



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ Número de publicación: **2 231 809**

⑤① Int. Cl.7: **B01D 53/85**

⑫

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑧⑥ Número de solicitud europea: **96915140 .6**

⑧⑥ Fecha de presentación: **10.05.1996**

⑧⑦ Número de publicación de la solicitud: **0824366**

⑧⑦ Fecha de publicación de la solicitud: **25.02.1998**

⑤④ Título: **Procedimiento para el tratamiento de efluentes.**

③⑩ Prioridad: **10.05.1995 IE 950337**  
**25.09.1995 IE 950745**  
**30.04.1996 IE 960322**

④⑤ Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.05.2005**

④⑤ Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.05.2005**

⑦③ Titular/es: **BORD NA MONA**  
**76 Lower Baggot Street**  
**Dublin 2, IE**

⑦② Inventor/es: **Phillips, John Paul y**  
**Mullins, Kieran John**

⑦④ Agente: **Ungría López, Javier**

ES 2 231 809 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento para el tratamiento de efluentes.

5 **Introducción**

La presente invención se refiere al tratamiento de efluentes y en particular a un sistema de tratamiento de efluentes para eliminar los gases efluentes de un flujo de gas.

10 Típicamente, los gases efluentes son gases malolientes como ácido sulfhídrico ( $H_2S$ ), compuestos de organosulfuro u organonitrógeno u otros V.O.C. Los actuales sistemas de eliminación, como suelen denominarse, también pueden ser particularmente aplicables a los hidrocarburos clorados.

15 Durante mucho tiempo se ha apreciado en cualquier sistema de biofiltración que uno de los requisitos principales es un sistema de nutrientes eficiente para el cultivo de bacterias. La mayor parte del trabajo se ha concentrado hasta ahora en los materiales de la biofiltración per se que han incluido mezclas complejas de material orgánico e inorgánico. Los materiales calcáreos también han sido apreciados durante mucho tiempo como de considerable importancia en la biofiltración. Bajo la actividad microbiana el  $H_2S$  se convierte en  $H_2SO_4$ , que a continuación reacciona con  $CaCO_3$  para producir  $CaSO_4 + H_2O + CO_2$ . Esto asegura que el ácido producido queda neutralizado.

20 Se ha sabido utilizar material calcáreo de origen marino como el medio o material de guarnición en la construcción de plantas de biofiltro. Generalmente, cuando se utilizaba este material calcáreo en el lecho del biofiltro era un material rígido que habitualmente se muele a un tamaño de partículas uniforme, tamaño de partículas que varía, por ejemplo, del orden de 30 micras a más de 25 mm, dependiendo del gas que efluente se está tratando. Un ejemplo de este planteamiento se describe en la Solicitud de Patente Internacional N° WO 93 24205 (Berney). Este material de guarnición relativamente homogéneo se eligió aparentemente para prevenir el deterioro del lecho, a veces conocido como “agrietamiento del lecho”, que es esencialmente la producción de canales de cortocircuito en el material de guarnición. Se ha realizado un trabajo considerable en la reducción de las irregularidades en el material de guarnición como se mencionó anteriormente, asegurando que el material calcáreo se muele a un tamaño relativamente uniforme o mediante la inclusión de materiales biodegradables uniformes ligeros como una mezcla con el material calcáreo tal como en la especificación de Berney antes referida.

35 Existen sin embargo desventajas en el uso de estos materiales de guarnición. En particular, al abordar el tratamiento de efluentes el nivel de producción de olor puede variar en muchos casos. Éste es particularmente el caso de las aguas cloacales en la planta de admisión. Por ejemplo, la longitud de la cloaca de entrada incidirá directamente en el nivel de septicidad en las aguas cloacales. El nivel de residuos industriales que entran en una planta depuradora incidirá, asimismo, en la producción de componentes olorosos. Además, existen abundantes variaciones diarias en una instalación de tratamiento de aguas cloacales. Existen otras situaciones que inciden en el nivel de gases olorosos como el ácido sulfhídrico ( $H_2S$ ). De hecho, en condiciones anóxicas y anaerobias se acumulan fangos, en particular compuestos que contienen azufre que son muy olorosos en concentraciones muy bajas. El problema es que la emisión de olores alcanza el máximo cuando se altera el fango y esto puede ocurrir cuando se han vaciado tanques de almacenamiento de fango o cuando se añade fango adicional a los tanques de almacenamiento. Esto viene particularmente a propósito de las plantas en las que los fangos se recogen en una instalación central para su tratamiento, ya que el fango de entrada puede ser sumamente séptico y cuando se bombea en los tanques de almacenamiento de fango puede hacer que los niveles de  $H_2S$  aumenten hasta diez veces. Esto constituye evidentemente un problema de muy difícil manejo.

45 No es sólo la variación en la concentración de  $H_2S$ , sino la variación en la concentración de otros compuestos lo que crea dificultad. Esto crea a su vez grandes dificultades en el diseño de los sistemas de eliminación: si la concentración de entrada media se utiliza en el diseño, el sistema de eliminación debe ser capaz de hacer frente a los valores máximos. Si el sistema está diseñado para cargas máximas, no puede producir un resultado óptimo debido a la inanición de nutrientes en el caso de sistemas biológicos. Además, el diseño para el nivel máximo incrementa el tamaño y por consiguiente el coste de todo el sistema de eliminación.

55 Una alternativa al uso de bacterias para descontaminar gases olorosos se describe en la patente EP 0336119 que revela un proceso para descontaminar gases oxigenados cultivando un micelio de setas podridas en bolsa sobre un substrato y poniendo los gases de escape en contacto con el micelio.

60 Los sistemas de tratamiento de residuos biológicos han aumentado en popularidad pero, por desgracia, tienen limitada su capacidad para manejar estas cargas variables. Tanto los sistemas de biofiltración como los de eliminación por biodepuración han tenido cada vez más éxito con bajos costes de explotación, alto rendimiento, alta fiabilidad, bajo mantenimiento, falta de residuos secundarios y, por último, versatilidad en la gama de contaminantes que pueden tratarse. Uno de los mayores problemas de muchos sistemas de biofiltración bien conocidos es que aunque son muy satisfactorios en la eliminación del  $H_2S$ , la conversión biológica del  $H_2S$  genera  $H_2SO_4$  que hace que descienda el pH del sistema y, si no se controla, puede quedar por debajo de 4,0, causando a su vez la inhibición de la mayor parte de la actividad biológica, a menudo mencionada como “acidificación”.

Muchos de estos biofiltros tienen turba como medio y la acidificación ha sido controlada mediante la adición

de material calcáreo a la turba muchas veces en forma de cal o por el uso de un sistema de aspersión de agua para eliminar por lavado el exceso de  $H_2SO_4$ . Aunque estos planteamientos son razonablemente satisfactorios, la exposición prolongada a niveles de  $H_2S$  mayores que el nivel de diseño tiene todavía como resultado la acidificación, que a menudo necesita el ajuste del pH.

5 Otro problema con los sistemas de biofiltración es que si bien pueden ser muy eficientes con cargas en estado estacionario, la eficiencia se reduce al aumentar las cargas. Una limitación del diseño típico parece ser del orden de 20 ppm  $H_2S$  eliminadas en una carga de  $100 \text{ m}^3/\text{m}^3$  de medio/hora. Si existen mayores concentraciones en origen, es necesaria la dilución o se requiere una reducción del flujo de gas. En algunas situaciones la dificultad se supera combinando  
10 gases malolientes de lugares diferentes a fin de mantener la concentración de entrada al sistema de biofiltración en un nivel aceptable. Resulta ocioso decir que la necesidad de dilución o reducción en las magnitudes del flujo dará lugar a un incremento del tamaño del biofiltro con un incremento correspondiente del coste y en cualquier caso requiere un equipo más complejo para asegurar que se superan las dificultades de las cargas máximas.

15 Otro grave problema en el uso de cualquier sistema biológico es que depende de la actividad de los microorganismos presentes en el sistema. En consecuencia es esencial que se lleve a cabo la siembra eficiente de un sistema biológico con bacterias para asegurar que el inóculo no se elimina por lavado del medio filtrante antes de establecerse efectivamente. Además, es necesario asegurar que el cultivo sobrevive durante períodos de inanición conforme se humedecen las concentraciones de entrada. Es vital que las bacterias de inoculación se mantengan viables incluso en  
20 períodos de inanición, siendo por tanto utilizables cuando posteriormente se consumen.

Durante mucho tiempo se ha sabido que uno de los principales problemas en el tratamiento de los gases malolientes es la necesidad de controlar el consumo de energía y por ello la caída de presión en el medio de guarnición es muy importante. Así pues, cuando aumenta la altura de los lechos aumentan las dificultades en relación con el consumo  
25 de energía. Al mismo tiempo surge la necesidad de distribuir de manera eficiente los gases efluentes en todo el lecho o, en realidad, distribuirlos de manera eficiente en otras plantas de filtración de líquidos a través de un material de guarnición o material biológicamente activo. Esto ha sido entendido por muchas de las personas que trabajan en la materia, como por ejemplo la invención descrita en la Especificación de Patente Europea N° 0 080 747 BI, en la que se prestaba alguna atención a la composición del material de filtración real, en concreto su composición física. No  
30 obstante, esta especificación no revela ninguna solución al problema más allá de sugerir que un material de guarnición de diversos tamaños puede resultar ventajoso dado que reducirá la caída de presión en el material de guarnición. Sin embargo está basado en el uso de material substancialmente inactivo con un tamaño de partículas por encima de 6 a 10 mm combinado con fracciones de material activo con tamaños de partículas menores de los mencionados. Además, esta especificación de patente se refiere y reconoce los problemas en relación con la retención de humedad  
35 sin proponer solución alguna a los problemas. De hecho, el único trabajo de una naturaleza detallada y analítica que se ha realizado respecto a la construcción física real y la naturaleza del material de guarnición ha sido llevado a cabo por nosotros. No obstante, hasta ahora nadie ha analizado en detalle ni ha considerado en realidad la construcción física del medio biológicamente activo en detalle. El trabajo se ha concentrado en la fuente del material adecuado y no en la construcción física real del material y, a su vez, en la construcción física y la naturaleza del propio lecho utilizando  
40 ese material.

Existe la necesidad de contar con un sistema que maneje niveles elevados y variables de gases malolientes y en particular niveles elevados y variables de  $H_2S$ . Es un objetivo proporcionar sistemas de eliminación de olores que  
45 traten satisfactoriamente los gases olorosos minimizando al mismo tiempo el coste del capital inicial y los costes de explotación posteriores.

### Declaraciones de la invención

De acuerdo con la invención se proporciona un procedimiento para eliminar el gas efluente de un flujo de gas  
50 que comprende conducir el gas contaminado a través de un material de guarnición, comprendiendo el material de guarnición elementos calcáreos en los que la mayor parte de los elementos tienen una porción de retención de líquido que puede formar un depósito de líquido individual caracterizado porque los elementos calcáreos están dispuestos de manera aleatoria formando espacios vacíos para facilitar el paso del flujo de gas a través de los mismos, teniendo algunos elementos calcáreos sus depósitos de líquido orientados para la retención de líquido y en el que el inóculo de  
55 bacterias y líquido se introduce en los depósitos.

La retención de humedad constituye un grave problema en cualquier sistema de biofiltración y esto ha sido apreciado durante mucho tiempo por el uso de material en la formación del medio que está adaptado inherentemente para  
60 retener humedad. Por desgracia existen problemas consiguientes en el uso de tales materiales. Así, se sabe utilizar algunos de ellos con materiales calcáreos. Con un material calcáreo es esencial retener humedad suficiente dentro de los medios para asegurar el crecimiento de bacterias sobre los mismos. Esto sólo puede conseguirse si los medios poseen retención de humedad suficiente, y hasta ahora se requería que se mezclaran, por ejemplo con turba, o que se pulverizaran continuamente. El uso de depósitos de líquido supera este problema.

65 Resulta casi imposible recalcar la importancia de la porción de retención de líquido de los elementos calcáreos en la operación eficiente del sistema de tratamiento de efluentes de acuerdo con la invención. Los depósitos de líquido individuales definidos de este modo añaden una nueva dimensión al uso del material calcáreo como la guarnición.

## ES 2 231 809 T3

5 Idealmente, las bacterias se retienen en al menos algunos de los depósitos. Como se mencionó anteriormente, la forma del material calcáreo es muy importante y si, además, el medio tiene una forma que le permita retener bacterias, resulta particularmente ventajoso ya que se requiere siempre un equilibrio entre la retención de bacterias y la provisión de un paso fácil adecuado para los gases efluentes. También se apreciará que si las bacterias se retienen en bolsas o depósitos claramente definidos, el material calcáreo puede quedar expuesto al flujo de efluentes sin un recubrimiento de bacterias, como pueden estar expuestas las bacterias al flujo de gases efluentes. Esto lo asegura la orientación de los elementos.

10 En muchos casos las bacterias quedan retenidas adicionalmente en algunas de las superficies de los elementos. Algunas bacterias quedarán retenidas de forma natural en algunas, pero no en todas las superficies. Esto dependerá en gran medida de la cantidad de bacterias dentro del sistema y también de la orientación real del elemento particular. Es un modo muy eficiente de almacenar bacterias exponiéndolas simultáneamente a un flujo de gas efluente.

15 Idealmente, la guarnición tiene una densidad aparente de menos de 900 g/litro, en algunos casos menos de 600 g/litro y, de hecho, en una realización tiene una densidad aparente de aproximadamente 500 g/litro. Cuanto más ligero sea el material de guarnición menos problemas representará la integridad estructural de cualquier columna del material de guarnición y, además, mayor será la profundidad del material de guarnición que puede conseguirse antes de que la integridad estructural de los elementos sea importante.

20 En una realización particularmente ventajosa de la invención la guarnición consiste en conchas gastadas de moluscos. El uso de conchas gastadas de moluscos ofrece enormes ventajas imprevistas. Primero, es un subproducto de varias operaciones alimentarias en las que ostras, buccinos, mejillones, almejas y demás se procesan en factorías que producen gran cantidad de conchas gastadas que después han de eliminarse produciendo contaminación. En cualquier caso, la eliminación de esas conchas es costosa. Todo lo que haga innecesario gastar dinero en la eliminación de las conchas pero las convierta además en un producto valioso resulta obviamente extremadamente ventajoso. Durante mucho tiempo se ha apreciado que las conchas gastadas de moluscos constituyen una fuente importante de material de calcio. Sería un error subestimar el problema de la eliminación experimentado por muchos procesadores de moluscos. Otra ventaja del uso de conchas gastadas es que tienen una forma particularmente útil ya que algunas conchas estarán rotas, otras tendrán plena integridad estructural, etc., por lo que el lecho formado por el uso de las conchas gastadas será un lecho que asegurará el flujo de gases adecuado y la retención y humedad adecuadas proporcionando un número suficiente de conchas que formarán depósitos de líquido individuales. Se ha observado que la concha del mejillón o, más correctamente, la media concha de mejillón es particularmente ventajosa puesto que se dispone de una gran cantidad de conchas de mejillones después del procesamiento en las factorías. Resulta particularmente apropiado utilizar esa concha porque no sólo es eficiente en el uso, asimismo necesita eliminarse de forma regular. Así, la materia prima para la preparación inicial de la guarnición del sistema, junto con su substitución cuando la concha usada ha terminado su vida útil, resulta fácilmente disponible y económica. Además, la concha del mejillón es particularmente rígida en su estructura.

40 Idealmente, el material de concha es media concha de mejillón y preferentemente es de la especie *Mytilus Edulis*. La especie *Mytilus Edulis*, que está fácilmente disponible, ha demostrado en la práctica ser particularmente útil como forma de concha para utilizarla en la presente invención.

45 En un procedimiento de acuerdo con la invención la guarnición puede incluir uno o varios materiales de guarnición adicionales. En muchos casos resultará ventajoso proporcionar materiales de guarnición diferentes porque pueden incrementar la eficiencia del tratamiento de efluentes, particularmente cuando posiblemente se van a tratar gases efluentes específicos de manera regular. Sin embargo, el material calcáreo de acuerdo con la presente invención y, en particular, elementos de material calcáreo que tengan cada uno una porción de retención de líquido son particularmente ventajosos para mezclarlos con otros medios en el sentido de que estas porciones de retención de líquido proporcionarán también un medio para retener los otros medios en posición en el lecho, asegurando que esos otros medios no son retirados ni eliminados por el lavado del lecho.

50 Algunos o todos los elementos pueden formarse con material calcáreo molido mezclado con un agente aglutinante. Si se utiliza material calcáreo molido para hacer lo que es efectivamente un elemento totalmente artificial para formar la guarnición, existen considerables ventajas. Primero, se puede elegir el agente aglutinante para proporcionar la degradación correcta del material calcáreo. Aditivos y oligoelementos adecuados pueden combinarse también con el material calcáreo a fin de mejorar la eficiencia del sistema. Además, como se utiliza un agente aglutinante y los medios están fabricados, se puede elegir la forma y el tamaño correctos de los medios para proporcionar el sistema de filtración más eficiente. Así, la guarnición elegida puede tener una forma totalmente uniforme o puede obtenerse con una serie de formas diferentes para asegurar que existe un flujo adecuado de gas a través de los medios. Asimismo, el uso de formas diferentes puede permitir la mezcla de otros materiales con ella y el medio puede formarse para asegurar que pueden retenerse otros materiales de guarnición adicionales dentro del medio. Los requisitos estructurales que aseguren que dichos materiales de guarnición adicionales están adecuadamente soportados pueden cumplirse fabricando los elementos con la forma deseada y óptima. Las formas pueden idearse y diseñarse con objeto de asegurar, por ejemplo en las condiciones en las que la evaporación podría representar un problema, que la porción de retención de líquido está diseñada de modo que posee gran capacidad y un área de superficie relativamente pequeña expuesta a las condiciones ambientales.

65 Preferentemente, el agente aglutinante es resistente al ácido. Se apreciará que los materiales aglutinantes deben

## ES 2 231 809 T3

ser tales que aseguren que en la generación de ácido dentro del sistema los elementos no se degradan haciendo que la guarnición pierda su integridad estructural.

5 Idealmente, el agente aglutinante es queratina. Éste es un agente aglutinante particularmente adecuado para combinarlo con el material calcáreo utilizado de acuerdo con la invención.

10 Pueden utilizarse muchos materiales de guarnición adicionales como uno o varios de: brezo, nódulos de turba, carbón activado, alúmina y medios plásticos. El brezo, los nódulos de turba, el carbón activado, la alúmina y los medios plásticos han demostrado todos ofrecer sus ventajas. Aunque en muchos casos algunos de éstos pueden no ser totalmente biodegradables, presentan otras ventajas, por ejemplo con un material plástico, incrementando la rigidez estructural de la estructura y proporcionando otros depósitos de líquido individuales si tienen la forma apropiada.

15 Idealmente, las bacterias se seleccionan para contribuir a la descomposición del azufre y análogos del azufre. Las bacterias son preferentemente de las especies *Thiobacillus* y/o *Rhodobacter*, y las bacterias pueden seleccionarse entre una o varias de: *thiosphaera pantotropha*, *thiobacillus thioparus*, *thiobacillus thiooxidans*, *thiobacillus ferroxidans*, *nitrosomonas*, *nitrobacter*, *pseudomonas*, *rhodococcus*, *fungi* y *streptomyces*. Aunque estas bacterias son muy conocidas en muchos casos para el tratamiento de efluentes, se ha observado que resultan particularmente efectivas con la guarnición de acuerdo con la presente invención.

20 Idealmente, se añaden nutrientes y/u oligoelementos para mantener una biomasa activa. Una de las grandes ventajas de los elementos del material calcáreo, cada uno de los cuales tiene una porción de retención de líquido que puede formar un depósito de líquido individual, es que estas porciones también pueden retener nutrientes y otros oligoelementos así como las bacterias, contribuyendo así a asegurar que los nutrientes y oligoelementos están disponibles para mantener la biomasa activa.

25 Idealmente, la mojadura de la guarnición se consigue mediante una pulverización realizada bajo gravedad. Es obviamente muy útil para asegurar que la guarnición está suficientemente húmeda. La guarnición puede mojarse de manera intermitente. A ello contribuye el hecho de que la guarnición de acuerdo con la presente invención está formada por una serie de elementos dispuestos de manera aleatoria, cada uno de los cuales tiene una porción de retención de líquido que puede formar un depósito de líquido individual dependiendo de la orientación del elemento dentro de la guarnición y por tanto no es necesario mojar de manera continua la guarnición, lo que da lugar a ahorros operativos y de otro tipo. En muchos casos de acuerdo con la invención, la guarnición se moja de manera continua y puede conseguirse de hecho recirculando agua sobre la guarnición. Por lo general resulta obviamente ventajoso mojar la guarnición de manera continua si el agua puede reciclarse y recircularse. En muchos casos el agua empleada será el agua de procesamiento final de la propia planta de tratamiento.

30 En una realización particularmente útil de la invención la mojadura se realiza en flujo simultáneo con el flujo de gas a través de la guarnición. La ventaja de esto es que con el flujo simultáneo la reacción máxima con el material calcáreo tiene lugar en la parte superior del lecho de guarnición y, por tanto, la cantidad máxima de reacción química con los elementos del material calcáreo se produce en la parte superior de la guarnición y en consecuencia, cuando se deteriora, contribuye menos, por su deterioro, a la reducción general de la rigidez estructural de la guarnición de la que se produciría si el agua y el gas fueran a contracorriente.

35 En un ejemplo de un procedimiento para eliminar gas efluente de un flujo de gas de acuerdo con la invención la guarnición se moja con líquido humidificante a razón de desde 0 litros por hora hasta 1000 litros por hora. Si no fuera por la naturaleza generalmente celular y abierta de la guarnición de acuerdo con la presente invención no sería posible utilizar estas elevadas magnitudes de flujo. La ventaja de utilizar tales magnitudes de flujo elevadas es que en situaciones en las que existe una concentración excesiva de gas en cargas máximas, el caudal de agua puede incrementarse para aumentar aún más la eficiencia de la planta. El líquido humidificante puede tener una temperatura de desde 4°C hasta 40°C y un pH de desde 1,0 hasta 10,0. Idealmente, el pH debe ajustarse y, en un sistema de acuerdo con la invención, se ajusta añadiendo al líquido humidificante una base como hidróxido de sodio y/o un ácido como ácido sulfúrico. Por ejemplo, en el caso de H<sub>2</sub>S, el pH se ajusta preferentemente a alrededor de 7 a fin de solubilizar el H<sub>2</sub>S. La temperatura debe mantenerse dentro de los límites de 4°C a 40°C para asegurar que las bacterias actúan efectivamente.

40 En un procedimiento para eliminar el gas efluente de un flujo de gas de acuerdo con la invención las bacterias se inmovilizan dentro de los depósitos individuales de los elementos calcáreos:

45 pulverizando primero la guarnición con una solución de calcio y

50 pulverizando una solución de bacterias mezclada con un agente inmovilizante sobre la guarnición.

55 En una realización alternativa las bacterias pueden inmovilizarse dentro de perlas compuestas por un agente inmovilizante. Los pasos de formación de las perlas que contienen bacterias incluyen:

60 calentar un agente inmovilizante hasta que se licúa;

## ES 2 231 809 T3

mezclar el agente licuado con bacterias y

verter la mezcla en gotitas en una solución de calcio.

5 Idealmente, las bacterias se mezclan con un agente inmovilizante como alginato de sodio. Preferentemente la solución de calcio es una solución de cloruro de calcio. La pulverización de  $\text{CaCl}_2$  resulta particularmente ventajosa porque en contacto con las bacterias y su agente inmovilizante formará, por ejemplo cuando esté en contacto con alginato de sodio, un gel adecuado que permitirá que las bacterias queden retenidas dentro de los depósitos y posiblemente en contacto con las superficies de los elementos en un período de tiempo relativamente largo sin deteriorarse.

10 Preferentemente la guarnición inoculada se moja de manera continua o intermitente. Esto asegura que la guarnición no se seque.

15 De acuerdo con la presente invención se proporciona también un sistema de tratamiento de efluentes para realizar el proceso como se reivindica en cualquier reivindicación precedente que comprende una guarnición de una pluralidad de elementos de un material calcáreo dispuestos de manera aleatoria, teniendo cada elemento una porción de retención de líquido que puede formar un depósito individual y en el que algunos de los elementos contienen líquido y bacterias y algunos de los elementos forman espacios vacíos y las bacterias están inmovilizadas con un agente inmovilizante en los depósitos individuales.

### 20 Descripción detallada de la invención

La invención se comprenderá con mayor claridad partiendo de la descripción siguiente de la misma, incluida a título de ejemplo solamente con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

25 la figura 1 ilustra una variación típica en la concentración de  $\text{H}_2\text{S}$  en una planta depuradora;

la figura 2 es una vista en alzado esquemática de un aparato de acuerdo con la invención en funcionamiento como un biodepurador;

30 la figura 3 es una vista similar a la figura 2 del aparato operado como un biofiltro;

las figuras 4 a 6 ilustran construcciones de materiales de guarnición formados artificialmente;

35 la figura 7 es una vista transversal del material de guarnición ilustrado en la figura 6;

la figura 8 es una vista de otra construcción de material de guarnición formado artificialmente;

40 la figura 9 es una vista transversal del material de guarnición de la figura 8;

las figuras 10 y 11 son vistas superiores e inferiores de una media concha de mejillón utilizada de acuerdo con la invención;

45 la figura 12 es una vista de algunos fragmentos rotos de las conchas de mejillón ilustradas en las figuras 11 y 12;

la figura 13 ilustra una porción de lecho de filtración que contiene las conchas de mejillón ilustradas en las figuras 11 a 13;

50 la figura 14 es una vista en alzado de un aparato de biofiltración alternativo de acuerdo con la invención;

la figura 15 es una vista en planta del aparato de la figura 14 y

la figura 16 es una vista transversal en la línea A-A de la figura 15.

55 Haciendo referencia a los dibujos e inicialmente a la figura 1, en ella se ilustran concentraciones de  $\text{H}_2\text{S}$  en una cámara de maceración y tanque de sedimentación de valla de una planta depuradora. Se observará la variación extrema en el  $\text{H}_2\text{S}$  en esa planta. Como se mencionó anteriormente, es la variación repentina de la concentración la que da lugar a grandes dificultades en el diseño de la planta de tratamiento.

60 Las tablas 1 y 2 ilustran concentraciones típicas de compuestos de azufre y olor en emisiones de gas procedentes de una planta municipal de tratamiento de aguas residuales.

65

# ES 2 231 809 T3

TABLA 1

Concentraciones de compuestos de azufre y olor en plantas municipales de tratamiento de aguas residuales				
Gama de concentración típica				
Instalación	Olor (ou/m <sup>3</sup> )	Ácido sulfhídrico (ppm)	Mercaptano de metilo (ppm)	Alquil sulfuros (ppm)
Estación de bombeo de aguas cloacales	100-1000	<1	<1	<1
Planta de admisión (alimentación por gravedad)	50-5000	<1	<1	<1
Planta de admisión (tuberías ascendentes)	1000-10000	1-10	0,5-5	0,5-5
Planta filtradora	100-5000	1-10	0,5-5	0,5-5
Colector de impurezas	500-5000	1-5	0,5-1	0,5-1
Tanque de sedimentación primario	50-1000	≤1	<1	<1
Cámara divisoria del flujo	50-1000	1-5	≤1	≤1
Filtro percolador	50-5000	≤1	≤1	<1
Pileta de aireación	50-5000	1-5	<1	<1

TABLA 2

Concentraciones de compuestos de azufre y olor en plantas municipales de tratamiento de aguas residuales				
Gama de concentración típica				
Instalación	Olor (ou/m <sup>3</sup> )	Ácido sulfhídrico (ppm)	Mercaptano de metilo (ppm)	Alquil sulfuros (ppm)
Tanque de sedimentación final	<500	<1	<1	<1
Tanque equilibrador de agua de lluvia	<500	<1	<1	<1
Cámara desfangadora	1000-10000	10-100	1-10	1-10
Estación de bombeo de fangos	5000-20000	10-200	1-20	1-10
Tanque de fangos primario	1000-50000	10-500	1-250	1-50
Planta prensadora de fangos	1000-50000	0,5-50	0,5-15	0,5-5
Poceta de filtrado	5000-20000	10-200	5-50	1-20
Tanque de fangos activados	500-5000	1-5	<1	<1
Tanque de sedimentación de valla	500-10000	5-100	1-10	1-5

## ES 2 231 809 T3

Haciendo referencia a la figura 2, en ella se ilustra un aparato del sistema de tratamiento de efluentes para eliminar gases efluentes de un flujo de gas indicado generalmente por el número de referencia 1. El aparato 1 comprende un dispositivo depurador de gas compuesto por una caja 2 generalmente cilíndrica que tiene una entrada 3 inferior para un flujo de gas que se va a tratar y una salida 4 superior para la evacuación del gas tratado. Una barra aspersora 5 está montada sobre una guarnición 6 formando un lecho de filtro a través del cual el flujo de gas pasa de la entrada 3 a la salida 4. El fondo de la caja cilíndrica 2 forma un depósito de agua 7 conectado a través de bombas de recirculación 8 y válvulas asociadas a la barra aspersora 5 a través de un tubo de alimentación 9. El depósito de agua 7 está conectado a un tubo de desbordamiento 10 convencional. Están previstos un grifo de purga 11 y una abertura 12 así como un tubo de purga 13 del tanque y un tubo de reposición 14 de agua a través de una válvula de flotador 15. Varias porciones del aparato no están ilustradas ya que son convencionales e innecesarias para la comprensión de la invención.

Preferentemente, la guarnición 6 descrita en detalle considerable más adelante contiene bacterias seleccionadas para contribuir a descomponer los gases efluentes. Por ejemplo, en el caso de que el gas efluente sea ácido sulfhídrico, H<sub>2</sub>S, las bacterias se seleccionan para contribuir a descomponer el azufre y los análogos de azufre. Las bacterias pueden ser, por ejemplo, de las especies *Thiobacillus* y/o *Rhodobacter* y pueden seleccionarse entre una o varias de *thiosphaera pantotropha*, *thiobacillus thioparus*, *thiobacillus thiooxidans* y *thiobacillus ferrooxidans*. Otras bacterias adecuadas están indicadas en la Tabla 9 siguiente.

Típicamente, el flujo de gas efluente que se va a tratar es una corriente de aire con una concentración de ácido sulfhídrico en la gama de 0 a 1000 ppm en cargas en la gama de desde 0 hasta 500 m<sup>3</sup> por hora por m<sup>3</sup> de guarnición. La temperatura del aire que transporta el gas H<sub>2</sub>S puede variar de 4°C a 40°C. El líquido humidificante es generalmente agua que fluye sobre la guarnición de un sistema de eliminación a razón de hasta 500 litros por hora por m<sup>3</sup> de material de guarnición cuando actúa como un filtro. Cuando actúa como un biodepurador el caudal puede ser tan elevado como 1000 litros/hora/m<sup>3</sup> de lecho. En determinados casos puede requerirse alguna purga de agua. La temperatura del agua puede variar desde 4° hasta 40°C y el pH del agua en el sistema puede variar típicamente desde 1,0 hasta 10,0. Si es necesario, el pH puede ajustarse utilizando cualquier solución cáustica o ácida según se requiera.

Haciendo referencia a la figura 3, en ella se ilustra el mismo aparato que en la figura 2 que ahora opera como un biofiltro ya que no hay bombas 8 ni tubos de alimentación 9. La barra aspersora 5 se alimenta directamente desde una tubería de abastecimiento de la conducción de agua 20 o por el método preferido cuando sea posible desde el efluente final.

La guarnición 6 comprende o contiene al menos material similar a las conchas que tiene una densidad aparente de menos de 900 g/l, preferentemente menos de 600 g/l y típicamente alrededor de 500 g/l. El material similar a las conchas es en este caso la concha gastada de moluscos, particularmente concha calcárea, especialmente conchas de mejillón de la especie *Mytilus Edulis*. La guarnición puede incluir uno o varios materiales de guarnición adicionales. Los materiales de guarnición adicionales pueden incluir uno o varios de brezo, nódulos de turba, carbón activado, alúmina o medios plásticos y similares.

En el uso, los elementos serán paleados o echados o cargados de otro modo rudamente en la caja, de forma que quedarán dispuestos de manera aleatoria y no regular.

Además, esta disposición aleatoria asegurará que algunos elementos caerán de una forma y otros de otra. Por ejemplo, cuando los elementos tengan una forma similar a las conchas, ya sean de construcción artificial o naturales, se encajarán entre sí, harán un puente entre sí, quedarán rectos al revés con la boca hacia abajo y sin formar un depósito de líquido, etc. Esta dispersión de los elementos asegurará una guarnición que tendrá una estructura suficientemente abierta como para facilitar el paso de un flujo de gas a través de ella.

El concepto similar a las conchas, aun siendo particularmente adecuado al considerar conchas de origen marino, describe en términos generales, si no muy precisos, la construcción similar a un contenedor de boca abierta de los elementos individuales que constituyen la guarnición, ya sean de fabricación humana o de producción natural.

Haciendo ahora referencia a las figuras 4 a 9, en ellas se ilustran varios elementos similares a las conchas formados de manera artificial, en adelante denominados elementos de guarnición e identificados por los números de referencia 20, 21, 22 y 23 respectivamente. Cada uno de estos elementos de guarnición 20 a 23 inclusive pueden estar formados por cualquier material calcáreo adecuado y un aglomerante y pueden estar formados por cualquier moldeo adecuado u otras técnicas de formación. El elemento de guarnición 20 es la construcción más simple, siendo esencialmente una estructura similar a un plato o una concha, mientras que el elemento de guarnición 21 tiene una boca o abertura mucho más estrecha que el elemento de guarnición 20. El elemento de guarnición 22 es también de forma diferente y tiene una porción inferior más gruesa para proporcionar más material calcáreo activo para la reacción durante el uso. El elemento de guarnición 23 muestra una superficie exterior irregular que facilitará más la adherencia de la humedad y material biológicamente activo a la misma así como proporcionará una mayor superficie disponible.

Está previsto que puedan utilizarse muchos aglomerantes adecuados. Por ejemplo, sería posible prever un aglomerante que asegure la disponibilidad de calcio libre suficiente para permitir que la guarnición sea inoculada con bacterias mezcladas con alginato de sodio como aquí se discute. Un aglomerante particularmente adecuado es queratina. No obstante, pueden utilizarse otros aglomerantes adecuados.



## ES 2 231 809 T3

Las figuras 10 a 12 ilustran media concha de mejillón para utilizarla como un elemento de guarnición y fragmentos de *Mytilus Edulis* cuya concha de mejillón era el elemento de guarnición preferido para la guarnición 6 utilizada en los ejemplos ilustrados en la presente especificación. Están identificados por el número de referencia 24.

5 Haciendo ahora referencia específicamente a la figura 13, en ella se ilustra una porción de una guarnición de las conchas de mejillón y se muestra la naturaleza aleatoria de la disposición.

Se realizaron varias pruebas en las plantas de las figuras 2 y 3, que eran físicamente la misma planta con disposiciones diferentes. Los datos siguientes son las dimensiones y otros detalles.

10

### *Dimensiones del depurador*

Diámetro de la columna: 0,21 m

15

Altura de la columna: 1,4 m

La columna es del material propileno CPV.

### *Detalles de la guarnición*

20

- Conchas de mejillón (densidad de aproximadamente 500 g/litro)

- Volumen de conchas 36,3 litros

25

- Altura de las conchas en la columna 1,0 m

- Las conchas se inocularon con *Thiosphaera pantotropha*

- El agua residual de la planta depuradora se utilizó como fuente de agua.

30

Ésta contiene bacterias de la génesis *Thiobacillus*, *Nitrosomonas* y *Nitrobacter*.

Se observará que algunos elementos de guarnición, por ejemplo las conchas de mejillón de la figura 13, están orientadas de modo que contendrán naturalmente líquido o agua en sus caras hacia arriba, mientras que otras están orientadas de modo que cualquier líquido o material que caiga sobre ellas correrá. Así, la guarnición 6 forma naturalmente una serie de líquido y bacterias reteniendo depósitos y otras superficies que estarán libres de bacterias. Cuando la guarnición se colocó en posición la guarnición se pulverizó con una solución de  $\text{CaCl}_2$  y, a su vez, cuando estaba listo para activar el sistema se pulverizó sobre la guarnición el material biológico necesario mezclado con alginato de sodio o cualquier otro inmovilizador adecuado. Obviamente, debido a la forma de la guarnición porciones de la misma retienen el material biológico que reacciona con  $\text{CaCl}_2$  formando un gel relativamente sólido que se mantiene en posición. Se observará, sin embargo, que todo el material de guarnición no está recubierto y la forma y orientación del material de guarnición contribuyen a ello y el material de guarnición no recubierto será atacado por  $\text{H}_2\text{S}$  que reaccionará con  $\text{CaCO}_3$ , con lo que la actividad necesaria comenzará una vez que se introduzcan gases en la planta.

45

La forma de los elementos individuales de material calcáreo es muy importante para la inoculación correcta de la guarnición con bacterias y para el mantenimiento de las bacterias durante períodos de poca o ninguna alimentación. Si se intentara inocular una guarnición convencional o incluso una de material calcáreo molido utilizando  $\text{CaCl}_2$  y alginato de sodio o algún otro inmovilizador adecuado que diera lugar a la formación de un gel, sería inútil puesto que se formaría una nata espumosa o capa impenetrable en la guarnición impidiendo la operación útil de la planta biofiltradora.

50

Como se ilustrará más adelante con respecto a la viabilidad de microorganismos (ver la Tabla 18), la disposición similar a las conchas o la forma particular resulta particularmente ventajosa dado que hablando en términos generales existe un gel profundo dentro del que pueden sobrevivir las bacterias durante algún tiempo considerable. También se cree que dentro de la guarnición se almacenará de forma natural una determinada cantidad de alimento para las bacterias. Así, la presente construcción de la guarnición resulta particularmente ventajosa para la activación y el mantenimiento de las bacterias.

55

60 En una prueba el recuento bacteriano total efectuado en una muestra de conchas y una muestra de licor recirculante.

cfu/g varía de  $1,3 \times 10^7$  a  $6,8 \times 10^7$

65

Es importante apreciar que el aparato de acuerdo con la presente invención puede utilizarse como un biodepurador o como un biofiltro. Obviamente, la ventaja principal de trabajar como un biofiltro es que se elimina el requisito de la recirculación del agua.

## ES 2 231 809 T3

Las Tablas siguientes muestran el rendimiento operativo típico del aparato cuando se utiliza en diversas condiciones. Como ilustra la siguiente Tabla 3, el sistema es capaz de tratar elevados niveles de H<sub>2</sub>S incluso a altas velocidades de carga. Dada esta eficiencia del tratamiento los requisitos necesarios para esta tecnología se reducen notablemente en comparación con un biofiltro estándar.

TABLA 3

<b>Eliminación del H<sub>2</sub>S como un biodepurador</b>			
<b>Entrada de H<sub>2</sub>S (ppm)</b>	<b>Magnitud de flujo de aire</b>	<b>Salida de H<sub>2</sub>S</b>	<b>Eficiencia de eliminación (%)</b>
20	200	ND	100
50	200	ND	100
100	200	ND	100
150	200	2,5	>9,8
200	200	8,1	>9,5
250	200	49	>80

Además, se verá que con magnitudes de flujo muy substanciales aparecía una incapacidad para detectar en la prueba particular ningún H<sub>2</sub>S en la salida incluso con concentraciones tan altas como 100 ppm. No obstante, la eliminación de otros compuestos resulta también necesaria y la eficiencia del sistema puede mostrarse por la siguiente Tabla 4. Como la Tabla 5 siguiente ilustra sus eficiencias en la eliminación de olor.

TABLA 4

<b>Eliminación de compuestos olorosos distintos del H<sub>2</sub>S</b>		
<b>COMPUESTO</b>	<b>CONCENTRACIÓN</b>	<b>% DE ELIMINACIÓN</b>
Mercaptano	20	100
Mercaptano	70	97
Amoniaco	30	100
Amoniaco	45	100
Amoniaco	100	100
Trietilamina	15	100
Trietilamina	35	96

TABLA 5

<b>Eficiencia del aparato en una planta de tratamiento de aguas cloacales</b>	
<b>ENTRADA OU/m<sup>3</sup></b>	<b>% DE ELIMINACIÓN</b>
25.090	>98
42.310	>99

En una instalación de extracción de grasa de la carne se instaló una planta piloto utilizando la tecnología y fue muy eficiente en la eliminación de olores como se muestra en la siguiente Tabla 6.

ES 2 231 809 T3

TABLA 6

Entrada de olor ou/m <sup>3</sup>	% de eliminación
78.200	> 95
58.492	>96

Como se mencionó anteriormente, es posible que el aparato opere como un biofiltro. Esto se muestra en la Tabla 7 que es un ejemplo de las pruebas realizadas en el aparato de la figura 8, es decir, cuando opera como un biofiltro en la eliminación de H<sub>2</sub>S.

TABLA 7

<b>Operación como un biofiltro</b>			
Concentración de entrada	Magnitud del flujo de aire	Concentración de salida	% de eliminación
20	150	ND	100
50	150	ND	100
100	150	ND	100
150	150	2	>98
200	150	50	>75

El aparato de acuerdo con la presente invención es un sistema efectivo de eliminación de olores en combinación con otras tecnologías. Por ello puede utilizarse como un filtro previo en combinación con un biofiltro más convencional como un biofiltro de turba, fabricado por nosotros. Con esta utilización la turba está protegida contra cargas máximas de H<sub>2</sub>S, eliminando por tanto cualquier posibilidad de acidificación del sistema. Esto ha sido empleado con éxito por nosotros en el tratamiento de gases cloacales. Un ejemplo de esto está ilustrado en la Tabla 8 en la que el aire viciado se trató por primera vez utilizando el aparato de acuerdo con la presente invención con el gas de entrada depurado primero en este aparato y purificado después en un biofiltro de turba.

TABLA 8

<b>Uso como un filtro previo en un sistema de eliminación de olores en dos etapas</b>			
COMPUESTO	CONCENTRACIÓN DE ENTRADA	CONCENTRACIÓN DE SALIDA	% DE REDUCCIÓN
H <sub>2</sub> S	152	ND	100

Una de las características principales de la presente invención es asegurar la actividad óptima de los microorganismos presentes en el sistema. La mezcla precisa de bacterias y hongos variará dependiendo de la capacidad de los gases de entrada y la siguiente Tabla 9 ilustra algunos ejemplos típicos de microorganismos utilizados en el aparato de acuerdo con la invención.

TABLA 9

Ejemplos de cultivos microbianos	
COMPUESTO	CULTIVO
Amoníaco	Nirosomonas, Nitrobacter
Compuestos que contienen azufre	Thiobacillus, Thiosphera
VOC	Pseudomonas, Rhodococcus, Fungi
PAH	Streptomyces, Pseudomonas, Fungi

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Durante mucho tiempo se ha sabido que al sembrar bacterias en un sistema biológico es necesario asegurar que el inóculo no se elimina por lavado de los medios filtrantes antes de quedar efectivamente establecido. El uso de la estructura similar a las conchas de los medios de acuerdo con la presente invención consigue este objetivo. Además, también es necesario asegurar que el cultivo sobrevive durante períodos de inanición como concentraciones de entrada bajas en concentración así como máximas. La retención de líquido de los medios presentes avanza mucho para conseguirlo y al emplear este método de inoculación las bacterias continúan siendo viables en las conchas sobre períodos considerables de inanición.

Las siguientes Tablas 10 a 18 ilustran el aparato de acuerdo con la invención en operación en diversas condiciones y con conchas calcáreas de origen animal marino. En los ejemplos particulares las conchas eran bivalvos de *phylum Mollusca* y particularmente *Mytilus Edulis*. La Tabla 18 muestra que a falta de cualquier alimento de entrada por el sistema desconectado el microorganismo continuaba siendo viable en lechos de alginato de calcio hasta tres semanas. Se produjo un 90% de reducción en el recuento viable durante este período, no obstante permanecía actividad suficiente para reiniciar el sistema.

TABLA 10

BIODEPURADOR						
	Magnitud del flujo de aire m <sup>3</sup> /h/m <sup>3</sup> medios					
Entrada de H <sub>2</sub> S (ppm)	50	100	150	200	250	300
20	100	100	100	100	<95%	<95%
50	100	100	100	100	>90	>75
100	100	100	100	100	>90	>70
150	100	100	100	>98	>85	>60
200	100	100	>97	>95	>75	>50
250	>98	>90	>85	>80	-	-

ES 2 231 809 T3

TABLA 11

<b>Biofiltro</b>						
Entrada de H <sub>2</sub> S (ppm)	Magnitud del flujo de aire m <sup>3</sup> /h/m <sup>3</sup> medios					
	50	100	150	200	250	300
20	100	100	100	100	>80	>60
50	100	100	100	>92	>75	>50
100	100	100	100	>90	>60	-
150	100	100	>98	>75	-	-
200	>95	>85	>70	-	-	-
250	>90	>50	-	-	-	-

Magnitud de la aspersión - 8 l/m<sup>3</sup> de material/hr - 500 l/m<sup>3</sup> material/hr.

Haciendo referencia a la Tabla 12 siguiente, en ella se muestra el número de días necesarios para conseguir la eliminación óptima de gases efluentes en las plantas que operan como biodepurador o como biofiltro. Muestra los distintos métodos de inocular la planta. Si se añade simplemente un cultivo líquido a las conchas como se indica en la posición n° 1, el biodepurador requiere 10 días para alcanzar el rendimiento óptimo y 21 días cuando opera como biofiltro. Cuando tiene la forma de perlas impregnadas se consigue un índice de rendimiento diferente. Para ello el alginato de sodio inoculado en polvo se calienta, se licúa después y se vierte en gotitas mezcladas con bacterias en una solución de cloruro de calcio donde forma efectivamente pequeñas perlas. La ventaja de utilizar perlas de alginato de calcio es que pueden suministrarse y almacenarse durante algún tiempo considerable y dispersarse después simplemente sobre las conchas cuando sea necesario para poner en marcha la planta. Entonces se dan los resultados del recubrimiento de las conchas como se describió anteriormente, donde se indican las cifras para cuando no se realiza inoculación, sino que la planta se deja meramente operar hasta que desarrolla microorganismos suficientes. Una de las principales ventajas del método de acuerdo con la presente invención es, por consiguiente, la velocidad de inoculación.

TABLA 12

<b>Inoculación - A 100 ppm H<sub>2</sub>S con una magnitud de flujo de 100 m<sup>3</sup>/hr</b>			
		Días para conseguir la eliminación óptima	
		Biodepurador	Biofiltro
1.	Adición de cultivo líquido a las conchas	10	21
2.	Perlas de alginato de Ca	14	15
3.	Recubrimiento de alginato de Ca en las conchas	10	14
4.	Ningún inóculo	30-35	35-40

TABLA 13

<b>Temperatura</b> 100 ppm con una magnitud de flujo de 100 m <sup>3</sup> /hr/m <sup>3</sup> de material Temperaturas del aire a 15°C	
Temp (°C) H <sub>2</sub> S	% de eliminación
4	100
10	100
15	100
22	100
30	100
35	100
40	100

TABLA 14

<b>Eliminación de olor - como depurador</b>	
Entrada ou/m <sup>3</sup>	% de eliminación
75.680	>95
25.040	>98
42.310	>98

TABLA 15

<b>Mercaptano - Sistema operado como depurador (magnitud de recirculación 500 l/hr)</b>		
Entrada (ppm)	Salida (ppm)	% de eliminación
5	<0,1	100
20	<0,1	100
70	2	97

ES 2 231 809 T3

TABLA 16

<b>NH<sub>3</sub> - El sistema opera como un depurador (magnitud de recirculación 500 l/hr)</b>		
Entrada (ppm)	Salida (ppm)	% de eliminación
10	<0,1	100
30	<0,1	100
45	<0,1	100
100	<0,1	100

TABLA 17

<b>Trietilamina</b>	
Entrada (ppm)	Salida (ppm)
5	<0,1
15	<0,1
35	1,5

TABLA 18

<b>Viabilidad de los microorganismos</b>		
Tiempo	Almacenamiento a 22°C	Almacenamiento a 4°C
1° Día	$1,34 \times 10^9$	$1,13 \times 10^9$
4° Día	$8,37 \times 10^8$	$1,1 \times 10^9$
7° Día	$4,54 \times 10^8$	$3,8 \times 10^8$
10° Día	$3,65 \times 10^8$	$4,32 \times 10^8$
14° Día	$1,01 \times 10^8$	$1,3 \times 10^8$
21° Día	$8,9 \times 10^7$	$9,25 \times 10^7$

Durante las pruebas se observó que el consumo de energía había sido relativamente bajo y en consecuencia se llevaron a cabo otras pruebas para averiguar la contrapresión en lechos de varias alturas. Los resultados se indican en la Tabla 19 en la que se verá que la disposición particular de acuerdo con la invención permite utilizar lechos relativamente altos sin necesidades apreciables de energía.

## ES 2 231 809 T3

TABLA 19

Altura del lecho (m)	Fechas de las contrapresiones (mbar)						
FECHAS DE LA PRUEBA	10/6	11/7	10/8	11/9	12/10	11/11	11/12
1,0	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
2,0	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02
3,0	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02

Otro aparato de biofiltración de acuerdo con la invención aparece ilustrado en las figuras 10 a 13. La disposición es similar a la descrita con referencia a la figura 1. Y partes similares reciben los mismos números de referencia. La guarnición es tal como se describe en el ejemplo 1 con la excepción de las dimensiones siguientes:

Altura del lecho	0,8 m
Diámetro del lecho	2,7 m
Volumen del lecho	5,3 m <sup>3</sup> aproximadamente

El aparato se operó en un flujo a contracorriente con la entrada de aire viciado en la base del aparato. El agua de recirculación estaba contenida en una poceta de 1 m<sup>3</sup> y el agua de reposición se suministraba a través de un sistema de válvula de flotador. Los pulverizadores de irrigación entregaban agua a aproximadamente 60 l/min. La carga de gas tenía una magnitud de 100 m<sup>3</sup>/hr/m<sup>3</sup> del material del lecho. El nivel de H<sub>2</sub>S en la entrada era de 60 ppm. En operación continua durante siete semanas no se detectó H<sub>2</sub>S en la salida. Los mercaptanos se midieron en 10-15 ppm en el gas de entrada, no se detectaron mercaptanos en la salida del gas.

El sistema puede operarse en flujo a contracorriente o simultáneo. Una ventaja particular de operar el sistema de acuerdo con la presente invención en flujo simultáneo con agua, que obviamente se alimenta por gravedad sobre la guarnición, es que la reacción principal entre el material calcáreo y el H<sub>2</sub>S se producirá en la parte superior del lecho, mejorando de ese modo aún más la rigidez estructural de la guarnición.

Se apreciará que aunque los ejemplos se han concentrado principalmente en la eliminación de olores producidos por el H<sub>2</sub>S, el método y el aparato de la invención pueden utilizarse también para eliminar otros gases malolientes como compuestos de organosulfuro, compuestos de organonitrógeno u otros V.O.C.

### *Pruebas in situ*

Se han realizado varias pruebas en aparatos de acuerdo con la presente invención operando en diversas plantas y a continuación se dan detalles de las pruebas y operaciones, que se incluyen a modo de una serie de ejemplos.

#### Ejemplo 1

##### *Planta de tratamiento de aguas cloacales Emplazamiento A*

Esta planta operaba de manera similar al equipo de prueba de la figura 2.

#### *Problema*

Tanques de retención de fangos que también recibían fangos de pequeñas instalaciones exteriores, algunas de las cuales tenían infiltración salina. Los gases malolientes resultantes mostraban niveles elevados de H<sub>2</sub>S.



## ES 2 231 809 T3

### Diseño

Flujo de aire	500 m <sup>3</sup> /hr
Concentración de H <sub>2</sub> S	40-150 ppm
Concentración de mercaptano	5-70 ppm
Concentración de olor	25.000 ou/m <sup>3</sup>

### Sistema de eliminación

El aparato de acuerdo con la presente invención operaba como un biodepurador y alcanzó los resultados siguientes.

### Rendimiento

Compuesto	Concentración de entrada	Concentración de salida	% de eliminación
H <sub>2</sub> S	40-150 ppm	ND	100
Mercaptano	20 ppm	<0,1 ppm	100
Mercaptano	70	2 ppm	97%
Olor	75.000	2.800	>95

### Ejemplo 2

#### Planta de tratamiento de aguas cloacales Emplazamiento B

Operaba como la planta de la figura 3.

### Problema

El problema eran en este caso los gases malolientes de los tanques de retención de fangos.

### Diseño

Flujo de aire	1.600 m <sup>3</sup> /hr
Concentración de H <sub>2</sub> S	1 - 250
Concentración de mercaptano	0 - 5 ppm

### Sistema de eliminación

El aparato de acuerdo con la presente invención operaba como un filtro previo alimentando un filtro de turba estándar que actuaba como un sistema purificador y se obtuvo lo siguiente:

### Rendimiento

Compuesto	Concentración de entrada	Concentración de salida	% de reducción
H <sub>2</sub> S	75 ppm	ND	100
Mercaptano	5	ND	100

## ES 2 231 809 T3

### Ejemplo 3

#### Planta de tratamiento de aguas cloacales Emplazamiento C

5 Ésta operaba también de la misma manera que la planta de la figura 3 en un proceso en dos etapas.

#### Problema

10 El problema eran en este caso los gases malolientes procedentes de la instalación deshidratadora de los fangos donde causaban un grave problema.

#### Diseño

15 Flujo de aire	500 m <sup>3</sup> /hr
Concentración de H <sub>2</sub> S	7 - 80

#### Sistema de eliminación

20 El aparato de acuerdo con la presente invención se utilizó como un filtro previo que alimentaba una planta de filtración cargada con turba convencional que actuaba como un filtro purificador y se consiguieron los resultados siguientes:

#### Rendimiento

30 Compuesto	Concentración de entrada	Concentración de salida	% de reducción
H <sub>2</sub> S	7 - 60 ppm	ND	100

### Ejemplo 4

#### Estación de bombeo planta depuradora Emplazamiento D

40 Operación de la misma manera que la planta de la figura 3.

#### Problema

45 En este caso eran máximos de gas H<sub>2</sub>S procedente de una estación de bombeo de aguas cloacales.

#### Diseño

50 Flujo de aire	750 m <sup>3</sup> /hr
Concentración de H <sub>2</sub> S	200 ppm

#### Tecnología de eliminación

55 El aparato de acuerdo con la presente invención operaba como un biofiltro. Se consiguieron los resultados siguientes:

#### Rendimiento

60 Compuesto	Concentración de entrada	Concentración de salida	% de reducción
H <sub>2</sub> S	0 - 25 ppm	ND	100

## ES 2 231 809 T3

Se apreciará que la forma similar a una concha asegura que los líquidos se retienen eficientemente y que esto incrementará la esperanza de vida del inoculante. Se apreciará también que, debido al hecho de que este sistema es un sistema biológico, ofrece todos los beneficios de los filtros de base biológica hasta ahora conocidos con una serie de importantes ventajas adicionales.

5

En primer lugar, es un filtro de alto rendimiento. Una vez diseñado e instalado, los problemas asociados a los olores y el  $H_2S$  se gestionan y controlan con facilidad.

Presenta la gran ventaja de todos los sistemas biológicos ya que carece de residuos secundarios. Además no existen riesgos sanitarios asociados con el aparato puesto que no se requieren productos químicos dañinos, etc.: el método de filtración de acuerdo con la presente invención es relativamente económico dado que los costes de explotación son relativamente bajos y el lecho necesita substituirse a intervalos superiores a dos años. Es más, las conchas se eliminan con relativa facilidad.

Por último, debido al mayor caudal a través del lecho, el tiempo de retención en el lecho es reducido, lo que origina una reducción de los requisitos. Una de las grandes ventajas del uso de los lechos es que proporcionan un medio autoestable que permite la instalación de lechos hasta 3 m de altura sin soportes internos. Se prevé que con una elección adecuada de elementos de material calcáreo puedan alcanzarse alturas mayores.

Aunque la planta ha sido descrita anteriormente actuando como una planta de biofiltración y un purificador, debe apreciarse que la razón por la que la planta puede actuar de este modo es por la mayor flexibilidad que permite la construcción de la guarnición, que tiene una construcción generalmente a cielo abierto y permite que pase a través de ella una cantidad significativa de agua. Éste no sería el caso, por ejemplo, con otras formas de guarnición. Una ventaja adicional es que opera como un biodepurador mejor que, por ejemplo, con un material plástico como medio de filtración en la guarnición toda vez que el material calcáreo tiene un valor de pH superior y por consiguiente puede funcionar mejor con mayores concentraciones de  $H_2S$ .

Otra ventaja particular de un sistema de tratamiento de efluentes de acuerdo con la presente invención es que cuando se desea tener la máxima eliminación de olores, el sistema puede utilizarse como la primera etapa de un proceso en dos etapas, en la que la segunda etapa puede contener materiales de guarnición diferentes para asegurar niveles de eliminación de olores todavía más elevados. La ventaja de un sistema de tratamiento de efluentes de acuerdo con la presente invención es que la segunda etapa de dicho sistema de tratamiento puede ser menor que la que sería necesaria con un equipo conocido.

De hecho, se prevé que si un sistema particular de biofiltración o depuración no funciona al máximo, una determinada cantidad del material de guarnición contenido en él puede substituirse por material de guarnición de acuerdo con la presente invención. Idealmente, esta guarnición de elementos de material calcáreo dispuestos de manera aleatoria se colocaría en la parte superior del lecho existente haciendo que el gas pase a través del lecho desde encima en un flujo simultáneo con agua.

40

El aparato de acuerdo con la presente invención es versátil en su uso ya que pueden eliminarse una gran variedad de compuestos, lo que permite emplear el aparato como un sistema completo de tratamiento de olores sin la necesidad de un equipo adicional. El aparato de acuerdo con la invención puede tratar unas concentraciones máximas de entrada de  $H_2S$  muy elevadas de hasta 250 ppm y puede combinarse con tecnologías purificadoras como medios secos o biofiltros de turba. También se apreciará que el método único de recubrir las conchas con el inóculo microbiano asegura que las bacterias requeridas quedarán retenidas dentro del sistema de tratamiento y las dificultades de rendimiento que pueden asociarse con el bajo pH están controladas por los medios filtrantes.

Aunque una cantidad considerable de la discusión anterior ha hecho hincapié en la eliminación de  $H_2S$ , es importante apreciar que la guarnición de acuerdo con la presente invención resulta particularmente útil en la eliminación de otros gases efluentes como amoníaco. En este caso se utiliza un organismo nitrificador.

50

La invención no está limitada a los aparatos, materiales y métodos descritos anteriormente que pueden variarse en detalle.

55

60

65

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un procedimiento para eliminar el gas efluente de un flujo de gas que comprende conducir el gas contaminado a través de un material de guarnición, comprendiendo el material de guarnición elementos calcáreos en los que la mayor parte de los elementos tienen una porción de retención de líquido que puede formar un depósito de líquido individual **caracterizado** porque los elementos calcáreos están dispuestos de manera aleatoria formando espacios vacíos para facilitar el paso del flujo de gas a través de los mismos, teniendo algunos elementos calcáreos sus depósitos de líquido orientados para la retención de líquido y en el que el inóculo de bacterias y líquido se introduce en los depósitos.
- 10 2. Un procedimiento como se reivindica en la reivindicación 1 en el que las bacterias se inmovilizan dentro de los depósitos individuales de los elementos calcáreos:
- 15 pulverizando primero la guarnición con una solución de calcio y pulverizando una solución de bacterias mezclada con un agente inmovilizante sobre la guarnición.
3. Un procedimiento como se reivindica en la reivindicación 1 en el que la guarnición se inocula con bacterias que están inmovilizadas dentro de perlas compuestas por un agente inmovilizante.
- 20 4. Un procedimiento como se reivindica en la reivindicación 3 en el que los pasos de formación de las perlas que contienen bacterias incluyen:
- 25 calentar un agente inmovilizante hasta que se licúa;
- mezclar el agente licuado con bacterias y
- verter la mezcla en gotitas en una solución de calcio.
5. Un procedimiento como se reivindica en las reivindicaciones 2 a 4 en el que el agente inmovilizante es alginato de sodio.
- 30 6. Un procedimiento como se reivindica en las reivindicaciones 2 a 5 en el que la solución de calcio es una solución de cloruro de calcio.
- 35 7. Un procedimiento como se reivindica en cualquier reivindicación precedente que incluye mojar la guarnición distribuyendo un líquido sobre el material de guarnición.
8. Un procedimiento como se reivindica en la reivindicación 7 que incluye mojar la guarnición de manera intermitente.
- 40 9. Un procedimiento como se reivindica en la reivindicación 7 que incluye mojar la guarnición substancialmente de manera continua.
10. Un procedimiento como se reivindica en las reivindicaciones 7 a 9 en el que la mojadura se realiza recirculando líquido sobre la guarnición.
- 45 11. Un procedimiento como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10 en el que la mojadura se realiza en flujo simultáneo con el flujo de gas a través de la guarnición.
- 50 12. Un procedimiento como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11 en el que la guarnición se moja con líquido humidificante a razón de desde 0 litros por hora hasta 1000 litros por hora.
13. Un procedimiento como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 7 a 12 en el que el líquido humidificante está a una temperatura desde 4°C hasta 40°C.
- 55 14. Un procedimiento como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 7 a 13 en el que el líquido humidificante tiene un pH de desde 1,0 a 10,0.
15. Un procedimiento como se reivindica en la reivindicación 14 en el que el pH del líquido humidificante se ajusta como se requiera añadiendo una base o un ácido.
- 60 16. Un procedimiento como se reivindica en la reivindicación 15 en el que la base es hidróxido de sodio.
17. Un procedimiento como se reivindica en la reivindicación 15 en el que el ácido es ácido sulfúrico.
- 65 18. Un procedimiento como se reivindica en cualquier reivindicación precedente en el que se añaden nutrientes y/u oligoelementos para mantener una biomasa activa.

## ES 2 231 809 T3

19. Un procedimiento como se reivindica en cualquier reivindicación precedente en el que los elementos calcáreos de la guarnición dispuestos de manera aleatoria tienen una densidad aparente de menos de 900 g/litro.

5 20. Un procedimiento como se reivindica en la reivindicación 19 en el que los elementos calcáreos de la guarnición tienen una densidad aparente de menos de 600 g/litro.

21. Un procedimiento como se reivindica en la reivindicación 20 en el que los elementos calcáreos de la guarnición tienen una densidad aparente de aproximadamente 500 g/litro.

10 22. Un procedimiento como se reivindica en cualquier reivindicación precedente en el que la guarnición consiste en conchas gastadas de moluscos.

15 23. Un procedimiento como se reivindica en la reivindicación 22 en el que el material de concha es media concha de mejillón.

24. Un procedimiento como se reivindica en la reivindicación 23 en el que la concha de mejillón es de la especie *Mytilus Edulis*.

20 25. Un procedimiento como se reivindica en cualquier reivindicación precedente en el que al menos algunos de los elementos están formados por material calcáreo molido mezclado con un agente aglutinante.

26. Un procedimiento como se reivindica en la reivindicación 25 en el que el agente aglutinante es resistente al ácido.

25 27. Un procedimiento como se reivindica en la reivindicación 26 en el que el agente aglutinante es queratina.

28. Un procedimiento como se reivindica en cualquier reivindicación precedente en el que la guarnición incluye uno o varios materiales de guarnición adicionales.

30 29. Un procedimiento como se reivindica en la reivindicación 28 en el que el material de guarnición adicional incluye uno o varios de: brezo, nódulos de turba, carbón activado, alumina y medios plásticos.

30. Un procedimiento como se reivindica en cualquier reivindicación precedente en el que las bacterias se seleccionan para contribuir a la descomposición del azufre y análogos del azufre.

35 31. Un procedimiento como se reivindica en la reivindicación 30 en el que las bacterias son de las especies *Thiobacillus* y/o *Rhodobacter*.

40 32. Un procedimiento como se reivindica en la reivindicación 30 en el que las bacterias se seleccionan entre una o varias de: *thiosphaera pantotropha*, *thiobacillus thioparus*, *thiobacillus thiooxidans*, *thiobacillus ferroxidans*, *nitrosomonas*, *nitrobacter*, *pseudomonas*, *rhodococcus*, *fungi* y *streptomyces*.

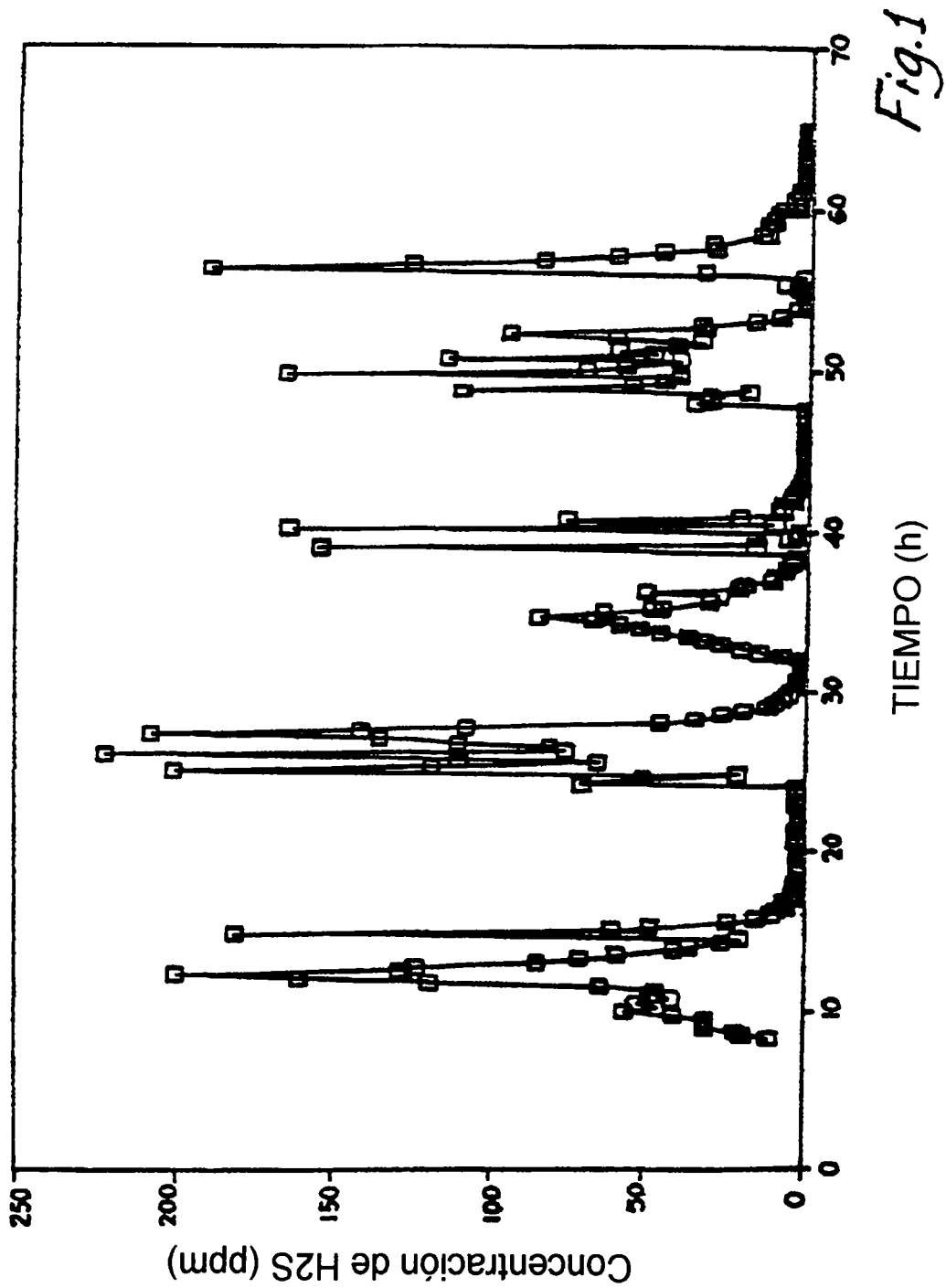
45 33. Un procedimiento como se reivindica en cualquier reivindicación precedente que incluye mojar la guarnición con un medio pulverizador.

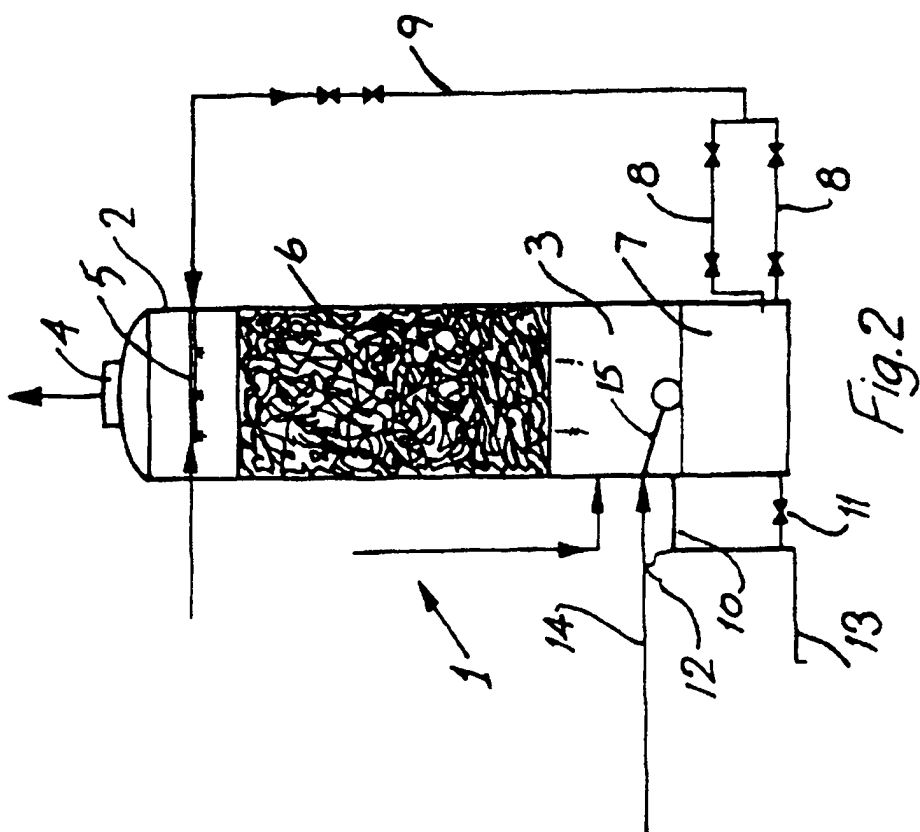
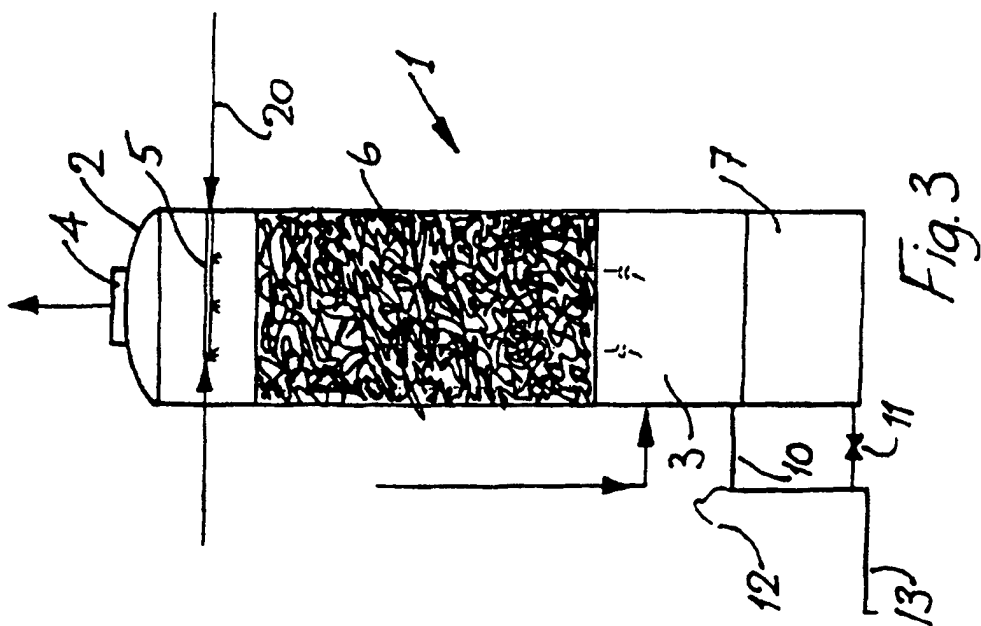
50

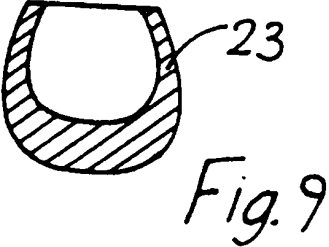
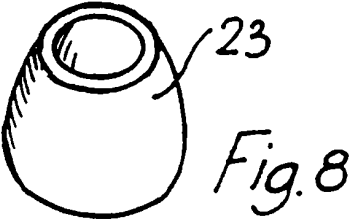
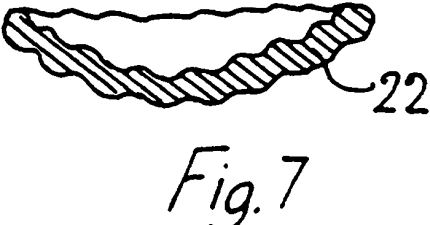
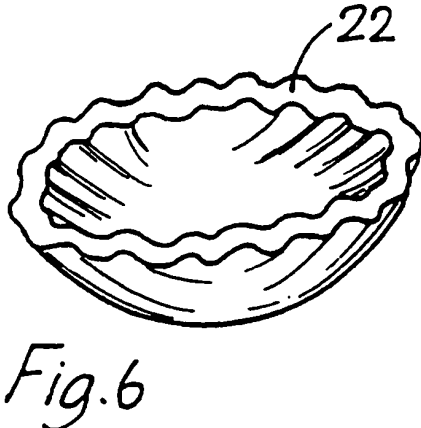
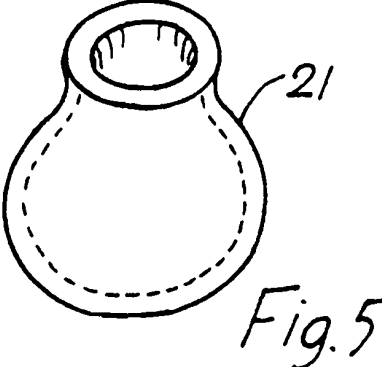
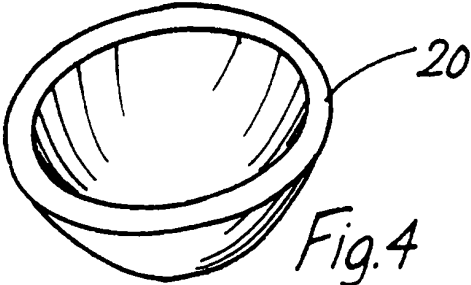
55

60

65









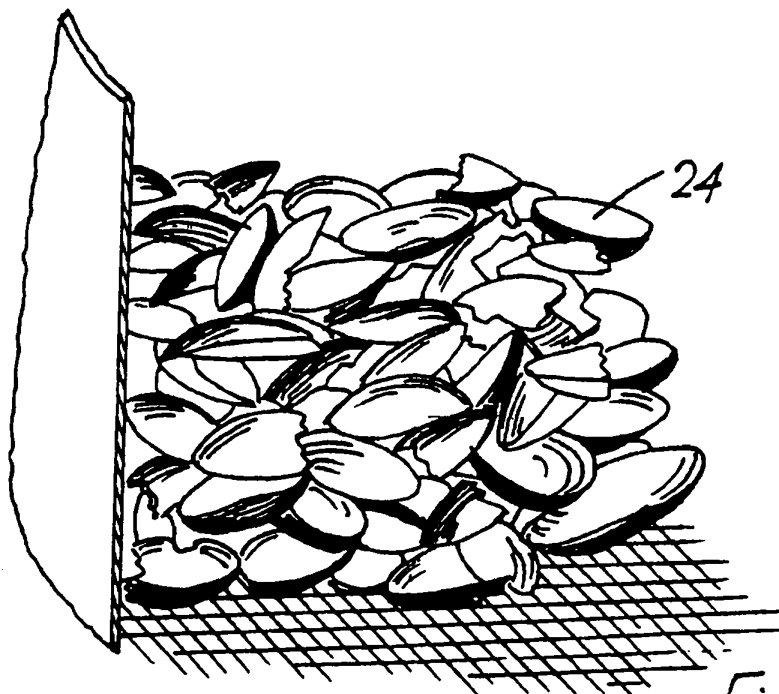


Fig. 13



Fig. 10

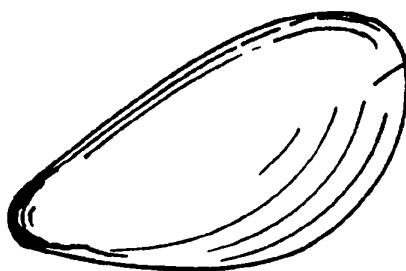


Fig. 11



Fig. 12

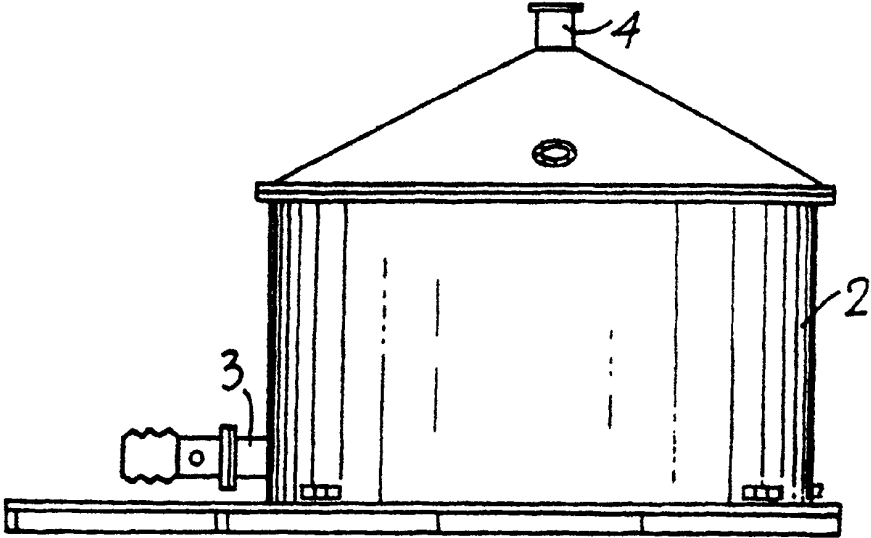


Fig. 14

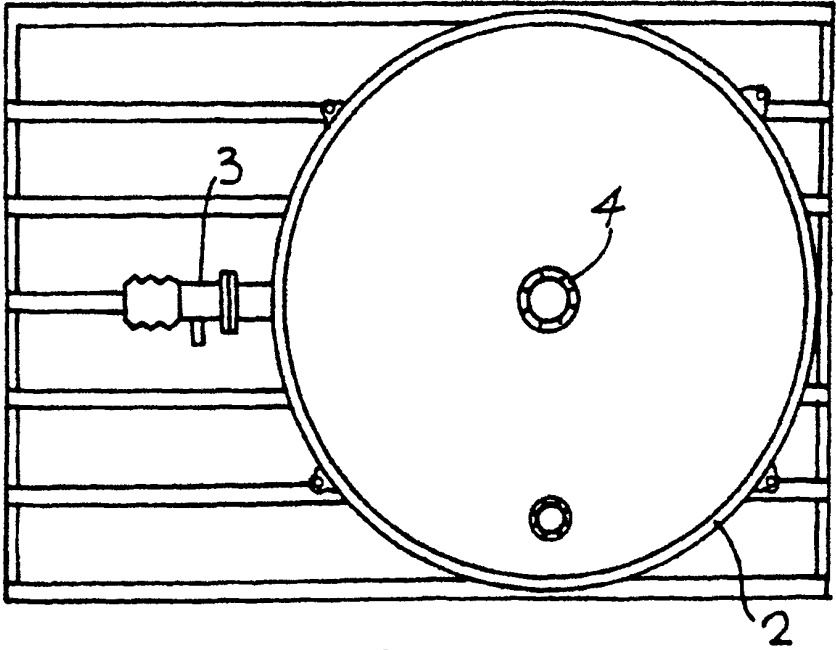
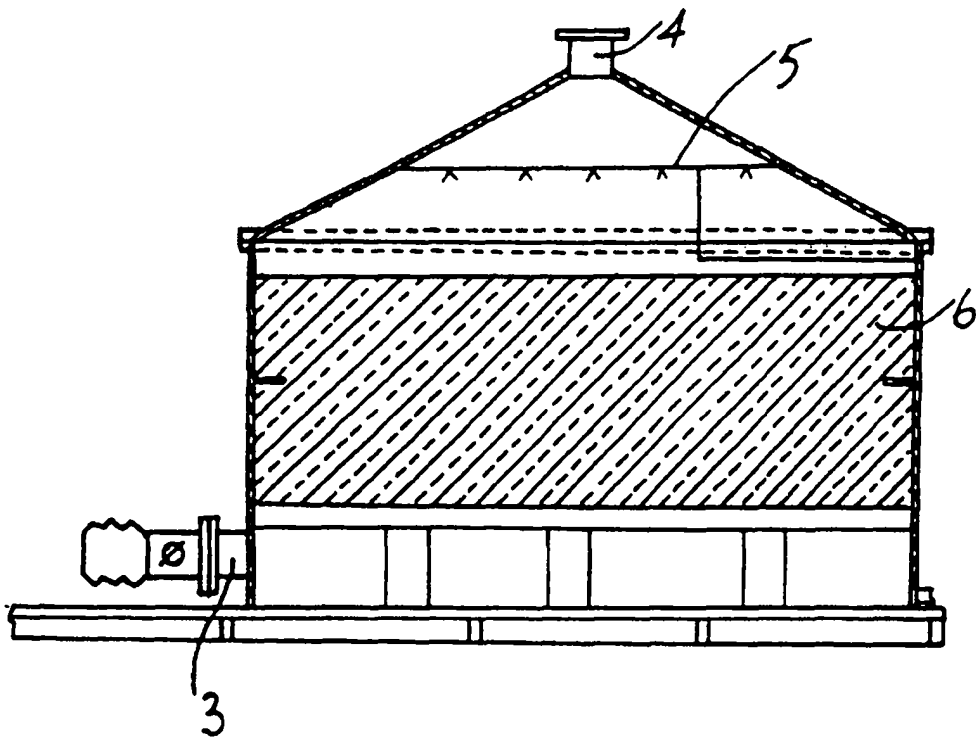


Fig. 15



*Fig. 16*