

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 953 408**

51 Int. Cl.:

C02F 1/32 (2013.01)

B01J 19/08 (2006.01)

A61L 2/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.12.2016** **PCT/NZ2016/050196**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.06.2017** **WO17111616**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.12.2016** **E 16879448 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2023** **EP 3393978**

54 Título: **Método y aparato para tratar un líquido**

30 Prioridad:

23.12.2015 NZ 15715527

05.05.2016 NZ 16719796

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.11.2023

73 Titular/es:

NOVOLABS LIMITED (100.0%)

7/9 Noel Rodgers Place

Milson, Palmerston North 4414, NZ

72 Inventor/es:

SHILTON, ANDREW NICHOLAS

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 953 408 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

Método y aparato para tratar un líquido

5 CAMPO DE LA INVENCION

[0001] La presente invención se refiere a un método y un aparato para tratar un líquido mediante radiación ultravioleta.

ANTECEDENTES

[0002] Se sabe que la radiación ultravioleta es un agente germicida eficaz. Actualmente, las aplicaciones que utilizan
10 tratamientos con luz ultravioleta incluyen la desinfección de líquidos.

[0003] Los sistemas que emplean fuentes de radiación UV proporcionadas en tubos de cuarzo dentro de un flujo de
líquido que se va a tratar son muy habituales. Cualquier sistema en el que la fuente de radiación ultravioleta esté sumergida
en el líquido tiene conexiones eléctricas y dificultades de impermeabilización asociadas. Estos sistemas también suelen
necesitar una barrera de cuarzo para proteger del líquido a la fuente de luz ultravioleta, de manera que la barrera absorbe
15 parte de la radiación ultravioleta y reduce la eficiencia general. Estos tubos de cuarzo también requieren una limpieza
periódica. Estas complicaciones se añaden al coste de fabricación y mantenimiento de los sistemas de la técnica anterior
en este campo. Además, se producen pérdidas de presión debido a la fricción del flujo contra las paredes del reactor y
las paredes de los tubos de cuarzo. Esto puede ser muy importante si se reduce la separación entre tubos en el reactor
para mejorar el tratamiento en líquidos de baja transmisividad, ya que el área de superficie mojada y -para un determinado
20 caudal de líquido- la velocidad aumentan al reducirse la separación entre tubos.

[0004] Para lograr un nivel aceptable de desinfección de un líquido, debe administrarse al líquido una dosis adecuada
de radiación ultravioleta. La dosis administrada al líquido se define como el producto de la intensidad de la radiación
ultravioleta y la duración de la exposición del líquido a la radiación ultravioleta, que también se conoce como tiempo de
retención.

25 [0005] Cuando se usa radiación ultravioleta para tratar líquidos, es importante tener en cuenta que el líquido puede
contener algún material que lo decolore, oscurezca y/o enturbie. Dicho material reduce la transmisividad de la radiación
ultravioleta a través del líquido, lo que provoca una reducción de la intensidad de la radiación ultravioleta en el líquido.
Debido a esto, se reduce la eficacia del tratamiento.

[0006] Por consiguiente, el nivel de la dosis puede aumentarse incrementando el tiempo de retención, la intensidad de
30 la luz o ambos.

[0007] Se puede conseguir un mayor tiempo de retención en un sistema de tratamiento de líquidos con luz ultravioleta
reduciendo el caudal del líquido mientras se irradia con radiación ultravioleta. Como consecuencia de ello, se reduce la
capacidad de flujo global del sistema.

[0008] De manera alternativa, para obtener una dosis mayor se puede aumentar la intensidad de la radiación. Un método
35 sencillo para aumentar la intensidad de la radiación ultravioleta en el líquido que debe tratarse sería aumentar la intensidad
inicial que se irradia en la fuente. A modo de ejemplo, esto podría lograrse usando un mayor número de fuentes de
radiación ultravioleta y/o fuentes de radiación ultravioleta de mayor potencia. Sin embargo, los sistemas que emplean este
método tienen la desventaja de unos costes operativos y de capital más elevados.

[0009] En lugar de aumentar la intensidad, se pueden alterar las propiedades del líquido para obtener un aumento de
40 la intensidad de la radiación en el líquido. Una posible alteración consiste en reducir la profundidad o el grosor del líquido
irradiado. En el documento WO00/68152, el grosor del líquido a tratar se reduce dirigiendo el líquido hacia una estructura
cilíndrica en la que se coloca una fuente de radiación ultravioleta tubular. Puesto que sólo hay un pequeño espacio radial
entre la pared de la estructura cilíndrica y la fuente de radiación ultravioleta tubular, el líquido fluye a lo largo de la fuente
de radiación ultravioleta como un fino flujo. Sin embargo, para mantener la capacidad de tratamiento en un fino flujo, es

necesario aumentar la velocidad a la que el líquido fluye a través del sistema. Como el sistema es un sistema cerrado y tiene una gran área de superficie en contacto con el líquido en relación con el volumen del líquido en el sistema, el aumento de la velocidad crea un alto grado de fricción y, por lo tanto, se necesita una mayor presión impulsora, lo cual requiere, por ejemplo, una bombas más grandes y mayores costes operativos.

- 5 **[0010]** También se ha propuesto un diseño de reactor de lecho poco profundo a fin de determinar las dosis letales para los líquidos de muestra. Este reactor produce un fino flujo de líquido que fluye sobre un lecho expuesto a la radiación UV. Esto sólo se propone con fines de prueba y no para un tratamiento completo. Además, la pendiente del lecho es relativamente plana y la entrada de líquido al lecho no está limitada como para permitir altos caudales de líquido y profundidades pequeñas que sean adecuados para un tratamiento comercial.
- 10 **[0011]** También se han propuesto otros sistemas de flujo fino. El documento WO2006106363 sugiere el uso de un tambor giratorio que recoge líquido en una película fina a medida que gira. El rendimiento de este sistema es escaso. Otros sistemas sugieren una fina película descendente, por ejemplo US3659096 y Shama et al. en J. Chem. Tech. Biotechnol., 1996, 65, 56-64. Estos sistemas tienen grandes requisitos de tamaño en relación con el volumen de líquido que se está tratando debido a los limitados caudales a través de los sistemas. Asimismo, en estos sistemas puede resultar
- 15 difícil mantener una capa de líquido uniforme, lo que da como resultado un tratamiento desigual.
- [0012]** El documento US6576189B1 se refiere a un dispositivo para exponer líquidos a rayos X que, en la dirección del flujo, comprende una cámara de entrada, una cámara de rayos X y una cámara de descarga.
- [0013]** El documento WO2015167395A1 se refiere a un sistema de tratamiento de fluidos para tratar un fluido, de manera que el sistema comprende: una cubierta translúcida que rodea al menos una fuente de luz y está situada en una
- 20 celda del sistema; y un armazón que está configurado para recibir la cubierta, de manera que se crea una cavidad hueca entre la superficie exterior de la cubierta y la superficie interior del armazón que delimita una cavidad para que el fluido fluya por la misma.
- [0014]** El documento DE4005488A1 se refiere a un proceso para la desinfección de agua potable y aguas residuales mediante luz UV y peróxido de hidrógeno -y, opcionalmente, activadores químicos- en el proceso de flujo.
- 25 **[0015]** Un objetivo de la presente invención es proporcionar un método y un aparato mejorados para tratar un líquido con radiación ultravioleta o, al menos, proporcionar a la población una opción útil.

RESUMEN DE LA INVENCION

- [0016]** La presente invención consiste en un método para tratar un líquido o un aparato para tratar un líquido de acuerdo con las reivindicaciones independientes. En las reivindicaciones subordinadas se describen otras realizaciones adicionales de la invención.
- [0017]** Cabe señalar que, en distintos contextos, los términos 'comprender', 'comprende(n)' y 'que comprende(n)' pueden tener un significado exclusivo o inclusivo. En el caso de la presente especificación, y a menos que se indique lo contrario, estos términos tienen un significado inclusivo, es decir, se entenderá que incluyen los componentes
- 35 mencionados a los que el uso hace referencia directamente, y posiblemente también otros componentes o elementos no especificados.
- [0018]** La referencia a cualquier documento en la presente especificación no supone una admisión de que constituya el estado de la técnica en este campo, que pueda combinarse válidamente con otros documentos o que forme parte del conocimiento general común.
- 40

BREVE DESCRIPCION DE LAS ILUSTRACIONES

- [0019]** Las ilustraciones adjuntas, que se incorporan a la presente especificación y forman parte de la misma, ilustran diversas realizaciones de la invención y, junto con la descripción de la invención que se ha ofrecido anteriormente y la

descripción detallada de las realizaciones que se ofrece a continuación, sirven para explicar los principios de la invención, de manera que:

La **Figura 1** es una vista lateral en sección transversal de un aparato de tratamiento de líquidos de acuerdo con una realización;

5 La **Figura 2** es una vista lateral en sección transversal de un aparato de tratamiento de líquidos de acuerdo con otra realización;

La **Figura 3** es una vista en perspectiva del aparato de tratamiento de líquidos que se muestra en la Figura 2;

La **Figura 4** es una vista lateral en sección transversal de un aparato de tratamiento de líquidos de acuerdo con otra realización adicional;

10 La **Figura 5** es una vista en perspectiva del aparato de tratamiento de líquidos que se muestra en la Figura 4;

La **Figura 6** es una vista lateral en sección transversal de un aparato de tratamiento de líquidos de acuerdo con otra realización adicional;

La **Figura 7** es una vista en perspectiva del aparato de tratamiento de líquidos que se muestra en la Figura 6;

La **Figura 8** es una vista lateral en sección transversal de un aparato de tratamiento de líquidos de acuerdo con otra
15 realización adicional; y

La **Figura 9** es una vista en perspectiva del aparato de tratamiento de líquidos que se muestra en la Figura 8.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0020] La invención se describirá mediante ejemplos en los que se emplea la radiación ultravioleta (UV), pero debe
20 entenderse que, en las circunstancias apropiadas, pueden emplearse otras formas de radiación. Dado que la intensidad de la luz disminuye exponencialmente a medida que penetra en un líquido, resulta deseable contar con un sistema que tenga un fino flujo de líquido debido a su mayor eficacia y capacidad para tratar líquidos contaminados u ocluidos con una baja transmisibilidad de luz UV. Para mantener la capacidad de tratamiento, debe aumentarse la velocidad a la que el líquido fluye a través del sistema. Sin embargo, las pérdidas de presión debidas a la fricción deben reducirse al mínimo
25 para evitar un aumento excesivo de los costes operativos y de capital.

[0021] La Figura 1 muestra un aparato de tratamiento de líquidos 1 de acuerdo con una realización ejemplar. La fuente
2 del líquido a tratar puede ser un depósito de cabecera u otro depósito que mantenga una presión de líquido por gravedad que proporciona la energía impulsora para el flujo que sale de la fuente 2. Se usa una compuerta 3 para restringir el flujo de líquido que sale de la fuente 2 a fin de generar un flujo considerablemente fino con la profundidad y el caudal requeridos.
30 La compuerta 3 puede ser una compuerta de esclusa, una ranura, una válvula o cualquier otro elemento que sea adecuado para reducir o controlar el flujo, lo que incluye cualquier sistema adecuado que tenga una barrera con una o más aberturas. Mantener un fino flujo aumenta la dosis efectiva de radiación ultravioleta suministrada al líquido, ya que la radiación UV se suministra más eficazmente al flujo debido a la menor atenuación por parte de la capa de líquido en comparación con los sistemas tradicionales. Para mantener la capacidad de tratamiento, y puesto que se disminuye la profundidad del sistema con respecto a los sistemas de la técnica anterior en este campo, es necesario crear el fino flujo con una velocidad
35 relativamente alta.

[0022] El canal 4 por el que fluye el líquido está delimitado por una cara inferior y dos caras laterales, lo que deja la cara superior abierta, o al menos no en contacto con el líquido. El diseño de canal abierto también permite la colocación de una o más fuentes de radiación ultravioleta 5 a lo largo de la cara superior abierta del canal. Las fuentes de radiación
40 ultravioleta 5 pueden estar separadas, a cierta distancia del líquido, de tal manera que sea improbable que entren en contacto con él y se ensucien. Es posible que un sistema de este tipo no requiera el escudo de cuarzo necesario en los sistemas de la técnica anterior en este campo, aunque puede ser útil en algunas aplicaciones.

[0023] La compuerta 3 crea una pequeña abertura en forma de ranura entre la compuerta y la base del canal 4. Esto permite que un fino flujo 6 de líquido salga de la fuente 2. Puede comprender un ajuste manual o automático de la altura

- de la ranura. Dependiendo de la aplicación y las propiedades del líquido a tratar, puede resultar beneficioso configurar la compuerta 3 para que funcione con una altura de ranura de menos de 4 mm. Se ha probado una profundidad de unos 2 mm y se ha descubierto que es eficaz para el tratamiento de una serie de efluentes de aguas residuales municipales. Pueden emplearse profundidades más pequeñas, como 1 mm o menos, en casos en los que el líquido a tratar tenga una
- 5 transmisibilidad de luz tan baja que el beneficio del tratamiento al reducir aún más la profundidad justifique el requisito de una mayor presión para expulsar el mismo volumen de líquido a través de un espacio más pequeño (o, para una determinada presión, justifique la reducción del caudal para una determinada unidad de tratamiento). Pueden justificarse unos grosores más grandes, por ejemplo de hasta 6 mm, si se busca un mayor rendimiento y si la transmisibilidad permite alcanzar el objetivo del tratamiento de forma más económica que con 2 mm.
- 10 **[0024]** Se puede crear un flujo de líquido a alta velocidad almacenando el líquido en un depósito tal y como se muestra en la Figura 1 y aprovechando su energía potencial gravitatoria ubicando la compuerta 3 en el fondo del depósito. Este aparato es análogo a la presa de un río. Cuando se abre la compuerta 3, el líquido se descarga a una velocidad relativamente alta. Para maximizar la conversión de la energía potencial gravitatoria del líquido en energía cinética de alta velocidad, preferiblemente la compuerta 3 es una ranura estrecha. La velocidad del fino flujo de líquido de acuerdo con el
- 15 método de la invención reivindicado es superior a 0,8 m/s. Dependiendo de la aplicación del aparato de tratamiento de líquidos y de las propiedades del líquido a tratar, puede ser beneficioso configurar la velocidad para que sea superior a 0,8 m/s, superior a 1 m/s o superior a 2,5 m/s.
- [0025]** Otras realizaciones alternativas de la invención pueden utilizar una bomba u otro dispositivo mecánico para proporcionar la presión necesaria. Independientemente de los medios para generar el flujo de alta velocidad, la compuerta
- 20 3 garantiza que la profundidad se mantenga en un rango de caudales.
- [0026]** Se ha descubierto que para obtener un rendimiento suficiente y garantizar al mismo tiempo un tratamiento adecuado, debe emplearse un flujo supercrítico. Un flujo supercrítico es rápido y poco profundo y se define tal y como se indica a continuación.
- [0027]** El número de Froude de un flujo se define como:

$$Fr = \frac{v^{25}}{\sqrt{yg}}$$

- 30 **[0028]** Donde:
 Fr = número de Froude
 v = velocidad del flujo (m/s)
 y = profundidad del flujo (m)
 g = aceleración debida a la gravedad (m/s²)
- 35 **[0029]** Por definición, Fr debe ser superior a 1 para que un flujo se encuentre en un estado supercrítico. Para un funcionamiento comercialmente competitivo, se ha descubierto que resulta ventajoso hacer funcionar el sistema de tratamiento de manera que el fino flujo tenga un número de Froude superior a 3. Dependiendo de la aplicación para el aparato de tratamiento de líquidos y de las propiedades del líquido a tratar, puede resultar beneficioso configurar el flujo para que tenga un número de Froude superior a 3, superior a 5 o superior a 10.

[0030] Si se desarrolla la ecuación del número de Froude:

$$v = Fr\sqrt{yg}$$

5 [0031] Dado que $Fr > 1$, para una profundidad de flujo específica y , la velocidad del flujo supercrítico debe ser:

$$v > \sqrt{yg}$$

[0032] Dada una profundidad específica para el fino flujo 6, es posible calcular la velocidad de flujo necesaria, y viceversa, en la que prevalecen las condiciones de flujo supercrítico.

[0033] Es probable que en sistemas como este -con un flujo de alta velocidad- el flujo sea turbulento, en vez de un flujo laminar o de transición de menor velocidad. En experimentos en los que se compararon estos últimos con un flujo turbulento, el rendimiento del tratamiento fue superior en el caso del flujo turbulento. No obstante, es probable que cualquier tipo de flujo se trate con una mayor eficiencia usando un flujo fino.

15 [0034] Una vez que el fino flujo 6 atraviesa la compuerta 3, comienza el proceso de tratamiento. Las fuentes de radiación ultravioleta 5 pueden ser múltiples bombillas tubulares de luz ultravioleta con reflectores para dirigir la mayor cantidad posible de radiación hacia el líquido a tratar. Los tubos pueden estar dispuestos transversalmente a la dirección del flujo. Si se dispone de suficientes tubos para garantizar una dosificación suficiente cuando funcionan todos los tubos menos uno (o más, si se necesita una mayor redundancia), la disposición garantiza que el líquido reciba un tratamiento suficiente
20 aunque falle una bombilla, que puede sustituirse mientras continúa el tratamiento. Para obtener la máxima eficiencia, las una o más bombillas redundantes solo pueden encenderse cuando fallen una o más bombillas activas.

[0035] Las Figuras 2 y 3 muestran un sistema con una serie de reflectores parabólicos 8 que rodean a las bombillas individuales de luz ultravioleta 5 (la primera bombilla y el primer reflector se han eliminado de la Figura 3 para que pueda verse la compuerta). La finalidad de estos reflectores 8 es garantizar que se dirige hacia el líquido la máxima cantidad de radiación ultravioleta. También son posibles otras configuraciones de reflectores, como los reflectores planos, pero se ha comprobado que son menos eficaces dirigiendo la radiación ultravioleta. Las fuentes de luz ultravioleta también pueden ser ledes, que pueden configurarse de manera que la radiación se emita básicamente en una dirección, reduciendo así la necesidad de reflectores. En cualquier caso, es preferible que la trayectoria de la luz sea lo más perpendicular posible a la superficie del agua para que penetre en el líquido tanta luz como sea posible sin reflejarse en la superficie del líquido.

25 [0036] Es posible tratar un líquido usando una única fuente de luz ultravioleta. Cuando se colocan en serie múltiples fuentes 5, es posible ajustar la dosis suministrada a un líquido encendiendo o apagando lámparas individuales sin dejar de irradiar el líquido uniformemente. Esto no sería posible en algunos sistemas de la técnica anterior en los que las fuentes de luz ultravioleta están dispuestas en paralelo al flujo, ya que se produciría un tratamiento desigual. Las fuentes de luz ultravioleta 5 pueden estar dispuestas en intervalos regulares o irregulares a lo largo del canal.

35 [0037] Puesto que el flujo en este dispositivo se encuentra en un canal uniforme y la fuente de luz proviene de arriba, la distancia de penetración en el flujo es mucho más uniforme que en la técnica anterior en este campo, donde la luz se irradia desde una fuente de luz tubular hacia un canal o recipiente circular que contiene un conjunto de fuentes de luz similares.

[0038] La realización que se muestra en las Figuras 2 y 3 tiene una entrada de líquido 9 al aparato que está diseñada para que se pueda suministrar al sistema un flujo de presión constante.

40 [0039] Es importante que el canal y todas las superficies que puedan reflejar la luz estén fabricados con un material capaz de reflejar la radiación ultravioleta con gran eficiencia a fin de optimizar la radiación que es absorbida por el líquido. Por ejemplo, esto puede lograrse usando aluminio pulido y otros metales.

[0040] El canal abierto 4 tiene una superficie inferior plana y paredes laterales verticales, lo que permite apilar verticalmente varios módulos para aumentar la capacidad de tratamiento ocupando el mismo espacio que un único dispositivo. En las Figuras 4 y 5 se muestra una disposición apilada (la primera bombilla y el primer reflector se han eliminado de la Figura 5 para que pueda verse la compuerta). Es posible que los canales apilados puedan surtir desde un solo depósito o desde múltiples depósitos. La realización particular que se muestra en las Figuras 4 y 5 tiene una serie de entradas de líquido 9 para que al aparato se le pueda suministrar un flujo de presión constante.

[0041] En lugar de la típica lámina de base metálica, las Figuras 6 y 7 muestran una realización apilada en la que al menos una parte de la base de cada canal 4 está formada por un material que transmite bien la luz ultravioleta, por ejemplo una lámina de cuarzo 10 (la primera bombilla y el primer reflector se han eliminado de la Figura 7 para que pueda verse la compuerta). También pueden ser adecuados otros materiales con una alta transmitancia de luz ultravioleta. En esta configuración, los reflectores parabólicos 8 solo se proporcionan en la capa superior y la luz simplemente pasa hacia arriba y hacia abajo a través de las capas de cuarzo 10 hacia los demás canales. La penetración de la luz desde ambos lados del flujo reduce efectivamente a la mitad la profundidad y aumenta la dosis de luz ultravioleta proporcionada. También es posible proporcionar un sistema con un solo canal que tenga una base de cuarzo con dos conjuntos de bombillas de luz ultravioleta, un conjunto situado por encima del canal y el otro por debajo. Esto también permitiría reducir efectivamente a la mitad la profundidad del líquido tratado debido a la irradiación desde ambos lados. Preferiblemente, los conjuntos de bombillas de luz ultravioleta se proporcionarían con reflectores parabólicos para dirigir la radiación hacia el líquido que se está tratando.

[0042] Las Figuras 8 y 9 muestran un sistema de un solo nivel similar al que se muestra en las Figuras 2 y 3 (los elementos similares se indican con números similares), excepto que se utiliza un depósito de cabecera 11 para proporcionar una fuente de líquido presurizado en lugar de suministrar una fuente de líquido presurizado a la entrada 9 como en la realización que se muestra en las Figuras 2 y 3 (la primera bombilla y el primer reflector se han eliminado de la Figura 9 para que pueda verse la ranura). Siempre que sea posible, esto evita la necesidad de proporcionar una bomba u otros medios para proporcionar una fuente de líquido presurizado.

[0043] En algunos casos, puede ser preferible utilizar un reciclado con múltiples ciclos de tratamiento o múltiples unidades de tratamiento en serie, de manera que la producción de un aparato de tratamiento de líquidos pueda suministrarse a otro aparato de tratamiento de líquidos.

[0044] En comparación con los sistemas de la técnica anterior en este campo, la presente invención es muy simple, barata, fácil de operar, tiene pérdidas de presión relativamente bajas, proporciona un alto rendimiento y ha demostrado ser capaz de proporcionar un tratamiento de eficiencia superior a algunos líquidos, particularmente aquellos con una baja transmisibilidad de luz UV, lo que potencialmente permite un funcionamiento de menor coste. El sistema permite un ajuste independiente de la profundidad del flujo de líquido a tratar y de la velocidad del flujo de líquido para adaptarse a las propiedades particulares del líquido a tratar. El sistema puede funcionar por gravedad o mediante presión de bombeo y puede apilarse verticalmente para reducir su tamaño.

[0045] El sistema es especialmente adecuado para tratar líquidos como aguas residuales domésticas, comerciales, industriales o agrícolas (lo que incluye, entre otras, la horticultura o la acuicultura) tratadas o sin tratar. Otros ejemplos de líquidos adecuados incluyen las aguas pluviales, los zumos y otras bebidas, la leche y otros productos lácteos, las pulpas de alimentos viscosos u otros productos alimenticios, y los productos médicos y nutricionales. La presente invención también es capaz de tratar líquidos sin sobreexposición, ya que su funcionamiento hidráulico tiene un índice de dispersión bajo.

[0046] Si bien la presente invención se ha ilustrado mediante la descripción de sus realizaciones, y a pesar de que las realizaciones se han descrito con detalle, el solicitante no pretende restringir o limitar en modo alguno el alcance de las reivindicaciones anexas a dichos detalles. Los expertos en la materia podrán apreciar fácilmente otras ventajas y modificaciones adicionales. Por lo tanto, en su sentido más amplio la invención no se limita a los detalles específicos, el

aparato representativo y el método, y a los ejemplos ilustrativos que se han mostrado y descrito. Por consiguiente, es posible apartarse de dichos detalles sin apartarse por ello del alcance de la presente invención, que es un método para tratar un líquido o un aparato para tratar un líquido de acuerdo con las reivindicaciones independientes. En las reivindicaciones subordinadas se describen otras realizaciones adicionales de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un método para tratar un líquido, que comprende los siguientes pasos:
 - i. generar un fino flujo (6) del líquido en un flujo supercrítico y que tiene una velocidad superior a 0,8 m/s; y
 - 5 ii. irradiar el fino flujo usando al menos una fuente de radiación (5) externa al fino flujo;
de manera que el fino flujo se dirige a lo largo de un canal (4) y de manera que el canal está delimitado por una cara inferior y dos caras laterales, con una cara superior abierta o una cara superior que no está en contacto con el fino flujo del líquido.
- 10 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, de manera que el fino flujo tiene una velocidad superior a 1 m/s, o superior a 2,5 m/s.
3. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, de manera que el flujo supercrítico tiene un número de Froude superior a 3, o superior a 5, o superior a 10.
- 15 4. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, de manera que el fino flujo tiene una profundidad inferior a 6 mm, o inferior a 4 mm, o inferior a 2 mm, o de aproximadamente 1 mm.
5. Un método para tratar un líquido de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, de manera que el fino
20 flujo se genera limitando el flujo del líquido desde una fuente de líquido.
6. Un método de acuerdo con la reivindicación 5, de manera que el fino flujo se produce mediante una compuerta o ranura (3).
- 25 7. Un método para tratar un líquido de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, de manera que el paso de irradiación del líquido utiliza una o más fuentes de radiación ultravioleta (5).
8. Un método para tratar un líquido de acuerdo con la reivindicación 7, de manera que se usan uno o más reflectores (8)
30 para dirigir la radiación ultravioleta hacia el fino flujo.
9. Un método para tratar un líquido de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, de manera que el líquido es un producto alimenticio, una bebida, aguas residuales, aguas pluviales, un medicamento o un producto nutricional.
10. Un aparato para tratar un líquido (1), que comprende:
 - 35 i. una fuente de líquido (2);
 - ii. un canal (4);
 - iii. una ranura que tiene una altura igual o inferior a 6 mm desde la fuente de líquido hasta el canal abierto, y que está configurada para generar un fino flujo (6) de líquido que incluye un flujo supercrítico a lo largo del canal; y
 - iv. al menos una fuente de radiación (5) externa al fino flujo para irradiar el fino flujo;
 - 40 de manera que el canal está delimitado por una cara inferior y dos caras laterales, con una cara superior abierta o una cara superior que está configurada para no entrar en contacto con el fino flujo de líquido.
11. Un aparato para tratar un líquido de acuerdo con la reivindicación 10, que incluye una o más fuentes de radiación ultravioleta (5).

12. Un aparato para tratar un líquido de acuerdo con la reivindicación 11, de manera que se usan uno o más reflectores (8) para dirigir la radiación ultravioleta hacia el fino flujo.
- 5 13. Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, de manera que al menos una parte de la base del canal está formada por un material que tiene una alta transmitancia de luz ultravioleta y de manera que hay fuentes de luz ultravioleta situadas debajo para irradiar el flujo desde abajo.
- 10 14. Un sistema de tratamiento que incluye múltiples aparatos como los reivindicados en cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13 dispuestos en una disposición apilada.
- 15 15. Un sistema de tratamiento de acuerdo con la reivindicación 14, de manera que al menos una parte de la base de uno o más canales está formada por un material (10) que tiene una alta transmitancia de luz ultravioleta y de manera que al menos algunas de las fuentes de luz ultravioleta están situadas debajo para irradiar el flujo desde abajo.
16. Un sistema de tratamiento de acuerdo con la reivindicación 15, de manera que al menos algunas de las fuentes de luz ultravioleta están dispuestas para irradiar tanto un flujo por encima como un flujo por debajo de las mencionadas fuentes de luz ultravioleta.

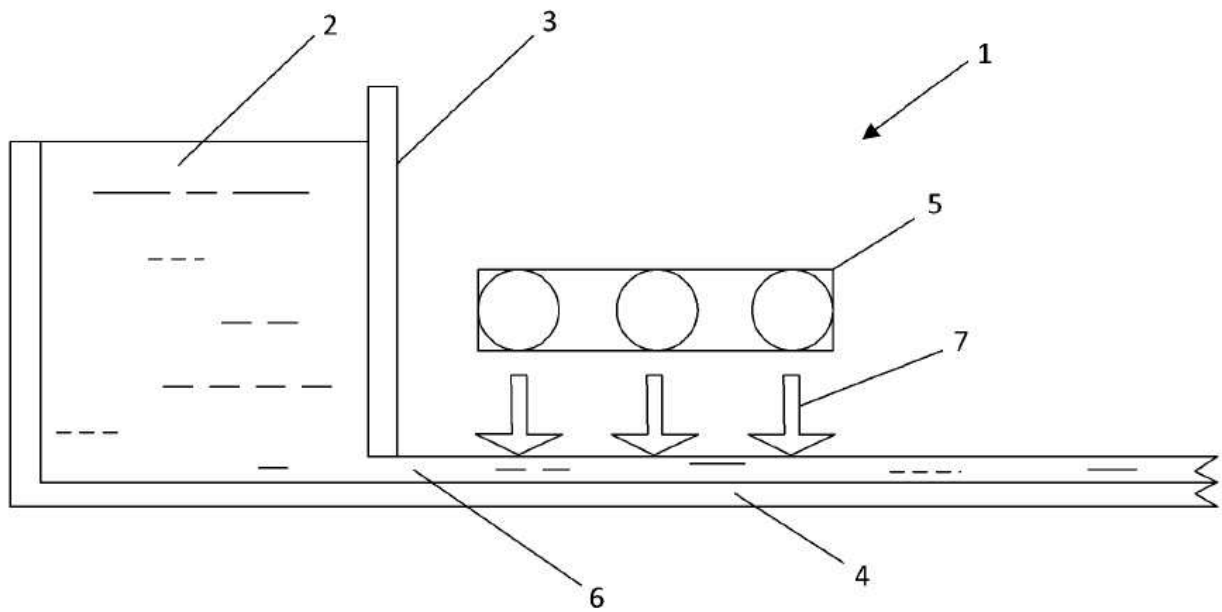


Figura 1

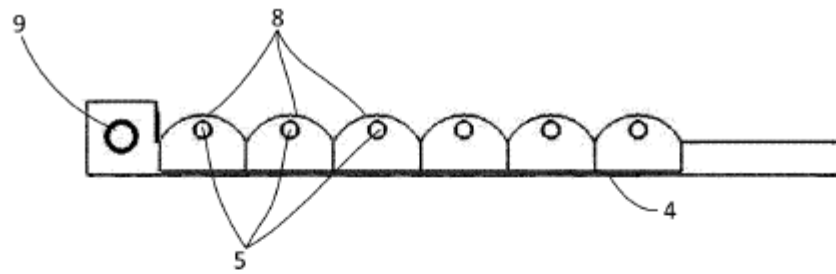


Figura 2

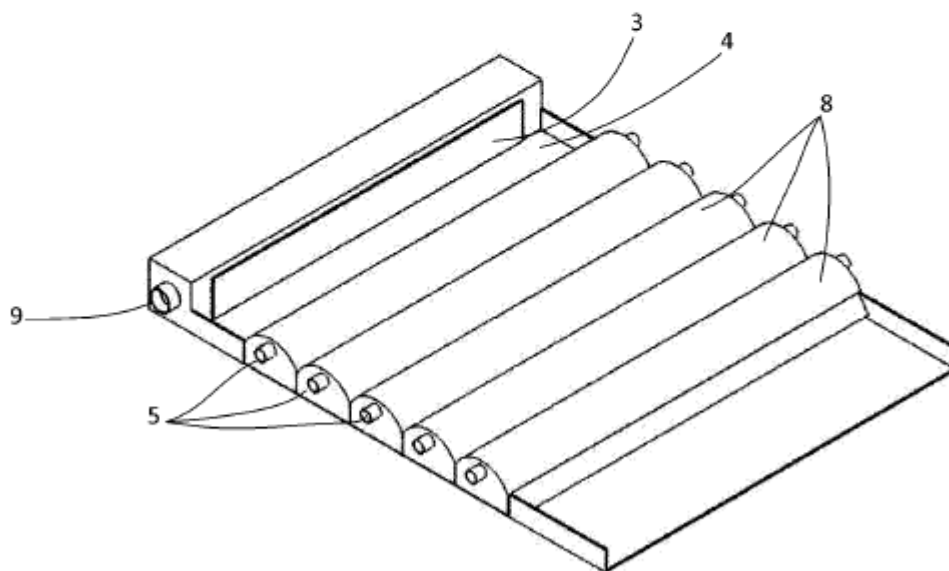


Figura 3

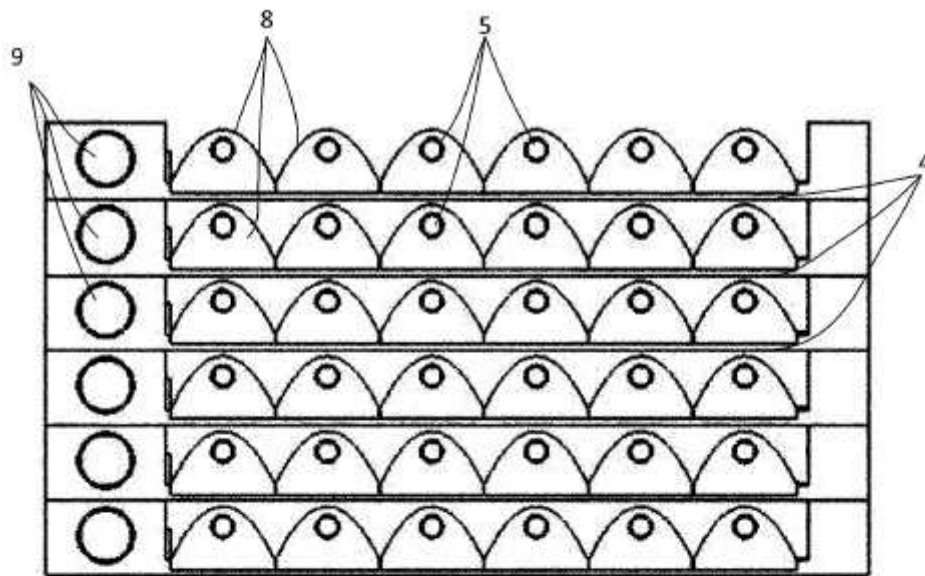


Figura 4

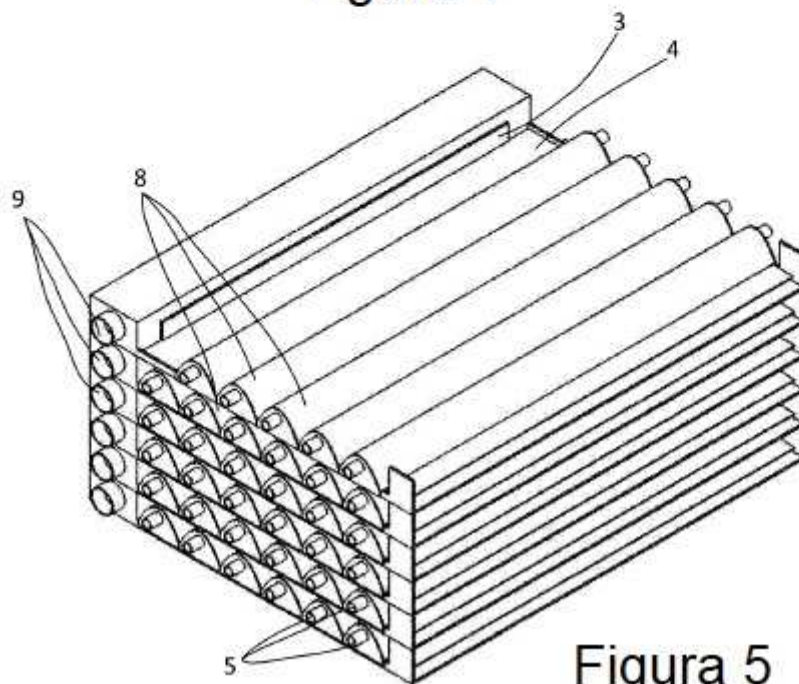


Figura 5

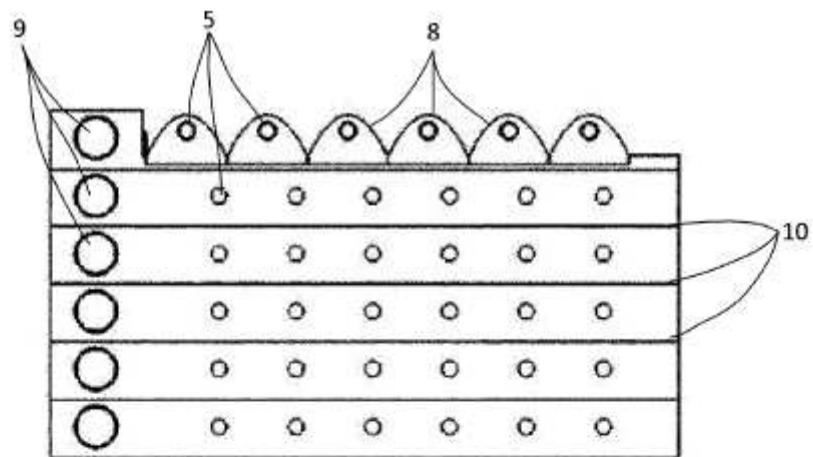


Figura 6

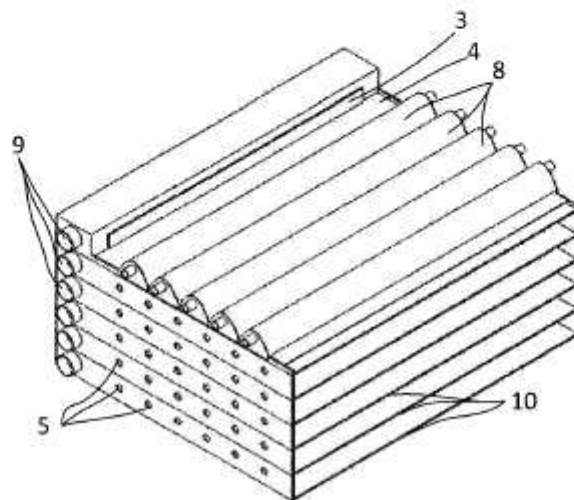


Figura 7

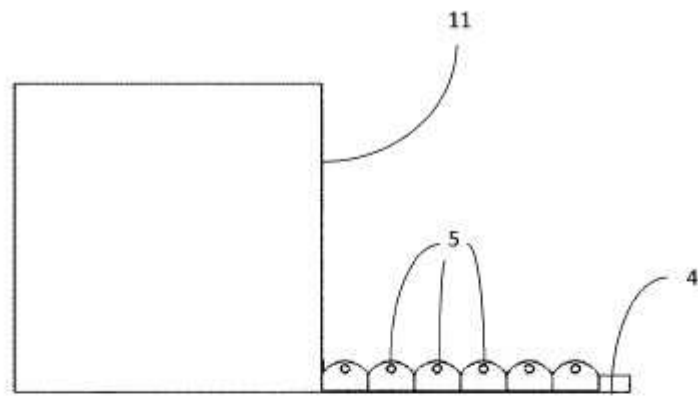


Figura 8

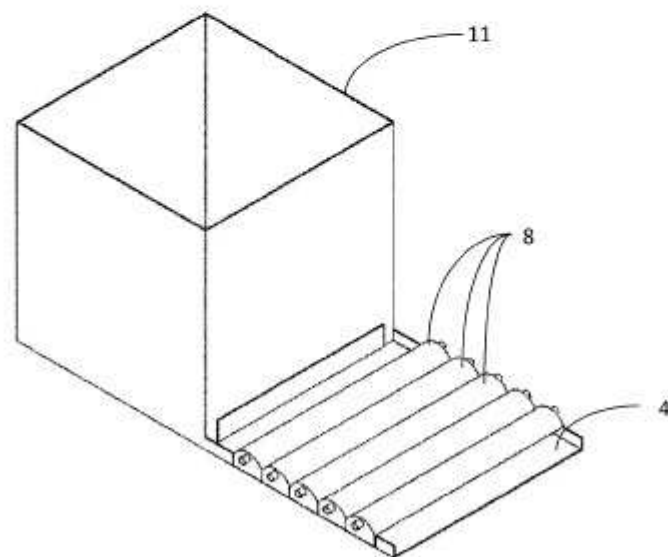


Figura 9