

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 630 231**

51 Int. Cl.:

<b>B01D 21/30</b>	(2006.01) <i>C02F 1/78</i>	(2006.01)
<b>B01D 61/04</b>	(2006.01) <i>C02F 101/20</i>	(2006.01)
<b>C02F 1/00</b>	(2006.01) <i>C02F 103/02</i>	(2006.01)
<b>C02F 1/52</b>	(2006.01) <i>C02F 103/08</i>	(2006.01)
<b>C02F 1/76</b>	(2006.01) <i>C02F 103/10</i>	(2006.01)
<b>C02F 9/02</b>	(2006.01) <i>C02F 5/08</i>	(2006.01)
<b>C02F 1/44</b>	(2006.01)	
<b>C02F 1/50</b>	(2006.01)	
<b>C02F 1/56</b>	(2006.01)	
<b>C02F 1/72</b>	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.09.2011 E 13193275 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.12.2016 EP 2705885**

54 Título: **Sistema para tratar agua usada para procesos industriales**

30 Prioridad:

**30.03.2011 US 201161469537 P**  
**01.08.2011 US 201113136474**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**18.08.2017**

73 Titular/es:

**CRYSTAL LAGOONS (CURAÇAO) B.V. (100.0%)**  
**Kaya W.F.G. (Jombi)**  
**Mensing 14, CW**

72 Inventor/es:

**FISCHMANN, T. FERNANDO**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 630 231 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

Sistema para tratar agua usada para procesos industriales

Campo de la invención

5 La presente invención se relaciona con un aparato de bajo coste para el tratamiento de agua, que puede ser usada en un proceso industrial. El aparato de la invención purifica agua y elimina sólidos suspendidos sin la necesidad de filtrar la totalidad del volumen de agua, sino que filtra solamente una pequeña fracción hasta 200 veces menor que el flujo filtrado por un sistema de tratamiento de agua tradicional.

Antecedentes

10 El agua de alta calidad microbiológica de alta claridad es un recurso escaso que se requiere hoy en día para procesos de muchas industrias. El tratamiento para obtener este tipo de agua implica grandes costes de inversión y operación, y los procesos son complejos y presentan muchos problemas que no han sido solucionados efectivamente hasta hoy. También, los procesos consumen grandes cantidades de energía y químicos, dañando así severamente al medio ambiente. Específicamente, retirar las impurezas que están contenidas en el agua, tales como sólidos suspendidos, metales, algas y bacterias, entre otros, requiere la instalación de caros y complejos sistemas de filtración que permitan filtrar el volumen completo de agua, representando así un gran consumo de energía, grandes requerimientos de químicos y materiales y otros recursos que obstaculizan este proceso.

15 Se requiere agua de alta calidad microbiológica para varios procesos importantes, tales como el pretratamiento del agua para procesos de desalinización por osmosis inversa, para tratamiento de agua usada en acuicultura, para tratar y mantener agua para la industria de agua potable, para tratar residuos industriales líquidos o para la industria de la minería, entre otros. El agua de alta claridad y calidad microbiológica de muy bajo coste de la presente invención puede también usarse en otros procesos industriales que requieren agua de alta calidad fisicoquímica y microbiológica.

Desalinización

25 Existen varias razones para abordar la mejora de los procesos de desalinización actuales, ya que esta industria está creciendo exponencialmente y será muy importante en el futuro. Del total del agua disponible en el mundo, un 97% corresponde a agua de mar. Del restante 3% de agua dulce disponible, 2,1% está congelada en los polos y tan solo 0,9% está disponible para consumo humano, el cual se encuentra en ríos, lagos o como agua subterránea. La disponibilidad limitada de agua dulce para el consumo humano es un problema que se ha incrementado junto con el crecimiento de la población mundial y cambios culturales. Cerca de un 40% de la población mundial ya sufre problemas causados por la falta de acceso a fuentes de agua dulce.

30 Es por esto que hace poco el Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas (UNEP) advirtió que se espera que cerca 3 billones de personas sufrirán de escasez de agua dentro de los próximos 50 años. También, en 1999 la UNEP identificó la escasez de agua junto con el calentamiento global como los mayores problemas para el nuevo milenio. Las fuentes de agua dulce se están consumiendo a una tasa mayor de la que la naturaleza las puede reponer, y también, la polución y explotación de aguas subterráneas y superficiales han llevado a una disminución en la cantidad y/o calidad de los recursos naturales disponibles. La combinación del aumento de la población, la falta de nuevas fuentes de agua dulce y el aumento del consumo per cápita de agua, causa una agravación de tensiones regionales entre países que están localizados cerca de fuentes de agua. Todo lo anterior obliga a encontrar una solución al problema de la disponibilidad de agua, no sólo para satisfacer las demandas futuras de la humanidad, sino que para evitar los conflictos a los que puede conducir la escasez de agua.

35 Convenientemente, el agua de mar es el recurso más abundante en la tierra, una fuente virtualmente inagotable de agua salada que está siempre disponible para usarse. Por lo tanto, para resolver los inmensos problemas asociados con la escasez de agua, la mejor solución es procesar el agua de mar para proveer agua dulce para el consumo general. La vasta disponibilidad de agua de mar contenida en los océanos ha llevado a la investigación y creación de tecnologías para remover las sales presentes en el agua por diversos procesos, para así producir agua dulce. La mejor tecnología disponible en el mundo para alcanzar este objetivo es el proceso de desalinización. Actualmente, cerca de 130 países alrededor del mundo están implementando algún proceso de desalinización, y se espera que la capacidad instalada se duplique en 2015.

Los dos procesos de desalinización más usados son:

50 <sup>△</sup> Utilizar la evaporación del agua, como un proceso de destilación, de tal manera de evaporar solo las moléculas de agua, dejando atrás todas las sales y minerales disueltos. Este proceso es llamado desalinización térmica.

<sup>△</sup> Utilizar membranas especiales, que permiten realizar el proceso de osmosis inversa, separando el agua de las sales a través de la aplicación de presión en una membrana semi-permeable. Este proceso es llamado osmosis inversa.

5 Para decidir qué proceso usar, el consumo de energía es un factor importante a considerar. Se estima que el consumo de energía para producir 1 m<sup>3</sup> de agua usando desalinización térmica está entre 10 y 15 kWh/m<sup>3</sup>, mientras que un proceso que utiliza la tecnología de osmosis inversa usa alrededor de 5 kWh/m<sup>3</sup>. Esto se debe a que la desalinización térmica requiere la evaporación, así que se necesita más energía para el proceso de cambio de fase, haciendo la desalinización térmica un proceso menos eficiente en términos del consumo de energía. Las actuales restricciones requieren mejorar la eficiencia global de los procesos, usando tecnologías que cumplan con los requerimientos medioambientales demandados por la sociedad, a la vez minimizando la huella de carbono y el impacto ambiental.

10 En términos de la evolución de las tecnologías mencionadas, desde el 2005 que la capacidad global instalada para plantas de desalinización por osmosis inversa ha excedido la capacidad instalada de plantas térmicas. La proyección es que para el 2015 la capacidad mundial de desalinización estará distribuida en un 62% en plantas de osmosis inversa y un 38% en plantas de desalinización térmica. De hecho, la capacidad global para producir agua dulce en las plantas de desalinización usando tecnologías de osmosis inversa se ha incrementado por sobre 300% en sólo 6 años.

15 La osmosis inversa es un proceso en que la presión se aplica a un flujo de agua que tiene una alta concentración de sales, a través de una membrana semi-permeable que solo deja pasar moléculas de agua. Debido a esto, el permeado que deja el otro lado de la membrana corresponde a agua de alta calidad microbiológica con bajo contenido en sales. Dentro de la operación de las plantas de desalinización que usan la tecnología de osmosis inversa, existen 2 etapas principales:

- 20
1. Tratamiento de agua
  2. Etapa de desalinización

La segunda etapa, que corresponde al proceso mismo de la osmosis inversa, se ha estudiado extensivamente y se han logrado eficiencias de hasta un 98% (General Electric HERO Systems).

25 La primera etapa del proceso para producir agua dulce usando osmosis inversa corresponde al acondicionamiento del agua salada antes de que alcance la membrana semi-permeable, también llamado pretratamiento del agua. Este paso de pretratamiento presenta grandes problemas relacionados con la calidad del agua necesaria para lograr una operación eficiente de las membranas de osmosis inversa. De hecho, se estima que el 51% de las membranas de osmosis inversa fallan debido a un mal pretratamiento, ya sea por un mal diseño o mala operación, mientras que el 30% falla debido a la dosificación inadecuada de químicos. Los métodos actuales, además de ser ineficientes debido a las altas tasas de fallo, tienen muy altos costes, impulsando así la investigación para encontrar nuevos métodos que resuelvan estos problemas.

30 Los problemas que surgen en las membranas dependen de las características del agua de alimentación, que incrusta los filtros y membranas localizados antes del pretratamiento y también las membranas de osmosis inversa. Estos problemas se reflejan en una menor vida útil y mayor frecuencia de mantenimiento y limpieza de las membranas, llevando a costes mayores en la operación y mantenimiento. Los problemas comunes que surgen debido a un mal pretratamiento del agua se dividen en 2 tipos: daño a las membranas y bloqueo de las membranas.

35 El daño de las membranas de osmosis inversa es causado principalmente por la oxidación e hidrólisis del material de la membrana debido a diversos compuestos en el agua de alimentación. La mayoría de las membranas de osmosis inversa no pueden resistir las concentraciones existentes de cloro residual, que se agrega usualmente en el proceso de desalinización para prevenir el crecimiento biológico. Las membranas son de alto coste, por lo que deben tomarse todas las precauciones posibles para mantener el funcionamiento continuo y lograr el mejor rendimiento posible; por tanto, el agua a menudo debe de-clorarse antes de que pase a través de las membranas. Eventualmente, el pH del agua de alimentación también debe ajustarse para una operación óptima de las membranas. Además, el oxígeno disuelto y otros agentes oxidantes deben retirarse para prevenir el daño a las membranas. Los gases también afectan la operación apropiada de las membranas, de manera que, para una operación óptima, se deben evitar altas concentraciones. Los métodos actuales para regular las concentraciones de gases y agentes oxidantes son muy caros e ineficientes.

40 Por otra parte, el bloqueo de las membranas de osmosis inversa es en gran parte responsable de las grandes ineficiencias que aparecen debido a diversas razones, por ejemplo, se necesita aplicar presiones más altas al agua de alimentación para que pase a través de la membrana, el mantenimiento constante y lavado que debe realizarse causa los mayores tiempos de inactividad, y los altos costes de reemplazo de los insumos usados en el proceso. El bloqueo de las membranas se produce por tres problemas importantes: bioincrustaciones, incrustaciones y ensuciamiento coloidal.

45 La bioincrustación es causado por el crecimiento de colonias de bacterias o algas sobre la superficie de la membrana. Debido a que no puede usarse cloro, existe el riesgo de desarrollar una película de biomasa, previniendo así el paso del abastecimiento de agua y reduciendo la eficiencia del sistema.

Otro problema importante que causa el bloqueo de la membrana es el incrustamiento que finalmente causa su obstrucción. El incrustamiento se refiere a la precipitación de depósitos de sales moderadamente solubles en las

5 membranas. De hecho, bajo ciertas condiciones de operación, los límites de solubilidad de algunos componentes presentes en el agua de alimentación pueden superarse, permitiendo la precipitación. Estos componentes incluyen carbonato de calcio, carbonato de magnesio, sulfato de calcio, sílice, sulfato de bario, sulfato de estroncio y fluoruro de calcio, entre otros. En las unidades de osmosis inversa, la etapa final se somete a la más alta concentración de sales disueltas, y aquí es donde empiezan a aparecer los primeros signos de incrustaciones. La incrustación debido a la precipitación se ve amplificada debido al fenómeno del gradiente de concentración sobre la superficie de las membranas.

10 La obstrucción por partículas o ensuciamiento coloidal ocurre cuando el abastecimiento de agua contiene una gran cantidad de partículas suspendidas y materia coloidal, por lo que requiere un lavado constante para limpiar las membranas. La concentración de las partículas en el agua se puede medir y expresar de distintas maneras. El parámetro más usado es la turbidez, que debe mantenerse en niveles bajos para una operación adecuada. La acumulación de partículas sobre la superficie de la membrana puede afectar de manera adversa al flujo de agua de abastecimiento y las propiedades de rechazo de la membrana de osmosis inversa. El ensuciamiento coloidal es causado por la acumulación de partículas coloidales sobre la superficie de la membrana y la formación de una capa con forma de torta. La disminución en el flujo de permeado se da por una parte por la formación de la capa de torta, y por otra parte, por la alta concentración de sal en la superficie de la membrana causada por la obstrucción de la difusión de iones de sal, causando un aumento en la presión osmótica, lo que reduce la fuerza neta de impulso. El parámetro que debe ser monitorizado para prevenir el ensuciamiento coloidal es el Índice de Densidad del Sedimento (SDI), y los fabricantes de membranas sugieren valores de SDI de hasta 4. El bloqueo de las membranas también puede ocurrir debido al ensuciamiento por materia orgánica natural (NOM, Natural Organic Matter). La materia orgánica natural obstruye la membrana ya sea por: estrechamiento de los poros asociado con la adsorción de materia orgánica natural sobre las paredes de los poros, materia orgánica coloidal que actúa como tapón a la entrada de la abertura de los poros, o formando una capa continua de gel que recubre la superficie de la membrana. Esta capa crea ineficiencias y las obstrucciones de esta capa deben evitarse a toda costa.

25 En la actualidad el pretratamiento de agua antes de entrar al proceso de desalinización generalmente incluye los siguientes pasos:

1. Cloración para reducir la carga orgánica y bacteriológica del agua cruda
2. Filtración por arena para reducir la turbidez
3. Acidificación para reducir el pH y reducir los procesos calcáreos
- 30 4. Inhibición de las escalas de calcio y bario usando antiincrustantes
5. Declaración para remover el cloro residual
6. Filtros de cartucho de partículas requerido por los fabricantes de membranas
7. Microfiltración (MF), Ultrafiltración (UF) and Nano filtración (NF)

35 Entre los pasos de pretratamiento arriba descritos, los costes de las etapas de filtración, ya sea con filtros de arena o etapas de filtración más sofisticados como microfiltración, ultrafiltración o nanofiltración, conduce a altos costes junto a un número de desventajas. En particular, si el pretratamiento es inadecuado, los filtros se obstruyen con materia orgánica, coloides, algas, microorganismos y/o larvas. Además, el requisito de filtrar el volumen total del agua que se va a procesar en la planta para reducir la turbidez y remover las partículas impone severas restricciones en términos de costes de energía, implementación e instalación, como también durante la operación en términos de mantenimiento y reemplazo de los filtros. Además, los sistemas de pretratamiento de hoy en día son muy ineficientes y tienen altos costes debido a los equipos que deben implementarse, y las tareas de operación y mantenimiento continuas son costosas y difíciles de realizar.

45 En resumen, los cada vez más escasos recursos de agua dulce han creado un problema mundial de abastecimiento que ha resultado en el diseño e implementación de diversas tecnologías de desalinización. La desalinización por osmosis inversa es una tecnología prometedora para abordar la escasez cada vez mayor de recursos de agua dulce, y se proyecta que esta tecnología tendrá un crecimiento importante en el futuro. Sin embargo, un medio rentable y eficiente de energía desde el punto de vista energético para el pretratamiento de agua de alimentación implica un problema significativo para las plantas de desalinización de osmosis inversa. Se necesita una tecnología eficiente que opere a bajos costes y sea capaz de producir agua de suficiente calidad para usarse como materia prima en los procesos de desalinización.

#### 50 Industria de acuicultura

La industria de la acuicultura se enfoca en el cultivo de especies acuáticas, plantas y animales, desde donde se obtienen materias primas para industrias de alimentos, químicas y farmacéuticas, entre otras. Las especies acuáticas crecen en agua dulce o agua de mar, donde principalmente peces, moluscos y crustáceos, macroalgas y microalgas son cultivados. Debido al crecimiento de la industrial, al desarrollo de nuevas tecnologías y a las

regulaciones medioambientales impuestas por la comunidad internacional, es que existe una necesidad para minimizar el impacto ambiental de la industria acuícola mientras que al mismo tiempo se mantenga un control adecuado de las condiciones de operación. Para hacer esto, el cultivo de especies acuáticas se ha migrado desde su localización en fuentes de agua naturales in situ a instalaciones construidas específicamente para dichos propósitos.

Aparte del cultivo tradicional de estas especies como materia prima en las industrias de alimentos, farmacéutica y de manufactura en general, las especies acuáticas también son usadas en el sector de energía para generar energía desde fuentes renovables no convencionales, en particular, en la producción de biocombustibles tales como biodiesel a partir de microalgas.

Con respecto a los biocombustibles, debe notarse que la matriz energética global está organizada alrededor de combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón), que proporcionan cerca de un 80% de la energía consumida a nivel global. La biomasa, energía hidroeléctrica y otras fuentes de energía “no convencionales”, tal como energía solar, son fuentes renovables de energía. Dentro de este último grupo, y representando solo un 2,1% de la matriz, se incluye energía eólica, energía solar y biocombustibles, que a su vez incluye biogás, biodiesel y etanol, principalmente.

Ya que las fuentes de energía fósil y nuclear son finitas, la demanda futura podría verse no satisfecha. Por consiguiente, las políticas energéticas de países en desarrollo están considerando la introducción de energías alternativas. Adicionalmente, el abuso de la energía convencional tal como el petróleo y carbón, entre otros, lleva a problemas tal como polución, aumento de los gases invernadero y agotamiento de la capa de ozono. Por lo tanto, la producción de energías alternativas limpias y renovables es una necesidad económica y medioambiental. En algunos países el uso de biocombustibles mezclado con combustibles de petróleo ha forzado la producción masiva y eficiente de biodiesel, que puede obtenerse desde aceite vegetal, grasa animal y algas.

La producción de biodiesel desde algas no requiere uso extensivo de tierra agrícola. Por tanto, no afecta la producción de alimentos a nivel mundial, ya que las algas pueden crecer en espacios reducidos y tienen altas tasas de crecimiento, con tiempos de duplicación de biomasa de 24 horas. Consecuentemente, las algas son una fuente de producción de energía continua e inagotable, y también pueden absorber dióxido de carbono para su crecimiento, que puede ser capturado desde diversas fuentes tales como plantas termoeléctricas.

Los principales sistemas de crecimiento de microalgas corresponde a:

- Lagos: Ya que las algas requieren luz solar, dióxido de carbono y agua, pueden crecer en lagos y estanques abiertos.
- Foto-bioreactores: un foto-bioreactor es un sistema controlado y cerrado que incluye una fuente de luz, que al ser cerrado requiere de la adición de dióxido de carbono, agua y luz.

Con respecto a los lagos, el cultivo de algas en estanques abiertos ha sido ampliamente estudiado. Esta categoría de estanques son cuerpos naturales de agua (lagos, lagunas, estanques, mar) y estanques artificiales o contenedores. Los sistemas más usados son grandes estanques, tanques, estanques circulares y estanques tipo “pista de carrera” poco profundos. Una de las principales ventajas de los estanques abiertos es que son más fáciles de construir y operar que la mayoría de los sistemas cerrados. Sin embargo, las principales restricciones en los estanques naturales abiertos son las pérdidas por evaporación, por lo que se requiere una gran superficie de tierra, polución de los predadores y otros competidores en el estanque, y la ineficiencia de los mecanismos de agitación que resultan en baja productividad de biomasa.

Para este fin fueron creados los estanques tipo “pista de carrera” que operan de manera continua. En estos estanques, las algas, agua y nutrientes son circulados en una especie de pista de carreras, y son mezclados con la ayuda de ruedas de paletas, para resuspender las algas en el agua, de manera que estén en constante movimiento y siempre reciban luz solar. Los estanques son poco profundos debido a la necesidad de las algas por luz, y porque la luz solar alcanza una profundidad limitada.

Los foto bioreactores permiten el cultivo de una especie única de microalgas por un largo período y son ideales para producir grandes cantidades de biomasa de algas. Los foto bioreactores generalmente tienen un diámetro menor o igual a 0,1m, debido a que un rango más amplio prevendría que la luz llegara a zonas más profundas, ya que como la densidad del cultivo es muy alta, de manera de alcanzar un alto rendimiento. Los foto bioreactores requieren enfriamiento durante las horas de luz, y también necesitan controlar la temperatura durante la noche. Por ejemplo, la pérdida de biomasa producida en la noche puede reducirse si se baja la temperatura durante estas horas.

Los procesos de producción de biodiesel dependen del tipo de alga que crece, que será seleccionada basados en el rendimiento y características de adaptación a las condiciones ambientales. La producción de biomasa de microalgas parte en los foto bioreactores, donde el CO<sub>2</sub> generalmente proviene desde una planta de generación eléctrica. Posteriormente, antes de entrar a la fase de crecimiento estacionario, las microalgas son transportadas desde los foto bioreactores a los tanques de mayor volumen, donde continúan desarrollándose y multiplicándose, hasta que se alcanza una densidad máxima de biomasa. Las algas son entonces cosechadas por distintos procesos de

separación, para obtener biomasa de algas, que finalmente se procesa para extraer productos de biodiesel.

Para el cultivo de microalgas, se requiere agua purificada virtualmente estéril, ya que la productividad se ve afectada por la contaminación de otras especies no deseadas de algas o microorganismos. El agua es acondicionada de acuerdo al medio de cultivo específico, también dependiendo de las necesidades del sistema.

5 Los factores clave para controlar la tasa de crecimiento de las algas son:

- Luz: necesaria para el proceso de fotosíntesis
- Temperatura: rango ideal de temperatura para cada tipo de alga
- Medio: la composición del agua es una consideración importante, por ejemplo, salinidad
- pH: usualmente las algas requieren de un pH entre 7 y 9 para obtener una tasa de crecimiento óptima

10 • Cepa: cada alga tiene distintas tasas de crecimiento

- Gases: las algas requieren CO<sub>2</sub> para realizar la fotosíntesis
- Mezcla: evitar la sedimentación de las algas y garantizar una exposición homogénea a la luz
- Fotoperiodo: ciclos de luz y oscuridad

15 Las algas son muy tolerantes a la salinidad, la mayoría de las especies crece mejor con una salinidad que sea levemente inferior a la salinidad que se encuentra en los ambientes naturales de las algas, que se obtiene con la dilución de agua de mar con agua dulce.

#### Industria del agua potable

20 La industria del agua proporciona agua potable a los sectores residenciales, comerciales e industriales de la economía. Para proporcionar agua potable, la industria generalmente inicia sus operaciones con la recolección de agua de alta calidad microbiológica y alta claridad desde fuentes naturales, que se almacena en reservorios para uso futuro. El agua puede almacenarse por largos períodos de tiempo en el reservorio sin usarse. La calidad del agua almacenada por largos períodos de tiempo comienza a deteriorarse a medida que los microorganismos y algas proliferan en el agua, volviéndola inapropiada para consumo humano.

25 Ya que el agua ya no es apropiada para el consumo, debe ser procesada en plantas de tratamiento de agua potable, donde pasa por varias etapas de purificación. En las plantas de purificación se agrega cloro y otros químicos para producir agua de alta calidad. La reacción del cloro con los compuestos orgánicos presentes en el agua puede producir varios subproductos tóxicos o subproductos de la desinfección (DBP). Por ejemplo, en la reacción de cloro con amoníaco se producen cloraminas como subproductos no deseados. La reacción posterior de cloro o cloraminas con materia orgánica producirá trihalometanos, que han sido indicados como compuestos carcinogénicos. También, dependiendo del método de desinfección, se han identificado nuevos DBPs, tales como trihalometanos yodados, haloacetnitrilos, halotrimetanos, haloacetaldehídos y nitrosaminas. Más aun, la exposición de los bañistas a cloro y materia orgánica ha sido mencionada como un factor que contribuye a problemas respiratorios, incluyendo asma.

#### Industrias de aguas residuales

35 Las aguas residuales son tratadas cada día para producir agua limpia para distintos propósitos. Existe la necesidad de tratar las aguas residuales produciendo pequeñas cantidades de lodo y desechos, y también usando menos químicos y energía.

#### Industria minera

40 La minería es una industria muy importante alrededor del mundo, y que colabora de manera importante a la economía de cada nación. Las industrias mineras requieren agua para muchos de sus procesos, un recurso que es limitado y que cada día se vuelve más escaso. Algunas industrias mineras han desarrollado tecnologías para usar agua de mar en la mayor parte de sus procesos, siendo capaces de operar solo con este recurso.

45 Las minas mismas están generalmente localizadas a grandes distancias y altura desde la línea costera, por lo tanto, el agua debe viajar muchos kilómetros para alcanzar las minas. Para el transporte de grandes cantidades de agua, se han construido estaciones de bombeo, junto con tuberías muy largas, con el fin de bombear agua desde el mar a las minas.

50 Las estaciones de bombeo consisten en estructuras que comprenden bombas de gran potencia, que envían el agua de mar recolectada hasta la siguiente estación de bombeo, y así repetidamente. Las estaciones de bombeo también comprenden una estructura contenedora para mantener el agua de mar en caso de cualquier problema que pueda ocurrir en las estaciones de bombeo previas. Estas estructuras contenedoras pueden eventualmente desarrollar diversos problemas que afectan el proceso de bombeo, como bioincrustación de las paredes y superficies internas

de las tuberías. La bioincrustación causa el deterioro de los materiales como también una reducción del área transversal de las tuberías, imponiendo altos costes operacionales y de mantenimiento. También, el agua dentro de las estructuras contenedoras empieza a deteriorarse debido al crecimiento de algas, que interfiere negativamente con los procesos de la estación, y lleva a diversos e importantes problemas como la bioincrustación.

5 Tratamiento de residuos industriales líquidos

Algunas industrias tienen residuos industriales líquidos que puede que no cumplan con requisitos de irrigación, infiltración o descarga impuestos por los gobiernos locales. También, algunas industrias tienen tanques de sedimentación u otros medios contenedores para permitir los procesos naturales que ocurren en el agua, tal como la emisión de gases u otras sustancias que causan características de mal olor o color.

- 10 Como se discutió anteriormente, los métodos y sistemas actuales para el tratamiento de agua para usos industriales tienen altos costes de operación, requieren el uso de grandes cantidades de químicos, son propensos a incrustaciones, producen subproductos no deseados tales como gases y otras sustancias que causan malas propiedades de olor o color, y requieren la filtración del volumen completo de agua. Se desean entonces métodos y sistemas mejorados para tratamiento de agua para uso industrial que sean de bajo coste y más eficientes que los sistemas de tratamiento de agua por filtración convencional.
- 15

Técnica anterior

- La patente JP2011005463A presenta un sistema de control para inyección de coagulantes y floculantes en plantas de purificación de agua. Dicho sistema está basado en el uso de un sensor de turbidez que mide la cantidad y calidad del agua antes de agregar los coagulantes y floculantes. El sistema usa un clasificador que mide el tamaño del floculo después de la sedimentación y clasifica el agua tratada de acuerdo con estas mediciones. De acuerdo con las medidas de turbidez, el sistema de control calcula la tasa de inyección de coagulante y floculante, que son aplicados en instalaciones destinadas a estos fines. Los cálculos de los compuestos dosificados son corregidos de acuerdo con una función que determina un factor de corrección de acuerdo con la turbidez medida antes y después del tratamiento. Después de la sedimentación de las partículas sigue una etapa de filtración que filtra el volumen completo de agua tratada.
- 20
- 25

- Las desventajas de la patente JP2011005463A son que no controla el contenido orgánico o de microorganismos presentes en el agua, ya que el sistema no usa ni comprende el uso de desinfectantes o agentes oxidantes. También, el sistema de JP2011005463A no reduce el contenido de metales en el agua y confía en la medición constante de los parámetros, teniendo así una alta demanda en término de sensores y otros dispositivos de medición. Más aun, la patente JP2011005463A requiere filtrar la totalidad del volumen de agua que es tratada, lo que impone una alta demanda de energía y altos costes de instalación y mantenimiento con respecto al sistema de filtración requerido para tal filtración.
- 30

Resumen

- El aparato construido de acuerdo con los principios de la presente invención purifica agua y remueve sólidos suspendidos, metales, algas, bacterias y otros ítems desde el agua a muy bajo coste, y sin la necesidad de filtrar la totalidad del volumen de agua. Solo una pequeña fracción del volumen total de agua es filtrada, hasta 200 veces menos que el flujo filtrado por sistemas de tratamiento de agua por filtración convencionales. El agua tratada puede ser usada para propósitos industriales tales como como materia prima.
- 35

- En relación con la desalinización por osmosis inversa, la presente invención proporciona un aparato para el pretratamiento y mantenimiento del agua de alimentación que usa menos químicos y consume menos energía que las tecnologías convencionales de pretratamiento.
- 40

- En relación con la industria de acuicultura, el agua producida por la presente invención alcanza las características requeridas para inoculación de algas usando medios de filtración que requieren la filtración de solo una fracción del volumen total del agua. La presente invención proporciona agua de alta calidad microbiológica que se usa para la inoculación de microalgas y otros microorganismos. El uso del agua tratada representa una alta reducción de costos, ya que uno de los principales problemas de esta industria es la preparación del agua para la inoculación. Además, la presente invención permite el tratamiento del agua después de que las algas han crecido y han sido cosechadas. Por lo tanto, el agua puede reusarse creando un método sustentable para la industria acuícola.
- 45

- La presente invención puede usarse para tratar agua que proviene desde instalaciones de tratamiento de agua de desecho a muy bajo coste, removiendo olor y obteniendo agua de alta claridad con bajos niveles de turbidez. Las cantidades de desperdicio y lodo se reducen considerablemente comparados con los tratamientos de aguas residuales convencionales, proporcionando así un método sustentable que es amistoso con el medioambiente.
- 50

Respecto a la industria minera, la presente invención se relaciona con un aparato para tratar agua que previene el bioincrustación en las estaciones de bombeo, reduciendo así los costes de operación y mantenimiento.

El aparato de la invención proporciona un proceso de bajo coste para tratar agua para usar en procesos industriales que, a diferencia de los sistemas de tratamiento de agua por filtración, purifica el agua y elimina los sólidos suspendidos en el agua filtrando una pequeña fracción del volumen total del agua.

El aparato de la invención se describe en la reivindicación 1.

- 5 En el aparato, los medios receptores están generalmente cubiertos con un material que comprende membranas, geomembranas, membranas de geotextil, revestimientos de plástico, hormigón o hormigón recubierto, o una combinación de los mismos. Los medios de coordinación son capaces de recibir información, procesar esa información y activar otros procesos, tales como los medios de aplicación de productos químicos, medios de succión móviles y los medios de filtración. Los medios de aplicación de productos químicos incluyen generalmente inyectores, rociadores, aplicación manual, dispensadores en peso, tuberías o una combinación de los mismos. Los medios de propulsión accionan los medios de succión móviles e incluyen típicamente un sistema de riel, un sistema de cable, un sistema autopropulsado, un sistema propulsado manualmente, un sistema robótico, un sistema guiado desde una distancia, un bote con un motor, un dispositivo flotante con un motor, o una combinación de los mismos. Los medios de filtración incluyen un filtro de cartucho, un filtro de arena, un microfiltro, un ultrafiltro, un nanofiltro o una combinación de los mismos y están conectados generalmente a los medios de succión móviles mediante una línea recolectora que comprende una manguera flexible, una manguera rígida, una tubería o una combinación de los mismos.

Breve descripción de las figuras

- 20 La figura 1 es un diagrama de flujo de un proceso que ilustra el tratamiento de agua de una realización de la invención.

La figura 2 muestra una vista superior de la estructura que contiene agua, tal como una laguna, en una realización de la invención.

Descripción detallada de la invención

Definiciones

- 25 A la luz de la presente divulgación, los siguientes términos o expresiones deben entenderse con los significados descritos a continuación.

Los términos “contenedor” o “medios contenedores” son usados genéricamente aquí para describir cualquier gran cuerpo de agua artificial, incluyendo lagunas artificiales, lagos artificiales, estanques artificiales, piscinas y similares.

- 30 El término “medios de coordinación” se usa genéricamente aquí para describir un sistema automatizado que es capaz de recibir información, procesarla y tomar una decisión de acuerdo con ella. Es un ordenador conectado a sensores.

El término “medios de aplicación de químicos” se usa genéricamente aquí para describir un sistema que aplica químicos al agua.

- 35 El término “medios de succión móvil” se usa genéricamente aquí para describir un dispositivo de succión que es capaz de viajar a lo largo del fondo de la superficie de los medios contenedores y succionar el material sedimentado.

El término “medios de propulsión” se usa genéricamente aquí para describir un dispositivo de propulsión que proporciona movimiento, ya sea empujando o tirando otro dispositivo.

El término “medios de filtración” se usa genéricamente aquí para describir un sistema de filtración, que incluye terminología tal como filtro, colador, separador y similares.

- 40 Como se usa aquí, los tipos generales de agua y sus respectivas concentraciones de Sólidos Totales Disueltos (TDS) (en mg/L) son agua dulce, con  $TDS \leq 1.500$ ; agua salada, con  $1.500 \leq TDS \leq 10.000$ ; y agua de mar, con  $TDS > 10.000$ .

- 45 Como se usa aquí, el término “agua de alta calidad microbiológica” comprende un conteo preferente de bacterias aeróbicas de menos de 200 CFU/ml, más preferentemente de menos de 100 CFU/ml, y más preferentemente de menos de 50 CFU/ml.

Como se usa aquí, el término “alta claridad” comprende un nivel de turbidez preferente de menos de 10 Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU), más preferentemente de menos de 7 NTU, y lo más preferentemente de menos de 5 NTU.

- 50 Como se usa aquí, el término “bajos niveles de ensuciamiento” comprende un índice SDI preferente de menos de 6, más preferentemente de menos de 5, y lo más preferentemente de menos de 4.

Como se usa aquí, el término “pequeña fracción” que corresponde al volumen de agua filtrada comprende un flujo de hasta 200 veces menor que el flujo filtrado en sistemas de tratamiento de agua por filtración tradicionalmente configurados.

5 Como se usa aquí, el término “sistemas de tratamiento de agua por filtración tradicional” o “sistemas de tratamiento de agua por filtración convencional” comprende un sistema de filtración que filtra el volumen completo de agua que debe tratarse, desde 1 a 6 veces por día.

#### Modos de realización de la invención

10 La presente invención se relaciona con un aparato para tratar agua a bajo coste. El método de la invención purifica el agua y elimina los sólidos suspendidos del agua sin la necesidad de filtrar la totalidad del volumen de agua. La presente invención filtra solo una pequeña fracción del volumen total de agua, correspondiente a un flujo hasta 200 veces menor que para métodos de tratamiento de agua por filtración tradicionales. El agua tratada producida por el aparato de la invención es usada para fines industriales, tal como materia prima en propósitos industriales.

15 El agua tratada por un aparato de la invención puede ser agua dulce, agua salobre, o agua de mar. El aparato incluye medios de coordinación que permiten la activación oportuna de los procesos requeridos para ajustar los parámetros controlados dentro de los límites especificados por el operador. La presente invención usa mucho menos químicos que los sistemas de tratamiento de agua tradicionales, ya que aplica los químicos de acuerdo con las necesidades del sistema usando un algoritmo que depende de la temperatura del agua, evitando así tener que mantener concentraciones permanentes de químicos en el agua, que resultan en altos costes operacionales.

20 Un aparato de la invención incluye al menos un medio contenedor, al menos un medio de coordinación, al menos un medio de aplicación de químicos, al menos un medio de succión móvil, y al menos un medio de filtración. La Figura 1 ilustra una realización de un sistema que forma parte de la invención. El sistema incluye medios contenedores (8). El tamaño de los medios contenedores es de al menos 15.000 m<sup>3</sup>, o alternativamente, al menos 50.000 m<sup>3</sup>. Se contempla que el contenedor o medios contenedores pueden tener un volumen de 1 millón de m<sup>3</sup>, 50 millones de m<sup>3</sup>, 500 millones de m<sup>3</sup>, o más.

25 Los medios contenedores (8) tienen un fondo capaz de recibir bacterias, algas, sólidos suspendidos, metales, y otras partículas que sedimentan desde el agua. En una realización, los medios contenedores (8) incluyen un medio receptor (17) para recibir las partículas sedimentadas o materiales desde el agua que se está tratando. Un medio receptor (17) está fijo al fondo del medio contenedor (8) y está preferentemente construido de un material no poroso capaz de ser limpiado. El fondo de los medios contenedores (8) está generalmente cubierto por un material no poroso que permite al medio de succión móvil (5) viajar a lo largo de toda la superficie inferior del medio contenedor (8) y succionar las partículas sedimentadas producidas por cualquiera de los procesos aquí divulgados. Los materiales no porosos pueden ser membranas, geomembranas, membranas geotextiles, revestimientos plásticos, concreto, concreto recubierto, o combinaciones de los mismos. En una realización preferente de la invención, el fondo del medio contenedor (8) está cubierto con revestimientos plásticos.

30 Los medios contenedores (8) pueden incluir una línea de entrada (7) para alimentar agua al medio contenedor (8). La línea de entrada (7) permite el rellenado de los medios contenedores (8) debido a la evaporación, debido al consumo de agua en procesos industriales y otras pérdidas de agua.

35 El aparato incluye al menos un medio de coordinación (1) que puede controlar los procesos necesarios dependiendo de las necesidades del sistema (por ejemplo, calidad o pureza del agua). Tales procesos pueden incluir la activación (13) de un medio de aplicación de químicos (4) y la activación (11) de un medio de succión móvil (5). Los medios de coordinación (1) pueden variar el flujo de agua tratada al proceso industrial (2) basado en la información (12) tal como salida o tasa de producción. Los medios de control también pueden recibir información (9) acerca de la línea de entrada (7), como también recibir información (10) acerca de la calidad del agua y espesor del material sedimentado al fondo del medio contenedor (8).

40 Los medios de coordinación (1) permiten la adición de químicos a los medios contenedores (8) solo cuando en realidad se necesita, evitando la necesidad de mantener una concentración permanente en el agua aplicando un algoritmo que depende de la temperatura del agua. Por tanto, puede existir una reducción considerable en la cantidad de químicos usados, de hasta 100 veces, comparado a los protocolos convencionales de tratamiento de agua, lo que disminuye los costes de operación. Los medios de coordinación (1) reciben información (10) respecto de los parámetros de calidad de agua que son controlados, y pueden activar oportunamente los procesos necesarios para ajustar dichos parámetros de calidad dentro de sus respectivos límites. La información (10) recibida por los medios de coordinación (1) puede obtenerse por inspección visual, métodos empíricos, algoritmos basados en experiencia, por detectores electrónicos, o combinaciones de los mismos.

45 Los medios de coordinación (1) comprenden dispositivos electrónicos, cualquier medio capaz de recibir información, procesar esa información y activar otros procesos, y esto incluye combinaciones de ellos. Los medios de control es un dispositivo computacional, tal como un ordenador personal. Los medios de coordinación (1) pueden también incluir sensores utilizados para recibir la información (10) respecto a los parámetros de calidad del agua.

Los medios de aplicación de químicos (4) son activados por los medios de coordinación (1) y aplican o dispensan químicos (14) al agua. Los medios de aplicación de químicos (4) pueden incluir, pero no están limitados a, inyectores, aspersores, aplicación manual, dispensadores por peso, tuberías, y combinaciones de ellos.

5 Los medios de succión móvil (5) se mueven a lo largo del fondo de los medios contenedores (8), succionando agua que contiene partículas sedimentadas y materiales producidos por cualquiera de los procesos aquí divulgados. Un medio de propulsión (6) se acopla al medio de succión móvil (5) permitiendo que el medio de succión móvil (5) viaje a lo largo del fondo del medio contenedor (8). Los medios de propulsión (6) impulsan al medio de succión móvil (5) usando un sistema seleccionado desde un sistema de rieles, un sistema de cable, un sistema auto-propulsado, un sistema propulsado manualmente, un sistema robótico, un sistema guiado a distancia, un bote con un motor o un dispositivo flotante con un motor, o combinaciones de los mismos. En una realización preferente de la invención, los medios de propulsión son un bote con un motor.

El agua succionada por los medios de succión móvil (5) es enviada a los medios de filtración (3).

15 Los medios de filtración (3) reciben el flujo de agua succionada por los medios de succión móvil (5) y filtran el agua succionada que contiene partículas y materiales sedimentados, eliminando así la necesidad de filtrar la totalidad del volumen de agua (por ejemplo, filtrando solo una pequeña fracción). Los medios de filtración (3) incluyen, pero no están limitados a, filtros de cartucho, filtros de arena, micro-filtros, nano-filtros, ultra-filtros, y combinaciones de ellos. El agua succionada puede enviarse a los medios de filtración (3) por una línea de recolección (15) conectada al medio de succión móvil (5). La línea de recolección (15) puede seleccionarse desde mangueras flexibles, mangueras rígidas, tuberías de cualquier material, y combinaciones de los mismos. El sistema puede incluir una línea de retorno (16) desde los medios de filtración (3) de vuelta al medio contenedor (8) para retornar el agua filtrada.

El sistema incluye una línea de salida de agua (18) que proporciona agua tratada desde los medios contenedores (8) al proceso industrial (2). Los procesos industriales incluyen, osmosis inversa, desalinización, cultivo de algas, un proceso acuícola, un proceso minero, y combinaciones de ellos.

25 Los límites de parámetros predeterminados dependen de los requerimientos del proceso industrial (2). El proceso industrial (2) puede a la vez modificar los límites (12) con el fin de ajustarlos a sus procesos.

30 La Figura 2 muestra una vista superior de una parte del aparato de la invención. Los medios contenedores (8) pueden incluir un sistema de alimentación por tuberías (7) que permite rellenar los medios contenedores (8) debido a la evaporación, consumo de agua en un proceso industrial, y otras pérdidas de agua desde los medios contenedores (8). Los medios contenedores (8) pueden además incluir inyectores (19) dispuestos a lo largo del perímetro de los medios contenedores (8) para aplicar o dispensar químicos al agua. Los medios contenedores (8) pueden además incluir espumaderas (20) para eliminar aceites y partículas superficiales.

El aparato de la invención se describe en la reivindicación 1.

35 Esta misma parte del aparato permite la eliminación de otros compuestos que son susceptibles de sedimentar por la adición de un agente químico, ya que el dispositivo móvil de succión (5) succionará todas las partículas sedimentadas desde el fondo de los medios contenedores (8).

40 Un método llevado a cabo usando el aparato de la invención para tratar agua puede realizarse a bajos costes comparado a los sistemas de tratamiento de agua tradicionales, ya que la presente invención usa menos químicos y consume menos energía que los sistemas de tratamiento de agua tradicionales. En un aspecto, el presente método usa significativamente menos químicos comparado a los sistemas de tratamiento de agua tradicionales ya que aplica un algoritmo que mantiene un ORP de al menos 500 mV por un cierto período de tiempo dependiendo de la temperatura del agua, lo que mantiene el agua con una alta calidad microbiológica de acuerdo con las necesidades del proceso en el que el agua será usada. El presente método se lleva a cabo en un sistema como se describe aquí que incluye un medio de coordinación (1). Los medios de coordinación determinan cuando aplicar los químicos al agua con el fin de ajustar los parámetros controlados dentro de sus límites, basado en la información recibida del sistema. Ya que se usan medios de coordinación, los químicos son aplicados solo cuando son necesarios, evitando la necesidad de mantener una concentración permanente de químicos en el agua. Por tanto, existe una reducción considerable en la cantidad de químicos, de hasta 100 veces menos que en los sistemas de tratamiento de agua tradicionales, lo que disminuye los costes de operación y mantenimiento.

50 El aparato de la invención filtra solo una pequeña fracción del volumen total del agua dentro de un período particular comparado con los sistemas de tratamiento de agua por filtración convencionales que filtran un volumen mucho mayor de agua en el mismo período de tiempo. En una realización, la pequeña fracción del volumen total de agua es hasta 200 veces menor que el flujo procesado en los sistemas centralizados de filtración configurados tradicionalmente, que filtran la totalidad del volumen de agua dentro del mismo período de tiempo. Los medios de filtración en el aparato de la invención operan durante cortos períodos de tiempo debido a las órdenes recibidas desde los medios de coordinación, así los medios de filtración tienen una capacidad muy pequeña, y hasta 50 veces menores costes de capital y consumo de energía comparado con las unidades centralizadas de filtración requeridas en el procesamiento de agua con los métodos tradicionales.

## ES 2 630 231 T3

- El aparato de la invención permite el tratamiento de agua a bajo coste. El aparato remueve metales, bacterias, algas, y similares desde el agua y proporcionan agua tratada con bajos niveles de ensuciamiento, medido como el índice de Densidad del Sedimento (SDI). Por tanto, el aparato provee agua de alta calidad microbiológica y claridad que es usada para propósitos industriales. El aparato de la invención trata agua que será usada como materias primas en procesos industriales.
- 5
- Un método llevado a cabo usando el aparato de la invención puede incluir incluye las siguientes etapas:
- a. Recolectar agua (7) con una concentración de sólidos disueltos totales (TDS) de hasta 60.000 ppm;
- b. Almacenar dicha agua en al menos un medio (8) contenedor, donde dicho medio contenedor tiene un fondo (17) capaz de ser limpiado exhaustivamente por un medio de succión móvil;
- 10 c. Dentro de periodos de 7 días:
- i. Para temperaturas de agua de hasta 35 grados Celsius, manteniendo dicho ORP de agua de al menos 500 mV durante un periodo mínimo de 1 hora por cada grado Celsius de temperatura del agua, adicionando agentes desinfectantes al agua;
- 15 ii. Para temperaturas del agua superiores a 35 grados Celsius y hasta 69 grados Celsius, manteniendo dicho ORP de agua de al menos 500 mV durante un período mínimo de horas adicionando agentes desinfectantes al agua, en donde el período mínimo de horas se calcula mediante la siguiente ecuación:  $[35 \text{ horas}] - [\text{Temperatura del agua En grados Celsius} - 35] = \text{período mínimo de horas}$ ; y
- iii. Para temperaturas de agua de 70 grados Celsius o más, manteniendo dicho ORP de agua de al menos 500 mV durante un periodo mínimo de 1 hora.
- 20 d. Activar los siguientes procesos a través de un medio de coordinación (1), donde los procesos eliminan los sólidos en suspensión filtrando solamente una pequeña fracción del volumen total de agua, reemplazando así los tratamientos convencionales de agua que filtran la totalidad del volumen de agua:
- i. Aplicar agentes oxidantes para evitar que las concentraciones de hierro y manganeso excedan 1 ppm;
- ii. Aplicar coagulantes, floculantes o una mezcla de ellos para evitar que la turbidez supere 5 NTU;
- 25 iii. Succionar el flujo de agua que contiene las partículas asentadas, producidas por los procesos anteriores, con un medio de succión móvil (5) para evitar que el espesor del material asentado exceda 100 mm en promedio;
- iv. Filtrar el flujo succionado por los medios móviles de succión (5), con al menos un medio de filtración (3); y
- v. Devolver el agua filtrada a dicho al menos un medio contenedor (8);
- e. Utilizar dicha agua tratada en un proceso aguas abajo.
- 30 El agua tratada por el método puede ser provista desde una fuente natural de agua, tal como océanos, aguas subterráneas, lagos, ríos, agua tratada, o combinaciones de los mismos.
- Los agentes desinfectantes pueden ser aplicados al agua por medios de aplicación de químicos (4), con el fin de mantener un nivel de ORP de al menos 500 mV por un período mínimo de tiempo de acuerdo con la temperatura del agua, dentro de períodos de 7 días a la vez. Los agentes desinfectantes incluyen, pero no están limitados a, ozono, productos biguanida, agentes alguicidas y antibacterianos tales como productos de cobre; sales de hierro; alcoholes; cloro y compuestos clorados; peróxidos, compuestos fenólicos; yodóforos; aminas cuaternarias (poliquats) en general, tal como cloruro de benzalconio y S-triazina; ácido peracético; compuestos basados en halógenos; compuestos basados en bromo; y combinaciones de ellos.
- 35 Si la temperatura del agua es de hasta 35 grados Celsius, un nivel de ORP de al menos 500 mV se mantiene por un período mínimo de 1 hora por cada grado Celsius de temperatura del agua. Por ejemplo, si la temperatura del agua es de 25 grados Celsius, se mantiene un nivel de ORP de al menos 500 mV por un período mínimo de 25 horas, que se pueden distribuir a lo largo de un período de 7 días.
- 40 Si la temperatura del agua es mayor a 35 grados Celsius y hasta 69 grados Celsius, un nivel de ORP de al menos 500 mV se mantiene por un período mínimo de horas que se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:
- 45  $[35 \text{ horas}] - [\text{Temperatura del agua en grados Celsius} - 35] = \text{período mínimo de horas}$
- Por ejemplo, si la temperatura del agua es de 50 grados Celsius, se mantiene un nivel de ORP de al menos 500 mV por un período mínimo de 20 horas ( $[35] - [50 - 35]$ ), que se pueden distribuir a lo largo del período de 7 días.

Finalmente, si la temperatura del agua es de 70 grados Celsius o más, un nivel de ORP de al menos 500 mV se mantiene por un período mínimo de 1 hora.

5 Los agentes oxidantes se aplican o dispersan en el agua para mantener y/o prevenir que las concentraciones de hierro y manganeso superen 1 ppm. Los agentes oxidantes apropiados incluyen, pero no se limitan a, sales de permanganato; peróxidos; ozono; persulfato de sodio; persulfato de potasio; oxidantes producidos por métodos electrolíticos, compuestos basados en halógenos y combinaciones de ellos. Generalmente, los agentes oxidantes son aplicados o dispersados en el agua por los medios de aplicación de químicos (4).

10 Un agente floculante o coagulante puede aplicarse o dispersarse en el agua para agregar, aglomerar, coalescer y/o coagular partículas sospechosas en el agua, que luego se sedimentan al fondo de los medios contenedores (8). Generalmente, los agentes floculantes o coagulantes son aplicados o dispersados en el agua por los medios de aplicación de químicos (4). Los agentes floculantes o coagulantes apropiados incluyen, pero no están limitados a, polímeros tales como polímeros catiónicos y polímeros aniónicos; sales de aluminio, tal como clorhidrato de aluminio, alumbre y sulfato de aluminio; aminos cuaternarios, quats y poli-quats; óxido de calcio; hidróxido de calcio; sulfato ferroso; cloruro férrico; poliacrilamida; aluminato de sodio; silicato de sodio; productos naturales, tal como quitosano, gelatina, goma guar, alginatos, semillas de moringa; derivados de almidón; y combinaciones de ellos. La fracción del agua en que se recolectan o sedimentan los flóculos es generalmente la capa de agua a lo largo del fondo del contenedor. Los flóculos forman un sedimento al fondo de los medios contenedores (8) que se pueden eliminar por los medios de succión móvil (5) sin requerir que toda el agua en los medios contenedores (8) sea filtrada, por ejemplo, solo se filtra una pequeña fracción.

20 Los medios de aplicación de químicos (4) y los medios de succión móvil (5) en el aparato de la invención son activados oportunamente por los medios de coordinación (1), con el fin de ajustar los parámetros controlados dentro de sus límites. Los medios de aplicación de químicos (4) y medios de succión móvil (5) son activados de acuerdo con las necesidades del sistema, lo que permite la aplicación de significativamente menos químicos comparado a los sistemas de tratamiento de agua convencionales, y por la filtración de una pequeña fracción del volumen total de agua, hasta 200 veces menor, comparado a los sistemas de tratamiento de agua por filtración convencionales que filtran la totalidad del volumen de agua dentro del mismo período de tiempo.

En el aparato aquí divulgado, los medios de coordinación (1) reciben información (10) respecto de los parámetros de calidad del agua dentro de sus límites respectivos.

30 Los medios de coordinación (1) son también capaces de recibir información, procesar esa información, y activar los procesos requeridos de acuerdo con esa información, incluyendo combinaciones de ellos. El medio de coordinación es un dispositivo computacional, tal como un ordenador personal, conectado a sensores que permiten medir los parámetros y activar los procesos de acuerdo con dicha información.

35 Los medios de coordinación (1) proporcionan información (13) a los medios de aplicación de químicos (4) acerca de la dosificación y adición de los químicos apropiados e instrucciones para activar los medios de aplicación de químicos (4) para mantener los parámetros controlados dentro de sus límites. Los medios de coordinación (1) también proporcionan información (11) para activar los medios de succión móvil (5). Los medios de coordinación simultáneamente activan los medios de filtración (3) con el fin de filtrar el flujo succionado por los medios de succión móvil (5), filtrando solo una pequeña fracción del volumen completo de agua. Los medios de succión móvil (5) son activados (11) por los medios de coordinación (1) para evitar que el espesor del material sedimentado exceda 100 mm. Cuando el aparato es usado para producir agua para propósitos de desalinización, los medios de succión móvil (5) son activados por los medios de coordinación (1) para evitar que el espesor del material sedimentado exceda 10 mm. Los medios de filtración (3) y medios de succión móvil (5) operan solo cuando es necesario para mantener los parámetros del agua dentro de sus límites, por ejemplo, solo unas pocas horas por día, en contraposición a los sistemas de filtración convencionales que operan sustancialmente de manera continua.

45 Los medios de coordinación también pueden recibir información sobre el agua recolectada (9). Cuando la concentración de TDS es menor o igual a 10.000 ppm, el Índice de Saturación de Langelier debiese ser menor que 3. Para la presente invención, el índice de Saturación de Langelier puede mantenerse bajo 2 ajustando el pH, adicionando antiincrustantes, o por procesos de ablandamiento de agua. Cuando la concentración de TDS es mayor que 10.000 ppm, el índice de saturación de Stiff & Davis del agua debiese ser menor que 3. Para la presente invención, el índice de Saturación de Stiff & Davis también puede mantenerse bajo 2 ajustando el pH, agregando antiincrustantes o por procesos de ablandamiento de agua. Los antiincrustantes que pueden usarse para mantener el índice de Saturación de Langelier o el índice de Saturación de Stiff & Davis incluyen, pero no están limitados a, compuestos basados en fosfonato, tales como ácido fosfónico, PBTC (ácido fosfobutan tricarbóxico), cromatos, polifosfatos de zinc, nitritos, silicatos, sustancias orgánicas, soda cáustica, polímeros basados en ácido málico, poliacrilato de sodio, sales de sodio de ácido etilen diamina tetracético, inhibidores de la corrosión tales como benzotriazol, y combinaciones de ellos.

Un método llevado a cabo en un aparato de la invención puede incluir opcionalmente un paso de dechloración. Tal paso de dechloración es deseable si se detecta en el agua una cantidad residual de cloro que puede interferir con el proceso industrial. La dechloración puede llevarse a cabo agregando químicos que incluyen, pero no están limitados

a, agentes reductores tal como bisulfito de sodio o metabisulfito de sodio, usando un filtro de carbón activado, o una combinación de ellos.

**Ejemplos**

**Ejemplo 1**

5 El aparato de la presente invención puede usarse como etapa de pretratamiento para procesos de desalinización de agua de mar por osmosis inversa.

El agua de mar del océano, que tiene una concentración de sólidos disueltos totales de aproximadamente 35.000 ppm, se recolectó en un medio contenedor de acuerdo con la presente invención. El contenedor tenía un volumen aproximado de 45 millones de m<sup>3</sup>, con un área de 22.000 m<sup>2</sup>.

10 La temperatura del agua en el medio contenedor fue medida en Abril y tuvo una temperatura de alrededor de 18°C. Como aquí se describe, si la temperatura es de 35°C o menos, entonces un nivel de ORP de al menos 500 mV se mantiene por un período mínimo de 1 hora por cada °C de temperatura del agua. Utilizando este algoritmo, se mantuvo un ORP de al menos 500 mV por (18x1) 18 horas durante la semana. La distribución fue de 9 horas el Lunes y 9 horas el Jueves, que completan las 18 horas totales. Para mantener el ORP por un período de 9 horas, se agregó hipoclorito de sodio al agua con el fin de mantener una concentración de 0,16 ppm en el agua.

15 No fue necesario realizar un proceso de oxidación adicional para ajustar los niveles de hierro y manganeso ya que el hipoclorito de sodio tiene un potencial rédox suficiente para oxidar el hierro y manganeso. Se inyectó Crystal Clear®, un floculante, como un floculante antes de que la turbidez alcanzara un valor de 5 NTU, en concentraciones de 0,08 ppm cada 24 horas.

20 Después de permitir que sedimentaran las bacterias, metales, algas y otros sólidos, se activó un medio de succión móvil antes de que el espesor de la capa de material sedimentado alcanzara los 10 mm. El material sedimentado, que era el producto de los procesos de método, fue succionado por los medios de succión móvil que se mueven a lo largo del fondo del contenedor. El agua succionada que contenía las partículas sedimentadas fue entonces bombeada a un filtro a través de una manguera flexible, donde fue filtrada a una tasa de 21 L/segundo.

25 Después del tratamiento, el agua tenía un pH de 7,96, una turbidez de 0,2 NTU, un índice de densidad del Sedimento (SDI) de 4, una concentración de hierro menor a 0,04 ppm y una concentración de manganeso menor a 0,01 ppm.

30 El pretratamiento del agua para los procesos de desalinización de agua de mar por osmosis inversa es importante ya que los procesos de desalinización de osmosis inversa requieren agua de alta calidad para evitar la obstrucción y ensuciamiento de las membranas. La columna 2 de la Tabla 1 más abajo muestra los parámetros de calidad del agua requeridos por los fabricantes de membranas. La columna 3 en la Tabla 1 muestra los valores del agua tratada obtenido con el método y demuestra que los valores de cada parámetro están en el rango requerido por los fabricantes de membranas.

Tabla 1

Parámetros	Valor requerido por los fabricantes de membranas	Valor obtenido usando la presente invención
SDI	<4	3,8
Turbidez (NTU)	<1	0,2
TDS (mg/L)	Variable	35.000
pH	~ 8	7,96
Hierro (mg/L)	<0,05	0,04
Manganeso (mg/L)	<0,05	<0,01

35 La cantidad de químicos aplicados de acuerdo con la invención para proporcionar el agua tratada fue significativamente menor que las tecnologías de pretratamiento convencionales. Los requerimientos de energía también fueron menores comparados con las tecnologías de pretratamiento convencionales, ya que la presente invención solo filtra una pequeña cantidad del volumen total de agua dentro de un período de tiempo determinado y no requiere microfiltración, ultrafiltración o nanofiltración, que tienen requerimientos de consumo de energía muy altos.

**Ejemplo 2**

El aparato de la presente invención puede ser usado para tratar agua para usarse en la industria acuícola, incluyendo su uso como acondicionamiento de agua para la inoculación de microalgas.

- 5 Un tanque de 1 hectárea de superficie y una profundidad de 1,5 metros es usado como medio contenedor para el agua. El agua es primero tratada en el tanque y luego se envía a los estanques de tipo "pista de carrera" donde comienza el cultivo de las microalgas.

**Ejemplo 3**

- 10 El aparato de la presente invención puede usarse para tratar y mantener agua en estaciones de bombeo usada para propósitos mineros. Un tanque regulador en una estación de bombeo contiene agua de mar en caso de que las tuberías o los sistemas de bombeo se dañen o experimenten otros problemas. El agua almacenada dentro del tanque empieza a deteriorarse después de un período de tiempo y empiezan a crecer microalgas y otros microorganismos en el tanque creando bioincrustaciones que se adhieren a las paredes del tanque y las tuberías, reduciendo el área transversal y generando diversos problemas que afectan el flujo de agua en el tanque y tuberías.
- 15 La presente invención se aplica al tanque regulador, tratando el agua almacenada en el tanque regulador y manteniendo el agua minimizando las bioincrustaciones a bajo coste.

**REIVINDICACIONES**

1. Aparato que comprende un sistema para realizar un proceso (2) industrial y un sistema para el tratamiento de agua a bajo coste para la eliminación de sólidos en suspensión en el agua mediante la filtración de una pequeña fracción del volumen total de agua, comprendiendo el aparato:
- 5 al menos una línea de entrada (7) para alimentar agua al medio contenedor (8).
- al menos un recipiente (8) que tiene un volumen de al menos 15.000 m<sup>3</sup> que comprende medios de recepción para las partículas depositadas, que se fija a la parte inferior (17) del contenedor (8) y está hecho de un material no poroso capaz de ser limpiado, de manera que el fondo del contenedor (8) está cubierto con el material no poroso que permite a los medios (5) de aspiración móviles pasar a través de toda la superficie inferior del contenedor (8) y aspirar las partículas depositadas;
- 10 al menos un medio (1) de coordinación que incluye dispositivos electrónicos, que está configurado para recibir información (10) con respecto a la calidad del agua y el espesor de material depositado en el fondo del contenedor (8) para procesar la información (10) y para activar en momentos oportunos los medios de aplicación de productos químicos (4) y los medios (5) de aspiración móviles para ajustar los parámetros del agua dentro de los límites especificados por los medios (1) de coordinación;
- 15 al menos un medio de aplicación de productos químicos (4) que está configurado para ser activado por dicho al menos un medio (1) de coordinación;
- al menos un medio (5) de aspiración móvil que está configurado para desplazarse a través del fondo (17) de dicho al menos un contenedor (8) y aspirar el flujo de agua que contiene las partículas filtradas;
- 20 al menos un medio (6) de propulsión que está configurado para producir un movimiento a dicho al menos un medio (5) de aspiración móvil de modo que puede desplazarse a través del fondo (17) de dicho al menos un contenedor (8);
- al menos un medio (3) de filtrado que está configurado para filtrar el flujo de agua que contiene las partículas depositadas;
- 25 al menos una línea (15) de recolección acoplada entre dichos al menos un medio (5) móvil de aspiración y dicho al menos un medio (3) de filtración;
- al menos una línea (16) de retorno desde dicho al menos un medio (3) de filtración a dicho al menos un medio (8) contenedor; y
- 30 al menos una línea (18) de salida de agua desde dicho al menos un medio (8) contenedor a al menos un sistema para realizar un proceso (2) industrial, en donde el proceso (2) industrial corriente abajo comprende ósmosis inversa, desalinización, cultivo de algas, un proceso de acuicultura, un proceso de minería, y combinaciones de los mismos,
- en donde los medios (1) de coordinación están configurados para activar los medios (5) de aspiración móviles y, simultáneamente, los medios (3) de filtración para filtrar el flujo succionado por los medios móviles de aspiración, para filtrar solamente una pequeña fracción de todo el volumen de agua,
- 35 en donde los medios (1) de coordinación están configurados para hacer que los medios de aplicación (4) de productos químicos apliquen los productos químicos (14) sólo cuando sean necesarios, y para operar los medios (3) de filtración y los medios (5) de aspiración móviles solamente cuando sea necesario para mantener los parámetros del agua dentro de sus límites.
- 40 2. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en donde los medios receptores están cubiertos con un material que comprende membranas, geomembranas, membranas de geotextil, revestimientos de plástico, hormigón u hormigón recubierto, o una combinación de los mismos.
3. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en donde los medios (4) de aplicación de productos químicos comprenden inyectoras (19), rociadores, distribuidores en peso, tuberías o una combinación de los mismos.
4. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en donde los accionamientos de los medios propulsores comprenden un sistema de riel, un sistema de cable, un sistema autopropulsado, un sistema robótico, un sistema guiado desde una distancia, un bote con un motor, un dispositivo flotante con un motor, o una combinación de los mismos.
- 45 5. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en donde los medios de filtración comprenden filtros de cartucho, filtros de arena, microfiltros, ultrafiltros, nanofiltros o una combinación de los mismos.

6. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la línea recolectora comprende una manguera flexible, una manguera rígida, una tubería o una combinación de los mismos.

Figura 1

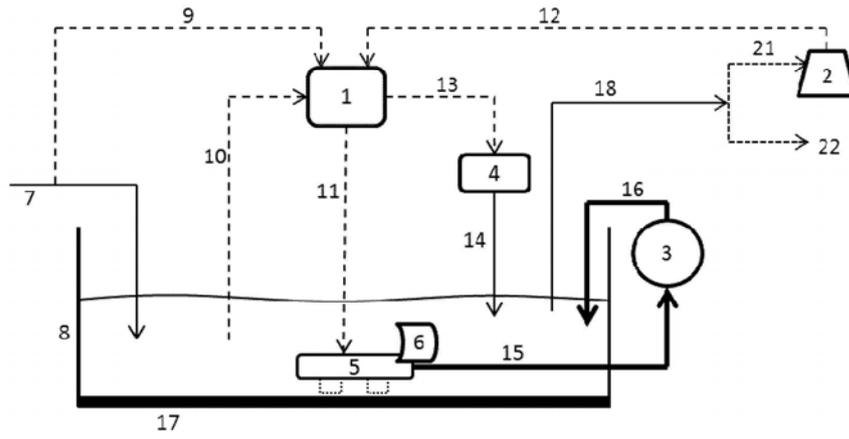


Figura 2

