



PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 814 028**

② Número de solicitud: 201930824

③ Int. Cl.:

**C02F1/44** (2006.01)

**C02F1/461** (2006.01)

**B01D 61/06** (2006.01)



SOLICITUD DE PATENTE

A1

④ Fecha de presentación:

**24.09.2019**

⑤ Fecha de publicación de la solicitud:

**25.03.2021**

⑥ Solicitantes:

**ACCIONA AGUA, S.A. (100.0%)**  
**Av. de les Garrigues, 22, 2a Planta**  
**08820 El Prat de Llobregat (Barcelona) ES**

⑦ Inventor/es:

**FERRER MALLÉN, Olga;**  
**MALFEITO SÁNCHEZ, Jorge Juan;**  
**ORTIZ URIBE, Inmaculada;**  
**IBÁÑEZ MENDIZABAL, Raquel y**  
**ORTIZ SANZ DE AJA, Alfredo**

⑧ Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

⑨ Título: **PROCEDIMIENTO DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA CON MEZCLA DE CORRIENTES DE OSMOSIS INVERSA**

⑩ Resumen:

Procedimiento de recuperación de energía con mezcla de corrientes de ósmosis inversa procedentes de una operación de ósmosis inversa de dos pasos de una instalación desalinizadora de agua de mar, que comprende las etapas de selección de una primera corriente (3) de alta salinidad, selección de una segunda corriente (4) de baja salinidad, alimentación de una celda (1) de electrodiálisis inversa (EDR) con ambas corrientes y generación de energía eléctrica en la celda (1) EDR a partir del gradiente salino existente entre ambas corrientes; logrando una recuperación elevada de energía que se puede utilizar para alimentar la propia instalación de desalinización.

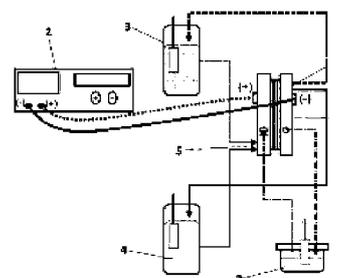


Fig. 1

ES 2 814 028 A1

## DESCRIPCIÓN

### PROCEDIMIENTO DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA CON MEZCLA DE CORRIENTES DE ÓSMOSIS INVERSA

5

#### **OBJETO DE LA INVENCION**

El objeto de la presente invención se relaciona con la producción de energía a partir del gradiente de salinidad existente entre las corrientes de rechazo de ósmosis inversa en una instalación desalinizadora de agua de mar.

10

#### **ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

La desalinización de agua de mar o de agua salobre se realiza mediante dos procedimientos principalmente, la evaporación de agua y posterior condensación del vapor de agua, o mediante sistemas de membranas, como en el caso de la desalinización por ósmosis inversa, que se realiza a través de membranas semipermeables.

15

La desalación mediante ósmosis inversa se emplea para producir agua potable para abastecimiento de poblaciones, riego agrícola o con fines industriales, principalmente:

20

Más concretamente; en el caso de la ósmosis inversa de dos pasos, se somete al proceso de ósmosis a una corriente de agua que se desea desalinizar; obteniendo agua de una salinidad menor (permeado) y una primera corriente de rechazo, de una salinidad elevada. En el segundo paso, el agua de salinidad menor obtenida en el paso previo de ósmosis inversa (permeado), se somete de nuevo al proceso de ósmosis inversa, resultando agua desalinizada de mayor calidad y una segunda corriente de rechazo.

25

Tanto en este tipo de desalinización de dos pasos, como en el caso de la desalinización de un solo paso, el paso de agua de mar o salobre debe forzarse a través de unas membranas, aplicándose una presión hidráulica superior a la osmótica del agua a desalinizar; que conllevan un consumo energético significativo.

30

Para tratar de disminuir el consumo energético por parte de estas instalaciones se ha planteado la recuperación de energía a partir del gradiente de salinidad.

5 La energía contenida en el gradiente salino (EGS) es una energía renovable que se obtiene mediante la mezcla de dos corrientes de agua con distinta salinidad, lo cual provoca la liberación de energía originada por la diferencia de potencial químico entre ambas corrientes.

10 La EGS no genera gases de efecto invernadero, además de tener un suministro continuo de materia prima, y no produce ni aumento de temperatura ni residuos.

15 Una de las principales tecnologías para aprovechar la EGS es la electrodiálisis inversa (EDR). Esta tecnología se basa en el uso de pares de membranas de intercambio iónico que permiten el paso selectivo de iones.

20 En el estado de la técnica se pueden encontrar distintas combinaciones de corrientes de distinta salinidad que se utilizan para generar energía en una celda EDR, como por ejemplo las procedentes de río y mar, río y efluente de una depuradora o mar y salmuera.

25 Estas corrientes permiten recuperar parte de la energía que se invierte en el proceso de ósmosis inversa o en sistemas auxiliares, reduciendo el consumo energético de las estaciones desalinizadoras.

## 25 **DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION**

30 El objeto de la presente invención es un procedimiento de recuperación de energía con mezcla de corrientes de ósmosis inversa, que proceden de una operación de ósmosis inversa de dos pasos.

35 En el primer paso de dicha operación de ósmosis se genera una primera corriente de rechazo de alta salinidad, y en el segundo paso se genera una segunda corriente de rechazo, que en este caso es de baja salinidad. Al comprender ambas corrientes salinidades diferentes existe entre ellas un gradiente de salinidad.

Concretamente; el procedimiento objeto de invención comprende las etapas de:

- selección de la primera corriente de alta salinidad procedente del rechazo del primer paso de la operación de ósmosis inversa,

5 - selección de la segunda corriente de baja salinidad procedente del rechazo del segundo paso de la operación de ósmosis inversa,

- alimentación de una celda de electrodiálisis inversa (EDR) con la primera corriente y la segunda corriente; y

10 - generación de energía eléctrica en la celda EDR a partir del gradiente de salinidad existente entre la primera corriente de alta salinidad y la segunda corriente de baja salinidad.

La primera corriente y la segunda corriente proceden preferentemente de una operación de ósmosis inversa de dos pasos de una instalación de desalinización de agua de mar (IDAM).

15

Para maximizar la recuperación de energía en la celda EDR la corriente de alta salinidad puede tener una concentración de sólidos totales en disolución (TDS) comprendida entre 50.000 y 65.000 ppm y la corriente de baja salinidad entre 1.500 y 3.500 ppm.

20

En la figura 1 se muestra la potencia generada en una celda EDR para varias combinaciones de corrientes de salinidades distintas, pudiéndose comprobar que la que obtiene una mayor generación de energía es la que resulta de las corrientes de rechazo de primer y segundo paso de ósmosis inversa.

25

Concretamente; como se observa en dicha figura 1, la relación de la primera corriente de alta salinidad ( $C_e$ ) 1M NaCl y de la segunda corriente de baja salinidad ( $C_d$ ) 0,02M NaCl y 1M-0.04M NaCl ofrece unas potencias máximas de 0,93W y 0,80W aproximadamente; superiores a las de otras mezclas.

30

Además de lograr una obtención de energía superior; el procedimiento objeto de invención presenta además una serie de ventajas adicionales.

En primer lugar, el ensuciamiento que se produce en la celda EDR al utilizar las corrientes de rechazo de la ósmosis inversa es inferior que en el caso de utilizar otras corrientes. Al ser el nivel de ensuciamiento menor, la disminución del potencial

energético con el tiempo es también inferior. Por lo tanto, son necesarias menos limpiezas de la celda y mantenimiento más sencillo:

5 Como se puede observar en la figura 2, durante cincuenta días de operación trabajando en recirculación solamente son necesarias tres limpiezas. Las dos últimas limpiezas, que en este caso son realizadas con agua templada a 35°C, permiten recuperar la pérdida de carga. Se trata, por tanto, como se ha indicado, de una tasa de ensuciamiento baja y, además, de un ensuciamiento que se puede eliminar fácilmente; sin la necesidad de añadir productos químicos ni de emplear condiciones agresivas.

10

Otra de las ventajas de este procedimiento es logística, puesto que las corrientes utilizadas son corrientes que se producen en la propia instalación de desalinización de agua de mar, y que de no ser utilizadas se descartarían, al contrario que en otros casos, en los que hay que transportar corrientes de agua desde el mar o desde un río para introducir las en la celda EDR.

15

Además, se trata de corrientes pretratadas en la propia instalación de desalinización de agua de mar, por lo que no es preciso un acondicionamiento previo adicional. Por último, al tratarse de corrientes de rechazos, puede ajustarse su presión a la necesaria en la celda de EDR, evitando el uso de bombes suplementarios.

20

Finalmente, al ser el agua de mar de una composición estable, las corrientes de rechazo que se producen en la ósmosis inversa tienen una composición que también lo es. Esta característica facilita la operación de la celda EDR.

25

Por lo tanto, el procedimiento objeto de invención logra una recuperación de energía, mediante la utilización de las corrientes de rechazo de primer y segundo paso de ósmosis inversa, que es superior a la que se obtiene con la utilización de otras combinaciones de corrientes. Además, la utilización de estas corrientes concretas aporta las ventajas adicionales de un bajo ensuciamiento de la celda EDR, así como el que las corrientes son generadas en la propia instalación, sin necesidad de transportarlas desde ubicaciones distintas ni realizarles pretratamientos adicionales.

30

35

## DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1.- Muestra una gráfica de la potencia generada para distintas combinaciones de corrientes de distinta salinidad (NaCl).

Figura 2.- Muestra una gráfica con la evolución de la caída de presión en la celda EDR.

Figura 3.- Muestra un ejemplo de composición de las corrientes de rechazo de primer y segundo paso de ósmosis inversa.

Figura 4.- Muestra un esquema de una celda EDR en la que se introducen unas corrientes de distinta salinidad de rechazo de ósmosis inversa.

## REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

A la vista de las figuras descritas anteriormente; se puede observar un ejemplo de realización del procedimiento de recuperación de energía con mezcla de corrientes de ósmosis inversa, procediendo dichas corrientes de una operación de ósmosis inversa de dos pasos.

En el primer paso de la operación de ósmosis inversa se genera una primera corriente de rechazo de alta salinidad y en el segundo paso una segunda corriente de rechazo de baja salinidad. Al comprender ambas corrientes salinidades diferentes existe entre ambas un gradiente de salinidad.

El procedimiento objeto de invención comprende una primera etapa de selección de la primera corriente (3) de alta salinidad procedente del rechazo del primer paso de la operación de ósmosis inversa, y una segunda etapa de selección de la segunda corriente (4) de baja salinidad procedente del rechazo del segundo paso de la operación de ósmosis inversa.

35

Estas corrientes proceden de una operación de ósmosis inversa de dos pasos de una Instalación Desalinizadora de Agua de Mar (IDAM).

5 El tercer paso del procedimiento es la alimentación de una celda (1) EDR, que se muestra en la figura 4 con la primera corriente (3) de alta salinidad y la segunda corriente (4) de baja salinidad.

10 El paso final del procedimiento es la generación de energía eléctrica en la celda (1) EDR a partir del gradiente de salinidad existente entre la primera corriente (3) y la segunda corriente (4).

15 Para ello, la celda (1) EDR comprende unas membranas catiónicas/aniónicas y unos electrodos (7). Los iones que contienen cada una de las corrientes migran hacia los electrodos de la celda, generando una corriente eléctrica, que es susceptible de ser aprovechada:

20 Para lograr maximizar la recuperación de energía, como se observa en la figura 1, la corriente de alta salinidad tiene una concentración de sólidos disueltos totales (TDS) comprendida entre 50.000 y 65.000 ppm y la corriente de baja salinidad entre 1.500 y 3.500 ppm. En la figura 3 se muestra un ejemplo de composición concreta de ambas corrientes a una temperatura de 25°C.

25 La relación de caudal óptimo en la celda (1) es la correspondiente a  $Q_d/Q_c=1$  cuando se trabaja al máximo caudal permitido por el fabricante; siendo  $Q_d$  y  $Q_c$  los caudales de la segunda corriente (4) de baja salinidad y la primera corriente (3) de alta salinidad, respectivamente:

30 La velocidad de las corrientes está comprendida en el rango de 1-3 cm/s de velocidad lineal, impuesta, junto con los requisitos de presión, por el fabricante de la celda (1) EDR. Por ejemplo, para una celda (1) de 200 cm<sup>2</sup> de área de membrana, se establecen unos límites de presión diferencial de 0,2 bar entre compartimentos y de entre 0,2 y 1 bar entre la entrada (5) y la salida (6) de cada corriente.

35 Conociendo el caudal de la primera corriente (3) y de la segunda corriente (4), con los valores de los parámetros indicados anteriormente ( $Q_d/Q_c=1$  y velocidad 1 -3 cm/s), la

potencia susceptible de ser entregada por las corrientes (2,2 -- **2,5** W/m<sup>2</sup>), y las condiciones de contorno a considerar (presiones máximas), se puede determinar la superficie de las membranas de la celda (1) EDR, y en consecuencia la celda EDR concreta a seleccionar; así como las combinaciones de las membranas en la misma si aplica (colocarlas en serie / paralelo), y la potencia total susceptible de ser obtenida.

Para la realización de las limpiezas de la celda (1) EDR necesarias, cuando así lo requiera por los límites de presión descritos previamente, será necesario realizar una limpieza en contracorriente utilizando agua de baja salinidad y una temperatura recomendable próxima a 35°C a caudales comprendidos entre los de trabajo y el doble de este valor (siempre que éste no supere la máxima velocidad recomendada por el fabricante). En la figura **2** se muestra una gráfica en la que se refleja la evolución de la caída de presión en la celda (1) EDR durante cincuenta días.

En cuanto a las características de los electrodos (7) de la celda (1) EDR, se utiliza una composición de 0,05 M  $K_3Fe(CN)_6$ , 0,05 M  $K_4Fe(CN)_6$ , y 0,25 M NaCl. Se reemplazan cada 24 horas.

## REIVINDICACIONES

- 1.- El procedimiento de recuperación de energía con mezcla de corrientes de ósmosis inversa procedentes de una operación de ósmosis inversa de dos pasos, en el que en el primer paso se genera una primera corriente (3) de rechazo de alta salinidad y en el segundo paso una segunda corriente (4) de rechazo de baja salinidad, existiendo entre las corrientes un gradiente de salinidad, estando el procedimiento caracterizado por las etapas de:
- selección de la primera corriente (3) de alta salinidad procedente del rechazo del primer paso de la operación de ósmosis inversa,
  - selección de la segunda corriente (4) de baja salinidad procedente del rechazo del segundo paso de la operación de ósmosis inversa,
  - alimentación de una celda (1) de electrodiálisis inversa (EDR) con la primera corriente (3) y la segunda corriente (4), y
  - generación de energía eléctrica en la celda (1) EDR a partir del gradiente de salinidad existente entre la primera corriente (3) de alta salinidad y la segunda corriente (4) de baja salinidad.
- 2.- El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la primera corriente (3) y la segunda corriente (4) proceden de una operación de ósmosis inversa de dos pasos de una Instalación Desalinizadora de Agua de Mar (IDAM).
- 3.- El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la primera corriente (3) de alta salinidad tiene una concentración de sólidos disueltos totales (TDS) comprendida entre 50.000 y 65.000 ppm.
- 4.- El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la segunda corriente (4) de baja salinidad tiene una concentración de sólidos disueltos totales (TDS) comprendida entre 1.500 y 3.500 ppm.
- 5.- El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente una etapa de limpieza de la celda (1) EDR.

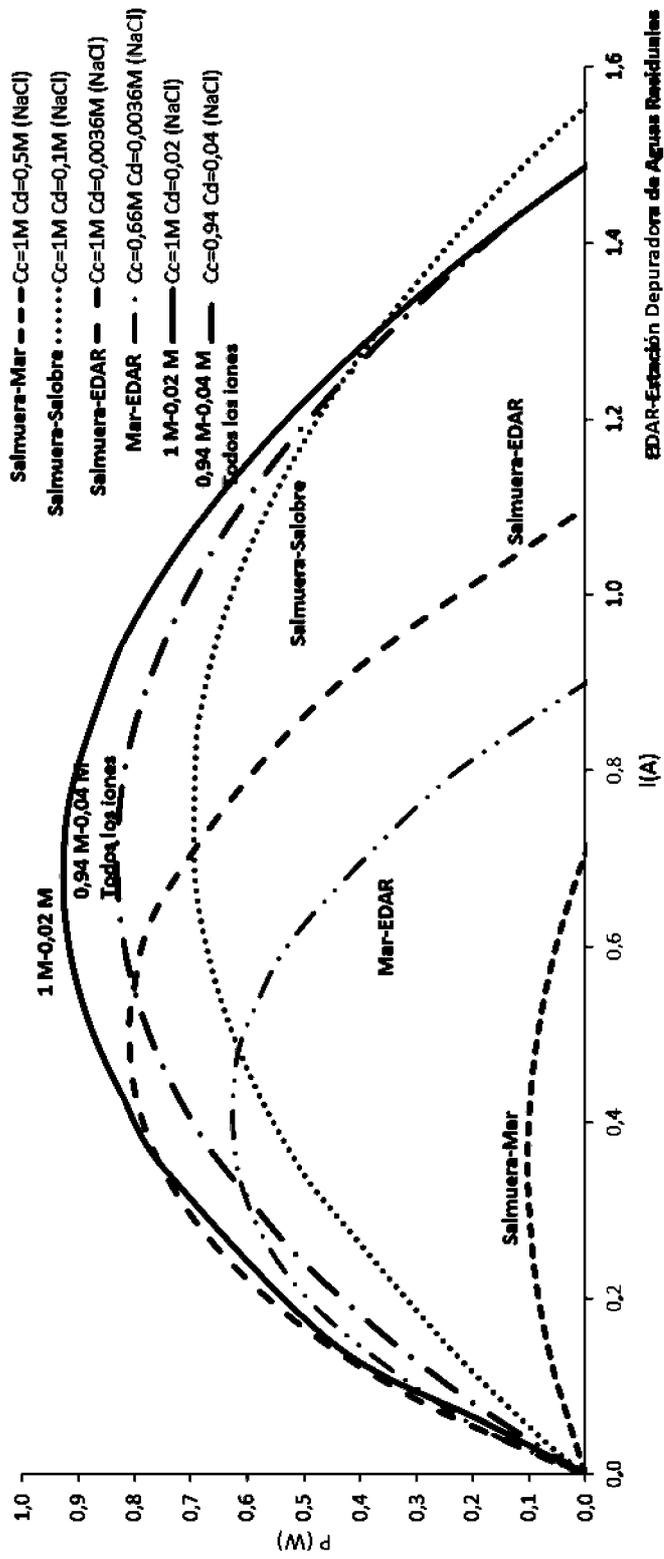


FIG. 1

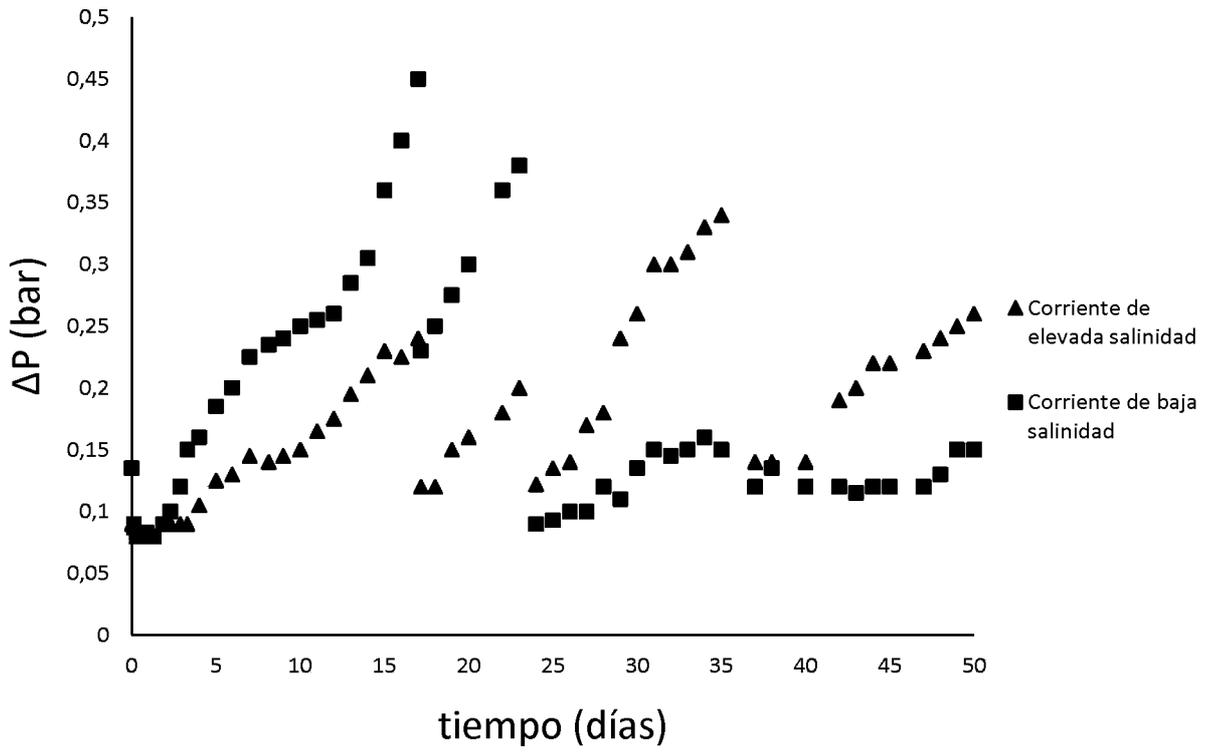


FIG. 2

Calcio	763	4,8
Magnesio	2636	16
Sodio	21528	898
Potasio	773	56,2
Amonio	<0,02	0,022
Bario	0,0135	0,000965
Estroncio	15	0,092
Cloruros	39028	1446
Sulfatos	5841	24,2
Nitratos	<4,00	<0,2
Bicarbonatos	242	<7,98
Carbonatos	<7,85	<7,85
Fluoruros	2,27	<0,05
Boro	8,27	5,70
Bromuro	156	6,62
EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	91900	4620
pH	7,13	5,48

FIG. 3

