociados son tan particulares, el cultivo de bacterias es extremadamente desafiante en general. Una incapacidad de cultivar todos los microbios dentro de un ambiente complejo necesita el uso de métodos independientes de cultivo. Se han desarrollado métodos y procedimientos estandarizados específicamente para suelo, aguas subterráneas y muestras de residuos de ambientes impactados.

45 Las muestras son transportadas a un laboratorio bajo condiciones controladas en las que pueden llevarse a cabo estudios de diversidad microbiana mediante áreas objetivo que se incrementan exponencialmente (amplificación por PCR) del material genético de partida (ADN) utilizando sondas que tienen como diana todos los 3 dominios de vida (eucariotas – nematodos, levaduras y hongos, etcétera. Procariotas - bacterias y Archaea). Los fragmentos generados pueden ser sometidos entonces a una técnica electroforética especializada que se utiliza para separar estos fragmentos con base en diferencias de composición. El análisis estadístico provee de un medio para comparar y medir desviaciones en la diversidad microbiana.

50 La tecnología verde efectiva en costes puede acelerar la catálisis varias veces sin ninguna implementación de costes adicional.

55 La Figura 4 de los dibujos ilustra un aparato similar al descrito con referencia a la Figura 1 en el que los mismos numerales de referencia se utilizan para los mismos artículos del aparato. El aparato mostrado en la Figura 4 tiene, sin embargo, el intercambiador de calor, reemplazado por un intercambiador (51) de calor simple que transfiere calor (o para el caso frío) directamente al cuerpo (14) permeable de cuentas o similares para uso en los casos de microbios anaeróbicos o anóxicos. Desde luego, el intercambiador de calor podría ser enterrado directamente en el cuerpo del suelo (16) sin el cuerpo permeable de cuentas si esto es apropiado.

60 La Figura 4 también muestra una unidad (52) de refrigeración o acondicionamiento de aire que puede ser utilizada para enfriar aire, en el caso de microbios aeróbicos o, agua en el caso de microbios anaeróbicos o anóxicos en casos en los cuales las temperaturas ambiente son excesivamente altas y sería ventajoso enfriar el cuerpo del suelo de alguna manera. Se considera que ciertos tipos de acondicionadores de aire DC eficientes serían apropiados y



adecuados para el propósito con la condición de que la batería y las celdas fotovoltaicas sean seleccionadas concordantemente.

5 Así, se prevé que el aparato podría ser usado también para procesos de extracción bacterianos de metales y todavía además para procedimientos de formación de compost.

## REIVINDICACIONES

1. Un método para llevar a cabo procesos microbiológicos sobre un material a granel en el cual una cantidad del material (16) a granel es cargado sobre un recubrimiento (4) a prueba de agua que forma parte de una biocelda con una disposición (5) de transferencia de calor por debajo de la cantidad de material a granel o dentro de su volumen, o ambos, y en donde el contenido de humedad del material a granel es controlado por distribución periódica o intermitente de agua en el material a granel con el fin de promover la actividad microbiológica dentro del material a granel por medio de microbios que pueden ser de origen natural dentro del material a granel o pueden seleccionarse e introducirse en el material a granel de acuerdo con un resultado deseado, y una instalación (22, 23) de recuperación de lixiviado para recolectar el lixiviado que drena del material a granel, en uso, en el que la temperatura dentro del material a granel es monitorizada y la disposición de transferencia de calor es calentado o enfriado, según se requiera, con el fin de controlar la temperatura del mismo para hacer que la temperatura del material a granel se aproxime a una temperatura objetivo asociada con actividad microbiana potenciada de microbios presentes dentro del material a granel en donde la disposición de transferencia de calor opera para calentar o enfriar aire que es alimentado hacia la disposición (5) de entrada de aire antes de su descarga en el material a granel, incluyendo la disposición de transferencia de calor un intercambiador de calor que puede ser calentado o enfriado mediante un fluido que circula a través del intercambiador de calor desde una fuente adecuada y en el que el agua se calienta en un calentador (11) solar de agua para circulación a través del intercambiador de calor tanto y cuando se requiera el calentamiento de aire introducido en el material a granel.
2. Un método como el reivindicado en la reivindicación 1, en el cual los microbios incluyen microbios aeróbicos.
3. Un método como se reivindica en una de las reivindicaciones 1 o 2 en el cual los microbios incluyen microbios anaeróbicos.
4. Un método como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el cual la disposición de transferencia de calor incluye un sifón de calor compuesto de una multitud de cuentas o partículas (14) que tienen un contenido de calor buscado que mantenga una temperatura elevada durante periodos de tiempo para los cuales la fuente de calor es inactiva.
5. Un método como el que se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el cual los nutrientes requeridos para una acción microbiana dirigida son agregados bien sea en la forma de material sólido en el mismo momento en que la cantidad de material a granel es cargada hacia la biocelda o por medio de agua distribuida en el material a granel, o ambos.
6. Un método como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el cual se distribuye agua dentro del material a granel asperjándola (21) sobre la superficie superior del mismo siendo reciclada el agua lixiviada junto con un agua de compensación que puede ser agregada para compensar las pérdidas o para compensar una corriente de sangría de lixiviado que pueda ser retirada.
7. Un método como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el cual el contenido de nutrientes del lixiviado es monitorizado y se agregan nutrientes según sea requerido al lixiviado que se hace recircular.
8. Un método como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el cual el contenido de humedad del material a granel es monitorizado con la distribución de agua en el material a granel que está siendo controlado de acuerdo con el contenido de humedad detectado.
9. Un método como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el cual el método completo se lleva a cabo en un ambiente cerrado en la forma general de un túnel (25) adecuado en el cual el túnel forma un recinto junto con el recubrimiento a prueba de agua de la biocelda.
10. Aparato en la forma de una biocelda para llevar a cabo un método como se definió más arriba que comprende un recubrimiento (4) a prueba de agua; una disposición (5) para transferencia de calor adaptado para ser cubierto por una cantidad de material (16) a granel, en uso; una disposición (21) de entrada de agua que incluye medios para regulación de flujo mediante el cual se puede distribuir agua periódica o intermitentemente en el material a granel soportado por encima del recubrimiento a prueba de agua; al menos un detector (17) de humedad para detectar el contenido de humedad del material a granel dentro del contenedor; una instalación (22, 23) para recuperación de lixiviado para recolectar el lixiviado que drena desde el material a granel soportado por encima del recubrimiento a prueba de agua en uso; y al menos un detector (18) de temperatura para detectar la temperatura dentro del material a granel soportado por encima del recubrimiento a prueba de agua; en el que la disposición de transferencia de calor está dispuesto, según se requiera en uso, para ajustar la temperatura del material a granel soportado por encima del recubrimiento a prueba de agua, en el que la disposición de transferencia de calor está dispuesto para calentar o enfriar aire que es alimentado hacia una disposición (5) de entrada de aire antes de su descarga en el material a granel, incluyendo la disposición de transferencia de calor un intercambiador de calor que puede ser calentado o enfriado por un fluido que circula a través del intercambiador de calor desde una fuente adecuada y en el que está

incluido un calentador (11) solar de agua para calentar agua para la circulación a través del intercambiador de calor y cuando se requiere el calentamiento de aire introducido en el material a granel cargado en el aparato.

5 11. Aparato como se reivindica en la reivindicación 10 en el cual el aparato incluye un controlador (38) que tiene un microprocesador electrónico teniendo el controlador entradas para asociación con el al menos un detector de temperatura y el al menos un detector de humedad; en el que el controlador tiene una salida para controlar el flujo de fluido de calentamiento o enfriamiento a la disposición de transferencia de calor de acuerdo con la temperatura detectada por el al menos un detector de temperatura; teniendo el controlador también una salida para controlar el flujo de agua dla disposición de entrada de agua de acuerdo con el resultado de el al menos un detector de humedad.

10 12. Aparato como se reivindica en la reivindicación 11 en el cual los microbios que se van a emplear incluyen microbios aeróbicos y la disposición de transferencia de calor incluye un intercambiador de calor mediante el cual el aire alimentado a una disposición de entrada de aire es calentado de acuerdo con la temperatura del fluido que circula a través el intercambiador de calor de una fuente (11) de calor.

15 13. Aparato como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 11 ó 12 en el cual el controlador tiene adicionalmente una entrada para recibir la salida de un detector (45) de nutrientes para detectar nutrientes en el lixiviado y, en el evento de que el lixiviado sea reciclado, el controlador tiene una salida para controlar la adición (46) de nutrientes al agua/lixiviado que está siendo suministrado a la disposición de entrada de agua.

20 14. Aparato como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13 en el cual el controlador tiene asociado con él un suministro de energía eléctrica que incluye una unidad (41) de batería y una disposición (42) de celda solar para cargar la unidad de batería y el intercambiador de calor está conectado a un ensamblaje (11) de calentador solar de agua para efectuar el calentamiento del intercambiador de calor.

25 15. Aparato como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14 en el cual la disposición de transferencia de calor está rodeada por una multitud de cuentas o partículas (14) que tienen un contenido de calor previsto para mantener una temperatura elevada del aire de entrada durante periodos de tiempo para los cuales la fuente de calor está inactiva actuando las cuentas o partículas de esa manera como un sifón de calor.

30 16. Aparato como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 15 en el cual el aparato incluye un material en lámina impermeable que forma un túnel (25) que encierra completamente la biocelda con el material en lámina y recubre el contenedor actuando juntos para formar un cierre total para la biocelda y en el que se provee una salida (26) para gases de desprendimiento en cuyo caso se provee cualquier depurador (28) apropiado para retirar cualquier componente nocivo de los mismos y opcionalmente un sinfín o turbina para extraer energía de los gases que salen del ambiente cerrado.

35 17. Aparato como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 16 en el cual una cubierta (35) de aislamiento retraíble está asociada con un túnel para controlar selectivamente la pérdida de calor a través de la pared del túnel de acuerdo con la temperatura ambiente externa prevalente en cuyo caso puede estar dispuesto un controlador para ajustar automáticamente la posición de la cubierta aislante retraíble, de acuerdo con la alimentación de temperatura ambiente al controlador por un sensor (38) de temperatura ambiente.

40

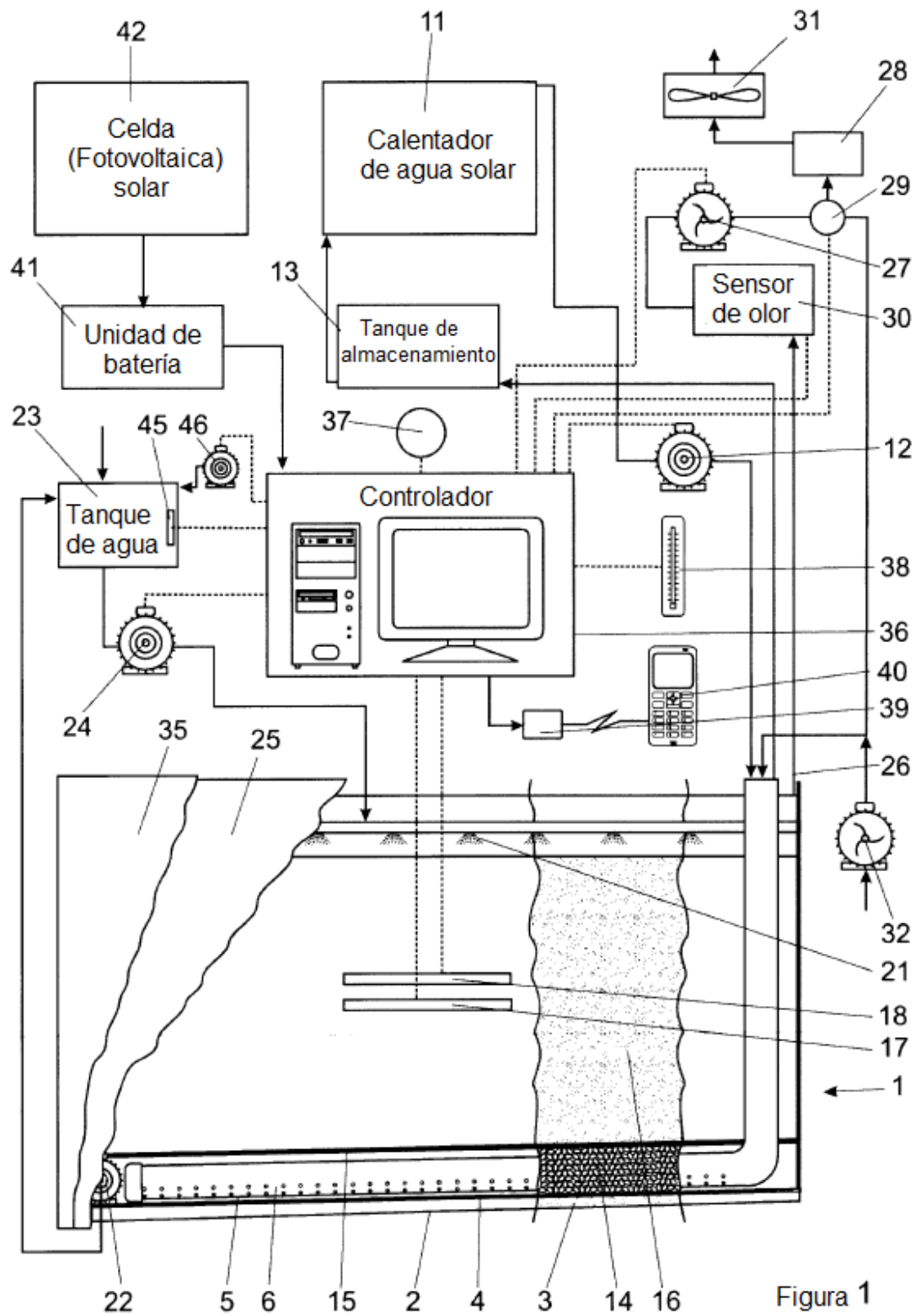


Figura 1

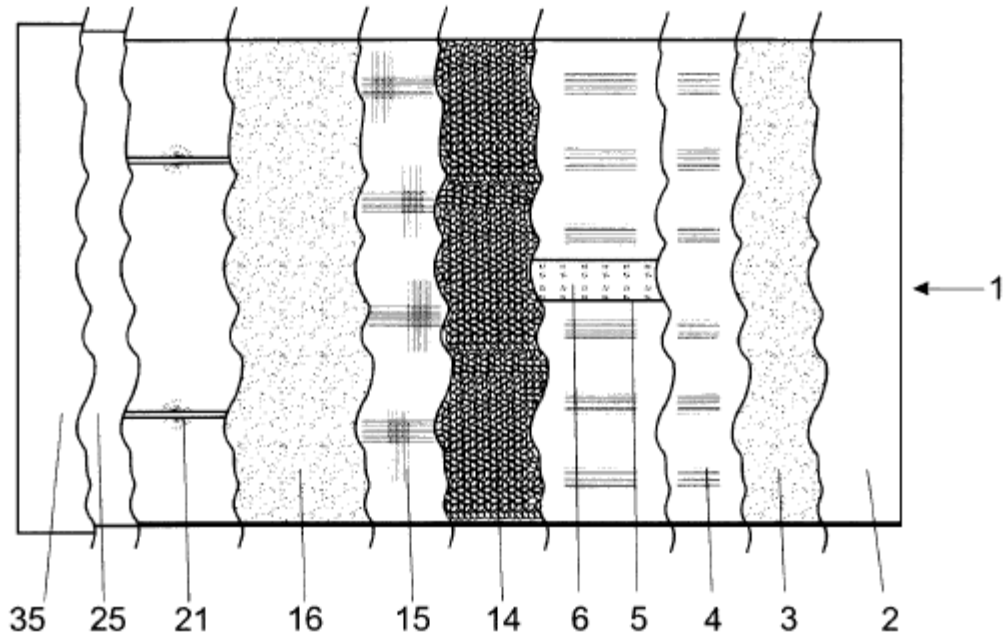


Figura 2

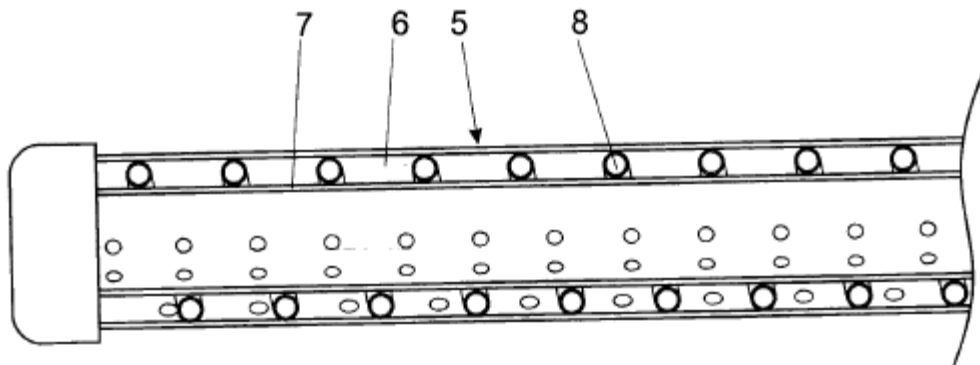


Figura 3

