

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 544 648**

51 Int. Cl.:

C05F 17/00 (2006.01)

C05F 17/02 (2006.01)

C02F 3/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.07.2000 E 00945438 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.05.2015 EP 1208068**

54 Título: **Proceso para tratamiento de material de residuos orgánicos**

30 Prioridad:

20.07.1999 AU PQ174099

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

02.09.2015

73 Titular/es:

**ANAECO LIMITED (100.0%)
3 Turner Ave
Bentley, WA 6102, AU**

72 Inventor/es:

RUDAS, TOMASZ

74 Agente/Representante:

ARPE FERNÁNDEZ, Manuel

ES 2 544 648 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

Proceso para tratamiento de material de residuos orgánicos

5 **Campo de la invención**

[0001] La presente invención se refiere a un proceso para tratamiento de material de residuos orgánicos.

10 **Antecedentes de la invención**

- 10 **[0002]** Es bien sabido que la degradación de material de residuos orgánicos sólido hasta a un producto final estabilizado biológicamente activo tal como el compost para jardines, se puede lograr mediante el tratamiento del material de residuos orgánicos sólidos, ya sea bajo condiciones anaerobias o aerobias en el que microorganismos anaerobios o aerobios, respectivamente, metabolizan el material de residuos hasta el producto final.
- 15 **[0003]** La descomposición aerobia de material de residuos orgánicos sólido se lleva a cabo en presencia de oxígeno. La energía producida durante la descomposición aerobia se libera en forma de calor, la temperatura del material con frecuencia aumenta hasta 75 °C en condiciones ambientales. El producto final sólido resultante es generalmente rico en nitratos, que es una fuente de nitrógeno fácilmente bio-disponible para las plantas. Por lo tanto el producto final resultante bio-disponible es un material fertilizante excelente para jardines y tiene valor comercial como tal.
- 20 **[0004]** La digestión anaerobia de residuos orgánicos sólidos se lleva a cabo en ausencia de oxígeno. Típicamente, los residuos sólidos orgánicos se deben calentar a una gama de temperatura mesófila o termófila con el fin para optimizar el metabolismo microbiano anaerobio. La energía producida durante la digestión anaerobia se preserva como biogás, principalmente metano y dióxido de carbono. El producto sólido resultante final, es generalmente rico en sales de amonio. Las sales de amonio no resultan fácilmente bio-disponibles para absorción por las plantas. Se sabe, por lo tanto, tratar residuos, resultantes de digestión anaerobia, con condiciones en las que se producirá descomposición aerobia. Por lo tanto, el material se convierte en un material rico en nitratos y que tiene valor comercial.
- 25 **[0005]** Han sido diseñados generalmente sistemas para atender de forma discreta cada tipo de degradación, aunque algunos sistemas han sido diseñados para combinar ambos procesos de descomposición anaerobia y aerobia.
- 30 **[0006]** La patente alemana numero 4440750 se refiere a un aparato para materia prima y recuperación de energía a partir de biomasa que tiene una unidad de fermentación anaerobia, una unidad de compostaje aerobio, una unidad de gasificación y una planta de generación de energía. El aparato utiliza subproductos procedentes de la unidad de fermentación anaerobia y la unidad de compostaje aerobio para trabajar sinérgicamente proporcionando cantidades reducidas de residuos y para mejorar la materia prima y la producción de energía.
- 35 **[0007]** La solicitud de patente internacional numero WO 94/24071 describe el tratamiento de bio-residuos orgánicos especialmente de residuos domésticos e industriales, incluyendo residuos de comida crudos y/o cocinados, desechos agrícolas y/o componentes de plantas vegetales. Los residuos biológicos son primero homogeneizados, fermentados en un reactor anaerobio en el que se retira el biogás resultante, y luego los sólidos residuales se transfieren a una cámara de compostaje
- 40 **[0008]** Estos y otros sistemas similares proporcionan cámaras o recipientes individuales y separados para la descomposición aerobia y la digestión anaerobia, respectivamente. El material que se ha sometido a un conjunto de condiciones se transfiere a un lugar separado para someterse a una fase de procesamiento secundario. La transferencia de material desde una ubicación a otra no es eficiente en términos de tiempo, costes y mano de obra.
- 45 **[0009]** El documento DE 198 33 624 A1 describe un procedimiento para la fermentación de materia orgánica por la adición sucesiva de bacterias anaerobias y termófilas. La materia orgánica se coloca primero en una cámara cerrada y un cultivo que contiene bacterias aerobias y anaerobias se añade en forma pulverizada tipo de vaporización. La temperatura durante la fase anaerobia se eleva hasta 85 °C. Después de que la fase anaerobia se ha completado, las válvulas de la cámara cerrada se abren para permitir que el vapor y los gases escapen a una cámara de neutralización y de condensación y el excedente de licor es drenado a un sumidero. A continuación se suministra el aire a una presión de aproximadamente 3 atmósferas para iniciar la fermentación aerobia.
- 50 **[0010]** El documento GB 487 837 A describe un proceso para convertir los desechos en material fertilizante de humus. El desecho se muele y/o tritura, se añade un cultivo líquido de bacterias seleccionadas y la mezcla se deposita en una celda de fermentación. Se realiza una pre-aireación a la temperatura aumentada de hasta 40 °C. La aireación se detiene a continuación, el aire presente en la célula se consume y la fermentación anaerobia se inicia debido a las bacterias anaerobias inherentes al desecho.
- 55 **[0011]** El documento US 2 337 686 A describe un proceso para convertir residuos orgánicos en un producto utilizable. El proceso consta de dos fases diferentes. Una primera fase anaerobia donde la temperatura se eleva a 35 °C para desarrollar bacterias anaerobias y donde se produce metano y una segunda fase aerobia. El contenido de humedad de los residuos en el comienzo del proceso se sitúa entre el 50 y el 70% de porcentaje en peso. El biogás producido en la primera fase se retira y se utilizan para producir energía.
- 60 **[0012]** La patente DE 34 38 057 A1 describe un aparato para convertir los residuos orgánicos que comprende al menos dos recipientes, cada uno comprende medios para recibir residuos orgánicos, medios de alimentación para suministro de agua dulce y agua desde otro recipiente.
- 65 **[0013]** El documento DE 44 09 487 A1 describe un procedimiento para la producción de energía y fertilizante a partir de residuos. Los residuos se compactan y humidifican hasta un contenido de humedad de entre el 50% y 70%, se añade bacterias de inóculo y se cierra el recipiente. La temperatura se eleva hasta una temperatura comprendida entre 35 °C y

75°C. Durante la digestión anaerobia el biogás se retira y se utiliza para producir energía. Después de la primera fase anaerobia, se insufla aire en la parte superior del recipiente mientras se aspira en la parte inferior.

[0014] La presente invención busca superar, al menos en parte, algunas de las desventajas antes mencionadas.

5 Resumen de la invención

[0015] La presente invención se refiere a un proceso para tratamiento de material de residuos orgánicos para material de residuos orgánicos recibido en un recipiente que se caracteriza por que comprende las etapas secuenciales de:

- a. someter al contenido del recipiente a condiciones bajo las cuales un pre-acondicionamiento aerobio preliminar del contenido del recipiente por un período comprendido entre 1 día y 28 días con el fin de elevar la temperatura del contenido del recipiente hasta por lo menos 50° C, comprendiendo este pre-acondicionamiento aerobio preliminar la etapa de ajustar el contenido de humedad del contenido del recipiente entre el 40% y 60% en peso de humedad;
- b. sellar el recipiente después de la etapa a) para prevenir la entrada de aire al mismo, de manera que las bacterias aerobias del recipiente hagan que el contenido de oxígeno del mismo se agote, en el que los procesos metabólicos de las bacterias aerobias convierten el oxígeno en dióxido de carbono;
- c. ajustar el contenido de agua del contenido del recipiente después de la etapa b) hasta el 50% al 95% en peso de humedad;
- d. simultáneamente o con posterioridad a la etapa c) adición de un inóculo bacteriano anaerobio al contenido del recipiente;
- e. digestión de forma anaerobia del contenido del recipiente después de las etapas c) y d) a una temperatura comprendida entre 50° C y 75° C, durante un período comprendido entre 4 días y 20 días;
- f. separación de subproductos gaseosos resultantes de la etapa e);
- g. reducción del contenido de agua de los residuos en el recipiente de entre el 40% y el 60% de peso de humedad;
- h. distribuir aire uniformemente a través de los residuos del recipiente para crear las condiciones adecuadas para el compostaje aerobio de los residuos para someter, sin agitación, al contenido del recipiente a una presión de entre 1 y 1000 kPa por encima de la presión atmosférica para asegurar una penetración uniforme de los residuos por el aire;
- i. compostaje de manera aerobia de los residuos del recipiente por la acción de bacterias aerobias; y
- j. recuperación del compost resultante de la etapa i) desde el recipiente al finalizar la etapa de compostaje aerobio.

[0016] Preferiblemente, en el proceso de tratamiento de material de residuos orgánicos de acuerdo con la invención se administra aire al contenido del recipiente en la etapa a) a una presión de entre 1 y 1000 kPa por encima de la presión atmosférica para asegurar la penetración uniforme de los contenidos del recipiente por el aire, o se administra aire al contenido del recipiente a una presión de entre 5 y 50 kPa por encima de la presión atmosférica para asegurar una penetración uniforme de los contenidos del recipiente por el aire o se administra aire a los residuos en la etapa h) a una presión de entre 5 y 50 kPa por encima de la presión atmosférica para asegurar la penetración uniforme de los residuos por el aire.

[0017] Preferiblemente en el proceso de tratamiento de material de residuos orgánicos de acuerdo con la invención se bombea aire al contenido del recipiente.

Breve descripción de los dibujos

[0018] La presente invención se describirá ahora, a modo únicamente de ejemplo, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

- La figura 1 es un diagrama esquemático de un aparato, dispuestos en uso, para alojar material de residuos orgánicos y para proporcionar a este un proceso de descomposición secuencial que comprende una etapa de digestión anaerobia y una etapa de composición aerobia, de acuerdo con la presente invención; y

- La figura 2 es un diagrama esquemático de una pluralidad de recipientes mostrados en la figura 1, interconectados por primeros y segundos medios de recirculación, en el que cada recipiente está dispuesto, en uso, para alojar material de residuos orgánicos y para facilitar un proceso de descomposición secuencial en los mismos, y estando dispuestos dichos primeros y segundos medios de recirculación, en uso, para recircular subproductos de cada recipiente a un recipiente contiguo, de acuerdo con la presente invención.

Descripción detallada de la realización preferida

[0019] En la figura 1 de los dibujos adjuntos se muestra un aparato 10, dispuesto en uso, para alojar material de residuos orgánicos y para proporcionar en el mismo un proceso de descomposición secuencial, que comprende una etapa de digestión anaerobia y una etapa de compostaje aerobio.

[0020] El aparato 10 incluye un recipiente hermético presurizado 20, dispuesto, en uso, para alojar material de residuos orgánicos. Preferiblemente, el recipiente 20 se construye a partir de un material rígido, químicamente inerte con buena integridad estructural tal como acero u hormigón. Preferiblemente, el recipiente 20 opera en un rango de presión de entre aproximadamente 1 y 1000 kPa por encima de la presión atmosférica.

[0021] Una pared superior 22 del recipiente 20 está provista de una compuerta de recepción 24 que en uso está dispuesta para permanecer en una posición abierta cuando el material de residuos orgánicos se carga o descarga desde el recipiente 20. La compuerta de recepción 24 está dispuesta para en uso permanecer en una posición cerrada cuando el material de residuos orgánicos está experimentando el proceso de descomposición secuencial.

- [0022] El material de residuos orgánicos puede ser cargado en el recipiente 20 por un cargador de tornillo 30 y un transportador de cinta 40 como se muestra en la figura 1. Se apreciará, sin embargo, que se puede utilizar cualquier sistema de transporte y de carga conveniente para cargar el recipiente 20 con material de residuos orgánicos.
- 5 [0023] El recipiente 20 también está provisto de una compuerta de extracción 27 que está dispuesta en una pared 21 del recipiente 20. La compuerta de extracción 27 está dispuesta para en uso permanecer en una posición abierta cuando un producto final del proceso de descomposición secuencial se descarga del recipiente. La compuerta de extracción 27 está dispuesta para en uso permanecer en una posición cerrada durante el proceso de descomposición secuencial.
- 10 [0024] El recipiente 20 está provisto de una pluralidad de líneas de alimentación 26 que están dispuestas para, en uso, suministrar aire o agua al recipiente 20. Se prevé que el aire será entregado al recipiente 20 bajo una presión positiva de entre aproximadamente 1 y 1000 kPa por encima de la presión atmosférica. Se ha encontrado que operando con presiones de aire dentro del recipiente de aproximadamente entre 1 y 1000 kPa por encima de la presión atmosférica, facilita una más efectiva penetración de aire y de aire más eficiente en el contenido de material del recipiente 20. Las líneas de alimentación 26 también están dispuestas para drenar el recipiente 20 del exceso de agua bajo presión negativa. Las líneas de alimentación 26 están dispuestas en, al menos, una pared 21 del recipiente 20 tal que el agua o el aire se distribuye uniformemente en el material de residuos orgánicos alojado por el recipiente 20. La distribución uniforme de agua o de aire elimina la necesidad de medios de agitación dentro del recipiente 20 para homogeneizar las condiciones en el mismo. Se prevé, sin embargo, que en el caso de una operación industrial a gran escala donde el volumen del recipiente 20 es muy grande, puede ser más conveniente instalar dentro del recipiente 20 medios de agitación para ayudar a proporcionar en él condiciones homogéneas.
- 15 [0025] Las líneas de alimentación 26 están conectadas con una línea de control 28 que está dispuesta para controlar el caudal y la distribución de agua y aire hacia y desde el recipiente 20 en las etapas apropiadas del proceso de descomposición secuencial.
- 20 [0026] En una realización alternativa de la invención, el recipiente 20 está provisto de, al menos, una lanza perforada alargada que también está dispuesta para, en uso, suministrar aire o agua al recipiente 20 de una manera similar a las líneas de alimentación 26. Se prevé que las perforaciones estén equidistantemente separadas unas de otras en toda la longitud de la lanza a fin de promover una distribución uniforme de aire y agua en el recipiente 20. La lanza está dispuesta para pender de la pared superior 22 o de la pared inferior 21 del recipiente 20. El recipiente 20 está provisto adicionalmente con medios de drenaje para drenar el exceso de agua del recipiente 20 bajo presión negativa.
- 25 [0027] El aparato 10 está provisto de una primera y una segunda líneas de recirculación 62, 64. La primera línea de recirculación 62 está provista de una primera bomba 61 que está dispuesta para facilitar la recirculación del gas a través del aparato 10. El aire de una fuente externa puede ser también recibido en la primera línea de recirculación 62 a través de una primera abertura 65. La segunda línea de recirculación 64 está provista de una segunda bomba 63 que está dispuesta para facilitar la recirculación del agua a través del aparato 10. El agua de una fuente externa también puede ser recibida en la segunda línea de recirculación 64 a través de una segunda abertura 66. La segunda abertura 66 también está dispuesta para recibir los aditivos biológicos o químicos, tales como un inóculo bacteriano, las enzimas y tampones de pH.
- 30 [0028] Las primera y segunda líneas de recirculación 62, 64 están interconectadas con el recipiente 20 por la línea de control 28 y las líneas de alimentación 26.
- 35 [0029] La pared superior 22 del recipiente 20 también está provista de una línea de extracción de gas. La línea de extracción de gas 50 interconecta el recipiente 20 y un tanque de deshidratación 60. La línea de extracción de gas 50 está dispuesta, en uso, para extraer los gases generados en el interior del recipiente 20 durante una etapa de digestión anaerobia del proceso de descomposición secuencial, o para extraer aire del espacio de la parte superior del recipiente 20 durante una etapa de compostaje aerobio del proceso de descomposición secuencial.
- 40 [0030] El tanque de deshidratación 60 está dispuesto, en uso, para eliminar el agua de los gases extraídos.
- 45 [0031] El tanque de deshidratación 60 se conecta con las primeras líneas de recirculación 62 y una línea de deshidratación 67. De esta manera, la primera línea de recirculación 62 facilita la recirculación del gas deshidratado a través del aparato 10. La línea de deshidratación 67 está dispuesta, en uso, para recircular el agua que ha sido retirada del gas a través del aparato 10. La línea de deshidratación 67 está conectada a la segunda línea de recirculación 64.
- 50 [0032] El aparato 10 está provisto de un bio-filtro 70 que está interconectado con la primera línea de recirculación 62 por una línea de salida 72. El bio-filtro 70 está dispuesto, en uso, para limpiar el aire de recirculación de emisiones olorosas resultantes de la digestión anaerobia y de las etapas de compostaje aerobio del proceso de compostaje secuencial antes de la evacuación del aire de recirculación limpio a la atmósfera.
- 55 [0033] El aparato 10 también está provisto de un tanque de almacenamiento de gas 80 que está interconectado con la primera línea de recirculación 62, por una primera línea de almacenamiento 82. El tanque de almacenamiento de gas 80 está dispuesto, en uso, para recibir biogás, predominantemente una mezcla de metano y dióxido de carbono, generado durante la etapa de digestión anaerobia del proceso de descomposición secuencial. Se entenderá que el biogás recibido habrá sido tratado en el tanque de deshidratación 60 antes de su almacenamiento en el tanque de almacenamiento de gas 80.
- 60 [0034] El tanque de almacenamiento de gas 80, está interconectado con un generador de energía 85 por medio de una línea de generador 84. El generador de energía 85 está dispuesto para convertir el biogás en energía eléctrica, en el que la energía eléctrica se puede distribuir a otros componentes del aparato 10 según se requiera. Cualquier exceso de energía eléctrica generada por el generador 85 se podría entregar a una red de energía externa.
- 65 [0035] Como se muestra en la figura 1, el aparato 10 también incluye un tanque calentador de agua 90. El tanque calentador de agua 90, está interconectado con el tanque de deshidratación 60 por la línea de deshidratación 67. El tanque calentador de agua 90 está dispuesto para recibir agua desde el tanque de deshidratación 60 a través de la línea

de deshidratación 67 y desde la segunda abertura puerto 66. El tanque de calentador de agua 90 también está conectado con el tanque de almacenamiento de gas 80 por un primer conducto de suministro 87. El tanque calentador de agua 90 está provisto con medios para intercambiar calor del biogás recibido de la primera línea de suministro 87 con el fin de controlar la temperatura del agua en el depósito del calentador de agua 90.

5 **[0036]** Se entenderá que el agua del tanque calentador de agua 90 se mantiene a una temperatura de 15° C a 75° C. El agua está dispuesta, en uso, para ser recirculada a través del aparato 10 a través de la segunda línea de recirculación 64, la línea de control 28 y las líneas de alimentación 26 hacia el recipiente 20 durante la etapa de digestión anaerobia del proceso de descomposición secuencial. La entrega de agua calentada a un rango de temperatura en el que la actividad microbiana anaerobia está optimizada ayuda a la etapa de digestión anaerobia del proceso de descomposición
10 secuencial. Como se muestra en la figura 1, el aparato 10 también incluye un tanque de almacenamiento de agua 92. El tanque de almacenamiento de agua 92 está conectado a la segunda línea de recirculación 64. El tanque de almacenamiento de agua 92 está dispuesto para recibir y almacenar el agua extraída del recipiente 10 después de la finalización de la etapa de digestión anaerobia del proceso de descomposición secuencial.

[0037] El aparato 10 también está provisto de medios intercambiadores de calor 95 que están conectados con la línea
15 de extracción de gas 50. Los medios de intercambio de calor 95 están dispuestos, en uso, para utilizar la energía del aire caliente extraído durante la etapa de compostaje aerobio. La energía del aire caliente extraído se utiliza para calentar el agua que circula a través de la segunda línea de recirculación 64. Se apreciará que el aire caliente extraído también puede ser recirculado a través del aparato 10 por medio de la primera línea de recirculación 62, la línea de control 28 y las líneas de alimentación 26 del recipiente 20 antes del comienzo de la etapa de digestión anaerobia para
20 calentar el material de residuos orgánicos en el mismo. El precalentamiento del material de residuos orgánicos a un intervalo de temperatura de entre 15° C y 75° C, en el que la actividad microbiana anaerobia está optimizada, ayuda a la etapa de digestión anaerobia del proceso de descomposición secuencial. Se entenderá que los medios intercambiadores de calor 95 funcionan más eficazmente cuando se incluyen en una planta, donde una pluralidad de recipientes 10, están dispuestos en una configuración por lotes secuenciales.

[0038] En la figura 2 de los dibujos adjuntos se muestra un aparato 100 que incluye una pluralidad de recipientes 20 tal
25 como se describe en la figura 1 en los que números y símbolos se refieren a partes similares en su totalidad. Los recipientes 20 están interconectados uno con otro por medio de las primera y segunda líneas de recirculación 62 y 64.

[0039] Además de las funciones de la primera línea de recirculación 62 que se han descrito previamente en relación a la
30 figura 1, la primera línea de recirculación 62 está dispuesta también para facilitar la recirculación del gas extraído de un recipiente 20 a la línea de control 28 y a la línea de alimentación 26 de otro recipiente 20. Por ejemplo, el aire caliente extraído de un recipiente que experimenta la etapa de compostaje aerobio puede ser recirculado a otro recipiente 20 que puede requerir calor para iniciar la etapa de compostaje aerobio. Alternativamente, el material de residuos orgánicos alojado por otro recipiente 20 puede ser calentado por el aire caliente recirculado antes del comienzo de la etapa de digestión anaerobia en ese recipiente 20.

[0040] Además de las funciones de la segunda línea de recirculación 64 que se ha descrito previamente en relación a la
35 figura 1, la segunda línea de recirculación 64 está dispuesta para facilitar la recirculación del agua extraída de un recipiente 20 a la línea de control 28 y las líneas de alimentación de otro recipiente 20. Por ejemplo, el agua eliminada de un recipiente 20 después de la finalización de la etapa de digestión anaerobia puede ser recirculado a otro recipiente 20 que puede requerir un mayor contenido de agua para iniciar la etapa de digestión anaerobia.

[0041] Se apreciará que el contenido de cada recipiente 20 puede estar en diferentes etapas del proceso de
40 descomposición secuencial. Preferiblemente, cada recipiente 20 está configurado para formar un lote secuencial para facilitar la operación continua del proceso de descomposición secuencial de la presente invención.

[0042] Un sistema de múltiples recipientes está configurado de tal manera que un recipiente 20 está lleno de material de
45 residuos orgánicos, mientras que otro se está vaciando, los recipientes 20 restantes del sistema 100 de múltiples recipientes, están dispuestos para estar en diversas etapas del proceso de descomposición secuencial.

[0043] También se apreciará que los recipientes adicionales 20 pueden estar conectados al aparato 100 por medio de
las primera y segunda líneas de recirculación 62 y 64 para aumentar los volúmenes de procesamiento del aparato 100.

[0044] Como se muestra en la figura 2, se proporciona una línea de extracción de gas 52 para el aire eliminado de cada
50 recipiente 20 durante la etapa de compostaje aerobio, y una línea de extracción de gas 52a adicional para la extracción de biogás a partir de los contenidos de cada recipiente 20 que se generan durante la etapa de digestión anaerobia.

[0045] El proceso de descomposición secuencial de material de residuos orgánicos se describirá ahora con referencia al
aparato 10 como se muestra en la figura 1 y el aparato 100 como se muestra en la figura 2.

[0046] El proceso de descomposición secuencial de material de residuos orgánicos es un proceso de dos etapas que
55 incluye una etapa de digestión anaerobia seguida por una etapa de compostaje aerobio. Preferiblemente, el material de residuos orgánicos se somete a una etapa preliminar de pre-acondicionamiento de compostaje aerobio, seguido de una etapa preliminar de pre-acondicionado de digestión antes del comienzo de la etapa de digestión anaerobia y la etapa de compostaje aerobio.

[0047] El material de residuos orgánicos es normalmente seleccionado por tamaños y mezclado para efectuar una
60 mezcla sustancialmente homogénea. Se entiende que el material de residuos orgánicos se refiere a material de residuos orgánicos sólidos, que comprende materia vegetal; residuos orgánicos domésticos y municipales, incluyendo el material celulósico tal como papel de desecho; residuos orgánicos industriales; y residuos orgánicos agrícolas, por ejemplo, abonos animales. Típicamente, la relación C : N del material de residuos orgánicos es superior a 20. La consistencia del material se optimiza preferiblemente para la óptima circulación de agua a través del contenido en el recipiente 20 durante la etapa preliminar de pre-acondicionado de digestión anaerobia y la etapa de digestión
65 anaerobia, y la óptima circulación de aire a través de los contenidos en el recipiente 20, durante la etapa preliminar de pre-acondicionado del compostaje aerobio y la etapa de compostaje aerobio. La compuerta de recepción 24 del

recipiente 20 se abre, y el cargador de tornillo 30 y la cinta transportadora 40 entregan el material de residuos homogeneizado al recipiente 20, hasta que dicho recipiente 20 es sustancialmente llenado. La compuerta de recepción 24 se cierra entonces para sellar el recipiente 20.

[0048] La etapa preliminar de pre-acondicionamiento del compostaje aerobio comprende las etapas de:

- 5 1) ajustar el contenido de humedad del material de residuos a un 40 a 60% en peso de humedad (w/w);
- 2) bombear aire al material de residuos del recipiente 20, y
- 3) descomponer el material de residuos por medio de las bacterias aerobias.

[0049] El agua de una fuente externa en la segunda abertura 66 es bombeada por la segunda bomba 63 a través de la segunda línea de recirculación 64 y hacia el recipiente 20 a través de la línea de control 28 y las líneas de alimentación 26. Las líneas de alimentación 26, distribuyen uniformemente el agua a través del material de residuos orgánicos de manera que el contenido de humedad del material de residuos oscila entre un 40 y un 60% en peso de humedad (w/w) a través del contenido del recipiente 20. Alternativamente, el contenido de humedad se puede ajustar antes de cargar el recipiente 20 con el material de residuos.

[0050] El aire de una fuente externa en la primera abertura 65 se bombea bajo presión dentro del rango 1 y 1000 kPa por encima de la presión atmosférica por medio de la primera bomba 61 a través de la primera línea de recirculación 62 del aparato 10 y en el recipiente 20 a través de la línea de control 28 y las líneas de alimentación 26. Las líneas de alimentación 26, distribuyen uniformemente el aire a través del material de residuos orgánicos, de manera tal que el material de residuos orgánicos se airea sustancialmente de manera uniforme.

[0051] Se apreciará que, inicialmente, durante la etapa preliminar de pre-acondicionamiento del compostaje aerobio el aire es opcionalmente extraído del espacio superior en el recipiente 20 entre el material de los residuos orgánicos y la pared superior 22 del recipiente 20, a través de la línea de extracción de gas 50. El aire extraído puede tener opcionalmente agua retirada de la misma en el tanque de deshidratación 60 antes de que el aire sea bombeado a través de la primera línea de recirculación 62 por la primera bomba 61 de nuevo al recipiente 20.

[0052] Alternativamente, el aire extraído por los medios descritos anteriormente se puede sacar de otro recipiente 20.

[0053] Bajo las condiciones descritas anteriormente, las bacterias anaerobias indígenas presentes en el material de residuos orgánicos comienzan a metabolizar y descomponer el material de residuos orgánicos. La etapa preliminar de pre-acondicionamiento del compostaje aerobio opera en un rango de temperatura de 15° C a 75° C durante un período entre 1 y 28 días.

[0054] El propósito de etapa preliminar de pre-acondicionamiento del compostaje aerobio es elevar la temperatura de los contenidos del recipiente 20 a una temperatura dentro de un rango de 15° C a 75° C, preferiblemente por encima de 50° C. El rango de temperatura de 15° C a 75° C, es un intervalo preferido en el que la etapa preliminar de pre-acondicionamiento de la digestión anaerobia y la etapa de la digestión anaerobia tienen lugar con una eficacia óptima. De esta manera, la presente invención evita la necesidad de dependencia de medios de calefacción actuados por combustible para elevar la temperatura de los contenidos dentro del recipiente 20 a la temperatura óptima para el inicio de la etapa preliminar de pre-acondicionamiento de la digestión anaerobia y/o de la etapa de digestión anaerobia.

[0055] Preferiblemente, la etapa preliminar de pre-acondicionamiento del compostaje aerobio comprende la creación de condiciones bajo las cuales el contenido del recipiente 20 experimenta compostaje aerobio. El calor generado por el compostaje aerobio del contenido del recipiente 20, aumenta la temperatura ambiente del mismo a un intervalo de temperatura de entre 15° C a 75° C, momento en el que las condiciones dentro del recipiente 20, se cambian por un operario de manera que comienza la etapa preliminar de pre-acondicionamiento de digestión anaerobia o la etapa de digestión anaerobia. Se entenderá que otros medios alternativos adecuados para elevar la temperatura de los contenidos del recipiente 20, pueden ser sustituidos para la etapa preliminar de pre-acondicionamiento del compostaje aerobio. Por ejemplo, el aire caliente o vapor de una fuente geotérmica convenientemente accesible, pueden ser bombeados en los contenidos del recipiente 20 para elevar la temperatura en el mismo hasta la gama deseada para el inicio de la etapa preliminar de pre-acondicionamiento de la digestión anaerobia. Alternativamente, en referencia al aparato 100 de la figura 2, el aire caliente extraído de un recipiente 20 en el que el contenido está experimentando la etapa de compostaje aerobio, puede ser recirculado a otro recipiente 20 a través de la primera línea de recirculación 62 con el fin de calentar el contenido de dicho recipiente 20 hasta un intervalo de temperatura deseado.

[0056] La etapa preliminar de pre-acondicionamiento de la digestión anaerobia comprende las etapas de:

- 50 1) sellar el recipiente 20 para evitar la entrada de aire en dicho recipiente 20; y
- 2) agotar el oxígeno en el recipiente sellado 20.

[0057] El recipiente 20 se sella cuando la temperatura del contenido del recipiente 20 está en el intervalo de 15° C a 75° C, preferiblemente es mayor que o igual a 50° C. Fácilmente se entiende que las temperaturas en el rango de 15° C a 75° C son deseables para las condiciones de operación de digestión anaerobia. El recipiente 20 se sella al dejar de bombear y/o circular el aire a través de las líneas de alimentación 26 y la línea de control 28 al recipiente 20.

[0058] Los niveles de oxígeno en el recipiente sellado 20, se agotaran eventualmente por la acción de las bacterias aerobias en el mismo. Típicamente, los procesos metabólicos de las bacterias aerobias convierte el oxígeno en dióxido de carbono. Cuando los niveles de oxígeno en el recipiente 20 están suficientemente agotados, comienza la etapa de digestión anaerobia del proceso de descomposición secuencial.

[0059] El propósito de la etapa preliminar de pre-acondicionamiento de digestión anaerobia es facilitar el agotamiento del oxígeno dentro del recipiente antes de la adición de un inóculo anaerobio y el comienzo de la etapa de digestión anaerobia.

[0060] El biogás se produce al comienzo de y durante la etapa de digestión anaerobia. Una mezcla de metano y oxígeno en el recipiente 20, proporcionaría una mezcla de gas combustible y potencialmente explosivo. Además, la introducción de un inóculo anaerobio en un recipiente 20 que tiene un nivel de oxígeno moderadamente alto, resultaría fatal para el inóculo anaerobio ya que la mayoría bacterias anaerobias son intolerantes al oxígeno.

- [0061]** Por lo tanto, es una ventaja de la etapa preliminar de pre-acondicionamiento de la digestión anaerobia reducir los niveles de oxígeno en el recipiente sellado 20 antes del comienzo de la etapa de digestión anaerobia.
- [0062]** Cuando el nivel de oxígeno cae por debajo de los estándares aceptados puede comenzar la etapa de digestión anaerobia del proceso de descomposición secuencial.
- [0063]** La etapa de digestión anaerobia comprende las etapas de:
- 1) ajustar el contenido de humedad del material de residuos del 50 al 95% en peso de humedad (w/w); y
 - 2) digestión del material de residuos por las bacterias anaerobias.
- [0064]** Se recibe el agua de una fuente externa en la segunda abertura 66 a través de la segunda línea de recirculación 64 y se bombea por la segunda bomba 63 al recipiente 20 a través de la línea de control 28 y las líneas de alimentación 26. Las líneas de alimentación 26 distribuyen uniformemente el agua a través del material de residuos orgánicos, de manera tal que el contenido de humedad del material de residuos oscila desde el 50% hasta 95% en peso de humedad (w/w) a través de los contenidos del recipiente 20. Se apreciará que el agua de la fuente externa puede haber sido mezclada con un lodo biológico para actuar como un inóculo bacteriano anaerobio. Alternativamente, el agua eliminada del otro recipiente 20 que ha sufrido la etapa de digestión anaerobia puede ser recirculada por la segunda línea de recirculación 64 en el presente recipiente 20. De esta manera, el agua de un proceso de digestión anaerobia puede ser utilizada para inocular el contenido de un recipiente interconectado 20 que experimenta la etapa de digestión anaerobia en un sistema de múltiples recipientes 100. La etapa de digestión anaerobia mesofílica, opera en un rango de temperatura termófila de entre 15° C a 75° C, preferiblemente por encima de 50° C, durante un período de entre 4 a 20 días. Durante la etapa de digestión anaerobia, se generan gases de metano y dióxido de carbono que se extraen a presión a través de la línea de extracción de gas 50 y se entregan al tanque de deshidratación 60, donde se elimina el agua de los gases extraídos. Los gases extraídos se entregan a través de la primera línea de recirculación 62 al tanque de almacenamiento de gas 80 a través de la primera línea de almacenamiento 82. El gas puede entonces ser convertido en energía eléctrica por el generador de energía 85, o, alternativamente, ser usado para calentar el agua del tanque del calentador 90.
- [0065]** El agua que se elimina de los gases extraídos en el tanque de deshidratación 60, se envía entonces al tanque calentador 90 por la línea de deshidratación 67. El agua puede ser calentada en el depósito de calentador de agua 90. El agua calentada puede ser también recirculada por la segunda línea de recirculación 64, la línea de control 28 y las líneas de alimentación 26 de nuevo la recirculan al recipiente 20 para una etapa de digestión anaerobia posterior, de otro lote de material de residuos orgánicos. De esta manera el calor y la electricidad generada indirectamente por la etapa de digestión anaerobia se pueden utilizar para subvencionar las necesidades de energía en los recipientes interconectados 20 o utilizarse en etapas posteriores del proceso de descomposición secuencial que se produce en un momento posterior en el mismo recipiente 20. Se ha encontrado que durante la etapa de digestión anaerobia, se reduce la cantidad de sólidos volátiles y el contenido de nitrógeno en los contenidos del recipiente 20 se concentra.
- [0066]** Después de la terminación de la etapa de digestión anaerobia dentro del recipiente 20, las condiciones se alteran de tal manera que puede comenzar la etapa de compostaje aerobio.
- [0067]** La etapa de compostaje aerobio comprende las etapas de:
- 1) reducir el contenido de humedad dentro del recipiente; y
 - 2) airear el contenido del recipiente.
- [0068]** El exceso de agua se retira del recipiente 20 a través de las líneas de alimentación 26 y la línea de control 28 bajo drenaje por gravedad combinada con la aplicación de una presión negativa para extraer el exceso de agua en la segunda línea de recirculación 64. Por lo tanto, el contenido de humedad del contenido dentro del recipiente 20 se ajusta entre el 40% al 60% w/w. Se apreciará que el contenido de humedad también se puede bajar hasta el intervalo deseado mediante el bombeo de aire caliente procedente de otro recipiente 20 de un sistema de múltiples recipientes 100 que experimenta compostaje aerobio a través de la línea de control 28 y las líneas de alimentación 26 en el recipiente 20. El exceso de agua se recircula en el tanque de almacenamiento de agua 92. Alternativamente, el exceso de agua puede ser recirculado por la segunda línea de recirculación 64 a otro recipiente 20 de un sistema de múltiples recipientes 100 cuyos contenidos estén a punto de someterse a la etapa de digestión anaerobia.
- [0069]** Los contenidos del recipiente 20 se airean mediante el bombeo de aire a través de la línea de control 28 y las líneas de alimentación 26 en el recipiente 20. Se apreciará que las condiciones para la etapa de compostaje aerobio son las mismas que para la etapa preliminar de pre-acondicionamiento del compostaje aerobio descrito anteriormente.
- [0070]** El ajuste a los parámetros de funcionamiento puede hacerse dosificando el contenido del recipiente a través de la segunda abertura 66 como se describió anteriormente.
- [0071]** Se apreciará que el calor generado a partir de la etapa de compostaje aerobio puede ser utilizado para facilitar la formación de condiciones mesofílicas a condiciones termófilas para una etapa de digestión anaerobia o una etapa de compostaje aerobio que ocurre en otro recipiente 20 interconectado.
- [0072]** Al término de la etapa de compostaje aerobio, el compost resultante se descargará desde el recipiente 20 a través de la compuerta de extracción 27, siendo cargado y empaquetado para la venta. El compost resultante es relativamente seco y tiene poco olor. El contenido de nitrógeno en el material resultante se fija como amonio. Típicamente, la relación C : N del compost resultante es ≤ 20 .
- [0073]** La presente invención se ilustrará ahora adicionalmente con referencia al siguiente ejemplo.

Ejemplo

[0074] El material de residuos orgánicos consistente en tiras de periódico (6,75kg), cartón triturado (6,75kg), recortes de césped (4,4 kg), residuos de jardinería (30,4kg) y estiércol de pollo (38,3 kg) fue mezclado y recibido en un recipiente 0,8 m³. La relación C : N del material de residuos orgánicos era del 25,6.

5 **[0075]** El contenido del recipiente se sometió a una etapa preliminar de pre-acondicionamiento del compostaje aerobio en el que el aire que se administró a los contenidos del recipiente a un caudal de 300 litros/hr. La presión de aire dentro del recipiente se mantuvo a 25 kPa, por encima de la presión atmosférica. La temperatura del contenido del recipiente se elevó a 52° C después de un período de tres días, después de lo cual se interrumpió la administración de aire al contenido del recipiente.

10 **[0076]** El contenido del recipiente se sometió entonces a condiciones bajo las que se produce la digestión anaerobia. Un líquido digesto derivado de una digestión anaerobia anterior de un lote anterior de material de residuos orgánicos fue entregado al recipiente. Se hizo recircular el líquido digesto a través del recipiente continuamente durante un período de 8 días. El biogás se generó después de un corto período. El volumen de biogás generado durante la etapa de digestión anaerobia alcanzó un máximo de alrededor de 9 m³/m³.día con una tasa de producción promedio de 7m³/m³.día. El contenido promedio de metano del biogás varía del 40% al 60%.

15 **[0077]** Después de la digestión anaerobia, el líquido digerido se drenó del recipiente y se administró aire al recipiente con un caudal de 150 litros/hr. La presión de aire interior dentro del recipiente se mantuvo a 25 kPa por encima de la presión atmosférica. Las condiciones para el compostaje aerobio se mantuvieron durante cinco días.

20 **[0078]** Después de cinco días el compost resultante se retiró del recipiente. Las temperaturas internas del compost se monitorizaron durante cuatro días consecutivos para evaluar la estabilidad del compost. La temperatura interna no excedió de 24°C, indicando así la estabilidad deseada.

[0079] El compost se analizó para determinar los parámetros clave que corresponden a los requisitos de las normas australianas AS 4454-2000 compost, acondicionadores del suelo y abonos. Los resultados y los resultados comparativos se muestran en la siguiente tabla. La relación C : N del compost resultante era 19.

25

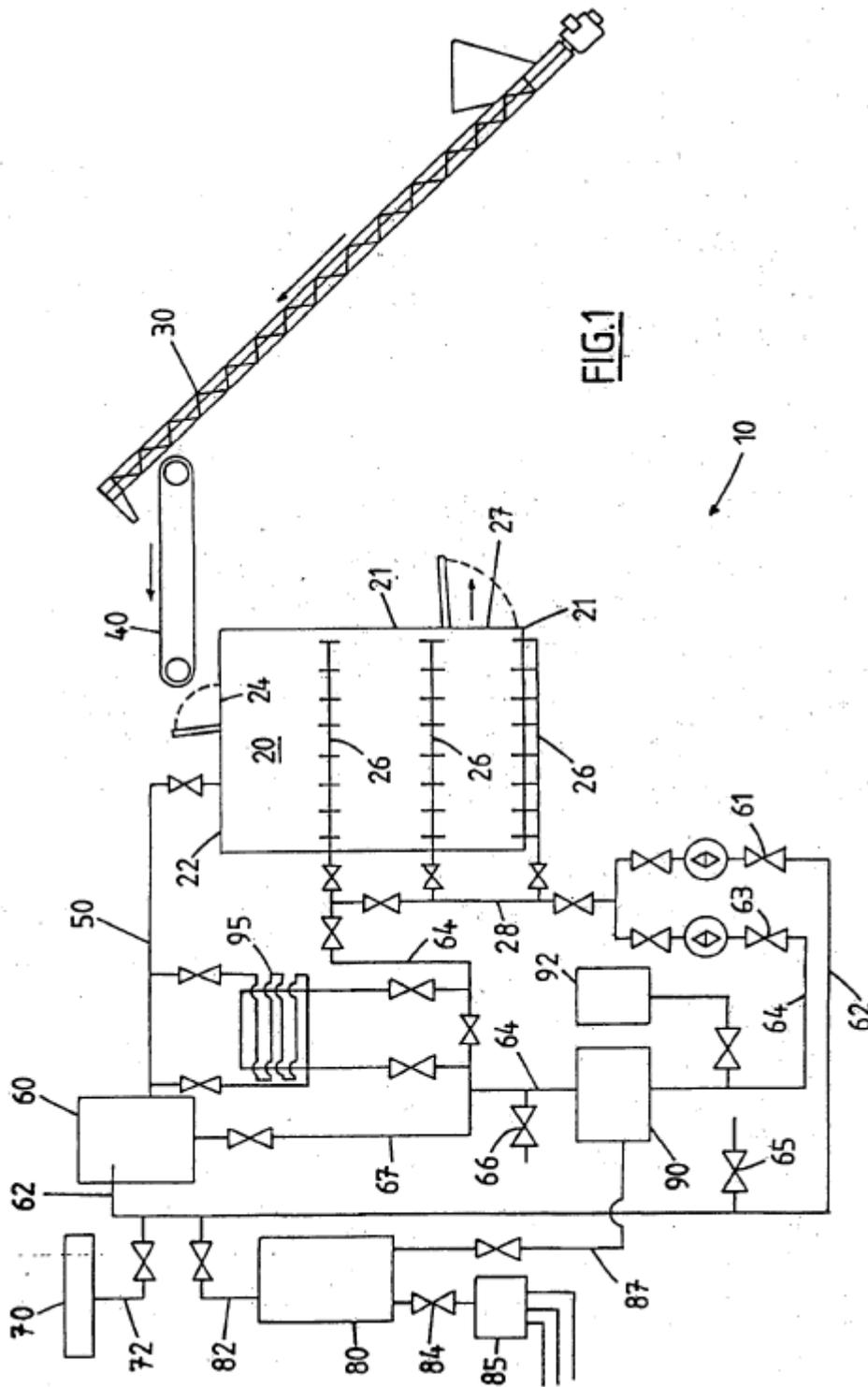
Tabla

Carcateristicas (unidades)	Requisitos AS 4454-2000	Compost
P (% de materia seca)	N/A	0,6
Nitrógeno-amonio (mg/L en extracto)	< 300	170
Nitrógeno-nitrato (mg/L en extracto)	> 100 (si se reivindica planta nutricional)	175
Total N (% de materia seca)	> 0,8 si se reivindica planta nutricional	1,3
Relación C:N	< 20	19
Total C (% de materia seca)	≥ 2,5	25
Temperatura	≤ 40° C para cuatro días	23° C

30 **[0080]** Las modificaciones y variaciones que serían evidentes para un destinatario experto se consideran dentro del alcance de la presente invención.

Reivindicaciones

1. Proceso para tratamiento de material de residuos orgánicos para material de residuos orgánicos recibidos en un recipiente que se caracteriza por que comprende las etapas secuenciales de:
- 5 a. someter al contenido del recipiente a las condiciones bajo las cuales se realiza un pre-acondicionamiento aerobio preliminar del contenido del recipiente por un período comprendido entre 1 día y 28 días con el fin de elevar la temperatura del contenido del recipiente hasta al menos 50° C, comprendiendo dicho pre-acondicionamiento aerobio preliminar comprende la etapa de ajustar el contenido de humedad del contenido del recipiente entre el 40% y el 60% en peso de humedad;
- 10 b. sellar el recipiente después de la etapa a) para prevenir la entrada al mismo de aire, de manera que las bacterias aerobias en el recipiente hacen que el contenido de oxígeno del mismo se agote, donde los procesos metabólicos de las bacterias aerobias convierten el oxígeno en dióxido de carbono;
- c. ajustar el contenido de agua del contenido del recipiente después de la etapa b) del 50 al 95% en peso de humedad;
- d. simultáneamente o con posterioridad a la etapa c) adición de un inóculo bacteriano anaerobio al contenido del
- 15 recipiente;
- e. digestión de forma anaerobia del contenido del recipiente después de las etapas c) y d) a una temperatura comprendida entre 50° C y 75° C, durante un período comprendido entre 4 días y 20 días;
- f. separación de subproductos gaseosos resultantes de la etapa e);
- g. reducción del contenido de agua de los residuos del recipiente entre 40% y 60% en peso de humedad;
- 20 h. distribuir uniformemente aire en los residuos del recipiente para crear las condiciones adecuadas para el compostaje aerobio de los residuos para someter, sin agitación, el contenido del recipiente a una presión de entre 1 y 1000 kPa, por encima de la presión atmosférica para asegurar una penetración uniforme por el aire de los residuos;
- i. ejecutar el compostaje aerobio de los residuos del recipiente por medio de la acción de bacterias aerobias; y
- j. recuperación del compost resultante de la etapa i) desde el recipiente al finalizar la etapa de compostaje aerobio.
- 25
2. Proceso para tratamiento de material de residuos orgánicos según la reivindicación 1, caracterizado porque el aire se administra al contenido del recipiente en la etapa a) a una presión de entre 1 y 1000 kPa, por encima de la presión atmosférica para asegurar una penetración uniforme por el aire de los contenidos del recipiente.
- 30
3. Proceso para tratamiento de material de residuos orgánicos según la reivindicación 2 caracterizado porque el aire se administra al contenido del recipiente a una presión de entre 5 y 50 kPa, por encima de la presión atmosférica para asegurar una penetración uniforme por el aire de los contenidos del recipiente.
4. Proceso para tratamiento de material de residuos orgánicos de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque
- 35 en la etapa h) el aire se administra a los residuos a una presión de entre 5 y 50 kPa por encima de la presión atmosférica para asegurar una penetración uniforme de los residuos por el aire.
5. Proceso de tratamiento de material de residuos orgánicos según la reivindicación 1, caracterizado porque se bombea aire en el contenido del recipiente.



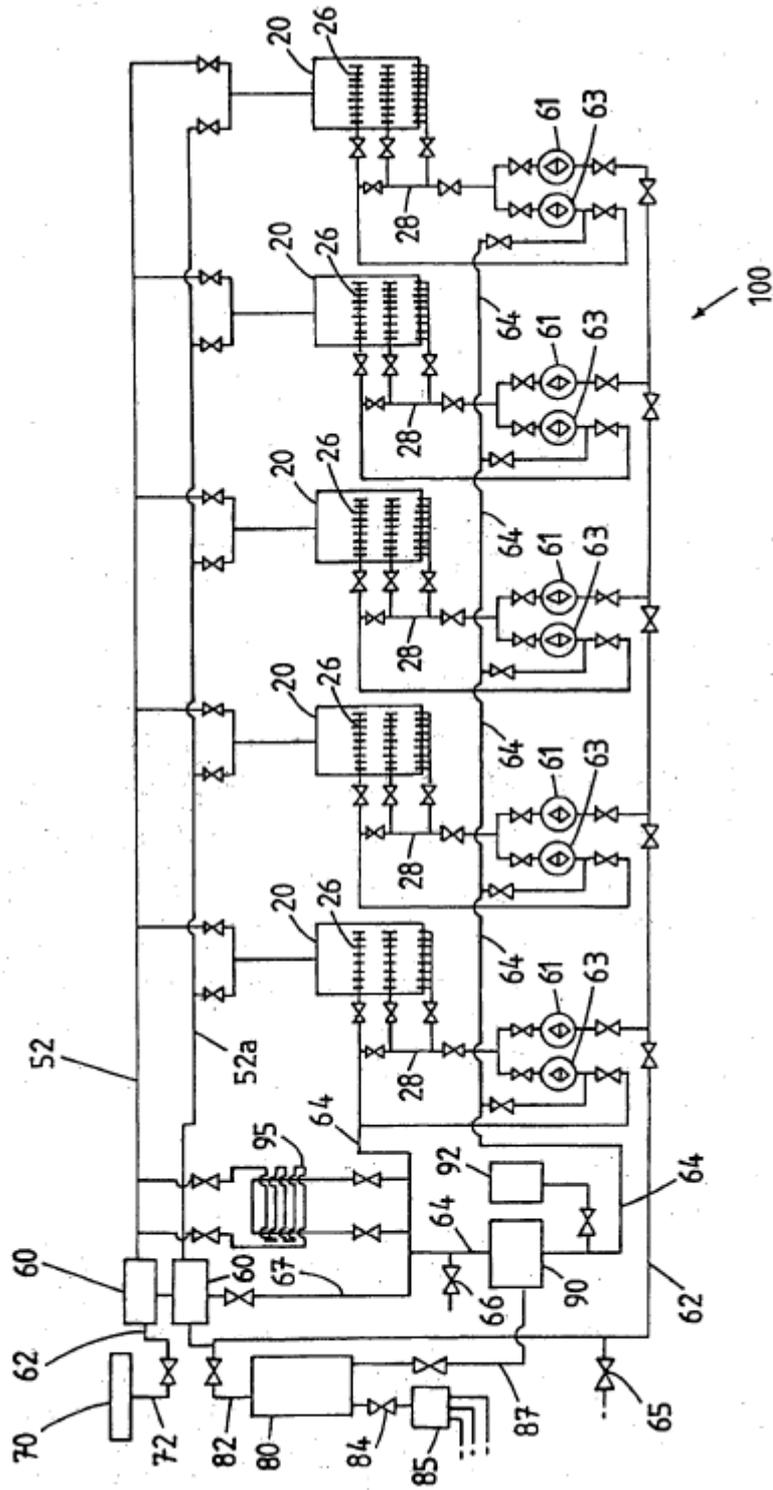


FIG. 2

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

La lista de referencias citada por el solicitante lo es solamente para utilidad del lector, no formando parte de los documentos de patente europeos. Aún cuando las referencias han sido cuidadosamente recopiladas, no pueden 5 excluirse errores u omisiones y la OEP rechaza toda responsabilidad a este respecto.

Documentos de patente citados en la descripción

- DE 4440750 [0006]
- WO 9424071 A [0007]
- DE 19833624 A1 [0009]
- GB 487837 A [0010]
- US 2337686 A [0011]
- DE 3438057 A1 [0012]
- DE 4409487 A1 [0013]