

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 715 577**

51 Int. Cl.:

<b>B01D 21/30</b>	(2006.01) <i>C02F 1/72</i>	(2006.01)
<b>B01D 61/04</b>	(2006.01) <i>C02F 1/78</i>	(2006.01)
<b>C02F 1/00</b>	(2006.01) <i>C02F 5/08</i>	(2006.01)
<b>C02F 1/52</b>	(2006.01) <i>C02F 101/20</i>	(2006.01)
<b>C02F 1/76</b>	(2006.01) <i>C02F 103/02</i>	(2006.01)
<b>C02F 9/02</b>	(2006.01) <i>C02F 103/08</i>	(2006.01)
<b>C02F 1/24</b>	(2006.01) <i>C02F 103/10</i>	(2006.01)
<b>C02F 1/44</b>	(2006.01)	
<b>C02F 1/50</b>	(2006.01)	
<b>C02F 1/56</b>	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.09.2011 E 16198842 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.12.2018 EP 3156111**

54 Título: **Método para tratar agua usada con fines 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:

**04.06.2019**

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:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 715 577 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 para tratar agua usada con fines industriales

## 5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un método de bajo coste para tratar agua, que se usará en un proceso industrial. El método de la invención purifica el agua y eliminada los sólidos suspendidos sin la necesidad de filtrar la totalidad del volumen de agua, pero únicamente filtrando una pequeña fracción de hasta 200 veces menos que el flujo filtrado por un sistema de filtración de tratamiento de agua convencional.

## Antecedentes

El agua de alta calidad microbiológica con alta claridad es un recurso escaso que es actualmente necesario para los procesos de muchas industrias. El tratamiento para obtener dicha agua implica grandes costes de inversión y funcionamiento, y los procesos son complicados y presentan muchos problemas que no se han resuelto de forma eficaz hasta el día de hoy. Además, los procesos consumen grandes cantidades de energía y agentes químicos, dañando gravemente, por tanto, el entorno. Específicamente, la eliminación de impurezas que están contenidas en el agua, tales como los sólidos suspendidos, metales, algas y bacterias, entre otros, requiere la instalación de sistemas de filtración caros y complejos que permiten la filtración del volumen completo de agua, presentando, por tanto, un alto consumo de energía, altas necesidades de agentes químicos y materiales, y otros recursos que impiden este proceso.

El agua de alta calidad microbiológica es necesaria para varios procesos importantes, tales como el pretratamiento de agua para procesos de desalación por ósmosis inversa, para tratar agua usada en acuicultura, para tratar y mantener el agua para la industria de agua potable, para tratar los residuos líquidos industriales o para mantener las industrias, entre otros. El agua de alta calidad microbiológica y claridad a costes muy bajos de la presente invención también puede usarse en otros procesos industriales que requieren agua de alta calidad fisicoquímica y microbiológica.

## Desalación

Hay varias razones para abordar la mejora de los procesos de desalación actuales, ya que esta industria está creciendo exponencialmente y será muy importante en el futuro. Del agua total disponible en el mundo, el 97% de la misma corresponde al agua de mar. Del 3% restante de agua dulce disponible, el 2,1 % está congelada en los polos y únicamente un 0,9 % está disponible para consumo humano, que se encuentra en ríos, lagos o como agua subterránea. La disponibilidad limitada de agua dulce para el consumo humano es un problema que está aumentando junto con el crecimiento de la población global y el cambio cultural. Aproximadamente un 40 % de la población del mundo ya padece problemas causados por la ausencia de acceso a fuentes de agua dulce.

Por tanto, como ha advertido el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP), se espera que casi 3000 millones de personas padezcan de escasez grave de agua en los próximos 50 años. Además, en 1999, el UNEP identificó la escasez de agua junto con el calentamiento global como los mayores problemas para el nuevo milenio. Los recursos de agua dulce se están consumiendo a una tasa mayor de la que la naturaleza puede reponerlas y, también, la contaminación y la explotación del agua subterránea y el agua superficial han dado lugar a una disminución en la cantidad y/o calidad de los recursos naturales disponibles. La combinación de población creciente, la ausencia de nuevas fuentes de agua dulce y el aumento del consumo de agua *per cápita*, causa un agravamiento de las tensiones regionales entre países que están ubicados cerca de recursos de agua. Todo lo anterior obliga a encontrar una solución al problema de disponibilidad de agua, no solo para cumplir las demandas futuras de la humanidad, sino también para evitar los conflictos que la escasez de agua puede dar lugar.

Convenientemente, el agua de mar es el recurso más abundante en la tierra, una fuente casi inagotable de agua salada que siempre está disponible para su uso. Por lo tanto, para resolver los inmensos problemas asociados con el escaso suministro de agua dulce, la mejor solución es procesar el agua de mar para proporcionar agua dulce para el consumo general. La inmensa mayoría del agua de mar contenida en los océanos ha dado lugar a investigaciones y creación de tecnologías para eliminar las sales del agua por diversos procesos, y producir agua dulce. La mejor tecnología disponible en el mundo para conseguir este objetivo es el proceso de desalación. Actualmente, aproximadamente 130 países en todo el mundo están implementando algún tipo de proceso de desalación, y se espera que capacidad instalada se duplique en 2015.

Los dos procesos de desalación más usados son:

▲ Uso de evaporación de agua, como un proceso de destilación, de tal manera que se evapore únicamente las moléculas de agua, dejando atrás todas las sales y los minerales disueltos. Este proceso se llama desalación térmica.

▲ Uso de membranas especiales que permiten realizar el proceso de ósmosis inversa, separando el agua de las sales mediante la aplicación de presión en una membrana semipermeable. Este proceso se llama ósmosis inversa.

5 Para decidir el proceso que 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 desalación térmica es entre 10 y 15 kWh/m<sup>3</sup>, mientras que un proceso que use tecnología de ósmosis inversa usa aproximadamente 5 kWh/m<sup>3</sup>. Esto es porque la desalación térmica requiere evaporación, de modo que se necesita más energía para el proceso de cambio de fase, haciendo que la desalación térmica sea menos eficaz en términos de consumo de energía. Las restricciones actuales requieren mejorar la eficacia global de los procesos, usando tecnologías que cumplan los requisitos ambientales demandados por la sociedad, minimizando al mismo tiempo la huella de carbono y el impacto ambiental.

15 En términos de la evolución de las tecnologías mencionadas, desde 2005 la capacidad instalada global de plantas de desalación de ósmosis inversa ha excedido la capacidad instalada de plantas térmicas. La proyección es que en 2015 la capacidad de desalación del mundo estará distribuida en un 62 % en plantas de ósmosis inversas y un 38 % en plantas de desalación térmica. De hecho, la capacidad global de producir agua dulce en plantas de desalación usando tecnología de ósmosis inversa ha aumentado en más de un 300 % en solamente 6 años.

20 La ósmosis inversa es un proceso por el que se aplica presión a un flujo de agua que tiene una alta concentración de sales, a través de una membrana semipermeable que únicamente deja que pasen a través moléculas de agua. A causa de esto, el permeado que abandona el otro lado de la membrana corresponde al agua de alta calidad microbiológica con un bajo contenido de sal. Dentro del funcionamiento de las plantas de desalación que usan tecnología de ósmosis inversa, hay 2 fase principales.:

- 25 1. Pretratamiento del agua
2. Fase de desalación

La segunda fase, que corresponde al propio proceso de ósmosis inversa, se ha estudiado ampliamente y se han conseguido eficacias de hasta un 98 % (General Electric HERO Systems).

30 La primera fase del proceso de producción de agua dulce usando ósmosis inversa corresponde al acondicionado del agua salada antes de que alcance la membrana semipermeable, también llamado pretratamiento del agua. Esta etapa de pretratamiento experimenta problemas principales relacionados con la calidad agua necesaria para el funcionamiento eficaz de las membranas de ósmosis inversa. De hecho, se estima que un 51 % de las membranas de ósmosis inversa fracasan debido a un mal pretratamiento, debido a un mal diseño o a un mal funcionamiento, aunque un 30 % fracasan a causa de una dosificación inadecuada de agentes químicos. Los métodos actuales, además de ser ineficaces, debido a la alta tasa de fracasos, tiene costes muy elevados, dirigiendo de este modo a la investigación a encontrar nuevos métodos para resolver estos problemas.

40 Los problemas que surgen en las membranas dependen de las características del agua de suministro, que ensucia los filtros y las membranas ubicadas antes del pretratamiento y también las membranas de ósmosis inversa. Estos problemas se reflejan en una vida más corta y mayores frecuencias de mantenimiento y limpieza de las membranas, que da lugar a mayores costes de funcionamiento y mantenimiento. Los problemas comunes que surgen debido a un mal pretratamiento del agua se dividen en 2 tipos: daño de las membranas y bloqueo de las membranas.

45 El daño de las membranas de ósmosis inversa está causado principalmente por la oxidación y la hidrólisis del material de membrana a causa de diversos compuestos en el agua de suministro. La mayoría de las membranas de ósmosis inversa no pueden resistir las concentraciones existentes de cloro residual, que se añade habitualmente en los procesos de desalación para evitar el crecimiento biológico. Las membranas tienen altos costes, de modo que deben tomarse todas las precauciones posibles para mantener el funcionamiento continuo y conseguir el mejor rendimiento posible; por tanto, el agua a menudo debe decolorarse antes de que pase a través de las membranas. Finalmente, el pH del agua de suministro también debe ajustarse para un funcionamiento óptimo de las membranas. Además, el oxígeno disuelto y otros agentes oxidantes deben eliminarse para evitar el daño a las membranas. Los gases también afectan al funcionamiento apropiado de las membranas, de modo que deben evitarse altas concentraciones para un funcionamiento óptimo. Los métodos actuales para regular las concentraciones de gases y agentes oxidantes son muy caros e ineficaces.

60 Por otro lado, el bloqueo de las membranas de ósmosis inversa es en gran medida responsable de las grandes ineficacias que surgen por diversas razones, por ejemplo, se tienen que aplicar presiones mayores al agua de suministro para que pase a través de la membrana, se causa mayor tiempo de inactividad por el mantenimiento constante y el lavado que tiene que realizarse, y los altos costes de remplazo de los suministros usados en el proceso. El bloqueo de las membranas está causado por tres problemas principales: bioincrustación, descamación e incrustación coloidal.

La bioincrustación está causada por el crecimiento de colonias de bacterias o alga en la superficie de la membrana. Como no puede usarse cloro, existe el riesgo de desarrollar una película de biomasa, evitando, por tanto, el paso del suministro de agua y reduciendo la eficacia del sistema.

5 Otro problema principal que causa bloqueo de la membrana es descamación que finalmente causa su obstrucción. Descamación se refiere a la precipitación y depósitos de sal moderadamente soluble en las membranas. De hecho, en determinadas condiciones de funcionamiento, pueden excederse los límites de solubilidad de algunos de los componentes presentes en el agua de suministro, 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 unidades de ósmosis inversa, la fase final se somete a la máxima concentración de sales disueltas, y es aquí donde empiezan a aparecer los primeros signos de descamación. La descamación debido a la precipitación se amplifica por el fenómeno de gradiente de concentración en la superficie de las membranas.

15 La obstrucción por partículas o incrustación coloidal se produce cuando el suministro de agua contiene una gran cantidad de partículas suspendidas y materia coloidal que requiere lavado constante para limpiar las membranas. La concentración de partículas en agua puede medirse y expresarse de diferentes maneras. El parámetro más usado es la turbidez, que debe mantenerse a bajos niveles para un funcionamiento apropiado, la acumulación de partículas en la superficie de la membrana puede afectar de forma adversa tanto al flujo de agua de suministro como a las propiedades de rechazo de la membrana de ósmosis inversa. La incrustación coloidal está causada por la acumulación de partículas coloidales en la superficie de la membrana y la formación de una capa con una forma de torta. La disminución en el flujo de permeado se da por un lado por la formación de una capa de torta y por el otro lado a causa de la alta concentración de sal en la superficie de la membrana causada por la difusión obstruida de iones salinos, causando una presión osmótica aumentada que reduce el impulso de fuerza neta. El parámetro controlado para evitar la incrustación coloidal es el índice de densidad de sedimento (SDI), y los fabricantes de membranas sugieren SDI de hasta 4. El bloqueo de las membranas también puede producirse debido a la incrustación por materia orgánica natural (NOM). La materia orgánica natural tapona la membrana a causa de: el estrechamiento de los poros asociado con la absorción de materia orgánica natural en las paredes de los poros, materia orgánica coloidal que actúa como tapón en la abertura de los poros o formación de una capa continua de gel que recubre la superficie de la membrana. Esta capa crea grandes ineficacias y el taponamiento de esta capa, por lo tanto, debe evitarse a toda costa.

Actualmente, el pretratamiento de agua antes de entrar en el proceso de desalación en general incluye las siguientes etapas:

- 35 1. Cloración para reducir la carga orgánica y bacteriológica en agua sin procesar
2. Filtración de arena para reducir la turbidez.
3. Acidificación para reducir el pH y reducir los procesos calcáreos
4. Inhibición de escamas de calcio y bario usando antidescamantes
5. Decloración para eliminar el cloro residual
- 40 6. Cartuchos de filtración de partículas requeridos por los fabricantes de membranas
7. Microfiltración (MF), ultrafiltración (UF) y nanofiltración (NF)

Entre las etapas de pretratamiento anteriores, los costes de las etapas de filtración, con filtros de arena o etapas de filtración más sofisticadas tales como microfiltración, ultrafiltración o nanofiltración, da lugar a altos costes junto con varios inconvenientes. En particular, si el pretratamiento es inadecuado, los filtros llegan a taponarse con materia orgánica, coloides, algas, microorganismos y/o larvas. Además, la necesidad de filtrar el volumen total de agua a procesar en la planta para reducir la turbidez y eliminar las partículas impone graves restricciones en términos de costes de energía, implementación e instalación, así como durante el funcionamiento en términos de mantenimiento y replazo de filtros. Además, los sistemas de pretratamiento actuales son muy ineficaces y tienen elevados costes debido a los dispositivos a implementar, y el funcionamiento continuado y las tareas de mantenimiento que son costosas y difíciles de realizar.

En resumen, los recursos de agua dulce cada vez más escasos han creado un problema de suministro mundial que ha provocado el diseño e implementación de diversas tecnologías de desalación. La desalación por ósmosis inversa es una tecnología prometedora para abordar la escasez creciente de recursos de agua dulce, y se proyecta que esta tecnología tendrá un crecimiento significativo en el futuro. Sin embargo, un medio rentable y energéticamente eficaz de pretratamiento del agua de suministro tiene un problema significativo para las plantas de desalación de ósmosis inversa. Es necesaria una tecnología eficaz que funcione a bajos costes y pueda producir agua de suficiente calidad para su uso como materia prima en procesos de desalación.

#### 60 Industria de acuicultura

La industria de acuicultura está centrada en la cría de especies acuáticas, plantas y animales, de las que se obtienen materias primas para industrias alimentarias, químicas y farmacéuticas, entre otras. Las especies acuáticas se cultivan en agua dulce o de mar, donde se cultivan principalmente peces, moluscos, crustáceos, macroalgas y microalgas. Debido al crecimiento de la industria, el desarrollo de nuevas tecnologías y las regulaciones ambientales

impuestas por la comunidad internacional, hay una necesidad de minimizar el impacto ambiental de la industria de acuicultura mientras que se mantenga al mismo tiempo el control adecuado de las condiciones de funcionamiento. Para hacer esto, el cultivo de especies acuáticas ha migrado de ser local *in situ* en fuentes de agua naturales, tales como el mar, a instalaciones construidas específicamente para dichos fines.

5 Además del cultivo tradicional de estas especies como materia prima en las industrias alimentaria, farmacéutica y la fabricación general, las especies acuáticas también se usan en el sector energético para general energía a partir de fuentes no convencionales renovables, en particular, para la producción de biocombustibles tales como biodiésel a partir de microalgas.

10 Con respecto a los biocombustibles, debe apreciarse que la matriz de energía global está organizada alrededor de los combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón), que proporcionan aproximadamente un 80 % del consumo de energía global. La biomasa, las fuentes hidroeléctricas y otras fuentes de energía "no convencionales", tales como la energía solar, son fuentes de energía renovables. Dentro del último grupo, y representando únicamente un 2,1 % de la matriz, están comprendidas la energía eólica, la energía solar y los biocombustibles, que a su vez incluyen biogás, biodiésel y etanol, principalmente.

15 Como las fuentes de energía fósil y nuclear son finitas, no puede suministrarse la demanda futura. Por consiguiente, la política energética de países en desarrollo está considerando la introducción de energías alternativas. Adicionalmente, el abuso de energía convencional como el petróleo y el carbón, entre otros, da lugar a problemas tales como contaminación, aumento de los gases invernadero y la reducción de la capa de ozono. Por lo tanto, la producción de energías limpias, renovables y alternativas es una necesidad económica y ambiental. En algunos países, el uso de biocombustibles mezclados con combustibles del petróleo ha forzado la producción masiva y eficaz de biodiésel, que puede obtenerse de aceite vegetal, grasas animales y algas.

20 La producción de biodiésel a partir de algas no requiere el uso extensivo de tierra agrícola. Por tanto, no afecta a la producción de alimentos en todo el mundo, porque las algas pueden crecer en espacios reducidos y tienen tasas de crecimiento muy rápidas, con tiempos de duplicación de la biomasa de 24 horas. Por consiguiente, las algas son una fuente de producción de energía continua e inagotable, y también absorben dióxido de carbono para su crecimiento, que puede capturarse de diversas fuentes tales como estaciones de energía térmica.

25 Los sistemas principales para el crecimiento de microalgas corresponden a:

- 35 • Lagos: Como las algas requieren luz del sol, dióxido de carbono y agua, pueden crecer en lagos y estanques abiertos.
- Fotobiorreactores: Un fotobiorreactor es un sistema controlado y cerrado que incluye una fuente de luz, que al estar cerrado requiere la adición de dióxido de carbono, agua y luz.

40 Con respecto a los lagos, el cultivo de algas en estanques abiertos se ha estudiado ampliamente. Esta categoría de estanques son cuerpos de agua naturales (lagos, lagunas, estanques, mar) y estanques artificiales o recipientes. Los sistemas más habitualmente usados son estanques grandes, tanques, estanques circulares y estanques de canalización poco profundos. Una de las ventajas principales de los estanques abiertos es que son más fáciles de construir y de funcionar que la mayoría de los sistemas cerrados. Sin embargo, las restricciones principales en los estanques abiertos naturales son las pérdidas por evaporación, la necesidad de grandes superficies de tierra, la contaminación por los depredadores y otros competidores en el estanque y la ineficacia de los mecanismos de agitación que provocan una baja productividad de biomasa.

45 Para este fin, se crearon "estanques de canalización", que se hacen funcionar de forma continua. En estos estanques, las algas, el agua y los nutrientes se hacen circular en un tipo de circuito, y se mezclan con la ayuda de ruedas de palas, para resuspender las algas en el agua, de modo que estén en movimiento constante y siempre reciban luz solar. Los estanques son poco profundos debido a la necesidad de algas para la luz, y que la penetración de la luz solar alcanza una profundidad limitada.

50 Los fotobiorreactores permiten el cultivo de una especie única de microalgas durante un largo tiempo y son ideales para producir una gran biomasa de algas. Los fotobiorreactores en general tienen un diámetro de menos de o igual a 0,1 m, porque un intervalo mayor evitaría que la luz entrara en las zonas más profundas, ya que la densidad del cultivo es muy alta, para conseguir un alto rendimiento. Los fotobiorreactores requieren refrigeración durante las horas de luz diurna, y también necesitan control de la temperatura en la noche. Por ejemplo, la pérdida de biomasa producida en la noche puede reducirse disminuyendo la temperatura durante estas horas.

55 El proceso de producción de biodiésel depende del tipo de algas cultivadas, que se seleccionan basándose en el rendimiento y las características de adaptación a las condiciones ambientales. La producción de biomasa de microalgas empieza en fotobiorreactores, donde se suministra CO<sub>2</sub> que generalmente proviene de plantas energéticas. Posteriormente, antes de entrar en la fase de crecimiento estacionaria, las microalgas se transportan de los fotobiorreactores a tanques de mayor volumen, donde siguen desarrollándose y multiplicándose, hasta que se

alcanza la densidad de biomasa máxima. Las algas entonces se recogen por diferentes procesos de separación, para obtener biomasa de algas, que finalmente se procesa para extraer los productos de biocombustible.

5 Para el cultivo de microalgas, se requiere agua purificada prácticamente estéril, ya que la productividad se ve afectada por la contaminación de otras especies indeseadas de algas o microorganismos. El agua se acondiciona de acuerdo con el medio de cultivo específico, también dependiendo de las necesidades del sistema.

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

- 10
- Luz: necesaria para el proceso de fotosíntesis
  - Temperatura: intervalo ideal de temperatura para cada tipo de alga
  - Medio: la composición del agua es una consideración importante, por ejemplo, la salinidad
  - pH: las algas habitualmente requieren un pH entre 7 y 9 para obtener una tasa de crecimiento óptima
  - Cepa: cada alga tiene una diferente tasa de crecimiento
- 15
- Gases: las algas requieren CO<sub>2</sub> para realizar la fotosíntesis
  - Mezcla: para evitar la sedimentación de algas y garantizar la exposición homogénea a la luz
  - Fotoperiodo: ciclos de luz y oscuridad

20 Las algas son muy tolerantes a la salinidad, la mayoría de las especies crecen mejor con una salinidad que es ligeramente inferior a la salinidad encontrada en el entorno natural de las algas, que se obtiene por dilución del agua de mar con agua dulce.

Industria de agua potable

25 La industria del agua proporciona agua potable a los sectores residencial, comercial e industrial de la economía. Para proporcionar agua potable, la industria generalmente empieza sus operaciones con la recogida de agua de fuentes naturales de alta calidad microbiológica y claridad, que entonces se almacena en depósitos para uso futuro. El agua puede almacenarse durante largos periodos de tiempo en el depósito sin usarse. La calidad del agua almacenada durante un largo periodo de tiempo empieza a deteriorarse según los microorganismos y las algas proliferan en el agua, haciendo que el agua sea inadecuada para consumo humano.

30

Como el agua ya no es adecuada para consumo, debe procesarse en una planta de tratamiento de agua potable, donde pasa a través de varias fases de purificación. En las plantas de purificación, se añaden cloro y otros agentes 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 desinfección (DBP). Por ejemplo, en la reacción de cloro con amoniaco, las cloraminas son subproductos indeseados. La reacción adicional de cloro o cloraminas con materia orgánica producirá trihalometanos, que se han indicado como compuestos carcinógenos. Además, dependiendo del método de desinfección, se han identificado nuevos DBP, tales como trihalometanos yodados, haloacetanitrilos, halonitrometanos, haloacetaldehídos y nitrosaminas. Además, la exposición de bañistas a cloro y materia orgánica se ha mencionado como un factor que contribuye a problemas respiratorios potenciales, incluyendo el asma.

35

40

Industrias de agua residual

45 El agua residual se trata cada día para producir agua limpia usada con diferentes fines. Hay una necesidad de tratar el agua residual produciendo pequeñas cantidades de lodo y residuos, y también usando menos agentes químicos y energía.

Industria minera

50 La minería es una industria muy importante en todo el mundo, y colabora enormemente a la economía de cada nación. Las industrias de la minería requieren agua para muchos de sus procesos, un recurso que está limitado y que cada día se vuelve más escaso. Algunas industrias de minería han desarrollado tecnologías para utilizar agua de mar en la mayoría de sus procesos, que pueden funcionar únicamente con este recurso.

55 Las propias minas generalmente están ubicadas a grandes distancias y alturas desde la línea de costa, por lo tanto, el agua tiene que viajar muchos kilómetros hasta alcanzar las minas. Para transportar las grandes cantidades de agua, se han construido estaciones de bombeo, junto con tuberías muy largas, para bombear el agua desde el mar hasta las minas.

60

Las estaciones de bombeo consisten en estructuras que comprenden bombas de alta potencia, que envían el agua de mar recogida a la siguiente estación de bombeo, así sucesivamente. Las estaciones de bombeo también comprenden una estructura de contención para mantener el agua de mar en caso de que se produjera cualquier problema en las estaciones de bombeo previas. Estas estructuras de contención finalmente pueden desarrollar diversos problemas que afectan al proceso de bombeo, como la bioincrustación de las paredes y las superficies interiores de las tuberías. La bioincrustación causa el deterioro de los materiales, así como una reducción del área

65

transversal de las tuberías, que impone mayores costes de funcionamiento y mantenimiento. Además, el agua dentro de las estructuras de contención empieza a deteriorarse a causa del crecimiento de microalgas, que interfiere negativamente con los procesos de la estación, y da lugar a problemas diversos e importantes tales como bioincrustación.

5 Tratamiento de residuos líquidos industriales

10 Algunas industrias tienen residuos líquidos que no pueden cumplir los requisitos de irrigación, infiltración o descarga impuestos por el gobierno local. Además, algunas industrias tienen tanques de sedimentación u otros medios de contención para permitir que se produzcan los procesos naturales en el agua, tales como la emisión de gases u otras sustancias que causan propiedades de mal olor o color.

15 Como se analiza anteriormente, los métodos y sistemas actuales para tratar el agua para usos industriales tienen altos costes de funcionamiento, requieren el uso de grandes cantidades de agentes químicos, son propensos a incrustación, producen subproductos indeseables tales como gases y otras sustancias que causan propiedades de mal olor o color, y requieren filtración del volumen completo de agua. Son deseables métodos y sistemas mejorados de tratamiento de agua para uso industrial que sean de bajo coste y más eficaces que los sistemas de filtración de tratamiento de agua convencionales.

20 Técnica previa

25 La patente JP2011005463A presenta un sistema de control para la inyección de coagulantes y floculantes en plantas de purificación agua. Dicho sistema se basa en el uso de un sensor de turbidez que mide la cantidad y calidad de agua antes de añadir los coagulantes y floculantes. El sistema usa un clasificador que mide el tamaño de floculante después de la sedimentación y clasifica el agua tratada de acuerdo con estas mediciones. De acuerdo con las mediciones de turbidez, el sistema de control calcula la tasa de inyección de coagulante y floculantes, que se aplican por instalaciones destinadas para este medio. Los cálculos de los compuestos dosificados se corrigen 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, hay una fase de filtración que filtra el volumen de agua tratado completo.

35 Las desventajas de la patente JP2011005463A son que no controla el contenido orgánico o los microorganismos presentes en el agua, ya que el sistema no comprende el uso de desinfectante o agentes oxidantes. Además, el sistema en el documento JP2011005463A no reduce el contenido de metales en el agua y depende de la medida constante de los parámetros, por lo tanto, tiene altas demandas en términos de sensores y otros dispositivos de medición. Además, la patente JP2011005463A requiere la filtración de la totalidad del volumen de agua que se trata, que impone altas demandas energéticas y altos costes de instalación y mantenimiento respecto al sistema requerido para dicha filtración.

40 El documento US 2011/061194 A1 y el documento WO .2010/074770 A1 divulgan cuerpos de agua a gran escala con fines recreativos, que están sometidos a tratamiento específico para el mantenimiento de la calidad del agua a un nivel aceptable.

45 Sumario

50 El método construido de acuerdo con los principios de la presente invención purifica agua y elimina sólidos suspendidos, metales, algas, bacterias y otros artículos del agua a costes muy bajos, y sin la necesidad de filtrar la totalidad del volumen de agua. Únicamente se filtra una pequeña fracción del volumen total del agua, hasta 200 veces menos que el flujo filtrado por los sistemas de filtración de tratamiento de agua convencionales. El agua tratada se usa con fines industriales tales como tratamiento del agua que se usará como materia prima con fines industriales, o tratamiento de residuos líquidos industriales con fines de infiltración, irrigación u otros.

55 Respecto a la desalación por ósmosis inversa, la presente invención proporciona un método para el pretratamiento y mantenimiento de agua de suministro que usa menos agentes químicos y consume menos energía que las tecnologías de pretratamiento convencionales.

60 Respecto a la industria de acuicultura, el agua producida por la presente invención consigue las características requeridas para la inoculación de algas usando un medio de filtración que requiere la filtración de únicamente una fracción del volumen total de 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 en, por ejemplo, estanques de canalización, representa una alta reducción en los costes, ya que uno de los problemas principales de esta industria es la preparación del agua para la inoculación. Además, la presente invención permite el tratamiento del agua después de que el alga haya crecido y se haya recogido. Por lo tanto, el agua puede reutilizarse creando un método sostenible para la industria de acuicultura.

65

Usando el método de la presente invención en industrias de agua potable, el agua almacenada en depósitos puede mantenerse a costes muy bajos sin la proliferación de microorganismos y algas que pueden deteriorar la calidad del agua. Por tanto, el agua potable tratada de acuerdo con el método de la presente invención no tiene que procesarse en una planta de tratamiento de agua potable. La presente invención, por lo tanto, minimiza la generación de subproductos tóxicos y subproductos de desinfección (DBP) producidos por la planta de tratamiento de agua potable y reduce los costes de capital, las cantidades de agentes químicos usados, los costes de funcionamiento y el impacto ambiental y la huella de una planta de tratamiento de agua potable. La presente invención mantiene el agua de fuentes naturales muy puras en un estado de alta calidad microbiológica a bajos costes de una manera respetuosa con el medio ambiente sin deterioro o generación de DBP tóxicos.

La presente invención puede usarse para tratar agua que proviene de instalaciones de tratamiento de agua de mar a coste muy bajo, eliminando el olor y obteniendo agua de alta claridad con bajos niveles de turbidez. Las cantidades de residuos y lodo se reducen considerablemente en comparación con los tratamientos de agua de mar convencionales, proporcionando de este modo un método sostenible que es respetuoso con el medio ambiente.

Respecto a las industrias de minería, la presente invención se refiere a un método para tratar agua que evita la bioincrustación en las estaciones de bombeo, reduciendo de este modo los costes de funcionamiento y mantenimiento. La presente invención también puede usarse para tratar residuos líquidos industriales que provienen de diversas industrias, para cumplir los requisitos de irrigación, infiltración o descarga impuestos por los gobiernos locales.

El método de la invención proporciona un bajo coste, en el que el método purifica el agua y elimina los sólidos suspendidos en el agua filtrando una pequeña fracción del volumen total de agua. El método de la invención comprende:

- a. Recoger agua con una concentración de sólidos disueltos totales (TDS) de hasta 60 000 ppm;
- b. Almacenar dicha agua en al menos un medio de contención, donde dicho medio de contención tiene un fondo que puede limpiarse minuciosamente por un medio de succión móvil, y en el que dicho medio de contención tiene un volumen de al menos 15 000 m<sup>3</sup>;
- c. En periodos de 7 días:
  - i. para temperaturas de agua de hasta 35 grados Celsius, mantener dicho ORP del agua de al menos 500 mV durante un periodo mínimo de 1 hora por cada grado Celsius de temperatura de agua, añadiendo agentes desinfectantes al agua;
  - ii. para temperaturas de agua mayores de 35 grados Celsius y hasta 69 grados Celsius, mantener dicho ORP del agua de al menos 500 mV durante un periodo mínimo de horas añadiendo agentes desinfectantes al agua, en el que el periodo mínimo de horas se calcula por la siguiente ecuación:  
[35 horas] - [temperatura del agua en grados Celsius - 35] = periodo mínimo de horas; y
  - iii. para temperaturas de agua de 70 grados Celsius o más, mantener dicho ORP del agua de al menos 500 mV durante un periodo mínimo de 1 hora.
- d. Activar los siguientes procesos a través de un medio de coordinación, donde los procesos purifican el agua y eliminan los sólidos suspendidos filtrando únicamente una pequeña fracción del volumen total de agua, en el que medio de coordinación recibe información respecto a los parámetros de calidad del agua y activa un medio de aplicación de agentes químicos y un medio de succión móvil para ajustar dichos parámetros dentro de sus límites:
  - i. aplicando agentes oxidantes para evitar que las concentraciones de hierro y manganeso excedan 1 ppm;
  - ii. aplicando coagulantes, floculantes o una mezcla de los mismos para evitar que la turbidez exceda 5 NTU;
  - iii. succionando el flujo de agua que contiene las partículas sedimentadas, producidas por los procesos previos, con un medio de succión móvil para evitar que el grosor del material sedimentado exceda 100 mm de promedio;
  - iv. filtrando el flujo succionado por el medio de succión móvil, con al menos un medio de filtración; y
  - v. devolviendo el agua filtrada a dicho al menos un medio de contención;
- e. Utilizar dicha agua tratada en el al menos un proceso industrial posterior;

en el que el medio de coordinación varía el flujo de agua tratada al proceso industrial posterior basándose en información tal como la tasa de productividad o de producción.

Un sistema adecuado para realizar el método de la invención puede comprender:

- al menos una línea de suministro de agua (7) a al menos un medio de contención (8);
- al menos un medio de contención (8), que comprende un medio de recepción para partículas sedimentadas (17), que se fija al fondo de dicho medio de contención;
- al menos un medio de coordinación (1), donde el medio de coordinación activa puntualmente los procesos necesarios para ajustar los parámetros del agua dentro de los límites especificados por un operario o el medio de coordinación;
- al menos un medio de aplicación de agentes químicos (4), que se activa por dicho al menos un medio de coordinación



- al menos un medio de succión móvil (5), que se mueve a través del fondo de dicho al menos un medio de contención que succiona el flujo de agua que contiene las partículas sedimentadas;
- al menos un medio de propulsión (6) que proporciona movimiento a dicho al menos un medio de succión móvil de modo que puede moverse a través del fondo de dicho al menos un medio de contención;
- 5 - al menos un medio de filtración (3) que filtra el flujo de agua que contiene las partículas sedimentadas;
- al menos una línea de recogida (15) acoplada entre dicho al menos un medio de succión móvil y dicho al menos un medio de filtración;
- al menos una línea de retorno (16) desde dicho al menos un medio de filtración hasta dicho al menos un medio de contención; y
- 10 - al menos una línea de suministro de agua (18) desde dicho al menos un medio de contención hasta al menos un proceso posterior.

En el sistema, el medio de recepción está generalmente cubierto con un material que comprende membranas, geomembranas, membranas geotextiles, revestimientos de plástico, hormigón u hormigón recubierto, o una combinación de los mismos. El medio de coordinación puede recibir información, procesar esa información y activar otros procesos, tal como el medio de aplicación de agentes químicos, el medio de succión móvil y el medio de filtración. El medio de aplicación de agentes químicos generalmente incluye inyectores, rociadores, dispensadores por peso, tuberías o una combinación de los mismos. El medio de propulsión acciona el medio de succión móvil y típicamente incluye un sistema de carril, un sistema de cable, un sistema autopropulsado, un sistema robótico, un sistema guiado desde una distancia, un bote con un motor, un dispositivo de flotación con un motor o una combinación de los mismos. El medio de filtración incluye un filtro de cartucho, filtro de arena, microfiltro, ultrafiltro, nanofiltro o una combinación de los mismos y en general se conecta al medio de succión móvil mediante una línea de recogida que comprende una manguera flexible, manguera rígida, tubería o una combinación de las mismas.

#### 25 Breve descripción de las figuras

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

30 La figura 2 muestra una vista superior de la estructura que contiene agua, tal como una laguna, adecuada para realizar un método de acuerdo con una realización de la invención.

#### Descripción detallada de la invención

#### 35 Definiciones

A la luz de la presente divulgación, los siguientes términos o expresiones deben entenderse con el significado descrito a continuación.

40 Los términos "recipiente" o "medio de contención" se usan genéricamente en este documento para describir cualquier cuerpo grande artificial de agua, incluyendo lagunas artificiales, lagos artificiales, estanques artificiales, piscinas y similares.

45 La expresión "medio de coordinación" se usa genéricamente en este documento para describir un sistema automatizado que puede recibir información, procesarla y tomar una decisión de acuerdo con la misma. Es un ordenador conectado a sensores.

50 La expresión "medio de aplicación de agentes químicos" se usa genéricamente en este documento para describir un sistema que aplica agentes químicos al agua.

La expresión "medio de succión móvil" se usa genéricamente en este documento para describir un dispositivo de succión que puede viajar por la superficie del fondo del medio de contención y puede succionar el material sedimentado.

55 La expresión "medio de propulsión" se usa genéricamente en este documento para describir un dispositivo de propulsión que proporciona movimiento, empujando o tirando de otro dispositivo.

60 La expresión "medio de filtración" se usa genéricamente en este documento para describir un sistema de filtración, que abarca terminología tal como filtro, colador, separador y similares.

Como se usa en este documento, los tipos general de agua y su concentración de sólidos disueltos totales (TDS) respectiva (en mg/l) son agua dulce, con  $TDS \leq 1500$ ; agua salobre con  $1500 \leq TDS \leq 10\,000$ ; y agua de mar, con  $TDS > 10\,000$ .

Como se usa en este documento, la expresión "alta calidad microbiológica del agua" comprende un recuento de bacterias aerobias preferido de menos de 200 UFC/ml, más preferiblemente de menos de 100 UFC/ml y muchos más preferiblemente de menos de 50 UFC/ml.

5 Como se usa en este documento, la expresión "alta claridad" comprende un nivel de turbidez de menos de 10 unidades de turbidez del nefelómetro (NTU), más preferiblemente de menos de 7 NTU y mucho más preferiblemente de menos de 5 NTU.

10 Como se usa en este documento, la expresión "bajos niveles de incrustación" comprende un índice SDI preferido de menos de 6, más preferiblemente de menos de 5 y mucho más preferiblemente de menos de 4.

15 Como se usa en este documento, la expresión "fracción pequeña" que corresponde al volumen de agua filtrado comprende un flujo de hasta 200 veces menos que el flujo filtrado en sistemas de filtración de tratamiento de agua configurados tradicionalmente.

20 Como se usa en este documento, la expresión "sistemas de filtración de tratamiento de agua tradicionales" o "sistema de filtración de tratamiento de agua convencional" comprende un sistema de filtración que filtra el volumen de agua completo que tiene que tratarse, de 1 a 6 veces al día.

20 Modos para realizar la invención

25 La presente invención se refiere a un método 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 únicamente una pequeña fracción del volumen completo de agua, que corresponde a un flujo de hasta 200 veces más pequeño que para los métodos de tratamiento de agua tradicionales. El agua tratada producida por el método de la invención se usa con fines industriales, tal como una materia prima en fines industriales. El método de la invención también puede usarse para tratar residuos líquidos industriales para hacer que los residuos líquidos sean adecuados para infiltración, irrigación u otros fines.

30 El agua tratada por un método de la invención puede ser agua dulce, agua salobre o agua de mar. El método incluye un medio de coordinación que permite la activación puntual de los procesos requeridos para ajustar los parámetros controlados dentro de límites especificados por el operario. La presente invención usa muchos menos agentes químicos que los sistemas de tratamiento de agua tradicionales, ya que aplica los agentes químicos de acuerdo con las necesidades de los sistemas usando un algoritmo que depende de la temperatura del agua, evitando de este modo tener que mantener concentraciones permanentes de agentes químicos en el agua, que provocan costes de funcionamiento mayores.

35 Un sistema adecuado para realizar el método de la invención en general incluye al menos un medio de contención, al menos un medio de coordinación, al menos un medio de aplicación de agentes químicos, al menos un medio de succión móvil y al menos un medio de filtración. La figura 1 ilustra una realización de dicho sistema. El sistema incluye un medio de contención (8). El medio contención tiene un volumen de al menos  $15\ 000\ m^3$  o, como alternativa, de al menos  $50\ 000\ m^3$ . Se contempla que el recipiente o medio de contención puede tener un volumen de 1 millón de  $m^3$ , 50 millones de  $m^3$ , 500 millones de  $m^3$  o más.

45 El medio de contención (8) tiene un fondo que puede recibir bacterias, algas, sólidos suspendidos, metales y otras partículas que sedimentan del agua. En una realización, el medio de contención (8) incluye un medio de recepción (17) para recibir las partículas o materiales sedimentados del agua que se está tratando. Un medio de recepción (17) se fija al fondo del medio de contención (8) y preferiblemente se construye de un material no poroso que puede limpiarse. El fondo del medio de contención (8) en general se cubre con el material no poroso que permite que el medio de succión móvil (5) viaje por la superficie inferior completa del medio de contención (8) y succione las partículas sedimentadas producidas por cualquiera de los procesos divulgados en este documento. Los materiales no porosos pueden ser membranas, geomembranas, membranas geotextiles, revestimientos de plástico, hormigón, hormigón recubierto o combinaciones de los mismos. En una realización preferida de la invención, el fondo del medio de contención (8) se cubre con revestimientos de plástico.

50 El medio de contención (8) puede incluir una línea de entrada (7) para suministrar agua al medio de contención (8). La línea de entrada (7) permite el rellenado del medio de contención (8) debido a evaporación, consumo de agua debido al uso en un proceso industrial y otras pérdidas de agua.

60 El sistema incluye al menos un medio de coordinación (1) que puede controlar los procesos de la invención dependiendo de las necesidades del sistema (por ejemplo, calidad o pureza del agua). Dicho proceso incluye la activación (13) de un medio de aplicación de agentes químicos (4) y la activación (11) de un medio de succión móvil (5). El medio de coordinación (1) puede variar el flujo del agua tratada al proceso industrial (2) basándose en la información (12) tal como la tasa de productividad o de producción. El medio de control también puede recibir información (9) acerca de la línea de entrada (7), así como recibir información (10) acerca de la calidad del agua y el grosor del material sedimentado en el fondo del medio de contención (8).

5 El medio de coordinación (1) permite la adición de agentes químicos al medio de contención (8) únicamente cuando se necesitan realmente, evitando la necesidad de mantener una concentración permanente en el agua aplicando un algoritmo que depende de la temperatura del agua. Por tanto, puede haber una reducción considerable en la cantidad de agentes químicos usados, de hasta 100 veces en comparación con los protocolos de tratamiento de agua convencionales, que disminuye los costes de funcionamiento. El medio de coordinación (1) puede recibir información (10) respecto a los parámetros de calidad del agua que se controlan, y pueden activar puntualmente los procesos necesarios para ajustar dichos parámetros de calidad dentro de sus límites respectivos. La información (10) recibida por el medio de coordinación (1) puede obtenerse por inspección visual, métodos empíricos, algoritmos basados en la experiencia, por detectores electrónicos o combinaciones de los mismos. El medio de coordinación (1) puede comprender dispositivos electrónicos, cualquier medio que pueda recibir información, procesar esa información y activar otros procesos, y esto incluye combinaciones de los mismos. El medio controlador es un dispositivo informático, tal como un ordenador personal. El medio de coordinación (1) también puede incluir sensores utilizados para recibir información (10) respecto a los parámetros de calidad del agua.

15 El medio de aplicación de agentes químicos (4) se activa mediante el medio de coordinación (1) y aplica o dispensa agentes químicos (14) al agua. El medio de aplicación de agentes químicos (4) incluye, aunque sin limitación, inyectores, rociadores, dispensadores por peso, tuberías y combinaciones de los mismos.

20 El medio de succión móvil (5) se mueve a lo largo del fondo del medio de contención (8), succionando agua que contiene partículas sedimentadas y materiales producidos por cualquiera de los procesos divulgados en este documento. Un medio de propulsión (6) se acopla al medio de succión móvil (5) permitiendo que el medio de succión móvil (5) viaje por el fondo de medio de contención (8). El medio de propulsión (6) acciona el medio de succión móvil (5) usando un sistema seleccionado de un sistema de carril, un sistema de cable, un sistema autopropulsado, un sistema robótico, un sistema guiado desde una distancia, un bote con un motor o un dispositivo de flotación con un motor o combinaciones de los mismos. En una realización preferida de la invención, el medio de propulsión es un bote con un motor.

30 El agua succionada por el medio de succión móvil (5) puede enviarse a un medio de filtración (3). El medio de filtración (3) recibe el flujo de agua succionada por el medio de succión móvil (5) y filtra el agua succionada que contiene las partículas y materiales sedimentados, eliminando de este modo la necesidad de filtrar la totalidad del volumen de agua (por ejemplo, filtrando únicamente una pequeña fracción). El medio de filtración (3) incluye, aunque sin limitación, filtros de cartucho, filtros de arena, microfiltros, nanofiltros, ultrafiltros y combinaciones de los mismos. El agua succionada puede enviarse al medio de filtración (3) mediante una línea de recogida (15) conectada al medio de succión móvil (5). La línea de recogida (15) puede seleccionarse de mangueras flexibles, mangueras rígidas, tuberías de cualquier materias y combinaciones de las mismas. El sistema puede incluir una línea de retorno (16) desde el medio de filtración (3) de nuevo al medio de contención (8) para devolver el agua filtrada.

40 El sistema también puede incluir una línea de salida de agua (18) que proporciona agua tratada desde el medio de contención (8) al proceso industrial (2). Los ejemplos del proceso industrial incluyen, aunque sin limitación, ósmosis inversas, desalación, evaporación, purificación, cultivo de algas, un proceso de acuicultura, un proceso de minería y combinaciones de los mismos. El proceso industrial puede usar el agua tratada como materia prima (21) para sus procesos, o puede aplicar el método para tratar el agua residual (22) con diferentes fines, tal como fines de mantenimiento, irrigación, infiltración o fines de descarga, entre otros. Los límites de parámetro predeterminados dependen de los requisitos del proceso industrial (2). El proceso industrial (2) puede modificar, a su vez, los límites (12) para ajustarlos a sus procesos.

50 La figura 2 muestra una vista superior de un sistema adecuado para realizar un método de la invención. El medio de contención (8) puede incluir un sistema de tubería de suministro (7) que permite el rellenado del medio de contención (8) debido a evaporación, consumo de agua en un proceso industrial u otra pérdida de agua desde el medio de contención (8). El medio de contención (8) también puede incluir inyectores (19) dispuestos a lo largo del perímetro del medio de contención (8) para aplicar o dispensar agentes químicos al agua. El medio de contención (8) también puede incluir espumadores (20) para retirar los aceites y partículas superficiales.

55 En una realización, un sistema adecuado para realizar un método de la invención incluye los siguientes elementos:

- al menos una línea de suministro de agua (7) a al menos un medio de contención (8);
- al menos un medio de contención (8), que comprende un medio de recepción para las partículas sedimentadas (17) producidas por cualquiera de los procesos divulgados en este documento, que se fija al fondo de dicho medio de contención;
- al menos un medio de coordinación (1), donde el medio de coordinación activa puntualmente los procesos necesarios para ajustar los parámetros dentro de sus límites;
- al menos un medio de aplicación de agentes químicos (4), que se activa por dicho al menos un medio de coordinación

- al menos un medio de succión móvil (5), que se mueve a través del fondo de dicho al menos un medio de contención que succiona el flujo de agua que contiene las partículas sedimentadas producidas por cualquiera de los procesos divulgados en ese documento;
- al menos un medio de propulsión (6) que proporciona movimiento a dicho al menos un medio de succión móvil, de modo que puede moverse a través del fondo de dicho al menos un medio de contención;
- al menos un medio de filtración (3) que filtra el flujo de agua que contiene las partículas sedimentadas, sin necesitar, por tanto, filtrar la totalidad del volumen de agua, sino filtrando únicamente una pequeña fracción;
- al menos una línea de recogida (15) acoplada entre dicho al menos un medio de succión móvil y dicho al menos un medio de filtración;
- al menos una línea de retorno (16) desde dicho al menos un medio de filtración hasta dicho al menos un medio de contención; y
- al menos una línea de salida de agua (18) desde dicho al menos un medio de contención hasta un proceso posterior.

15 Este mismo sistema permite la eliminación de otros compuestos que son susceptibles a sedimentación por la adición de un agente químico, ya que el medio de succión móvil (5) succionará todas las partículas sedimentadas del fondo del medio de contención (8).

20 El método de la invención para tratar agua puede realizarse a bajos costes en comparación con sistemas de tratamiento de agua tradicionales, ya que la presente invención usa menos agentes químicos y consume menos energía que los sistemas de tratamiento de agua tradicionales. En un aspecto, el presente método usa significativamente menos agentes químicos en comparación con los sistemas de tratamiento de agua tradicionales porque aplica un algoritmo que permite mantener un ORP de al menos 500 mV durante un determinado periodo de tiempo dependiendo de la temperatura del agua, que mantiene el agua que tiene alta calidad microbiológica de acuerdo con las necesidades del proceso en que se usará el agua. El presente método puede realizarse en un sistema como se describe en este documento, que incluye un medio de coordinación (1). El medio de coordinación determina el momento en que aplicar los agentes químicos al agua para ajustar los parámetros controlados dentro de sus límites, basándose en la información recibida del sistema. Como se usa un medio de coordinación, los agentes químicos se aplican únicamente cuando se necesitan, evitando la necesidad de mantener una concentración permanente de los agentes químicos en el agua. Por tanto, hay una reducción considerable en la cantidad de agentes químicos, de hasta 100 veces menos que los sistemas de tratamiento de agua tradicionales, que disminuye los costes de funcionamiento y mantenimiento.

35 En otro aspecto, el método de la invención filtra únicamente una pequeña fracción del volumen total de agua dentro de un tramo de tiempo particular en comparación con los sistemas de filtración de tratamiento de agua convencionales que filtran un volumen mucho más grande de agua en el mismo tramo de tiempo. En una realización, la pequeña fracción del volumen total de agua es hasta 200 veces más pequeña que el flujo procesado en sistemas de filtración centralizados configurados tradicionalmente, que filtran la totalidad del volumen de agua dentro del mismo tramo de tiempo. El medio de filtración en el método de la invención funciona a periodos más cortos de tiempo debido a las órdenes recibidas desde el medio de coordinación, por tanto, el medio de filtración tiene una capacidad muy pequeña y un coste de capital y consumo de energía hasta 50 veces inferior en comparación con la unidad de filtración centralizada requerida en el procesamiento de agua con métodos tradicionales.

45 El método de la invención permite el tratamiento de agua a bajos costes. El método elimina metales, bacterias, algas y similares del agua y proporciona agua tratada que tiene bajos niveles de incrustación, medidos como el índice de densidad de sedimento (SDI). Por tanto, el método proporciona agua de alta calidad microbiológica y claridad que puede usarse con fines industriales. En una realización, el método de la invención puede tratar agua que se usará como materia prima en fines industriales. El método también puede usarse para tratar residuos líquidos industriales para infiltración, irrigación u otros fines usando menos agentes químicos que los sistemas de tratamiento de agua convencionales y sin filtrar el volumen completo de agua como en los sistemas de tratamiento de agua convencionales.

El método de la invención incluye las siguientes fases:

- a. Recoger agua (7) con una concentración de sólidos disueltos totales (TDS) de hasta 60 000 ppm;
- b. Almacenar dicha agua en al menos un medio de contención (8), donde dicho medio de contención tiene un fondo (17) que puede limpiarse minuciosamente por un medio de succión móvil y en el que dicho medio de contención tiene un volumen de al menos 15 000 m<sup>3</sup>;
- c. En periodos de 7 días:
  - i. para temperaturas de agua de hasta 35 grados Celsius, mantener dicho ORP del agua de al menos 500 mV durante un periodo mínimo de 1 hora por cada grado Celsius de temperatura de agua, añadiendo agentes desinfectantes al agua;
  - ii. para temperaturas de agua mayores de 35 grados Celsius y hasta 69 grados Celsius, mantener dicho ORP del agua de al menos 500 mV durante un periodo mínimo de horas añadiendo agentes desinfectantes al agua, en el que el periodo mínimo de horas se calcula por la siguiente ecuación:  
[35 horas] - [temperatura del agua en grados Celsius - 35] = periodo mínimo de horas; y

- iii. para temperaturas de agua de 70 grados Celsius o más, mantener dicho ORP del agua de al menos 500 mV durante un periodo mínimo de 1 hora.
- d. Activar los siguientes procesos a través de un medio de coordinación (1), donde los procesos eliminan los sólidos suspendidos filtrando únicamente una pequeña fracción del volumen total de agua, reemplazando de este modo los tratamientos de agua convencionales que filtran la totalidad del volumen de agua, en el que el medio de coordinación recibe información respecto a los parámetros de calidad del agua y activa un medio de reacción química y un medio de succión móvil para ajustar dichos parámetros dentro de sus límites:
  - i. aplicando agentes oxidantes para evitar que las concentraciones de hierro y manganeso excedan 1 ppm;
  - ii. aplicando coagulantes, floculantes o una mezcla de los mismos para evitar que la turbidez exceda 5 NTU;
  - iii. succionando el flujo de agua que contiene las partículas sedimentadas, producidas por los procesos previos, con un medio de succión móvil (5) para evitar que el grosor del material sedimentado exceda 100 mm de promedio;
  - iv. filtrando el flujo succionado por el medio de succión móvil (5), con al menos un medio de filtración (3); y
  - v. devolviendo el agua filtrada a dicho al menos un medio de contención (8);
- e. Utilizar dicha agua tratada en el al menos un proceso industrial posterior;

en el que el medio de coordinación varía el flujo de agua tratada al proceso industrial posterior basándose en información tal como la tasa de productividad o de producción.

El agua tratada por el método de la invención puede proporcionarse por una fuente de agua natural, tal como océanos, agua subterránea, lagos, ríos, agua tratada o combinaciones de las mismas. El agua también puede proporcionarse por un proceso industrial en que se tratan residuos líquidos del proceso industrial de acuerdo con el método de la invención de modo que los residuos líquidos tratados pueden usarse para infiltración, irrigación u otros fines.

Se aplican agentes desinfectantes al agua mediante un medio de aplicación de agentes químicos (4), para mantener un nivel de ORP de al menos 500 mV durante un periodo mínimo de tiempo de acuerdo con la temperatura del agua, en periodos de 7 días cada vez. Los agentes desinfectantes incluyen, aunque sin limitación, ozono, productos de biguanida, agentes alguicidas y antibacterianos tales como productos de cobre; sales de hierro; alcoholes; cloro y compuestos de cloro; peróxidos; compuestos fenólicos; yodóforos; aminos cuaternarios (policuaternios) en general, tales como cloruro de benzalconio y S-triacina; ácido peracético; compuestos basados en halógeno; compuestos basados en bromo y combinaciones de los mismos.

Si la temperatura del agua es de hasta 35 grados Celsius, se mantiene un nivel de ORP de al menos 500 mV durante un periodo 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 durante un periodo mínimo de 25 horas, que puede distribuirse a lo largo del periodo de 7 días.

Si la temperatura del agua es mayor de 35 grados Celsius y de hasta 69 grados Celsius, se mantiene un nivel de ORP de al menos 500 mV durante un periodo mínimo de horas que se calcula por la siguiente ecuación:  
 $[35 \text{ horas}] - [\text{temperatura del agua en grados Celsius} - 35] = \text{periodo mínimo de horas}$

Por ejemplo, si la temperatura del agua es de 50 grados Celsius, se mantiene un nivel de ORP de al menos 500 mV durante un periodo mínimo de 20 horas ( $[35] - [50 - 35]$ ), que puede distribuirse a lo largo del periodo de 7 días.

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

Se aplican o dispersan agentes oxidantes en el agua para mantener y/o evitar que las concentraciones de hierro y manganeso excedan 1 ppm. Los agentes oxidantes adecuados incluyen, aunque sin limitación, sales de permanganato; peróxidos; ozono; persulfato de sodio; persulfato de potasio; oxidantes producidos por métodos electrolíticos, compuestos basados en halógeno y combinaciones de los mismos. En general, los agentes oxidantes se aplican o dispersan al agua mediante un medio de aplicación de agentes químicos (4).

Se aplica o dispersa un agente floculante o coagulante al agua para agregar, aglomerar, juntar y/o coagular partículas sospechosas en el agua, que después sedimentan en el fondo del medio de contención (8). En general, se aplican o dispersan agentes floculantes o coagulantes al agua mediante un medio de aplicación de agentes químicos (4). Los agentes floculantes o coagulantes adecuados incluyen, aunque sin limitación, polímeros tales como polímeros catiónicos y polímeros aniónicos; sales de aluminio, tales como clorhidrato de aluminio, alumbre y sulfato de aluminio; cuaternios y policuaternios; óxido de calcio; hidróxido de calcio; sulfato ferroso; cloruro férrico; poliácridamida; aluminato de sodio; silicato de sodio; productos naturales, tales como quitosano, gelatina, goma aguar, alginatos, semillas de moringa; derivados de almidón; y combinaciones de los mismos. La fracción de agua en que se recogen y sedimentan los flóculos en general es la capa de agua a lo largo del fondo del recipiente. Los flóculos forman un sedimento en el fondo del medio de contención (8) que después pueden retirarse por el medio de succión móvil (5) sin requerir que se filtre toda el agua en el medio de contención (8), por ejemplo, únicamente se filtra una pequeña fracción.

El medio de aplicación de agentes químicos (4) y el medio de succión móvil (5) en el método de la invención se activan puntualmente mediante un medio de coordinación (1), para ajustar los parámetros controlados dentro de sus límites. El medio de aplicación de agentes químicos (4) y el medio de succión móvil (5) se activan de acuerdo con las necesidades del sistema, que permite la aplicación de significativamente menos agentes químicos en comparación con los sistemas de tratamiento de agua convencionales, y para la filtración de una pequeña fracción del volumen total de agua, hasta 200 veces más pequeña, en comparación con los sistemas de filtración de tratamiento de agua convencionales que filtran la totalidad del volumen de agua dentro del mismo tramo de tiempo.

En el método divulgado en este documento, el medio de coordinación (1) recibe información (10) respecto a los parámetros de calidad del agua dentro de sus límites respectivos. El medio de coordinación (1) también puede recibir información, procesar esa información y activar los procesos requeridos de acuerdo con esa información, incluyendo combinaciones de los mismos. El medio de coordinación es un dispositivo informático, tal como un ordenador personal, conectado a sensores que permiten la medición de los parámetros y la activación de los procesos de acuerdo con dicha información.

El medio de coordinación (1) proporciona información (13) al medio de aplicación de agentes químicos (4) acerca de la dosificación y la adición de los agentes químicos adecuados e instrucciones para activar el medio de aplicación de agentes químicos (4) para mantener los parámetros controlados dentro de sus límites. El medio de coordinación (1) también proporciona información (11) para activar el medio de succión móvil (5). El medio de coordinación activa simultáneamente el medio de filtración (3) para filtrar el flujo succionado por el medio de succión móvil (5), filtrando únicamente una pequeña fracción del volumen completo de agua. El medio de succión móvil (5) se activa (11) por el medio de coordinación (1) para evitar que el grosor del material sedimentado exceda 100 mm. Cuando el método se usa para producir agua con fines de desalación, el medio de succión móvil (5) se activa por el medio de coordinación (1) para evitar que el grosor de material sedimentado exceda 10 mm. El medio de filtración (3) y el medio de succión móvil (5) funcionan únicamente según lo necesario para mantener los parámetros del agua con sus límites, por ejemplo, únicamente unas pocas horas al día, en oposición a los sistemas de filtración convencionales que funcionan de forma sustancialmente continua.

El medio de coordinación también recibe información acerca del agua recogida (9). Cuando la concentración de TDS es menor de o igual a 10 000 ppm, el índice de saturación de Langelier del agua debe ser menor de 3. Para la presente invención, el índice de saturación de Langelier puede mantenerse por debajo de 2 mediante el ajuste del pH, la adición de antidescalcantes o un proceso de ablandamiento del agua. Cuando la concentración de TDS es mayor de 10 000 ppm, el índice de saturación de Stiff y Davis del agua debe ser menor de 3. Para la presente invención, el índice de saturación de Stiff y Davis también puede mantenerse por debajo de 2 mediante el ajuste del pH, la adición de antidescalcantes o un proceso de ablandamiento del agua. Los antidescalcantes que pueden usarse para mantener el índice de saturación de Langelier o el índice de saturación de Stiff y Davis incluyen, aunque sin limitación, compuestos basados en fosfonato, tales como ácido fosfónico, PBTC (fosfobutano-ácido tricarbóxico), cromatos, polifosfatos de cinc, nitritos, silicatos, sustancias orgánicas, sosa cáustica, polímeros basados en ácido málico, poliacrilato de sodio, sales de sodio del ácido etilendiaminatetraacético, inhibidores de la corrosión tales como benzotriazol y combinaciones de los mismos.

El método de la invención puede incluir opcionalmente una etapa de cloración. Dicha etapa de cloración es deseable si se detecta en el agua una cantidad de cloro residual que pudiera interferir con el proceso industrial. La cloración puede realizarse añadiendo agentes químicos incluyendo, aunque sin limitación, agentes reductores tales como bisulfito de sodio o metabisulfito de sodio, usando un filtro de carbono activo, o una combinación de los mismos.

## Ejemplos

### Ejemplo 1

El método de la presente invención puede usarse como una fase de pretratamiento para los procesos de desalación de agua de mar por ósmosis inversa.

El agua de mar del océano, que tenía una concentración de sólidos disueltos totales de aproximadamente 35 000 ppm, se recogió en un medio de contención de acuerdo con la invención. El recipiente tenía un volumen de aproximadamente 45 000 m<sup>3</sup>, con un área de 22 000 m<sup>2</sup>.

La temperatura del agua en el medio de contención se midió en abril y tenía una temperatura de aproximadamente 18 °C. Como se describe en este documento, si la temperatura del agua es de 35 °C o menos, entonces se mantiene un nivel de ORP de al menos 500 mV durante un periodo mínimo de 1 hora por cada °C de temperatura del agua. Utilizando este algoritmo, se mantiene un ORP de al menos 500 mV durante 18 horas (18x1) durante la semana. La distribución fue 9 horas el lunes y 9 horas el jueves, que sumaron el total de 18 horas. Para mantener el ORP durante un periodo de 9 horas, se añadió hipoclorito de sodio al agua para alcanzar una concentración de 0,16 ppm en el agua.

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

10 Después de permitir que las bacterias, metales, algas y otros sólidos sedimentaran, se activó un medio de succión móvil antes de que el grosor de la capa de material sedimentado alcanzara 10 mm. El material sedimentado, que era el producto de los procesos del método, se succionó por un medio de succión móvil que se movía a lo largo del fondo del recipiente. El agua succionada que contenía las partículas sedimentadas entonces se bombeó hasta un filtro a través de una manguera flexible, donde se filtró a una tasa de 21 l/s.

15 Después del tratamiento, el agua tenía un pH de 7,96, una turbidez de 0,2 NTU, un índice de densidad de sedimento de 4, una concentración de hierro de menos de 0,04 ppm y una concentración de manganeso de menos de 0,01 ppm.

20 El pretratamiento del agua para procesos de desalación de agua de mar por ósmosis inversa es importante ya que los procesos de desalación por ósmosis inversa requieren agua de alta calidad para evitar el taponamiento e incrustación de las membranas. La columna 2 de la tabla 1 a continuación muestra los parámetros de calidad del agua requeridos por los fabricantes de membranas. La columna 3 de la tabla 1 muestra los valores para agua tratada obtenida por el método de la presente invención y demuestra que el valor para cada parámetro está dentro del intervalo 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

25 La cantidad de agentes químicos aplicados en el método de la invención para proporcionar el agua tratada fue significativamente menor que para las tecnologías de pretratamiento convencionales. Los requisitos energéticos también fueron inferiores en comparación con las tecnologías de pretratamiento convencionales ya que la presente invención únicamente filtra una pequeña cantidad del volumen total de agua dentro de un tramo de tiempo dado y no requiere microfiltración, ultrafiltración o nanofiltración, que tienen consumos energéticos muy elevados.

**Ejemplo 2**

35 El método de la presente invención puede usarse para tratar el agua para su uso en la industria de acuicultura, incluyendo el uso como agua de acondicionamiento para la inoculación de microalgas.

40 Un tanque de 1 hectárea de superficie y una profundidad de 1,5 metros se usa como medio de contención para el agua. El agua en primer lugar se trata en el tanque y después se envía a los estanques de canalización donde se están cultivando las microalgas.

**Ejemplo 3**

El método de la presente invención puede usarse para tratar y mantener agua para la industria de agua potable.

45 Se recogió agua de deshielo o agua de otras fuentes de agua naturales que tienen las propiedades requeridas de agua potable. El agua recogida se mantuvo dentro de un medio de contención que tiene un fondo que puede limpiarse minuciosamente de acuerdo con el método de la invención. Como el agua cumplía los requisitos de agua potable, no hubo necesidad de aplicar un postratamiento en una planta de agua potable, por lo tanto, reduciendo la cantidad de subproductos producidos por dicha planta.

50 La temperatura del agua en el medio de contención fue de 12 °C. Se mantuvo un ORP de al menos 500 mV durante 12 horas (12 x 1) dentro de un periodo de 7 días. Se mantuvo un ORP de 600 mV durante 6 horas el martes y durante 6 horas el viernes, completando de este modo las 12 horas necesarias. Para mantener dicho ORP, se añadió bromuro de sodio al agua para alcanzar una concentración de 0,134 ppm en el agua. No se necesitó una etapa de oxidación adicional, ya que el bromuro de sodio tenía suficiente potencial de oxidorreducción para oxidar el hierro y el magnesio. Antes de que la turbidez alcanzara un valor de 5 NTU, se inyectó Crystal Clear®, un floculante,

en el agua para obtener una concentración de 0,08 ppm en el agua. La adición del floculante se repitió cada 48 horas.

5 El método de la invención minimizó los subproductos y proporcionó agua que tiene los siguientes productos de desinfección secundarios:

Tabla 2

Producto	Unidad	Valor obtenido usando la presente invención	NCh 409 de 2005 oficial
Monocloraminas	mg/l	<0,1	3
Dibromoclorometano	mg/l	<0,005	0,1
Diclorobromometano	mg/l	No detectado	0,06
Tribromometano	mg/l	0,037	0,1
Triclorometano	mg/l	No detectado	0,2
Trihalometanos	mg/l	<1	1

10 Los datos de la tabla 2 muestran que el agua mantenida por el método de la invención tenía propiedades de agua potable, y no tenía que someterse a tratamiento en una planta de agua potable.

**Ejemplo 4**

15 El método de la presente invención puede usarse para industrias de agua residual.

El agua residual se mantuvo en un tanque que tiene un fondo cubierto con un revestimiento de plástico para evitar la filtración y para permitir el succionado minucioso del material sedimentado por el dispositivo de succión móvil que se movía por el fondo del tanque.

20 Como agente desinfectante, se añadió hipoclorito de sodio al agua para alcanzar una concentración de 0,16 ppm. No fue necesaria una etapa de oxidación adicional ya que el hipoclorito de sodio tiene suficiente potencial de oxidorreducción para oxidar el hierro y el magnesio. Se inyectó Crystal Clear®, un floculante, en el agua ya que el agua tenía un alto nivel de turbidez de 25 NTU antes del primer tratamiento. El floculante se inyectó en el agua hasta que se consiguió una concentración de 0,09 ppm en el tanque. La adición del floculante se repitió cada 24 horas.

25 Se activó un carro de succión mediante el medio de coordinación para succionar el material sedimentado en el fondo del tanque. El carro de succión funcionó durante 12 horas en el primer día. Después del primer día, el carro de succión funcionó únicamente 8 horas al día.

30 La calidad del agua antes y después del tratamiento de acuerdo con el método de la invención se muestra a continuación en la tabla 3.

Tabla 3

Parámetro	Unidad	Valor antes del tratamiento	Valor después del tratamiento
Turbidez	NTU	25	0,8
Olor	-	Apreciable, desagradable	Sin olor
Color	-	Marrón claro	Sin color-Alta claridad
Espuma, grasa y partículas suspendidas	-	Algo de espuma suspendida	Sin espuma o aceites suspendidos

35 **Ejemplo 5**

El método de la presente invención puede usarse para tratar y mantener agua en estaciones de bombeo usadas para muchos fines, tales como fines de minería. Un tanque intermedio en una estación de bombeo contiene agua de mar en el 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 periodo de tiempo y las microalgas y otros microorganismos empiezan a crecer en el tanque creando bioincrustación que se adhiere a las paredes del tanque y las tuberías, reduciendo el área transversal y generando diversos problemas que afectan al flujo de agua en el tanque y las tuberías. El método de la presente invención se aplica al tanque intermedio, tratando el agua almacenada en el tanque intermedio y manteniendo el agua minimizando la bioincrustación a bajos costes.

45 **Ejemplo 6**

50 El método de la presente invención puede usarse para tratar residuos líquidos industriales que se producen como subproductos de diversos procesos. Como un producto de un proceso de minería, se genera un residuo líquido industrial. El residuo líquido se trata en una planta que comprende un proceso de sedimentación, filtros de arena, filtros de carbono, ultrafiltración y osmosis inversa. Dos productos, un permeado y productos rechazados, se crean



mediante este tratamiento. El permeado entonces se usa con fines de irrigación, y los productos rechazados/agua se envían a la planta de flotación por aire disuelto (DAF) que reduce el contenido de azufre del agua de 500 ppm a 1 ppm. Después del tratamiento DAF, el agua se envía a estanques de evaporación.

- 5 Surgió un problema en una planta DAF donde el agua con alto contenido de azufre estaba alcanzando los estanques de evaporación de evaporación causando que los estanques tuvieran un olor desagradable debido al sulfuro de hidrógeno en el agua. El sulfuro de hidrógeno en concentraciones de menos de 1 ppm es perceptible como un olor a huevo podrido, desagradable para los vecinos locales del estanque de evaporación. El método de la presente invención se aplicó a los estanques de evaporación para reducir el olor desagradable producido por el sulfuro de hidrógeno, aplicando bromuro de sodio como un oxidante para alcanzar una concentración de 0,134 ppm en el agua y manteniendo un nivel de ORP de 600 mV durante un periodo de 20 horas a la semana.
- 10

## REIVINDICACIONES

1. Método para tratar agua a bajo coste, en el que el método purifica el agua y elimina los sólidos suspendidos en el agua filtrando una pequeña fracción del volumen total de agua, comprendiendo el método:

a. Recoger agua con una concentración de sólidos disueltos totales (TDS) de hasta 60 000 ppm;

b. Almacenar dicha agua en al menos un medio de contención (8), donde dicho medio de contención (8) tiene un fondo (17) que puede limpiarse minuciosamente mediante un medio de succión móvil (5) y en el que dicho medio de contención tiene un volumen de al menos 15 000 m<sup>3</sup>;

c. En periodos de 7 días:

i. Para temperaturas de agua de hasta 35 grados Celsius, mantener dicho ORP del agua de al menos 500 mV durante un periodo mínimo de 1 hora por cada grado Celsius de temperatura de agua, añadiendo agentes desinfectantes al agua;

ii. Para temperaturas del agua mayores de 35 grados Celsius y hasta 69 grados Celsius, mantener dicho ORP del agua de al menos 500 mV durante un periodo mínimo de horas añadiendo agentes desinfectantes al agua, en el que el periodo mínimo de horas se calcula por la siguiente ecuación: [35 horas] - [temperatura del agua en grados Celsius - 35] = periodo mínimo de horas; y

iii. Para temperaturas del agua de 70 grados Celsius o más, mantener el ORP del agua de al menos 500 mV durante un periodo mínimo de 1 hora;

d. Activar los siguientes procesos mediante un medio de coordinación (1), donde los procesos purifican el agua y eliminan los sólidos suspendidos filtrando únicamente una pequeña fracción del volumen total de agua, en el que el medio de coordinación recibe información respecto a parámetros de calidad del agua y activa un medio de aplicación de agentes químicos y un medio de succión móvil para ajustar dichos parámetros dentro de sus límites:

i. Aplicando agentes oxidantes para evitar que las concentraciones de hierro y manganeso excedan 1 ppm;

ii. Aplicando coagulantes, floculantes o una mezcla de los mismos para evitar que la turbidez exceda 5 NTU;

iii. Succionando el flujo de agua que contiene las partículas sedimentadas, producidas por los procesos previos, con un medio de succión móvil para evitar que el grosor del material sedimentado exceda 100 mm de promedio;

iv. Filtrando el flujo succionado por el medio de succión móvil, con al menos un medio de filtración; y

v. Devolviendo el agua filtrada a dicho al menos un medio de contención;

e. Utilizar dicha agua tratada en al menos un proceso industrial posterior;

en el que el medio de coordinación varía el flujo de agua tratada al proceso industrial posterior basándose en la información (12) tal como una tasa de productividad o de producción.

2. Método para tratar agua a bajo coste, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que:

a. si el agua recogida en la fase a) tiene una concentración de sólidos disueltos totales de menos de o igual a 10 000 ppm, el índice de saturación Langelier debe ser de menos de 3; o

b. si el agua recogida en la fase a) tiene una concentración de sólidos disueltos totales mayor de 10 000 ppm, el índice de saturación Stiff y Davis debe ser menor de 3.

3. Método para tratar agua a bajo coste, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el índice de saturación Langelier o índice de saturación Stiff y Davis se mantiene por debajo de 2 mediante un proceso seleccionado de ajuste del pH, adición de antidescamantes o un proceso de ablandamiento del agua.

4. Método para tratar agua a bajo coste, de acuerdo con la reivindicación 3, en el que los antiincrustantes comprenden ácido fosfónico, PBTC (fosfobutano-ácido tricarbóxico), cromatos, polifosfatos de cinc, nitritos, silicatos, sustancias orgánicas, sosa caustica, polímeros basados en ácido málico, poliacrilato de sodio, sales de sodio del ácido etilendiaminatetraacético, benzotriazol o una combinación de los mismos.

5. Método para tratar agua a bajo coste, de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que los agentes desinfectantes comprenden ozono, productos de biguanida, compuestos basados en bromo, compuestos basados en halógenos o una combinación de los mismos.

6. Método para tratar agua a bajo coste, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la información recibida por el medio de coordinación se obtiene por inspección visual, algoritmos basados en la experiencia, por detectores electrónicos o combinaciones de los mismos.

- 5 7. Método para tratar agua a bajo coste, de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que los agentes oxidantes comprenden compuestos basados en halógeno; sales de permanganato; peróxidos; ozono; persulfato de sodio; persulfato de potasio; oxidantes producidos por métodos electrolíticos o una combinación de los mismos.
- 10 8. Método para tratar agua a bajo coste, de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que los agentes floculantes o coagulantes comprenden polímeros, tales como polímeros catiónicos y polímeros aniónicos; sales de aluminio; cuaternios y policuaternios; óxido de calcio; hidróxido de calcio; sulfato ferroso; cloruro férrico; poliacrilamida; aluminato de sodio; silicato de sodio; quitosano; gelatina; goma guar; alginatos; semillas de moringa; derivados de almidón o una combinación de los mismos.
- 15 9. Método para tratar agua a bajo coste, de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que se realiza una etapa de decoloración si se detecta cloro residual, comprendiendo la etapa de decoloración un filtro de carbono activo o agentes químicos que comprenden bisulfito de sodio, metabisulfito de sodio o una combinación de los mismos.
- 20 10. Método para tratar agua a bajo coste, de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el agua recogida en la etapa a) es un residuo líquido de un proceso industrial y en el que el al menos un proceso industrial posterior comprende infiltración o irrigación.
- 25 11. Método para tratar agua a bajo coste, de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el agua recogida en la etapa a) es agua tratada.
- 30 12. Método para tratar agua a bajo coste, de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el al menos un proceso posterior se selecciona de procesos de desalación, procesos de evaporación, cultivo de algas, procesos de acuicultura, minería y procesos de purificación.
13. Método para tratar agua a bajo coste, de acuerdo con una cualquiera de la reivindicación 12, en el que, si el método se usa para tratar agua con fines de desalación, el medio de succión móvil se activa mediante el medio de coordinación para evitar que el grosor del material sedimentado exceda de 10 mm.

Figura 1

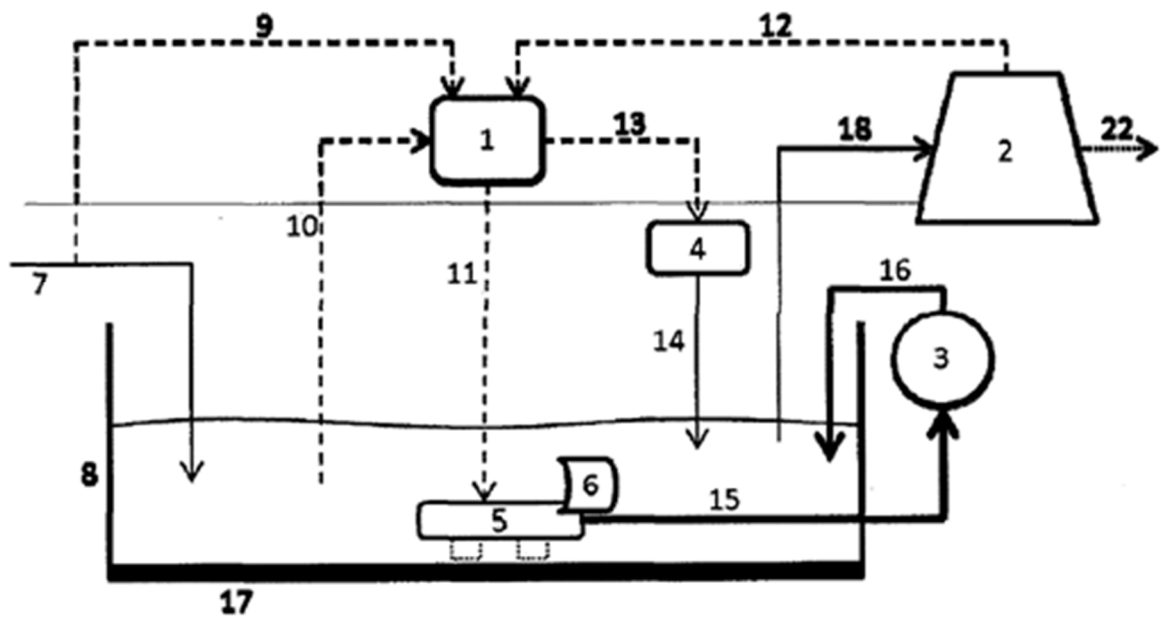


Figura 2

