

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 377 895**

51 Int. Cl.:
C02F 1/465 (2006.01)
C02F 1/461 (2006.01)
C02F 1/463 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07759839 .9**
96 Fecha de presentación: **30.03.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2010456**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **07.01.2009**

54 Título: **PROCEDIMIENTO PARA LA PURIFICACIÓN DE AGUA RESIDUAL.**

30 Prioridad:
31.03.2006 US 788278 P
31.03.2006 US 787907 P

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
03.04.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
03.04.2012

73 Titular/es:
Potable Water Systems Ltd.
952 Echo Lane, Suite 120
Houston, TX 77024, US

72 Inventor/es:
MILLER, Jorge y
MILLER, Luisa, Kling

74 Agente/Representante:
Arias Sanz, Juan

ES 2 377 895 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 la purificación de agua residual

Campo de la invención

5 Esta invención se refiere a un procedimiento para la purificación de agua y a un aparato para llevar a cabo el procedimiento. La invención se refiere además a la cloración electrolítica del agua purificada.

Antecedentes de la invención

10 Durante mucho tiempo se han buscado procedimientos y aparatos económicos y eficaces para purificar agua contaminada, particularmente agua que contiene ácidos grasos. El agua contaminada, p. ej., las aguas que contienen compuestos solubles de nitrógeno, emulsiones o suspensiones orgánicas coloidales en suspensión tales como efluentes de plantas de procesamiento de carnes, granjas de leche, plantas de procesamiento de queso, obradores, plantas químicas, plantas papeleras y plantas petrolíferas y efluentes que incluyen aguas residuales son de especial interés.

15 Los coloides tienen una carga negativa que evita que se unan y hace prácticamente imposible la filtración o separación. Los procedimientos anteriores para purificación de agua incluyen combinar el agua contaminada con ácidos grasos con iones metálicos liberados desde electrodos durante la electrolisis para formar jabones metálicos hidrófobos. Los iones metálicos bivalentes o trivalentes son liberados desde los electrodos durante la electrolisis y se combinan con los ácidos grasos para formar un floculante insoluble. El floculante, a su vez, arrastra o absorbe otras impurezas presentes en el agua contaminada. Por tanto, el floculante sirve como medio de transporte para retirar no sólo ácidos grasos, sino también otras impurezas del agua. Con el fin de asegurar la producción continua de iones, los electrodos se dispusieron en un lecho móvil de partículas sólidas. Las partículas sólidas se mantuvieron en movimiento mediante el flujo del agua de procesamiento a través de la cámara de electrolisis con el fin de erosionar y limpiar continuamente las superficies del electrodo. El floculante y las impurezas arrastradas se dirigieron a un recipiente de floculación/separación donde el floculante y las impurezas arrastradas se separaron por flotación, dejando el agua no purificada para desechar desde el recipiente.

25 Los sistemas de tratamiento de agua electrolíticos, incluyendo sistemas de electroflotación y electrocoagulación, aunque funcionales, tienen dificultades cuando sus electrodos se cubren con una capa insoluble que no puede retirarse simplemente cambiando la polaridad de los electrodos. Esto es especialmente cierto cuando se electroliza agua residual que contiene ácidos grasos con electrodos metálicos que forman un jabón metálico insoluble en la superficie del ánodo que es difícil de retirar.

30 Los sistemas de tratamiento de agua electrolíticos actuales limpian los electrodos mediante un lecho móvil de partículas duras e introducen aire delante de la célula electrolítica para mover el lecho y el agua a través del sistema. Sin embargo, se ha descubierto que las burbujas delante de las células electrolíticas incrementan la resistencia eléctrica entre los electrodos, requiriendo de este modo voltajes mayores e induciendo un desgaste excesivo de los electrodos, paredes y piezas de las células.

35 Una vez se han retirado la mayoría de los contaminantes, es necesario retirar el resto de los materiales contaminantes disueltos y en suspensión, y se han tratado electrolíticamente con cloro. El cloro se produce normalmente electrolíticamente, introduciendo de forma continua una solución salina concentrada (iones cloruro) en el compartimento anódico de una célula electrolítica que está separada del compartimento catódico por un diafragma permeable. Antes de la aparición de los diafragmas de intercambio iónico, los diafragmas estaban hechos de muchas capas de papel de asbesto entre ánodo y cátodo para evitar en la medida de lo posible la mezcla del producto cáustico producido en el compartimento catódico con el cloro producido en el compartimento anódico. Actualmente, se usan normalmente los diafragmas de intercambio iónico que evitan el flujo de aniones y de soluciones de un compartimento a otro.

45 Puede producirse cloro como hipoclorito de sodio electrolizando agua con sal sin el uso de diafragmas. Este procedimiento es especialmente útil para aplicaciones de piscinas. Este procedimiento tiene la desventaja de usar sal y el calcio y el magnesio presentes en el agua para formar carbonatos, que se depositan en el cátodo, aislándolo y evitando el flujo de corriente entre los electrodos en último término. El cátodo debe limpiarse entonces con ácido para retirar el recubrimiento calcáreo.

50 La técnica electrolítica estándar para clorar agua en piscinas es proporcionar una célula separada que contiene una alta concentración de sal común que, tras la electrolisis, proporciona hipoclorito de sodio o cloro, que se suministra a la piscina. Teóricamente, es posible añadir suficiente sal común al agua de la piscina y electrolizarla directamente. Sin embargo, esta técnica tiene la desventaja de que el agua tiene sabor salado para los bañistas y el calcio contenido en el agua se deposita en los cátodos hasta tal punto que el flujo de la corriente cesa o está impedido. En la práctica se ha encontrado que el cambio de polaridad para retirar los depósitos de calcio sobre los cátodos conduce a la corrosión del cátodo.

55 La industria de purificación de agua ha seguido buscando procedimientos nuevos y mejorados para retirar ácidos

grasos y otros contaminantes del agua. En consecuencia, durante mucho tiempo se ha sentido, aunque no se ha satisfecho, la necesidad de procedimientos más económicos, más eficaces y más prácticos para purificar agua, particularmente agua contaminada con ácidos grasos y otros contaminantes, y para tratar la purificada para desecharla o usarla en último término.

5 Sumario de la invención

Una realización de la invención describe un aparato para la purificación de residuos contaminados que tiene (a) una célula electrolítica, (b) un puerto de entrada bajo la célula electrolítica, (c) una sección superior por encima de la célula electrolítica que incluye un burbujeador de aire y una salida, (d) un espacio de drenaje cerrado adyacente a la sección superior que comprende medios para separar agua e impurezas y (e) una bomba de recirculación que conecta la salida con el puerto de entrada de la célula electrolítica. Los electrodos de la célula electrolítica están conectados en serie. El aparato puede incluir también un recipiente inferior inclinado que parte con inclinación desde la sección superior que tiene una salida de agua purificada en el extremo más bajo de la parte inferior inclinada frente a la sección superior, una salida de recirculación ubicada por encima de la salida de agua purificada y un puerto de salida ubicado por encima de la salida de recirculación. La salida de recirculación puede estar conectada a la bomba de recirculación. En realizaciones alternativas, el aparato puede incluir también un filtro tal como, pero sin limitarse a, un filtro de vacío rotatorio, una prensa de filtro, un filtro de vacío de cinta transportadora, un filtro de arena o un filtro centrífugo. En algunas realizaciones, la sección superior es cónica en su sección transversal y los electrodos pueden ser de hierro, magnesio, aluminio y sus aleaciones. En algunas realizaciones, la polaridad de los electrodos se cicla continuamente y la frecuencia de ciclación de la polaridad de los electrodos está entre aproximadamente 1 cambio por 1 segundo y aproximadamente 1 cambio por 10 minutos. En algunas realizaciones, también se incluye un clorador en el aparato.

En otra realización de la invención, se describe un procedimiento de purificación de agua con las siguientes etapas; (a) pasar agua contaminada en una dirección generalmente vertical hacia arriba a través de una célula electrolítica que tiene una pluralidad de electrodos rodeados por un lecho móvil de partículas sólidas no conductoras para formar un flóculo que comprende agua purificada, agua, impurezas y aguas de lavado; (b) dirigir el flóculo a una cámara cerrada conectada directamente a un extremo superior de la cámara electrolítica; (c) separar las impurezas, aguas de lavado y agua del agua purificada; (d) recircular una parte del agua desde la cámara cerrada hacia la célula electrolítica; (e) retirar las impurezas y aguas de lavado de la cámara cerrada y (f) retirar el agua purificada de la cámara cerrada. Se burbujea aire por encima de la célula electrolítica y los electrodos están conectados en serie, cambiándose la polaridad de los electrodos continuamente. En algunas realizaciones, la velocidad hacia arriba del agua se consigue parcialmente recirculando el agua a través de la célula y el agua contaminada se dirige a través del lecho móvil por presión. Preferentemente las partículas no conductoras son granito, tienen una densidad específica mayor que la del agua contaminada y su velocidad de caída libre es mayor que la velocidad hacia arriba del agua. En algunas realizaciones, el agua purificada además se clora. En algunas realizaciones, la polaridad de los electrodos se alterna aplicando un voltaje de corriente continua y la frecuencia de cambio de polaridad varía desde aproximadamente 1 cambio por segundo hasta aproximadamente 1 cambio por 10 minutos y el cambio de polaridad tiene la misma duración. En algunas realizaciones, se añade solución jabonosa adicional al agua que se quiere purificar y se producen microburbujas usando el cambio de presión debido a una bomba de recirculación.

Un sistema de cloración, que puede usarse en conexión con la presente invención, se describe como con uno o más ánodos, un diafragma poroso que rodea los ánodos, un cátodo que rodea el diafragma poroso, medios para dirigir el flujo de fluidos hacia el ánodo y medios para evitar el reflujo de fluidos fuera de la célula. Preferentemente, el diafragma poroso es lo suficientemente permeable para permitir el flujo laminar, pero lo suficientemente ajustado para evitar el flujo turbulento. En algunas realizaciones, el sistema incluye también un separador no conductor espaciado entre el ánodo y el diafragma poroso y que rodea los ánodos. El ánodo puede estar fabricado de carbono, titanio cubierto con platino, titanio cubierto con óxido de rutenio u otros elementos no corrosibles. En algunas realizaciones, el medio para dirigir el flujo de fluidos hacia el ánodo es un diafragma poroso que tiene un fondo no permeable y una parte superior abierta. En algunas realizaciones, el medio para evitar el reflujo de fluidos es una válvula de retención, válvula de bola o válvula de compuerta.

Un procedimiento de cloración de agua, que puede usarse en conexión con la presente invención, se describe como con las siguientes etapas: (a) hacer fluir una corriente de agua en una dirección hacia arriba hacia dentro de una célula electrolítica que comprende un compartimento anódico y un compartimento catódico separados por un diafragma poroso; (b) concentrar iones cloruro en el agua del compartimento anódico mediante electrodiálisis, (c) acumular ácido clorhídrico en el compartimento anódico. En algunas realizaciones, el procedimiento incluye también difundir de forma intermitente el ácido clorhídrico desde el compartimento anódico hacia el compartimento catódico a través del diafragma poroso.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 muestra una realización de un aparato y procedimiento de purificación de agua de acuerdo con la presente invención.

La Figura 2 muestra una realización alternativa del aparato y procedimiento para la purificación de agua de

acuerdo con la presente invención.

La Figura 3 muestra una sección transversal horizontal de una realización de una célula electrolítica, que puede usarse en conexión con la presente invención,

La Figura 4 muestra una sección transversal vertical de la realización de la Figura 3.

5 La Figura 5 muestra una sección transversal horizontal de una realización alternativa de una célula electrolítica.

La Figura 6 muestra una sección transversal vertical de la realización de la Figura 5.

Descripción detallada de realizaciones de la invención

10 El agua contaminada se trata electrolíticamente para producir compuestos altamente positivos usando electrodos corrosibles para formar con ácidos orgánicos de alto peso molecular jabones hidrófobos insolubles altamente positivos que atrapan compuestos orgánicos y encapsulan algunos microbios. Las fuentes de agua contaminada incluyen, pero no se limitan a, agua de plantas de procesamiento de carne, granjas de leche, plantas de procesamiento de queso, obradores, plantas químicas, papeleras y plantas petrolíferas y efluentes que incluyen aguas residuales.

15 La Figura 1 muestra una realización preferida de un aparato de purificación de agua. Un conducto de entrada 1 está conectado al fondo de una célula eléctrica 2. En la parte superior de la célula electrolítica 2 hay una sección superior 4 que tiene un paso de salida 5. La sección superior 4 incluye preferentemente una sección cónica 3 conectada a la parte superior de la célula electrolítica 2 y un conducto de salida 18. El paso de salida 5 está ubicado por encima de la sección cónica 3. Entre el paso de salida 5 y la sección cónica 3, el conducto 18 sale de la sección superior. El conducto de salida 18 incluye la línea 21 y alimenta la entrada de una bomba de recirculación 13. Pueden introducirse aire y jabón adicional a través de la línea 21 en el sistema. La sección superior 4 está preferentemente cerrada a la atmósfera.

20 Los electrodos 6 están montados en la célula 2 de cualquier manera adecuada (no mostrado en el dibujo) y están conectados en serie a una fuente de corriente continua que cambia de polaridad continuamente. El cambio de polaridad de la corriente asegura una corrosión igual de los extremos de los electrodos que están conectados en serie a la fuente de corriente pero potencia la acción limpiadora del lecho fluido. La frecuencia de cambio de polaridad se realiza preferentemente a periodos de tiempo iguales. En algunas realizaciones, continuamente, como se le hace referencia en el presente documento, se refiere a cambiar la polaridad entre aproximadamente 1 cambio por 1 segundo y aproximadamente 1 cambio por 10 minutos y depende de la cantidad de contaminantes del agua y la tendencia de los contaminantes a acumularse en los electrodos.

25 En algunas realizaciones, los electrodos 6 son preferentemente corrosibles y fabricados de, pero sin limitarse a, metales divalentes o trivalentes, tales como aluminio, hierro, magnesio o sus combinaciones o aleaciones. Los electrodos están conectados en serie a una fuente de corriente continua cuya polaridad se cambia durante periodos de tiempo cortos, preferentemente iguales. Los electrodos 6 están rodeados por un lecho móvil de partículas duras sólidas no conductoras cuya densidad específica es mayor que la del agua contaminada.

30 En algunas realizaciones de la invención, ubicado en la parte superior de la sección cónica 3, por encima del punto en que han sedimentado las partículas sólidas, hay un burbujeador de aire 7. El burbujeador de aire 7 suministra burbujas adicionales además de las formadas durante la electrolisis a la sección superior 4. El burbujeador de aire 7 puede estar conectado a un suministro de aire comprimido 8. El aire comprimido produce burbujas de aire para hacer flotar los flóculos producidos por la liberación de jabones metálicos durante la electrolisis del agua que se quiere purificar. En algunas realizaciones, las burbujas de aire se introducen detrás de la célula electrolítica.

35 Aunque se muestra una sección cónica 3, puede usarse cualquier sección transversal y, preferentemente, se usa una sección transversal que reduzca la velocidad del movimiento hacia arriba del agua hasta un valor en el que las partículas sólidas se depositen en el fondo de la célula electrolítica. La velocidad de caída libre de las partículas sólidas del agua debería ser mayor que la velocidad de movimiento hacia arriba del agua. El flujo a través del recipiente de floculación debería mantenerse, preferentemente, para permitir que todas las partículas sólidas que se transportan alejándose del lecho vuelvan a la cámara de electrolisis.

40 El paso de salida 5 está conectado con el recipiente 9. El recipiente 9 incluye también un espacio de drenaje 15 que puede tener un fondo inclinado 10. Un conducto de recirculación 11 está cerca del borde superior del recipiente y, preferentemente, frente al paso de salida 5. Preferentemente, el recipiente 9 está cerrado a la atmósfera. En el fondo del recipiente 9 hay una salida de agua purificada 12, también preferentemente frente al paso de salida 5. Una salida de aguas de lavado 16 está ubicada frente al paso de salida 5, preferentemente a cierta distancia para permitir una separación aceptable del flóculo y el agua purificada. El conducto de recirculación 11, junto con un conducto de salida 18, alimenta la bomba de recirculación 13, cuya salida 14 puede estar conectada al conducto de entrada 1 por debajo de la célula electrolítica 2. El recipiente 9 incluye también una salida de aguas de lavado 16 que está ubicada por encima del espacio de drenaje 15. La ubicación del conducto de recirculación 11 se ubica preferentemente cerca de o por debajo de la capa de burbujas con el fin de atrapar cualquier flóculo sedimentado y recircularlo a la célula

electrolítica. Esto asegura que todos los flóculos salen, preferentemente, por la salida de aguas de lavado 16.

5 Preferentemente, tanto la sección superior 4 como el recipiente 9 están cerrados a la atmósfera. En la práctica, se ha descubierto que la exposición a la atmósfera seca y hace explotar las burbujas y los flóculos tienden a sedimentar, haciendo difícil obtener un agua pura sin flóculos. El entorno cerrado protege las burbujas que transportan los flóculos frente al secado y la explosión. Las burbujas también se drenan del exceso de agua y se liberan a través de la salida de aguas de lavado 16 a la atmósfera. El recipiente 9 preferentemente tiene capacidad suficiente para alojar agua que se está tratando durante aproximadamente 15 minutos para obtener la máxima separación de agua y flóculos. En realizaciones alternativas, el recipiente 30 está dimensionado para alojar agua que se está tratando durante aproximadamente 10 minutos, 20 minutos o cualquier tiempo necesario para permitir la separación de los flóculos y el agua y permitir que los flóculos salgan a la superficie.

10 Durante la operación, el agua contaminada fluye a través del conducto de entrada 1 y hacia arriba hacia dentro de la célula electrolítica 2. Los ácidos orgánicos de alto peso molecular se combinan con iones metálicos liberados desde los electrodos formando jabones hidrófobos insolubles altamente positivos que atrapan compuestos orgánicos y encapsulan microbios. Estos compuestos altamente positivos neutralizan los coloides cargados negativamente permitiendo que los coloides se unan, haciendo posible la filtración o la separación. El flóculo se forma a través de la acumulación de óxidos hidratados coloidales de los iones metálicos separados. El flóculo se une, o absorbe, otras impurezas presentes en el agua contaminada y sirve como medio de transporte para retirar las impurezas del agua.

15 Las partículas sólidas no conductoras se mueven a diversas velocidades en diversas direcciones, mediante el flujo de agua y gases producidos en la célula electrolítica, contra y a lo largo de las superficies de los electrodos para asegurar la limpieza de los electrodos. Un efecto limpiador de electrodo adicional es consecuencia del movimiento de retorno de esas partículas sólidas que han sido transportadas junto con agua y que se mueven más allá de los electrodos a medida que sedimentan hacia abajo.

20 El agua contaminada se dirige a través del lecho móvil de partículas de la célula electrolítica mediante la presión del agua de entrada. En algunas realizaciones, la presión la proporciona la bomba de recirculación 13. En otras realizaciones, se insufla aire dentro del lecho para intensificar su movimiento. En realizaciones alternativas, se proporciona aire adicional suministrando aire en el lado de succión de la bomba de recirculación a través de la línea 21. En una realización preferida, el agua contaminada se dirige generalmente a través del lecho móvil en una dirección sustancialmente vertical y hacia arriba.

25 El agua que contiene flóculos y burbujas se conduce a través del paso 5 hacia el recipiente 9 y el espacio de drenaje 15. El agua purificada sale a través de la salida de agua purificada 12, que está preferentemente a un nivel por debajo del de la capa de aguas de lavado durante la operación. El conducto de recirculación 11 y el conducto 18 conducen el agua de recirculación con flóculos a través de la bomba 13 y el conducto 14 al conducto de entrada 1. El conducto 18 recircula la capa superior de agua de la sección cónica de la célula electrolítica a través de los electrodos.

30 Algunas realizaciones incluyen la válvula 19 y la válvula 20, que pueden usarse para controlar el índice de recirculación. Se suministran solución jabonosa y aire adicional al conducto de entrada de agua 11 a través de la línea 21. Pueden introducirse jabones solubles adicionales en el agua en algunas realizaciones, especialmente cuando la cantidad de ácidos o ésteres orgánicos de alto peso molecular sea insuficiente en el agua contaminada que se quiere tratar para formar los jabones metálicos electrolíticamente altamente positivos requeridos para la coagulación. Debido a la presión suministrada por la bomba 13, el aire y el jabón añadidos a través de la línea 21 estarán generalmente comprimidos y disueltos en el agua y formarán microburbujas muy pequeñas en la célula electrolítica.

35 La salida de aguas de lavado 16 libera aguas de lavado drenadas 17 a la atmósfera. Las aguas de lavado drenadas contienen sustancialmente todas las impurezas del agua contaminada aportada. Estos flóculos hidrófobos son fáciles de secar y manejar. En algunas realizaciones, los flóculos pueden usarse como fertilizante antes de ser esterilizados. En realizaciones alternativas, los flóculos se secan y pueden usarse como combustible.

40 La Figura 2 muestra una realización alternativa de un sistema de purificación de agua. Un conducto de entrada 22 está conectado al fondo de una célula electrolítica 23. En la parte superior de la célula electrolítica 23 hay una sección superior 24 que tiene un paso de salida 26. La sección superior 24 incluye preferentemente una sección cónica conectada a la parte superior de la célula electrolítica 23 y un conducto de recirculación 32. El paso de salida 26 está ubicado por encima de la sección cónica. Entre el paso de salida 26 y la sección cónica, el conducto de recirculación 32 sale de la sección superior 24. El conducto de recirculación 32 incluye la línea 33 y alimenta la entrada de la bomba de recirculación 39. Pueden introducirse aire y jabón adicional a través del conducto de recirculación 32 en el sistema. La sección superior 24 está preferentemente cerrada a la atmósfera.

45 Los electrodos 27 están montados en la célula 23 de cualquier manera adecuada (no mostrado en el dibujo) y conectados en serie a una fuente de corriente continua que cambia de polaridad continuamente. El cambio de polaridad de la corriente asegura una corrosión igual de los extremos de los electrodos que están conectados en serie a la fuente de corriente pero potencia la acción limpiadora del lecho fluido. La frecuencia de cambio de

polaridad se realiza preferentemente a periodos de tiempo iguales. En algunas realizaciones, continuamente, como se le hace referencia en el presente documento, se refiere a cambiar la polaridad entre aproximadamente 1 cambio por 1 segundo y aproximadamente 1 cambio por 10 minutos y depende de la cantidad de contaminantes del agua y la tendencia de los contaminantes a acumularse en los electrodos.

- 5 En algunas realizaciones, los electrodos 27 son preferentemente corrosibles y fabricados de, pero sin limitarse a, metales divalentes o trivalentes, tales como aluminio, hierro, magnesio o sus combinaciones o aleaciones. Los electrodos están conectados en serie a una fuente de corriente continua cuya polaridad se cambia durante periodos de tiempo cortos, preferentemente iguales. Los electrodos 27 están rodeados por un lecho móvil de partículas duras sólidas no conductoras cuya densidad específica es mayor que la del agua contaminada.
- 10 En algunas realizaciones de la invención, ubicado en la parte superior de la parte cónica de la sección superior 24, por encima del punto en que han sedimentado las partículas sólidas, hay un burbujeador de aire 28. El burbujeador de aire 28 suministra burbujas adicionales además de las formadas durante la electrolisis a la sección superior 24. El burbujeador de aire 28 puede estar conectado a un suministro de aire comprimido 29. El aire comprimido produce burbujas de aire para hacer flotar los flóculos producidos por la liberación de jabones metálicos durante la electrolisis del agua que se quiere purificar. En algunas realizaciones, las burbujas de aire se introducen detrás de la célula electrolítica.

Aunque se muestra una sección cónica, puede usarse cualquier sección transversal y, preferentemente, se usa una sección transversal que reduzca la velocidad del movimiento hacia arriba del agua hasta un valor en el que las partículas sólidas se depositen en el fondo de la célula electrolítica. La velocidad de caída libre de las partículas sólidas del agua debería ser mayor que la velocidad de movimiento hacia arriba del agua. El flujo a través del recipiente de floculación debería mantenerse, preferentemente, para permitir que todas las partículas sólidas que se transportan alejándose del lecho vuelvan a la cámara de electrolisis.

El paso de salida 26 está conectado con el recipiente 30. El recipiente 30 incluye también un espacio de drenaje que puede tener un fondo inclinado. Frente al paso de salida 26 hay un filtro 34. En una realización preferida, el filtro 34 es un filtro de vacío rotatorio. En realizaciones alternativas, el filtro puede ser una prensa de filtro, un filtro de vacío de cinta transportadora, un filtro de arena, un filtro centrífugo o cualquier filtro conocido por un experto en la técnica. El recipiente 30 preferentemente tiene capacidad suficiente para alojar agua que se está tratando durante aproximadamente 15 minutos para permitir que los flóculos crezcan antes de filtrar. En realizaciones alternativas, el recipiente 30 está dimensionado para alojar agua que se está tratando durante aproximadamente 10 minutos, 20 minutos o cualquier tiempo necesario para permitir que los flóculos crezcan antes de filtrar.

Preferentemente, tanto la sección superior 24 como el recipiente 30 están cerrados a la atmósfera. En la práctica, se ha descubierto que la exposición a la atmósfera seca y hace explotar las burbujas y los flóculos tienden a sedimentar, haciendo difícil obtener un agua pura sin flóculos. El entorno cerrado protege las burbujas que transportan los flóculos frente al secado y la explosión. La burbujas se liberan al filtro 34.

35 Durante la operación, el agua contaminada fluye hacia arriba a través de un conducto de entrada 22 hacia dentro de la célula electrolítica 23 y a través de la sección superior 24. El paso 26 libera agua y aguas de lavado al recipiente 30. Después de ser filtrada a través del filtro 34, el agua filtrada se libera mediante un tubo central de salida 35 a través de una bomba de vacío (no mostrado) a presión atmosférica. Los sólidos filtrados 36 se desechan del filtro rotatorio 34 mediante el rascador 38. En algunas realizaciones, el agua filtrada se pasa a través de un clorador. En algunas realizaciones, los sólidos filtrados pueden esterilizarse y usarse como fertilizante o secarse y usarse como combustible.

Una vez se ha tratado el agua contaminada para retirar los coloides, los compuesto solubles de nitrógeno pueden hacerse reaccionar con cloro. En una realización de la invención, se introducen iones cloruro en un compartimento catódico y se transfieren a un compartimento anódico por electrodiálisis.

45 La Figura 3 muestra una sección transversal horizontal de una disposición de una célula electrolítica, que puede usarse en conexión con la presente invención. La Figura 4 muestra una sección transversal vertical de la disposición de célula de la figura 3.

Los electrodos (ánodos) 40 están rodeados por un separador no conductor 41 que estar rodeado además por un diafragma poroso 42 que está rodeado además por un cátodo metálico 43. En una realización preferida, los electrodos son de carbono sólido. En realizaciones alternativas, los electrodos pueden ser de platino, titanio cubierto de platino o con óxido de rutenio. El separador no conductor rodea a los electrodos 40 pero proporciona suficiente espacio libre 45 dentro del compartimento anódico para acumular al menos la cantidad necesaria de ácido clorhídrico para reaccionar con los depósitos calcáreos del cátodo. El separador no conductor 41 es, preferentemente, una rejilla de plástico. En realizaciones alternativas, el separador no conductor 41 es vidrio. El separador no conductor 41 es, preferentemente, delgado. En algunas realizaciones, el separador no conductor tiene aproximadamente 0,5 milímetros de grosor. El diafragma poroso 42 puede estar fabricado de, pero sin limitarse a, porcelana porosa, PVC poroso, fieltro de polipropileno, tela de filtro tupida y otros. El diafragma poroso 42 incluye preferentemente un fondo no permeable y una parte superior permeable. El separador no conductor 41 potencia preferentemente el flujo libre

de gases entre el diafragma permeable 42 y los electrodos 40. El diafragma permeable 42 es preferentemente una membrana porosa que permite el flujo laminar libre de soluciones entre los compartimentos anódico y catódico, pero lo suficientemente tupido o ajustado para prevenir el flujo turbulento. En algunas realizaciones, el cátodo está fabricado de acero inoxidable.

5 Un tubo circundante externo 46 rodea al cátodo y conduce el agua 47 que se quiere clorar en un flujo sustancialmente vertical hacia arriba. Puede disponerse una válvula 48 en la línea de entrada para evitar el reflujo de fluidos. Aunque se muestra una válvula, puede usarse cualquier válvula o mecanismo que evite el reflujo de agua. En algunas realizaciones, se usa una válvula de retención.

10 Durante el procedimiento de cloración, pueden cortarse simultáneamente la electricidad y el agua para permitir la entrada del ácido clorhídrico acumulado en el espacio libre 45 y que difunda a través del diafragma 42 para reaccionar y disolver cualquier depósito calcáreo del cátodo 43.

15 La Figura 5 muestra otra realización que tiene un ánodo 50 rodeado por un diafragma poroso 52 que está rodeado además por un cátodo metálico 53. En una realización preferida, el ánodo 50 está fabricado de titanio expandido cubierto con platino o cubierto con óxido de rutenio u otros elementos no corrosibles. En realizaciones alternativas, el ánodo 50 puede estar fabricado de grafito u otra aleación a prueba de corrosión. El diafragma poroso 52 puede estar fabricado de, pero sin limitarse a, porcelana porosa, PVC poroso, fieltro de polipropileno, tela de filtro tupida y otros. El diafragma poroso 52 incluye preferentemente un fondo no permeable y una parte superior abierta. El diafragma permeable 52 es preferentemente una membrana porosa que permite el flujo laminar libre de soluciones entre los compartimentos anódico y catódico, pero lo suficientemente tupida o ajustada para evitar el flujo turbulento.

20 La distancia entre el ánodo 50 y el diámetro de la varilla 54 centrada interna proporciona espacio libre 55 suficiente dentro del compartimento anódico para acumular al menos la cantidad necesaria de ácido clorhídrico para reaccionar con los depósitos calcáreos del cátodo.

25 El tubo circundante externo 56 rodea al cátodo y conduce el agua 57 que se quiere clorar en un flujo sustancialmente vertical hacia arriba. Una válvula 58 está dispuesta en la línea de entrada para evitar el reflujo de fluidos. Aunque se muestra una válvula, puede usarse cualquier válvula o mecanismo que evite el reflujo de agua.

Durante el procedimiento de cloración, se cortan simultáneamente la electricidad y el agua para permitir la acumulación de ácido clorhídrico en el espacio libre 55 y que difunda a través del diafragma 52 para reaccionar y disolver cualquier depósito calcáreo del cátodo 53.

30 En la Figuras 3, 4 y 5 no se muestran las conexiones eléctricas al ánodo o al cátodo que están conectados respectivamente al polo positivo y al polo negativo de una fuente de corriente continua.

Un ejemplo de la disposición de célula como se muestra en la figura 3, que tiene electrodos de carbono que miden 2,54 cm (1 pulgada) de diámetro por 25,4 cm (10 pulgadas) de largo, funcionando con agua que contiene 40 partes por millón de cloruros, comenzará a producir cloro en menos de un minuto. Este es el tiempo que lleva que la concentración de cloruro alcance el nivel al que se produce cloro.

35 Hay muchas otras configuraciones posibles, por ejemplo, pueden usarse electrodos metálicos expandidos planos con el espacio libre requerido para que se forme el ácido clorhídrico detrás del ánodo.

40 La Figura 6 muestra otra realización en la que un ánodo 61 está doblado y rodeado con un diafragma 59 para proporcionar espacio libre 64. También se muestra un cátodo 60 doblado rodeando al ánodo 61. Una pared impermeable 25 mantiene el diafragma 59 en su sitio, evitando la difusión a través de la parte plana del diafragma 59 que mira hacia el ánodo 61. El tubo circundante externo 62 conduce el agua 63 en un flujo sustancialmente vertical hacia arriba. El ánodo 61, el cátodo 60 y el diafragma 59 son como se describen para las Figuras 3 o 5.

45 Pueden usarse realizaciones del clorador en una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo por ejemplo, en combinación con los sistemas mostrados en las Figuras 1 y 2. No obstante, las realizaciones del clorador pueden usarse aparte de los sistemas mostrados en las Figuras 1 y 2, incluyendo por ejemplo, en piscinas o para purificar cualquier corriente de agua que contenga contaminantes solubles, tales como urea y/o microbios.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato para la purificación de residuos contaminados, que comprende;
 - (a) una célula electrolítica (2,23),
 - (b) un puerto de entrada (1,22) bajo la célula electrolítica (2,23),
 - 5 (c) una sección superior (4,24) por encima de la célula electrolítica (2,23) que incluye un burbujeador de aire (7,28) y una salida (5,26),
 - (d) un espacio de drenaje cerrado (15,37) adyacente a la sección superior (4,24) que comprende medios para separar agua e impurezas, y
 - 10 (d) una bomba de recirculación (13) que conecta la salida (5,26) al puerto de entrada de la célula electrolítica (2,23),

en el que la célula electrolítica (2,23) comprende electrodos (6,27) conectados en serie.
2. El aparato de la reivindicación 1, en el que el medio para separar agua de impurezas comprende un recipiente inferior inclinado (9,30) que parte con inclinación desde la sección superior (4,24) comprendiendo además,
 - 15 (i) una salida de agua purificada (12) en el extremo más bajo del fondo inclinado frente a la sección superior (4,24);
 - (ii) una salida de recirculación (11) ubicada por encima de la salida de agua purificada (12); y
 - (iii) un puerto de salida ubicado por encima de la salida de recirculación (11),

en el que la salida de recirculación (11) está conectada a la bomba de recirculación (13).
3. El aparato de la reivindicación 1, en el que el medio para separar agua de impurezas comprende un recipiente inferior inclinado (9,30) que parte con inclinación desde la sección superior (4,24) comprendiendo además un filtro (34).
4. El aparato de la reivindicación 1, en el que el filtro (34) comprende un filtro de vacío rotatorio, una prensa de filtro, un filtro de vacío de cinta transportadora, un filtro de arena o un filtro centrífugo.
5. El aparato de la reivindicación 1, en el que la sección superior (4, 24) es cónica en su sección transversal.
- 25 6. El aparato de la reivindicación 1, en el que los electrodos comprenden hierro, magnesio, aluminio y sus aleaciones.
7. El aparato de la reivindicación 1, en el que la polaridad de los electrodos puede ciclarse continuamente.
8. El aparato de la reivindicación 7, en el que la polaridad de los electrodos puede ciclarse con una frecuencia de entre aproximadamente 1 cambio por 1 segundo y aproximadamente 1 cambio por 10 minutos.
- 30 9. El aparato de la reivindicación 1, que comprende además un clorador.
10. El aparato de la reivindicación 9, en el que el clorador comprende una célula electrolítica que comprende,
 - (i) uno o más ánodos (40);
 - (ii) un diafragma poroso (42) rodeando los ánodos (40);
 - (iii) un cátodo (43) rodeando el diafragma poroso (42); y
 - 35 (iv) medios para dirigir el flujo de fluidos hacia el ánodo (40),

en el que el diafragma poroso (42) es una membrana porosa que permite el flujo laminar libre de soluciones entre los compartimentos anódico y catódico, pero que es lo suficientemente tupida o ajustada para evitar el flujo turbulento.
11. Un procedimiento de purificación de agua que comprende:
 - 40 (a) hacer pasar agua contaminada en una dirección generalmente vertical hacia arriba a través de una célula electrolítica (2,23) que tiene una pluralidad de electrodos (6,27) rodeados por un lecho móvil de partículas sólidas no conductoras para formar un flóculo hidrófobo que comprende agua purificada, agua, impurezas y aguas de lavado;

- (b) dirigir el flóculo hacia una cámara cerrada conectada directamente a un extremo superior de la cámara de electrolisis,
 - (c) separar las impurezas, aguas de lavado y agua del agua purificada;
 - (d) recircular una porción del agua desde la cámara cerrada hacia la célula electrolítica (2,23);
- 5 (e) retirar las impurezas y aguas de lavado de la cámara cerrada; y
- (f) retirar el agua purificada de la cámara cerrada;
- en el que se burbujea aire por encima de la célula electrolítica (2,23),
- en el que los electrodos (6,27) están conectados en serie y la polaridad de los electrodos (6,27) se cambia continuamente.
- 10 12. El procedimiento de purificación de agua de la reivindicación 11, en el que la velocidad hacia arriba del agua se consigue parcialmente por recirculación del agua a través de la célula.
13. El procedimiento de purificación de agua de la reivindicación 11, en el que las partículas no conductoras tienen una densidad específica mayor que la del agua contaminada.
- 15 14. El procedimiento de purificación de agua de la reivindicación 11, en el que la velocidad de caída libre de las partículas es mayor que la velocidad hacia arriba del agua.
15. El procedimiento de purificación de agua de la reivindicación 11, en el que el agua purificada además se clora.
16. El procedimiento de purificación de agua de la reivindicación 11, alternándose la polaridad de los electrodos aplicando un voltaje de corriente continua.
- 20 17. El procedimiento de purificación de agua de la reivindicación 11, en el que el agua contaminada se dirige a través del lecho móvil por presión.
18. El procedimiento de purificación de agua de la reivindicación 11, en el que las partículas sólidas no conductoras son partículas de granito.
19. El procedimiento de purificación de agua de la reivindicación 11, en el que la frecuencia de cambio de polaridad varía desde aproximadamente 1 cambio por segundo hasta aproximadamente 1 cambio por 10 minutos.
- 25 20. El procedimiento de purificación de agua de la reivindicación 11, en el que el cambio de polaridad tiene la misma duración.
21. El procedimiento de purificación de agua de la reivindicación 11, en el que se añade solución jabonosa adicional al agua que se quiere purificar.
- 30 22. El procedimiento de purificación de agua de la reivindicación 11, en el que se producen microburbujas usando el cambio de presión debido a la bomba de recirculación.

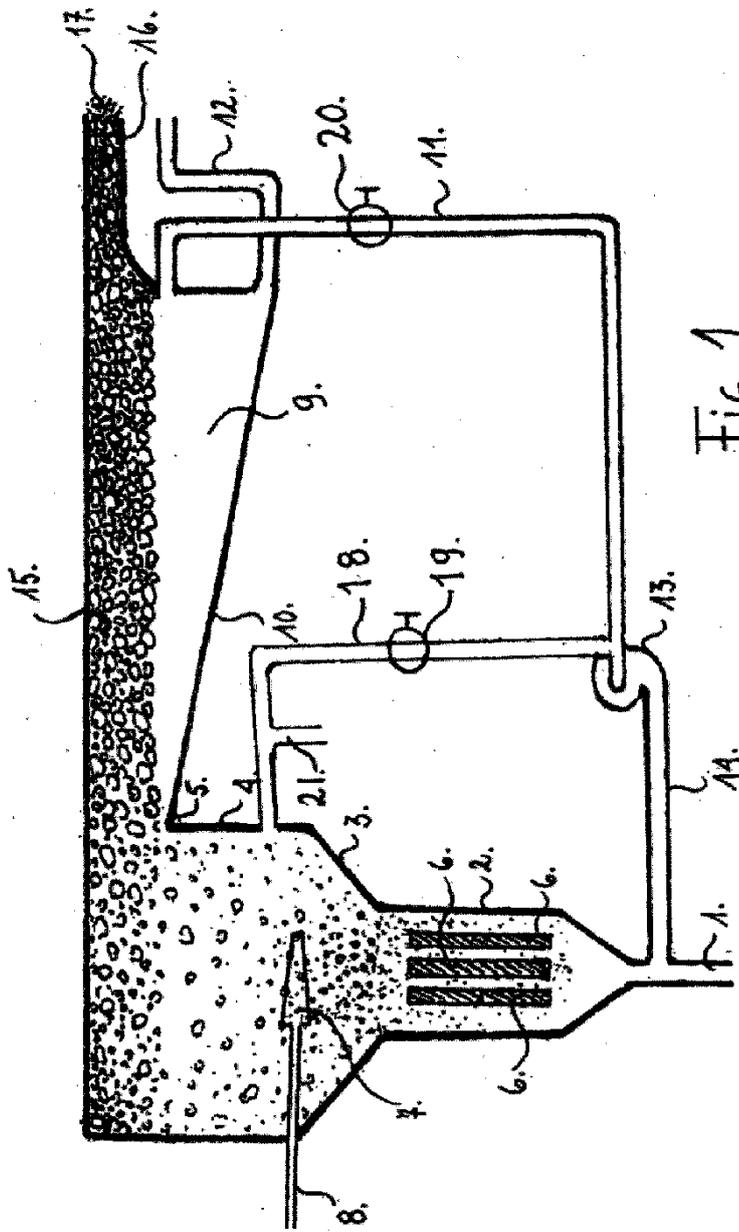


FIG 1.

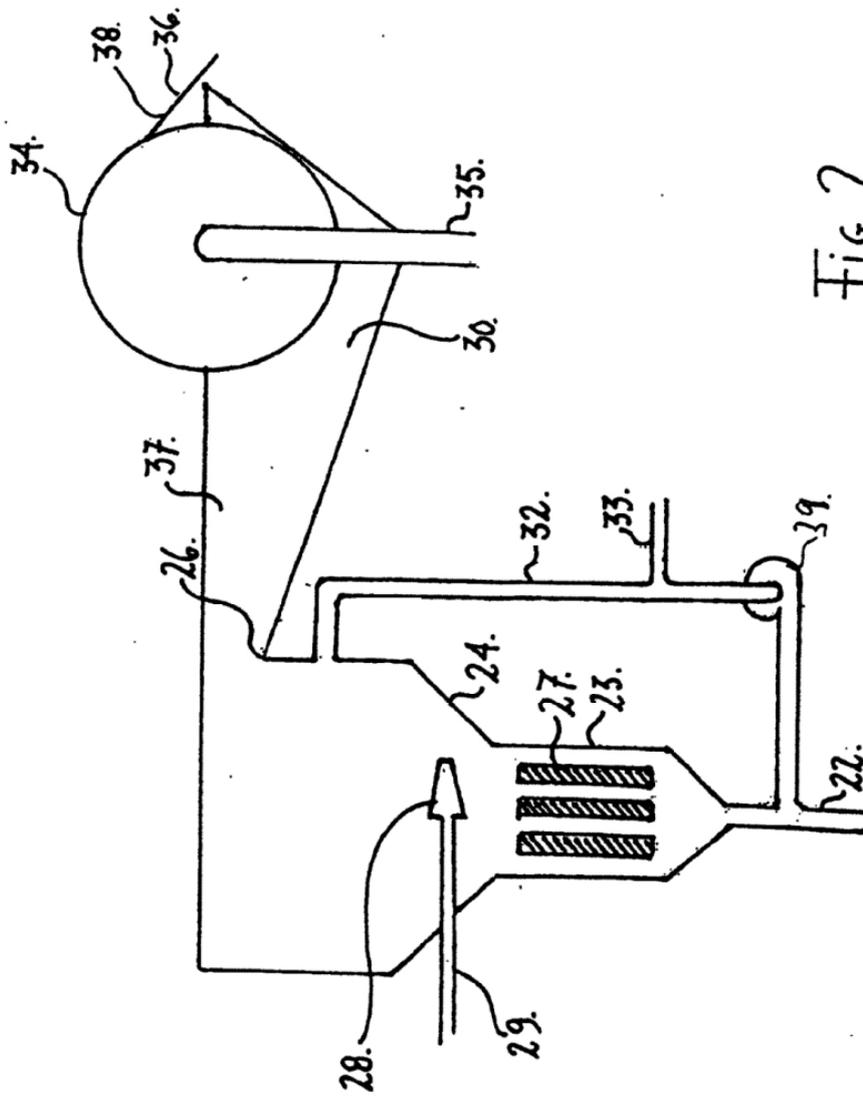
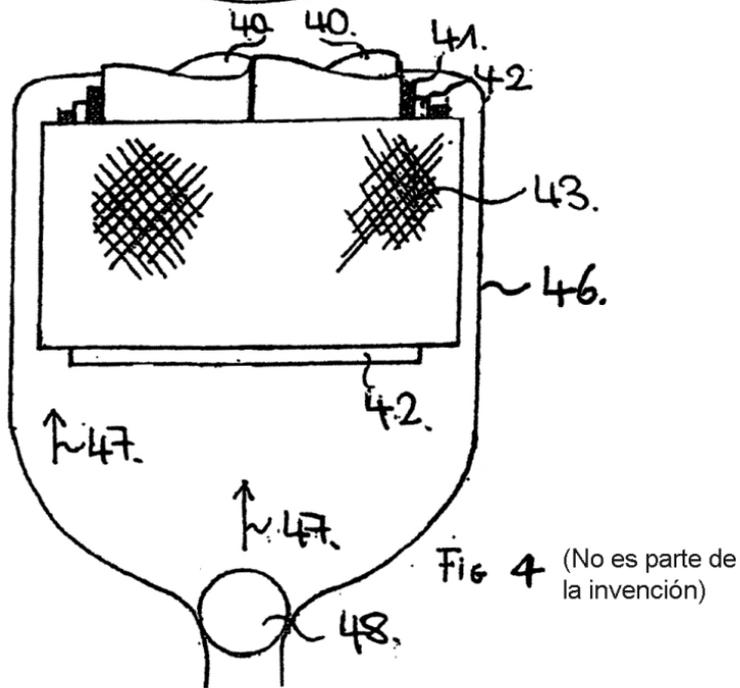
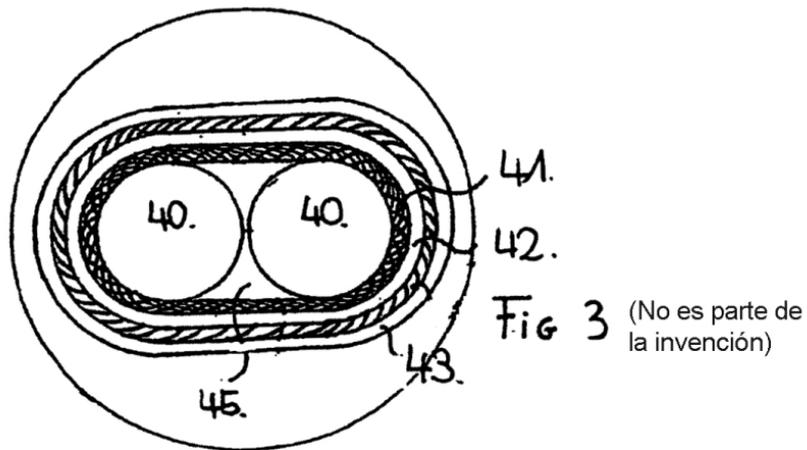


FIG. 2.



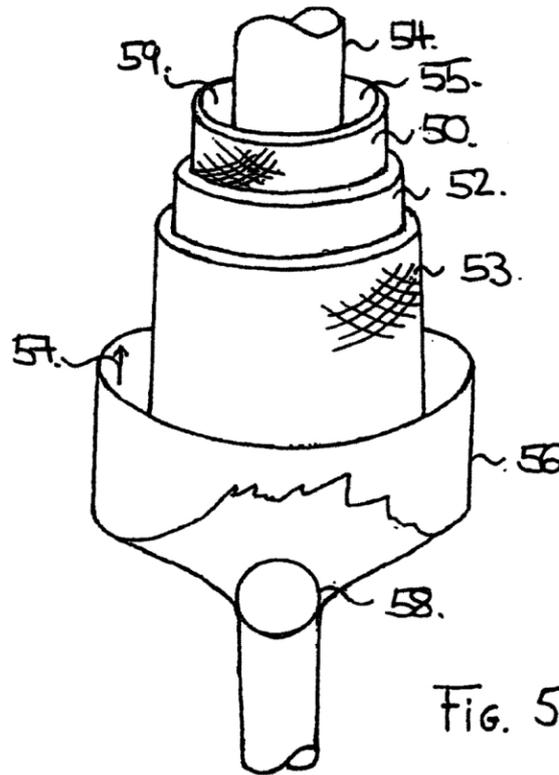


Fig. 5 (No es parte de la invención)

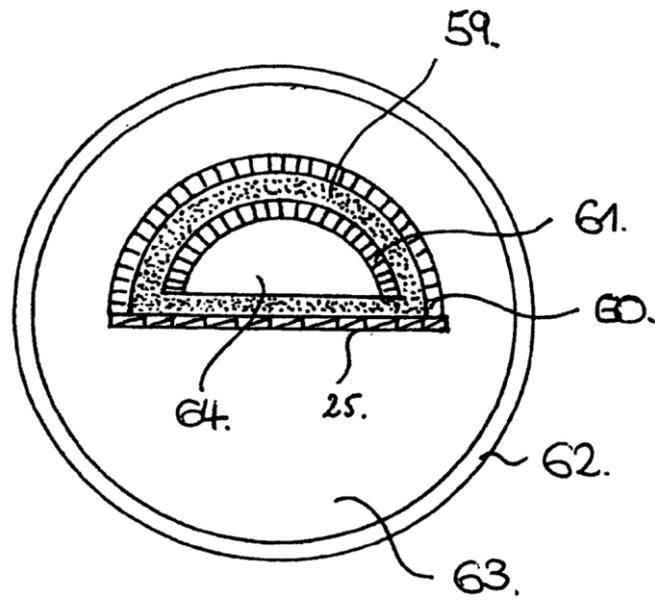


Fig 6 (No es parte de la invención)