



ESPAÑA

DESCRIPCIÓN

Dispositivo y procedimiento de desalación de salmueras procedentes de desaladoras de aguas salobres con un disolvente miscible con el agua.

Campo de la invención

La presente invención se refiere a un dispositivo y a un procedimiento para la desalación de salmueras, preferiblemente procedentes de desaladoras de aguas salobres utilizando para ello al menos un disolvente miscible con el agua, preferiblemente etanol, metanol, acetona o acetonitrilo y más preferiblemente bioetanol procedente de la fermentación de materia orgánica, con el objetivo de eliminar las emisiones de salmuera de este tipo de plantas y por tanto reducir su impacto ambiental a cero. La utilización del residuo de bioetanol como fuente energética para producir las demandas del proceso y el hecho que este provenga de una fuente renovable, eliminan el otro impacto negativo que tienen estas plantas y ayuda al cumplimiento de los objetivos sobre la sustitución de combustibles fósiles por los procedentes de fuentes renovables, encontrando nuevos usos para este tipo de combustibles.

Antecedentes de la invención

El problema de la escasez de agua dulce en las poblaciones es un problema cada vez más acuciante, sobre todo en algunos países como España, en donde las precipitaciones son escasas. La evidencia cada vez más incontestable de un cambio climático a nivel global acentúa este problema, y por lo tanto convierte la provisión de soluciones para la obtención de agua dulce en una prioridad de primer orden.

Una de las soluciones existentes para la provisión de agua dulce son las desaladoras que obtienen agua dulce a partir de manantiales o acuíferos de aguas salobres. Este proceso produce un residuo que ha de eliminarse y que se denomina salmuera, que en la actualidad se están devolviendo al mar o al reservorio natural del que procede, generando un importante impacto ambiental. Sin embargo, las desaladoras de aguas salobres tienen dos graves problemas:

a) Tienen que depurar aguas que son muy ricas en sales (sulfatos, carbonatos, bicarbonatos, nitratos...) de cationes divalentes (Ca, Mg, Ba...). Estas sales precipitan fácilmente durante el proceso de ósmosis si se intentan concentrar demasiado, con lo que el rendimiento de este proceso es menor de lo que sería esperable para evitar que se deterioren las membranas. El proceso de concentración debe detenerse con 30 g/l de sólidos totales cuando en agua de mar se llega fácilmente a 60 y obliga a añadir sustancias que eviten la precipitación;

b) Al estar situadas en el interior, la evacuación de la salmuera es complicada, ya que implica la construcción de costosos salmueroductos o a reintegrarla al acuífero, lo que conduce a su agotamiento. Este factor es a veces el factor limitante para hacer desaladoras.

Un balance de masas para una desaladora de agua salobre típica podría ser el siguiente:

- Entrada: 23.000 m³/día de agua salobre que contiene 368 Tm. de sales;
- Salida: 14.960 m³/día de agua dulce que contiene 7 Tm. de sal, más 8.040 m³/día de salmuera que contiene 361 Tm. de sales.

En la actualidad, estos 8.040 m³/día de la salmuera resultante del proceso se vierte al mar, a través de una costosa conducción, lo que da lugar a un impacto ambiental negativo, ya que a pesar de tener menos salinidad que el agua de mar, tiene una composición en sales muy distinta a la del mar.

Sería deseable la existencia de una instalación y un proceso que resolviera el problema de qué hacer con las salmueras procedentes de la desalación de las aguas salobres, obteniendo de ellas productos con valor comercial y evitara el impacto ambiental que en este momento tiene.

Por otro lado, existen fábricas para obtención de etanol a partir de la fermentación de materia orgánica rica en hidratos de carbono (que se conoce, debido a su origen, como "bioetanol"). Si bien estos procedimientos dan lugar a un combustible renovable, y por tanto deseable desde el punto de vista medioambiental, sin embargo en su obtención se produce un consumo de energía que a veces puede ser superior a la que se obtiene de su utilización y que supone el lado indeseable del proceso, no habiéndose desarrollado hasta este momento sistemas eficientes para su uso, lo que puede comprometer el desarrollo de estos sistemas. Por tanto, para optimizar la rentabilidad medioambiental del uso de este biocombustible, resulta imprescindible aprovechar al máximo su capacidad energética.

La presente invención viene a proporcionar una solución a ambos problemas simultáneamente mediante la provisión de una planta de desalación de salmueras de aguas salobres que transforma éstas en agua dulce, evitando por completo los vertidos. Este proceso se realiza mediante el tratamiento de la salmuera procedente de la desalación con al menos un disolvente C₁-C₅ miscible con el agua, preferiblemente etanol, metanol, acetona, o acetonitrilo, y más preferiblemente bioetanol, o mezclas de los mismos en cualquier proporción. El residuo de disolvente consumido en

este proceso se utiliza para producir la energía térmica y eléctrica que se consume en el mismo, consiguiendo aprovechar casi el 100% de la energía que tiene la molécula. Además, el procedimiento permite recuperar el agua producida durante la combustión del disolvente, incrementando la eficiencia del sistema.

5 El etanol ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH}$) es una molécula que tras su combustión completa (+3 moléculas de O_2) produce 3 moléculas de H_2O y 2 de CO_2 . En la presente invención se pretende aprovechar todo: energía y agua; el CO_2 que se vierte a la atmósfera, al proceder de una fuente renovable, es menos dañino. En todo el proceso se recuperará la energía térmica que se vaya generando en los distintos procesos mediante intercambiadores de calor, fundamentalmente en las fases de generación y destilaciones. Así, el etanol sirve para precipitar las sales, producir energía térmica y eléctrica y
10 producir agua.

En consecuencia, un primer aspecto de la invención se refiere a un procedimiento para la desalación de aguas salobres de acuerdo con la reivindicación 1.

15 Un segundo aspecto de la invención se refiere a un dispositivo o instalación de desalación de salmueras procedentes de aguas salobres tal como se define en la reivindicación 12.

Mediante esta instalación y procedimiento conseguimos las siguientes ventajas:

- 20 - eliminar cualquier tipo de vertido procedente de las desalinizadoras de aguas salobres y reducir así enormemente el impacto ambiental de la desalación;
- aumentar el rendimiento de obtención de agua dulce, hasta el 120% de la salmuera tratada, al aprovechar incluso el agua producida durante la combustión del bioetanol;
- 25 - valorizar el residuo de la desalación, obteniendo sales con un valor comercial,
- reducir las emisiones de CO_2 a nivel global, y
- 30 - aprovechar toda la energía de la molécula de bioetanol en forma de energía eléctrica (del orden del 35%) y energía calorífica (del orden del 65%), rentabilizando energéticamente el proceso.

Figuras

35 En la Figura 1 se aprecia el esquema general de funcionamiento del procedimiento e instalación para la desalación de aguas salobres de la invención. Nótese que el proceso de la invención empieza con la salmuera, no con la desaladora.

Descripción detallada de la invención

40 En general, los disolventes utilizables en el aparato y procedimiento de la invención (denominados en la presente memoria “el disolvente” de manera genérica) serán todos aquellos disolventes que tengan en su molécula un número de átomos de carbono inferior o igual a 5 (es decir, $\text{C}_1\text{-C}_5$) y que sean miscibles con el agua, o mezclas de los mismos. Estos disolventes preferiblemente se seleccionan del grupo que consiste en etanol, metanol, acetona o acetonitrilo o
45 sus mezclas en cualquier proporción, más preferiblemente es el etanol, y el más preferible es el etanol obtenido de la fermentación de materia orgánica o “bioetanol”.

Una realización preferida de la instalación para la desalación de salmueras procedente de una planta desaladora de aguas salobres según la invención comprende las siguiente etapas:

- 50 a) Entrada de alimentación de salmuera procedente de las desaladoras. En el presente ejemplo, esta salmuera tiene un contenido en sales aproximado de 30 g/l.
- b) Depósito de disolvente
- 55 c) Mezclador de disolvente-salmuera con depósito de decantación
- d) Tubería de suministro de mezcla disolvente-salmuera
- 60 e) Filtración de sales precipitadas
- f) Tubería de suministro de disolvente-salmuera (parcialmente desalada en la etapa f)
- g) Destilación del disolvente
- 65 h) Tubería de suministro de disolvente destilado
- i) Ósmosis

- j) Agua con sales procedentes del proceso de ósmosis
- k) Agua pura procedente del proceso de ósmosis
- 5 l) Tubería de suministro de agua pura
- m) Depósito de agua pura.
- n) Generación de energía a partir del disolvente
- 10 o) Condensación del agua producida en la combustión del disolvente

Y el procedimiento para desalación de aguas salobres de la invención por tanto es el siguiente (Figura 1):

15 En primer lugar, la salmuera procedente de la desaladora se recibe en (1). Esta salmuera tiene un contenido aproximado en sales, en la presente realización, de 30 g/l. A la salmuera se añade, procedente del depósito (2), la cantidad adecuada de disolvente para formar una mezcla de 9:1 a 1:4 de salmuera:disolvente. Esta mezcla pasa por el mezclador (3) más un depósito decantador y luego por la tubería (4) hasta llegar al depósito decantador y al sistema de filtración (5), en donde se retienen las sales que han precipitado a consecuencia de la adición del disolvente a la salmuera. Estas sales son fundamentalmente sulfatos, carbonatos, bicarbonatos y nitratos, mayoritariamente de cationes divalentes y su precipitación puede realizarse de forma fraccionada si se desea; para ello se juega con las proporciones de salmuera:disolvente que puede ir de 9:1 a 1:4 según los objetivos y las sales disueltas. Esta etapa de filtración puede hacerse por distintos medios filtrantes, tales como un filtro de tambor, de discos o un hidrociclón, entre otros. A continuación, la mezcla de salmuera y disolvente (parcialmente desalada) continúa por la tubería (6) hasta la etapa de destilación (7a). La destilación en esta etapa se realiza a vacío, a una presión de 175 mbar y 50°C. En esta etapa se separan por destilación el disolvente, que sigue por la tubería (8), y el agua con las sales remanentes, que sigue por la tubería (9). La aportación de energía calorífica a esta etapa de destilación (7 a) puede hacerse por el calor generado en la planta de combustión del disolvente (15), como se verá más adelante. Por lo tanto, a consecuencia de la etapa de destilación (7a) se obtiene un disolvente que pasa por la tubería (8) y puede ir o bien a alimentar el depósito de disolvente (2), con lo que se recupera el disolvente de vuelta para iniciar de nuevo el proceso de desalación, o bien se alimenta a la planta de combustión de disolvente (15), o bien se reparte entre ambos procesos en cualquier proporción, según convenga. Por otro lado, de la etapa de destilación (7a) se obtiene también una cantidad de agua que aún lleva disueltas algunas sales no precipitadas en el paso anterior; en el ejemplo, 15 g/l, fundamentalmente de cloruros y sales de cationes monovalentes. Este agua se conduce por la tubería (9) hasta la etapa de ósmosis inversa (10) de la que se obtiene:

- una cantidad de agua sustancialmente pura, que aproximadamente supone hasta el 75% de la cantidad del agua que entra en la etapa de ósmosis inversa (10), y que se conduce a través de la tubería (12) hasta un depósito de agua pura (14); y
- una cantidad de agua enriquecida en sales, que aproximadamente supone hasta el 25% de la cantidad de agua que entra en la etapa de ósmosis inversa, que contiene aproximadamente 60 g/l (10), y que se conduce a través de la tubería (11) hasta una nueva etapa de destilación (7b).

45 La realización este nuevo proceso de destilación (7b) del agua con sales da lugar a una segunda etapa de recogida de sales, fundamentalmente cloruros, y a una nueva obtención de agua destilada, que se aporta al depósito de agua pura (14) mediante la tubería (13). De igual forma que en la etapa de destilación (7a), en la etapa de destilación (7b) el calor para la destilación puede obtenerse de la combustión del disolvente que se realiza en la etapa (15).

50 Una característica opcional de la presente invención es que las etapas (7a) y (10) son intercambiables, de manera que la etapa de destilación (7a) puede realizarse a continuación de la etapa de ósmosis inversa (10), siempre en función de las características químicas del agua y del tipo de membrana de ósmosis utilizada en cada caso.

55 Por último, en la etapa (15) se realiza la combustión del disolvente procedente de la tubería (8), y que proviene en mayor o menor proporción de la etapa de destilación ocurrida en (7a). En esta etapa de combustión se quema el disolvente, obteniéndose como subproductos de la combustión agua pura (que se dirige asimismo preferiblemente al depósito de acumulación de agua pura (14)), electricidad (que puede encaminarse a otros canales para su venta), y calor (que puede utilizarse en las etapas de destilación (7a) y (7b)). Esta etapa de combustión del disolvente puede realizarse por cualquier medio conocido en la técnica para llevar a cabo este tipo de combustiones, tal como una caldera de combustión.

65 La distribución del disolvente producido en la etapa de destilación (7a), y que sale por la tubería (8), puede realizarse en cualquier proporción, según los intereses y conveniencia del proceso. Por ejemplo, si lo que se desea es conservar la mayor parte posible del disolvente para su recirculación al proceso de desalación, la salida de disolvente de la etapa (7a) se dirigirá mayoritariamente al depósito (2). Si, por el contrario, no es necesario conservar el disolvente ya que hay un suministro de disolvente externo suficiente (por ejemplo, procedente de una planta de obtención de bioetanol), puede desviarse parte o todo el disolvente procedente de la etapa de destilación (7a) a la planta de combustión (15),

ES 2 340 452 A1

obteniéndose en ella calor, electricidad y una cantidad adicional de agua pura procedente de la propia combustión del disolvente. De esta manera puede maximizarse, en caso necesario, la producción de agua pura, de tal manera que para una cantidad de salmuera de 12.000 m³/día puede obtenerse una cantidad de agua pura de hasta unos 24.000 m³/día.

En el procedimiento y dispositivo de la invención, la salmuera puede provenir de alimentaciones procedentes de plantas industriales, con altos contenidos en sales de cationes divalentes, susceptibles de ser depuradas por este proceso, o bien de soluciones con altos contenidos en sales de cationes divalentes, susceptibles de ser precipitadas y aprovechadas por este proceso. Sin embargo, preferiblemente provienen de desaladoras de cualquier tipo y lo más preferiblemente de desaladoras de aguas salobres.

En resumen, gracias a la invención, a partir del suministro de agua salobre procedente de planta desaladora, y sin más adición de productos que la de un aporte de disolvente tal como el etanol, cuya cantidad puede elegirse a voluntad según conveniencia, se obtienen las ventajas ya citadas de la invención, a saber: eliminar cualquier tipo de vertido procedente de las desaladoras, reduciendo así enormemente el impacto ambiental de la desalación; aumentar el rendimiento de obtención de agua dulce; y valorizar el residuo de la desalación, obteniendo sales con un valor comercial. Por otro lado, según se elija la proporción de disolvente que se distribuye entre la recirculación al proceso o la combustión, obtenemos, respectivamente:

- una auto-alimentación del disolvente al circuito, de manera que no hay un consumo neto de este producto, o bien,
- si existe un suministro externo de disolvente conveniente tal como el procedente de una planta de producción de bioetanol, una producción adicional de:
 - o energía eléctrica, que se puede comercializar;
 - o energía calorífica, que se puede utilizar en las etapas de destilación del proceso, reduciendo así el consumo de energía eléctrica en la planta; y
 - o agua pura, añadiéndose a la ya producida en las otras etapas del proceso.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para desalar salmueras que comprende las etapas de:

- a) añadir a una alimentación (1) de salmuera la cantidad de al menos un disolvente C₁-C₅ miscible con el agua necesaria para formar una mezcla de salmuera:disolvente en el intervalo de 9:1 a 1:4;
- b) hacer pasar la mezcla salmuera:disolvente por un mezclador/decantador (3);
- c) filtrar la mezcla de salmuera:disolvente procedente del mezclador/decantador (3) por unos medios de filtración (5), por los que se recogen las sales que han precipitado a consecuencia de la adición del disolvente, obteniéndose una corriente líquida (6) que contiene una mezcla de disolvente y agua con las sales que permanecen en disolución;
- d) destilar la mezcla de disolvente y agua con las sales que permanecen en disolución (6) resultante de la etapa (c) en una etapa de destilación (7a), obteniéndose una corriente de disolvente (8) y una corriente de agua con las sales que permanecen en disolución (9);
- e) someter la corriente de agua con las sales que permanecen en disolución (9) procedente de la etapa (d) a una etapa de ósmosis inversa (10), obteniéndose una corriente de agua sustancialmente pura (12) que se conduce hasta un depósito de agua sustancialmente pura (14) y una corriente de agua enriquecida en sales (11) que se conduce hasta una segunda etapa de destilación (7b);
- f) someter la corriente de agua enriquecida en sales (11) procedente de la etapa (e) a una segunda etapa de destilación (7b), por la que se recogen las sales precipitadas a consecuencia de la destilación, obteniéndose una segunda corriente de agua destilada (13) que se conduce a un depósito de agua pura (14).

2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el disolvente destilado (8) procedente de la etapa de destilación (7a) se dirige o bien a realimentar el depósito de disolvente (2), con lo que se recupera el disolvente de vuelta para iniciar de nuevo el proceso de desalación, o bien se alimenta a una etapa de combustión de disolvente (15), o bien se reparte entre ambos procesos en cualquier proporción.

3. El procedimiento de la reivindicación 1 ó 2, en el que el disolvente destilado (8) procedente de la etapa de destilación (7a) se quema en la etapa (15), obteniéndose como productos de la combustión agua sustancialmente pura que se conduce al depósito de agua pura (14), electricidad y calor.

4. El procedimiento según la reivindicación 2, en el que el calor generado en la combustión del disolvente se transmite a al menos una de las etapas de destilación (7a) o (7b) para su utilización en las mismas.

5. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 2-4, en el que el agua sustancialmente pura obtenida de la etapa de destilación (7b), de la etapa de ósmosis inversa (12) o de la etapa de combustión de disolvente (15) se conduce hacia el depósito de acumulación de agua pura (14).

6. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la filtración por los medios de filtración (5) se realiza a través de un filtro de tambor, de discos o un hidrociclón.

7. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores que incluye la etapa adicional de precipitar de forma selectiva las sales retenidas en los medios de filtración (5).

8. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que las etapas de destilación (7a) y de ósmosis inversa (10) están intercambiadas.

9. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el al menos un disolvente C₁-C₅ miscible con el agua se selecciona del grupo que consiste en etanol, metanol, acetona, acetonitrilo y mezclas de los mismos en cualquier proporción.

10. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1-9 anteriores, en el que el disolvente es bioetanol.

11. Dispositivo para la puesta en práctica del procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 1-10 anteriores, que comprende:

- a) una entrada (1) para la alimentación a base de salmueras procedentes de plantas desaladoras de aguas salobres;
- b) un depósito (2) para el disolvente;

ES 2 340 452 A1

- c) un mezclador/decantador (3) para mezclar el disolvente con la alimentación de salmueras más un depósito para la decantación de sales precipitadas;
- d) unos medios de filtración (5) para filtrar y separar las sales precipitadas como consecuencia de la adición de disolvente a la salmuera;
- e) unos primeros medios de destilación (7a) para destilar la mezcla de disolvente y agua con la sales que permanecen en disolución (6) obteniéndose una corriente de disolvente (8) y una corriente de agua con sales que permanecen en disolución (9);
- f) unos medios de ósmosis inversa (10) para realizar la ósmosis inversa del agua con las sales que permanecen en disolución (9) procedente de los medios de destilación (7a), dando lugar a una corriente de agua sustancialmente pura (12) y una corriente de agua enriquecida en sales (11);
- g) unos segundos medios de destilación (7b) para destilar la corriente de agua enriquecida en sales (11) procedente de los medios ósmosis inversa (10), obteniéndose una corriente de agua destilada (13) y separándose una segunda cantidad de sales precipitadas a consecuencia de la destilación; y
- h) un depósito de agua sustancialmente pura (14).

12. Dispositivo según la reivindicación 11 anterior, que comprende además unos medios de combustión de disolvente (15) para quemar al menos parte del disolvente procedente de los primeros medios de destilación (7a).

13. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 11 ó 12, que comprende medios para repartir la corriente de disolvente (8) obtenida en los primeros medios de destilación (7a) o bien a unos medios de combustión de disolvente (15), o bien de vuelta al depósito de disolvente (2), o bien entre ambos en cualquier proporción.

14. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 11-13 anteriores, en el que los medios de filtración (5) son un filtro de tambor, de discos o un hidrociclón.

15. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 11-14 anteriores, en el que los medios de combustión de disolvente (15) son una caldera o turbina de combustión de disolvente.

16. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 11-15 anteriores, en el que las etapas (7a) y (10) son intercambiables.

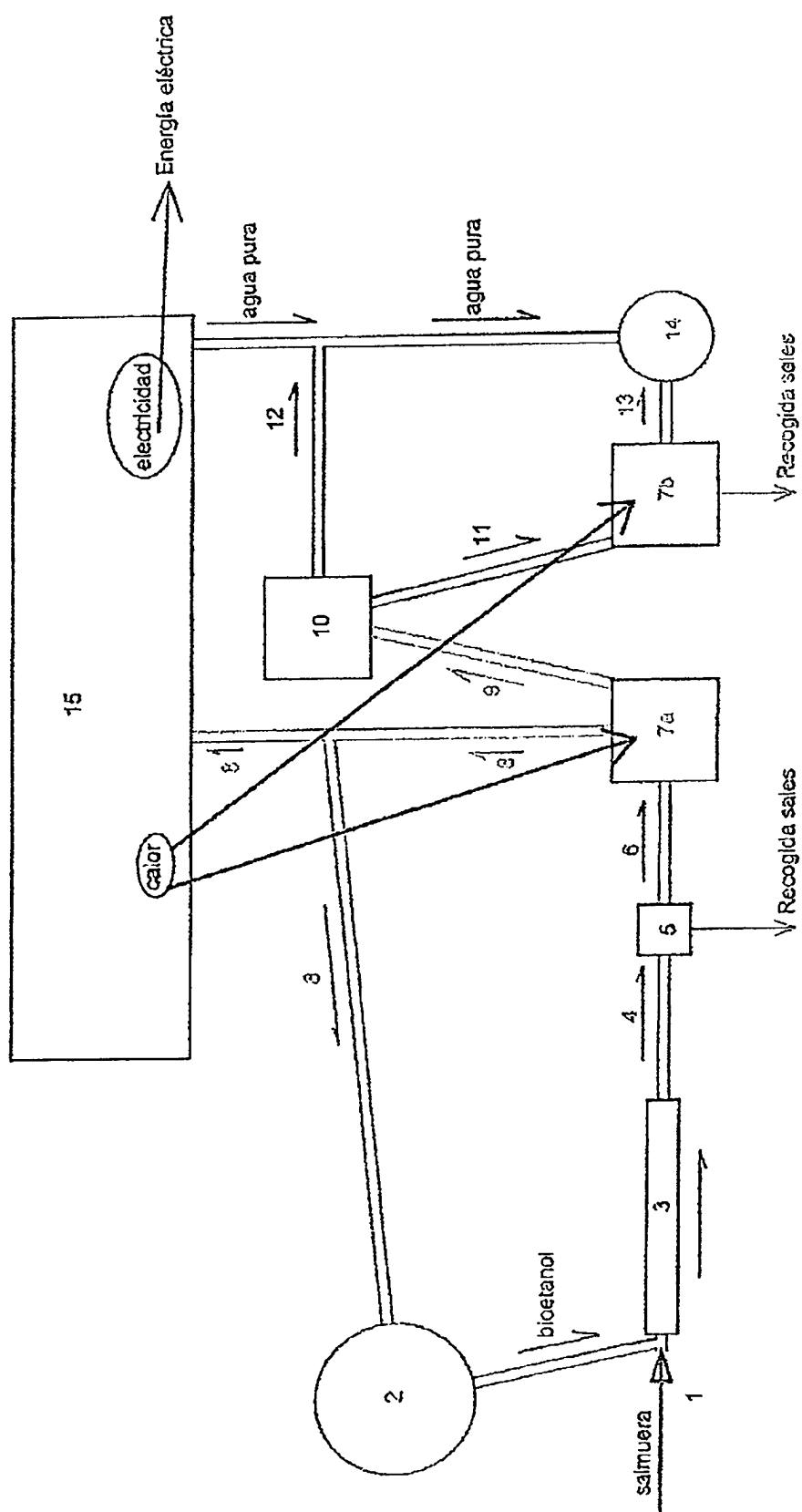


FIGURA 1



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ ES 2 340 452

⑫ Nº de solicitud: 200701548

⑬ Fecha de presentación de la solicitud: 05.06.2007

⑭ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑮ Int. Cl.: Ver hoja adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑯ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	WO 2007002148 A2 (WATER STANDARD COMPANY LLC; GORDON ANDREW W) 04.01.2007, página 4, líneas 2-5; página 7, líneas 23-28; página 9, líneas 7-8; reivindicaciones 1,6,8,9,16.	1-16
X	ES 2081682 T3 (ENVILACK GMBH) 01.03.1996, columna 1, línea 36 - columna 2, línea 1; columna 2, línea 39 - columna 4, línea 49; figura.	1-16
X	ES 2109570 T3 (BASF CORP) 16.01.1998, página 2, línea 5,42-46; página 3, línea 58 - página 4, línea 7; figura 1.	1-16
X	US 4134732 A (JACKSON ROBERT) 16.01.1979, columna 2, línea 52 - columna 5, línea 9; reivindicaciones.	1-16
X	GB 1117380 A (KALI FORSCHUNGSINSTITUT SONDER) 19.06.1968, página 4, líneas 4-66; figura 2.	1-16
X	US 4673484 A (BABCOCK et al.) 16.06.1987, columna 3, líneas 33-39; columna 5, líneas 41-45; columna 7, línea 62 - columna 8, línea 29; columna 10, líneas 14-17; figuras 1,3.	1-16

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

19.05.2010

Examinador

I. Ramos Asensio

Página

1/2

CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

C02F 9/00 (2006.01)

C02F 1/52 (2006.01)

C02F 1/04 (2006.01)

C02F 1/44 (2006.01)

C02F 1/16 (2006.01)