

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 718 419**

21 Número de solicitud: 201731503

51 Int. Cl.:

H01G 11/32 (2013.01)

H01G 11/48 (2013.01)

C02F 1/46 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

29.12.2017

43 Fecha de publicación de la solicitud:

01.07.2019

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DE GRANADA (100.0%)
HOSPITAL REAL. AVDA. DEL HOSPICIO S/N
18071 GRANADA ES**

72 Inventor/es:

**IGLESIAS SALTO, Guillermo;
AHUALLI YAPUR, Silvia Alejandra;
DELGADO MORA, Ángel Vicente y
JIMÉNEZ OLIVARES, María Luisa**

54 Título: **SISTEMA DE SEPARACIÓN IÓNICA POR MEDIO DE ELECTRODOS RECUBIERTOS CON
POLÍMEROS IÓNICOS**

57 Resumen:

Sistema de separación iónica por medio de electrodos recubiertos con polímeros iónicos.

La presente invención describe un sistema intercambio iónico para la separación selectiva de iones en medios acuosos, no-acuosos y en fluidos que comprende al menos un primer electrodo de material carbonoso recubierto con un polímero iónico con carga positiva y al menos un segundo electrodo de material carbonoso recubierto con un polímero iónico con carga negativa conectados una fuente de alimentación y dispuestos de forma que entran en contacto simultáneo con el medio.

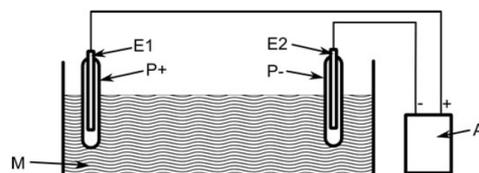


FIGURA 1

DESCRIPCIÓN

SISTEMA DE SEPARACIÓN IÓNICA POR MEDIO DE ELECTRODOS RECUBIERTOS CON POLÍMEROS IÓNICOS

5

SECTOR DE LA TÉCNICA

El sector de la técnica de esta invención es el de los procesos de purificación, separación, y descontaminación de disoluciones y dispersiones que contienen iones, poliméricos o minerales, dentro de sistemas intercambiadores de iones.

10

Entre otras aplicaciones, este sistema es apto para desalinización de aguas.

ESTADO DE LA TÉCNICA

15 El intercambio iónico es un intercambio de iones entre dos electrolitos o entre una disolución de electrolito. En la mayoría de los casos se utiliza el término para referirse a procesos de purificación, separación, y descontaminación de disoluciones y dispersiones que contienen dichos iones, empleando para ello poliméricos sólidos o minerales dentro de dispositivos llamados intercambiadores de iones.

20 Los intercambiadores de iones suelen contener resinas de intercambio iónico (porosas o en forma de gel), zeolitas, montmorillonita, arcilla y humus del suelo. Los intercambiadores de iones pueden ser intercambiadores de cationes, que intercambian iones cargados positivamente (cationes), o intercambiadores de aniones que intercambian iones con carga negativa (aniones). También hay cambiadores anfóteros que son capaces de intercambiar cationes y aniones al mismo tiempo. Sin embargo, el intercambio simultáneo de cationes y
25 aniones puede ser más eficiente si se realiza en dispositivos mixtos que contienen una mezcla de resinas de intercambio de aniones y cationes, o pasar la solución tratada a través de diferentes materiales de intercambio iónico.

30 Los intercambiadores de iones pueden ser selectivos o trabajar preferentemente con ciertos iones o clases de iones, en función de su estructura química. Esto puede depender del tamaño de los iones, su carga o su estructura. Algunos ejemplos típicos de iones que se pueden unir a los intercambiadores de iones son los Iones H⁺ (hidrones, usualmente llamados protones) y OH⁻(hidróxido), los Iones monoatómicos con carga eléctrica 1+, como Na⁺, K⁺, o Cl⁻, los Iones monoatómicos con carga 2+, como Ca²⁺ o Mg²⁺, los Iones poli-atómicos inorgánicos como SO₄²⁻ y PO₄³⁻, las bases orgánicas, por lo general moléculas que contienen el grupo
35 funcional amino, -NR₂H⁺, los ácidos orgánicos, por lo general moléculas que contienen el

grupo funcional-COO-(ácido carboxílico) y otras biomoléculas que puedan ser ionizadas como aminoácidos, péptidos, proteínas, etc.

El intercambio iónico es un proceso reversible y el intercambiador de iones se puede regenerar o cargarlo de nuevo con los iones deseables mediante el lavado con un exceso de estos iones.

5 El intercambio iónico se utiliza ampliamente en las industrias de alimentos y bebidas, hidro metalúrgica, acabado de metales, química y petroquímica, farmacéutica, azúcar y edulcorantes, agua subterránea y potable, nuclear, ablandamiento industrial del agua, semiconductores, energía, y otras muchas industrias.

10 Un ejemplo típico de aplicación es la preparación de agua de alta pureza para las industrias energética, electrónica y nuclear. Los intercambiadores de iones poliméricos o minerales son ampliamente utilizados para ablandamiento del agua, purificación de agua, descontaminación, etc.

15 El intercambio iónico es un método ampliamente utilizado también en el hogar como en los detergentes de lavado, o en los filtros de agua para producir agua blanda. Esto se logra mediante el intercambio de cationes calcio Ca^{2+} y magnesio Mg^{2+} por Na^{1+} o H^{+} .

La cromatografía de intercambio iónico industrial y de análisis es otra área que debe ser mencionada. La cromatografía de intercambio iónico es un método cromatográfico que se utiliza ampliamente para el análisis químico y la separación de los iones. Por ejemplo, en bioquímica es ampliamente utilizado para separar moléculas cargadas, tales como proteínas.

20 Un área importante de aplicación es la extracción y purificación de sustancias de origen biológico, tales como proteínas (aminoácidos) y ADN (ácido desoxirribonucleico) / ARN (ácido ribonucleico).

25 Los procesos de intercambio de iones se utilizan para separar y purificar metales, incluyendo la separación de uranio, plutonio y otros actínidos, incluyendo torio y lantano, neodimio, iterbio, samario, lutecio, extrayendo cada uno de ellos por separado y del resto de los demás lantánidos. Estos dos grupos de metales, lantánidos y actínidos, poseen características físicas y químicas muy similares. Utilizando métodos desarrollados por Frank Spedding en la década de 1940, el intercambio iónico solía ser la única forma práctica de separar estos metales en grandes cantidades, hasta el advenimiento de las técnicas de extracción con disolventes que
30 pueden ser ampliadas enormemente.

Un ejemplo muy importante es el proceso PUREX (Plutonium-URanium EXtraction process, proceso de extracción de plutonio-uranio) que se utiliza para separar el plutonio y el uranio entre los productos presentes en el combustible gastado de un reactor nuclear, y poder eliminar los productos de desecho. De este modo, el plutonio y el uranio están disponibles
35 para ser empleados como materiales relacionados con la energía nuclear, como nuevo combustible de reactor y armas nucleares.

El proceso de intercambio iónico se utiliza también para separar otros conjuntos de elementos químicos muy similares, tales como circonio y hafnio. El circonio es prácticamente transparente a los neutrones libres, y se utiliza en la construcción de reactores, pero el hafnio es un absorbente de neutrones muy fuerte, usado en las barras de control del reactor.

5 Los intercambiadores de iones se utilizan en el reprocesamiento del combustible nuclear y el tratamiento de los residuos radiactivos.

Las resinas de intercambio iónico en forma de finas membranas de intercambio de protones se utilizan en el proceso cloro-álcali, las células de combustible, y las baterías redox de vanadio. El intercambio iónico también se puede utilizar para eliminar la dureza del agua
10 debida al calcio y el intercambio de iones magnesio por iones de hidrógeno y cloro en una columna de intercambio iónico.

Una aplicación importante en relación al intercambio iónico es el proceso de desalinización. La desalinización es un proceso mediante el cual se elimina la sal del agua de mar o salobre. Lo que podría relacionarse con la separación de iones positivos y negativos y, por
15 consiguiente de las sales minerales que contiene el medio. El agua de mar tiene sales minerales disueltas. Debido a la presencia de estas sales, el agua del mar es salobre y no es potable para el ser humano y su ingestión en grandes cantidades puede llegar a provocar la muerte. El 97,5 % del agua que existe en nuestro planeta es salada y sólo una cantidad inferior al 1 % es apta para el consumo humano. Conseguir la potabilización del agua del mar es una
20 de las posibles soluciones a la escasez de agua potable. Mediante la desalinización del agua del mar se obtiene agua dulce apta para el abastecimiento y el regadío. Las plantas desalinizadoras de agua de mar han producido agua potable desde hace muchos años, pero el proceso era muy costoso y hasta hace relativamente poco sólo se han utilizado en condiciones extremas. Actualmente existe una producción de más de 24 millones de metros
25 cúbicos diarios de agua desalinizada en todo el mundo, lo que supone el abastecimiento de más de 100 millones de personas.

Las plantas desalinizadoras también presentan inconvenientes. En el proceso de extracción de la sal se producen residuos salinos y sustancias contaminantes que pueden perjudicar a la flora y la fauna. Además, suponen un gasto elevado de consumo eléctrico. Con el fin de
30 evitarlo, actualmente se están realizando estudios para construir plantas desalinizadoras más competitivas, menos contaminantes y que utilicen fuentes de energía renovables.

Genéricamente, la desalinización se define como el proceso de quitar la sal a cualquier producto, no sólo al agua salada.

El agua es el componente de todo sistema biológico que permite la vida a las plantas, animales
35 y humanos. El agua dulce de fuentes naturales es un recurso muy limitado (menos del 2 %

del agua de la Tierra es dulce) y así define límites al aprovechamiento de los otros recursos como el espacio y el alcance de condiciones para la agricultura.

El mar contiene el 98 % del agua del planeta. Entre 25.000 y 45.000 ppm (2,5 a 4,5 %) del agua del mar son sólidos disueltos, también conocidos como TDS por las siglas de la expresión inglesa Total Dissolved Solids. Se considera agua dulce aquella cuyo contenido en sal es inferior a 1000 ppm.

La desalinización puede realizarse por medio de diversos procedimientos, entre los que se pueden citar la ósmosis inversa, la destilación, la congelación, la evaporación relámpago o la formación de hidratos.

La ósmosis inversa (OI) es un proceso en el que se obtiene agua dulce del agua salada. La ósmosis natural es un fenómeno que consiste en que, si hay una membrana semipermeable separando dos soluciones con el mismo disolvente, el disolvente pasa a través de ella, pero no las sales disueltas, desde el lado donde la concentración de sales es más baja hacia la más alta, hasta que a ambos lados de la membrana las soluciones tienen la misma concentración. Este proceso se realiza sin aporte de energía exterior, y se genera mediante la que se llama presión osmótica.

La ósmosis inversa consiste en hacer pasar por la membrana semipermeable el disolvente (en este caso agua) desde el lado donde está la solución más concentrada (el agua de mar, con sales disueltas), hacia el lado contrario, sin que pasen las sales. En este caso se requiere energía, en forma de presión, que será ligeramente superior a la presión osmótica que haría pasar el solvente de baja concentración hacia el lado de la alta concentración. La presión necesaria para conseguir la ósmosis inversa depende de la cantidad de sales disueltas y del grado de desalinización que se quiera obtener. Del empleo de energía en el proceso resulta un aumento de la entropía.

El mar es una fuente virtualmente ilimitada de agua salada. Una planta de ósmosis inversa necesita procesar un volumen de agua de mar de hasta tres veces mayor que la cantidad total de agua desalinizada que se obtendrá al final. Por eso el diseño de los pozos o sistema de captación debe considerar este factor para su capacidad.

El uso de una lámina de grafeno con poros de 1,8 nm para sustituir las membranas en el proceso de ósmosis invertida para la desalinización del agua es una importante línea de investigación y según las investigaciones actuales se obtendrían eficiencias mucho mayores que con las membranas actuales, y se tendrían requerimientos menores de energía. En el estado actual, el inconveniente es el coste de las membranas de grafeno, aunque se espera que en el futuro estos costos sean reducidos.

De acuerdo a la calidad de filtración el ciclo de cambio de las membranas normales utilizadas para la osmosis inversa oscila entre 2 y 5 años. Los dispersantes químicos introducidos antes de la micro filtración previenen la precipitación de minerales dentro de las membranas.

5 La calidad del agua producida (osmotizada) o el permeado de los módulos de ósmosis inversa debe ser acondicionada para cumplir con ciertas características de alta calidad, ya que, el agua producida tiene un pH ácido y un bajo contenido de carbonatos, lo que la convierte en un producto altamente corrosivo. Esto exige su preparación antes de su distribución y consumo. El pH se ajusta con carbonato de calcio a un valor de 7,7.

10 Los requerimientos energéticos de la desalinización varían en función de la tecnología empleada, aunque hay una tendencia hacia su reducción, gracias a los avances tecnológicos. Empleando sistemas de ósmosis inversa y contando que el líquido producto debe ser bombeado a los lugares de destino, el gasto energético es de entre 3 y 4 kWh/m³.

Desalinización por destilación

15 La desalinización por destilación se realiza mediante varias etapas, en cada una de las cuales una parte del agua salada se evapora y se condensa en agua dulce. La presión y la temperatura van descendiendo en cada etapa lográndose concentración de la salmuera resultante. El calor obtenido de la condensación sirve para calentar de nuevo el agua que hay que destilar. En esta tecnología se basa el “*Sea water Green house*”, un invernadero para
20 zonas costeras áridas que usa agua salada para el riego.

Desalinización por congelación

Para la desalinización por congelación, se pulveriza agua de mar en una cámara refrigerada y a baja presión, con lo que se forman unos cristales de hielo sobre la salmuera. Estos cristales
25 se separan y se lavan con agua normal. Y así se obtiene el agua dulce.

Desalinización mediante evaporación relámpago

En el proceso de desalinización por evaporación relámpago, en inglés *Flash Evaporation*, el agua es introducida en forma de gotas finas en una cámara a presión baja, por debajo de la
30 presión de saturación. Parte de estas gotas de agua se convierten inmediatamente en vapor, que son posteriormente condensadas, obteniendo agua desalinizada. El agua residual se introduce en otra cámara a presiones más bajas que la primera y mediante el mismo proceso de calentamiento, pulverización y evaporación relámpago se obtiene más agua desalinizada. Este proceso se repetirá, hasta que se alcancen los valores de desalinización deseados. Estas
35 plantas pueden contar más de 24 etapas de desalinización relámpago. A este proceso se le conoce como MSF (evaporación multietapa).

Desalinización mediante formación de hidratos

Es otro método basado en el principio de la cristalización, que consiste en obtener, mediante la adición de hidrocarburos a la solución salina, unos hidratos complejos en forma cristalina, con una relación molécula de hidrocarburo/molécula de agua del orden de 1/18. Al igual que el proceso de congelación, su rendimiento energético es mayor que los de destilación, pero conlleva una gran dificultad tecnológica a resolver en cuanto a la separación y el lavado de los cristales que impiden su aplicación industrial. La desalinización por formación de hidratos, no es utilizada a gran escala.

Electrodiálisis

Consiste en el también conocido fenómeno mediante el cual, si se hace pasar una corriente eléctrica a través de una solución iónica, los iones positivos (cationes) migrarán hacia el electrodo negativo (cátodo), mientras que los iones negativos (aniones) lo harán hacia el electrodo positivo (ánodo). Si entre ambos electrodos se colocan dos membranas semi impermeables que permiten selectivamente solo el paso del Na⁺ o del Cl⁻, el agua contenida en el centro de la celda electrolítica se desaliniza progresivamente, obteniéndose agua dulce. Por este procedimiento se logra desplazar los iones de un lugar a otro de la disolución. Es fundamental el empleo de membranas selectivas aniónicas y catiónicas alternativamente para que el agua alimento vaya perdiendo iones negativos y positivos tras su paso por la zona de separación. Lo interesante es colocar las membranas alternativamente de tal modo que en unos canales se concentren los solutos, en un agua que se denomina concentrado, y en otros canales circule el agua alimento que va perdiendo poco a poco sus contaminantes hasta salir del proceso con una concentración de sales muy baja.

Electrodiálisis reversible

En este caso se alteran periódicamente las polaridades de los electrodos de manera que los flujos de agua cambian temporalmente de sentido, pasando a recibir agua depurada aquellos conductos que transportaban el concentrado y al revés.

Este método elimina el riesgo de formación de precipitados, incrustaciones y obstrucción de las membranas, ya que el cambio periódico del sentido del flujo del agua colabora en la limpieza de conducciones y membranas, además de evitar la aparición de limos y otros depósitos en la planta.

El inconveniente actual de estas membranas es su alto costo y su mantenimiento es elevado.

BREVE EXPLICACIÓN DE LA INVENCION

Un primer aspecto de la presente invención se refiere a un sistema de intercambio iónico para la separación selectiva de iones en fluidos (soluciones o dispersiones, acuosas y no-acuosas), que comprende al menos un primer electrodo de material carbonoso activado recubierto con un polímero iónico con carga positiva y al menos un segundo electrodo de material carbonoso activado recubierto con un polímero iónico con carga negativa.

Este sistema permite extraer los iones disueltos en la solución o disolución que atraviesa los electrodos. Además, a diferencia de otros sistemas de separación de iones basados en materiales carbonosos activados, una vez que los iones han sido atraídos al electrodo de signo opuesto, pueden liberarse aplicando una tensión o corriente opuesta a la aplicada para atraerlos (Figura 2). El polímero iónico facilita el paso de los iones de signo opuesto hacia el electrodo (contra-iones) y bloquea los de igual signo (c-iones). Al invertir la tensión o la corriente aplicada, el electrodo libera los iones atrapados al medio.

Un segundo aspecto de la presente invención se refiere a un procedimiento de la invención comprende poner en contacto un fluido con los electrodos recubiertos de polímeros iónicos comprendidos en el sistema de la invención y aplicar, un potencial o corriente eléctrica de diferente polaridad en al menos dos electrodos, y de igual signo que la carga natural del polímero iónico que recubre dicho electrodo, de tal manera que los polímeros que los recubren dejan pasar los iones de signo contrario a la de su carga natural hacia el electrodo de material carbonoso activado.

Entre las aplicaciones de la invención se encuentra la desalinización o potabilización de aguas, ya que es posible extraer iones Na^+ o del Cl^- y otros metales y contaminantes que sean favorecidos por el intercambio o la captura iónica.

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Para mejor comprensión de cuanto se ha expuesto, se acompañan unos dibujos en los que, esquemáticamente y tan sólo a título de ejemplo no limitativo, se representa un caso práctico de realización.

Figura 1.- Representación esquemática del sistema de la invención. **M** representa el medio en el que se encuentran, dispersos o disueltos, los iones que se quieren extraer. **E1** y **E2**

representan dos electrodos recubiertos con polímeros iónicos con carga positiva (**P+**) y negativa (**P-**) respectivamente. **A** representa la fuente de alimentación.

Figura 2.- Representación esquemática del intercambio iónico en lo que se refiere a los procesos de captura y liberación de iones. Los esquemas de la izquierda representan ambos procesos empleando únicamente electrodos de material carbonoso activado, mientras que las de la derecha representan ambos procesos empleando electrodos carbonosos activados tratados con polímeros iónicos. En el primer caso, los iones retenido migran al otro electrodo al cambiar la polaridad (liberación de iones), mientras que en el segundo el polímero impide su migración y quedan liberados en el medio.

Figura 3.- Representación esquemática de una realización particular en la que los electrodos recubiertos con polímeros iónicos están dispuestos de forma concéntrica. Se muestra la situación en fase de captura y en fase de liberación.

Figura 4.- Representación esquemática de una realización particular del intercambiador iónico con una disposición en serie de los electrodos recubiertos con polímeros iónicos. Cada par de electrodos se conectan eléctricamente en serie con el siguiente.

Figura 5.- Representación esquemática de una realización particular del intercambiador iónico con una disposición en paralelo de los electrodos recubiertos con polímeros iónicos. Cada par de electrodos está conectado eléctricamente en paralelo, unidos a la misma referencia de la fuente de alimentación.

Figura 6.- Representación esquemática de una realización particular en la que los electrodos recubiertos con polímeros iónicos están dispuestos de forma concéntrica. En la parte izquierda están conectados eléctricamente en serie y en la parte derecha están conectados eléctricamente en paralelo.

Figura 7.- Resultados de un ensayo de intercambio iónico donde se observa el proceso de adsorción y desorción de iones empleando cuatro potenciales diferentes (300 mV, 600 mV, 900 mV y 1200 mV).

Figura 8.- Resultados de un ensayo de intercambio iónico donde se observa el proceso de adsorción y desorción de iones empleando dos corrientes constantes de 50 mA (\square) y 100 mA (\bullet).

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Definiciones

5

El término "intercambio iónico" se refiere en este documento a un proceso que produce un intercambio de iones entre dos electrolitos o entre una disolución o dispersión de electrolitos. Este intercambio está directamente relacionado con los procesos de purificación, separación, extracción o descontaminación de fluidos que contienen dichos iones.

10

A lo largo de la presente invención se entenderá por "material carbonoso" a todo aquel material cuyo elemento base es el carbón, en todas sus formas y orígenes, y que le confiere al mismo propiedades específicas en función de la preparación del mismo.

15

En particular "material carbonoso activo" o "material carbonoso activado", se refiere a materiales carbonosos adsorbentes, altamente cristalinos y con una porosidad interna altamente desarrollada. Son materiales que se caracterizan por poseer una cantidad muy grande de microporos (poros menores a 2 nanómetros de radio), y poseer un área superficial superior a 50 m²/g, llegando a valores de más de 2500 m²/g. De forma preferente, el término se refiere a materiales carbonosos que poseen un área superficial superior a 500 m²/g.

20

Estos materiales poseen una elevada microporosidad y suelen presentar micro, nano y meso poros. La activación de un material carbonoso se puede realizar tanto de forma física como química. Por lo que estos materiales muestran diferentes características, dependiendo del material de partida y la técnica de activación usada en su producción

25

Ejemplos de material carbonoso activado son el carbón activado, los carbones grafiticos, los aerogeles, xerogeles o criogeles de carbón, fibras de carbón, tamices moleculares de carbono o derivados del grafeno como el óxido de grafeno, entre otros.

30

Se entenderá por "polímero" a un material (generalmente orgánico) formado por la unión mediante enlaces covalentes de una o más unidades simples llamadas monómeros. Los monómeros son las unidades químicas que se repiten a lo largo de toda la cadena de un polímero, por ejemplo el monómero del polietileno es el etileno, el cual se repite un número determinado de veces a lo largo de toda la cadena. Los monómeros se mantienen unidos entre sí por fuerzas de Van der Waals, puentes de hidrógeno o interacciones hidrofóbicas. En

35

particular, un "polímero iónico" es un polímero que ha sido tratado mediante un proceso químico de polimerización iónica o aniónica, por lo que tendrá carga positiva o negativa, respectivamente, de forma que provocan la adhesión de moléculas de signo opuesto.

- 5 Un caso particular de polímeros iónicos son los "polielectrolitos" que son polímeros cuyas unidades de repetición soportan un grupo electrolito como los policationes y polianiones.

Las propiedades de los polielectrolitos son por lo tanto similares a las de los electrolitos (sales) y a las de los polímeros (compuestos de alto peso molecular), y a veces se denominan
10 "polisales". Como las sales, sus disoluciones son eléctricamente conductoras.

Existe gran cantidad de ejemplos de polielectrolitos cargados positivamente, como la polietilenimina, o negativamente, como ácido desoxirribonucleico (ADN), sulfonato de poliestireno, poliacrilamida, ácido poliacrílico o ácido polimetacrílico.

15 Otros ejemplos posibles de polímeros creados a partir de la adición iónica son el polisobutileno, que surge de la incorporación de iniciadores de polimerización catiónica (carga positiva) a los monómeros dando lugar a un ion carbono; y el poliestireno que surge de la incorporación de iniciadores de polimerización aniónica (carga negativa) a los monómeros
20 dando lugar a un carbanión.

A lo largo de la presente invención se empleará el término "disolución" para hacer referencia a cualquier mezcla homogénea de uno o más solutos en un medio fluido, en adelante
25 "disolvente", donde cada componente se mezcla íntimamente con el otro, de modo tal que pierden sus características individuales. Esto último significa que los constituyentes son indistinguibles y el conjunto se presenta en una sola fase (sólida, líquida o gas) bien definida.

De forma análoga, una "dispersión" hará referencia a cualquier mezcla heterogénea de una fase dispersa, en forma de partículas, generalmente sólidas, en un medio fluido, en adelante,
30 dispersante.

Se entenderá por un "medio acuoso", de forma indistinta a una "solución acuosa" o "disolución acuosa" o a una "dispersión acuosa" en la que el disolvente o dispersante sea mayoritariamente agua, o agua.

35

Se entenderá por un “medio no acuoso” indistintamente a una “solución o disolución no acuosa” o a una “dispersión no acuosa” en la que el disolvente o dispersante (respectivamente) no es mayoritariamente agua. Este disolvente puede ser de diversa naturaleza. Entre las sustancias de naturaleza orgánica destacan los hidrocarburos, alcoholes, aceites y éteres, pero también existen muchos disolventes inorgánicos no-acuosos, como los denominados “líquidos moleculares”, que son líquidos a la temperatura ambiente o cerca de ella, las sales fundidas y también los metales de bajo punto de fusión, como el mercurio o el sodio.

5

10 Distinguiremos dos procedimientos en el sistema de intercambio iónico: procedimiento estático y procedimiento dinámico.

Se entenderá como “procedimiento estático” aquel que, al recibir la solución dentro de la celda o recipiente este, se retiene en el interior de la misma, a la espera de capturar la mayor cantidad de iones de la solución. Una vez que se extrae la solución, esta posee menos iones de la que entró. Esta operación puede repetirse tantas veces se requiera.

15

Se entenderá como “procedimiento dinámico” o “procedimiento de flujo”, aquel que en la que la solución fluye sin parar a través de los electrodos atrayendo paulatinamente los iones de la solución, siendo la solución extraída, una solución compuesta por menos cantidad de iones de la solución original que entró. El procedimiento dinámico es un procedimiento aplicable normalmente con fines de investigación, no siendo práctico para su uso cotidiano o industrial, y sirve para determinar y estudiar la efectividad y características químicas y físicas de la capa polimérica, Este procediendo al hacer fluir de forma permanente la solución por el sistema, nos indicará en la etapa de potencial o corriente de un determinado signo, cuando iones es capaz de adsorber o capturar el sistema y en la etapa siguiente de intercambio de signo del potencial o la corriente nos indicará cuantos iones se liberan de la solución, pudiendo de esta forma evaluar sus características. Esta operación puede repetirse tantas veces se requiera y es la que los inventores han utilizado para describir la invención y efectividad del sistema.

20

25

30

Se entenderá que un electrodo, en particular los electrodos de material carbonoso activado y tratados con polímeros iónicos, está “saturado”, cuando no puede capturar más iones de solución. La “saturación” de un electrodo puede determinarse mediante la medición de la conductividad de la solución.

35

Se entenderá como "procedimiento de limpieza" de iones de los electrodos aquel que cuando los electrodos de material carbonoso activado y tratados con polímeros iónicos estén saturados de iones se aplicará un potencial o corriente de signo contrario a la utilizada para la captura de los mismos. Esta limpieza se realizará con otra solución que será la encargada de aumentar la cantidad de iones que posee y servirá de limpieza de electrodos de iones previamente capturados. El procedimiento de limpieza se iniciará cuando la conductividad de la solución alcance un máximo indicando simultáneamente que los electrodos están saturados. Así mismo el procedimiento de limpieza terminará cuando la medida de la conductividad de la solución de limpiezas alcance un máximo, pero de signo contrario al de la solución original, lo que indicara que la solución de limpieza ha capturado nuevamente los iones extraídos de la solución inicial.

A lo largo de la descripción y las reivindicaciones la palabra "comprende" y sus variantes no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención.

Los ejemplos y dibujos se proporcionan a modo de ilustración, y no se pretende que sean limitativos de la presente invención.

Notación decimal: A lo largo de este documento se ha empleado el signo "." como separador decimal.

Sistema de la invención

En el contexto previamente definido, la presente invención describe un sistema (Figura 1) para el intercambio iónico en fluidos, medios acuosos o no acuosos, (M), en adelante "sistema de la invención" que comprende al menos un primer electrodo (E1) de material carbonoso activado recubierto con un polímero iónico (P+) con carga positiva, al menos un segundo electrodo (E2) de material carbonoso activado recubierto con un polímero iónico con carga negativa (P-), conectados una fuente de alimentación (A) y dispuestos de forma que entran en contacto simultáneo con el medio (M).

De forma evidente, el sistema se completa con medios para retener el fluido (en adelante, "contenedor") y medios para transportar la electricidad. A modo de ejemplo, como medio de retención del fluido se puede emplear un contenedor estanco, donde el fluido pueda circular,

entrar en contacto con los electrodos y ser retenido hasta que se produzca el intercambio. Los medios para el transporte de electricidad pueden ser cables de baja resistencia, preferiblemente de cobre, que conectarán la salida de la fuente de alimentación hacia cada uno de los electrodos.

5

En una realización preferida, el sistema también contiene un medidor de conductividad para la verificación del intercambio iónico del medio, así como medidores de corriente (amperímetro) y tensión (voltímetro).

10 Funcionamiento del sistema

El proceso de separación selectiva de iones positivos y negativos de un fluido que se encuentre en contacto con los electrodos se lleva a cabo con el sistema de la invención aplicando un potencial o corriente eléctrica de diferente polaridad en al menos dos electrodos, y de igual signo que la carga natural del polímero iónico que recubre dicho electrodo, de tal manera que los polímeros que los recubren dejan pasar los iones de signo contrario (co-iones) a la de su carga natural hacia el electrodo de carbón poroso activado y bloqueando el paso a los del mismo signo (Fig.2).

15

Además, a diferencia de otros sistemas de separación de iones basados en materiales carbonosos activados, una vez que los iones han sido atraídos al electrodo de signo opuesto, pueden liberarse aplicando una tensión o corriente opuesta a la aplicada, de tal manera que los iones retenidos son expulsados al medio, de tal modo que el polímero facilita el tránsito de estos hacia el medio (Fig. 2), e impide (bloquea) la entrada de éstos hacia el electrodo opuesto, de forma que los iones quedan liberados en el medio

20

25

La función principal del polímero iónico es facilitar el tránsito de los iones de signo contrario al de la carga natural del polímero (contra-iones) y bloquea los de signo igual a la carga natural del polímero iónico (co-iones)

30

El sistema de la invención permite extraer los iones disueltos en la solución o disolución que atraviesa los electrodos.

La aplicación en medios acuosos no es limitante ya que el sistema también es apto para extraer iones en disoluciones y dispersiones basadas en solventes no-acuosos como acetonitrilo, benzonitrilo, N,N-Dimetilformamida o tetrahidrofurano. Los electrolitos más adecuados en estos casos son sales de Tetra-alquil amonio o el perclorato de litio.

35

Material de los electrodos

- 5 El intercambio iónico referente a la capacidad de atracción y retención de iones de la solución depende de la superficie de los electrodos utilizados, pudiéndose aumentar dicha superficie en contacto con la solución incrementando el área superficial del material carbonoso activado. Preferentemente el área superficial del material carbonoso activado que forma los electrodos empleados es de al menos 500 m²/g, preferentemente de al menos 1200 m²/g.
- 10 En otra realización preferente, el material carbonoso activado del que están hechos los electrodos es carbón activado, preferentemente carbón activado con un área superficial de al menos 500 m²/g, preferentemente de al menos 1200 m²/g.

Número de electrodos

- 15 En otra realización particular, el sistema comprende dos o más conjuntos de dos o más electrodos recubiertos con polímeros iónicos y conectados en serie o en paralelo, de forma que se maximiza la captura de iones de la solución, sin aumentar la superficie específica del electrodo.

20

Separación y disposición de los electrodos

- La separación entre los electrodos por donde atraviesa la solución a desionizar está relacionada con la capacidad de atraer más o menos iones de la solución. Así, la separación entre electrodos debe ser pequeña con el fin de maximizar la eficiencia del sistema. Por el contrario cuando más grande sea la separación entre los electrodos, menos capacidad de atracción tendrá el sistema ya que sólo atraerá los iones que pasen cerca de los electrodos.
- 25

- En una realización preferente, los electrodos están separados por una distancia que oscila entre 0.05 y 1mm, preferentemente entre 0.1 y 0.6mm, aún más preferentemente en torno a 0.5mm.
- 30

La disposición de los electrodos también puede variar en función de las características del medio.

- 35 Así, en una realización particular, los electrodos tratados con polímeros iónicos se encuentran enfrentados dos a dos.

5 En otra realización particular el sistema de la invención comprende más de un par de electrodos recubiertos por polímeros iónicos de distinta carga y éstos están conectados en serie (Figura 4).

10 En otra realización particular el sistema de la invención comprende más de un par de electrodos recubiertos por polímeros iónicos de distinta carga y éstos están conectados en paralelo (Figura 5).

Esta disposición es alternativa a la conexión en serie y se configura de tal forma de que, el potencial aplicado a cada conjunto de electrodos es igual, mientras que su corriente puede elevarse.

15 La disposición en serie y paralelo pueden combinarse y no son excluyentes entre ellas, en función de la necesidad y diseño final del sistema.

20 En otra realización particular, los electrodos tienen forma cilíndrica con distinto diámetro y se disponen de forma concéntrica, intercalando electrodos recubiertos con polímeros de carga opuesta (Figura 3) de forma que el medio fluido se sitúa en la separación existente entre cada dos cilindros. En una realización preferente, cada cilindro está formado por dos electrodos recubiertos por polímeros con carga opuesta, por lo que es posible realizar las conexiones eléctricas en serie o en paralelo, según sea la necesidad como muestra el esquema de la figura 6 izquierda (en serie) y derecha (en paralelo).

25 En otra realización particular, los electrodos se fijan al contenedor que forma parte del sistema, de forma que su disposición, y en particular la separación a lo largo de la superficie del electrodo, de mantenga constante mientras que está en contacto con el medio.

30 Alimentación del sistema

Con el fin de evitar la electrolisis u oxidación REDOX (reacción de reducción-oxidación, de óxido-reducción es toda reacción química en la que uno o más electrones se transfieren entre los reactivos, provocando un cambio en sus estados de oxidación) en medios acuosos, no se deberá superar el potencial aplicado a los electrodos en más de 1200 mV aproximadamente.

35 Debido, a que este potencial es bajo, es posible configurar un arreglo de electrodos cuya disposición permita la aplicación de un potencial más elevado. Para lograr este cometido los

electrodos se disponen en configuración en serie, lo que permite conectar un electrodo en serie con el de signo opuesto, logrando de esta forma que el potencial total aplicado al sistema sea superior en n veces, por cada conjunto de electrodos. Con esta configuración es posible alcanzar potenciales más comunes en electrónica como la de una batería de 12 Voltios. En este caso se podrían colocar hasta 10 pares de electrodos con una tensión aplicada de 1200 mV por cada par de electrodos. En la Figura 3 se esquematiza esta disposición. Cuando el medio es no-acuoso, esta disposición también es factible, pero el límite de potencial aplicado a cada par de electrodos puede ser superior, dependiendo del potencial de ruptura del medio, que en este caso es superior y diferente al del medio acuoso.

10

En otra realización particular, el voltaje de la fuente de alimentación puede elevarse de manera lineal multiplicándolo por el número de pares de electrodos comprendidos en el sistema cuando la conexión de los electrodos se realiza en serie. Es decir, si el sistema está formado por n pares de electrodos conectados en serie, el voltaje de la fuente de alimentación está comprendido entre $n \cdot 100$ y $n \cdot 1500$ mV, más preferentemente entre $n \cdot 300$ y $n \cdot 1200$ mV, aún más preferentemente entre $n \cdot 900$ y $n \cdot 1200$ mV. De forma preferente, el voltaje de la fuente de alimentación será de $n \times 1200$ mV

15

Esta regla de voltaje máximo se aplica a cualquier conjunto de pares de electrodos con disposición en serie, incluido el caso de un sistema cilíndrico concéntricos como la figura 6, siendo cada par de cilindros concéntricos considerado como par de electrodos.

20

Cuando el sistema comprenda un solo par de electrodos o cuando los electrodos estén conectados en paralelo, el voltaje de la fuente de alimentación estará comprendido entre 100 y 1500 mV, más preferentemente entre 300 y 1200 mV, aún más preferentemente entre 900 y 1200 mV.

25

La fuente de alimentación en todas las disposiciones tanto en serie, paralelo o la combinación de ambas, debe ser capaz de suministrar la corriente necesaria que necesiten dichas disposiciones sin limitación de un mínimo o un máximo.

30

Polímeros que recubren los electrodos

En otra realización particular, el polímero iónico de carga negativa que recubre al menos un electrodo pertenece al grupo de polielectrolitos de carga negativa entre los que se encuentran el ácido desoxirribonucleico, el sulfonato de poliestireno, la poli(acrilamida), el ácido poli(acrílico), el ácido poli(metacrílico) y el poliestirenosulfonato 4 sódico o "PSS" (del inglés, "*poly sodium 4-*

35

styrenesulfonate”), entre otros. Preferentemente el polímero iónico de carga negativa empleado es PSS.

5 En otra realización particular, el polímero de carga negativa empleado para recubrir al menos un electrodo tiene un peso molecular comprendido entre 5000 y 1000000 g/mol, preferentemente entre 70000 y 500000 g/mol y más preferentemente un peso molecular aproximado de 200000 g/mol.

10 En otra realización particular el polímero iónico de carga positiva empleado para recubrir al menos uno de los electrodos pertenece al grupo de polielectrolitos de carga positiva como la polietilenimina o el poli cloruro de dialildimetilamonio o “PDACMAC” (del inglés, “*poly diallyldimethylammonium chloride*”) que contienen una gran cantidad de grupos amino. Preferentemente el polímero iónico de carga negativa empleado es PDACMAC.

15 En otra realización particular, el polímero de carga positiva empleado para recubrir al menos un electrodo tiene un peso molecular comprendido entre 5000 e 500000 g/mol, preferentemente entre 50000 y 350000 g/mol y más preferentemente un peso molecular aproximado de 100000 g/mol.

20 El procedimiento para el recubrimiento de los electrodos carbonosos activados se realiza con el simple contacto (mojado) de cada electrodo carbonoso activado con la disolución de polímero iónico. Una forma de llevar a cabo este mojado es sumergir los electrodos en la disolución de polímero iónico durante al menos 24 horas.

25

Uso del sistema de la invención. Procedimiento de separación selectiva de iones

El sistema de la invención tiene como objetivo llevar a cabo un proceso de intercambio iónico para la separación selectiva de iones, en adelante “procedimiento de la invención”.

30

Concretamente, el procedimiento de la invención comprende poner en contacto un fluido con los electrodos recubiertos de polímeros iónicos comprendidos en el sistema de la invención y aplicar, un potencial o corriente eléctrica de diferente polaridad en al menos dos electrodos, y de igual signo que la carga natural del polímero iónico que recubre dicho electrodo, de tal manera que los polímeros que los recubren dejan pasar los iones de signo contrario a la de su carga natural hacia el electrodo de material carbonoso activado. (Figura 2).

35

Una vez que los iones han sido atraídos al electrodo de signo opuesto, pueden liberarse aplicando una tensión o corriente opuesta a la aplicada, de tal manera que los iones retenidos son expulsados al medio, de tal modo que el polímero facilita el tránsito de estos hacia el medio. (Figura 2). Siendo la principal del polímero iónico es facilitar el tránsito de los iones de signo contrario al de la carga natural del polímero (contra-iones) y bloquear los de signo igual a la carga natural del polímero iónico (co-iones).

En otra realización particular, el procedimiento de la invención, aplicado a un medio acuoso, preferentemente agua, permite extraer selectivamente los iones Na^+ o Cl^- , produciendo una desalinización progresiva. En una realización particular, el procedimiento de la invención permite obtener agua dulce o potable, o en su caso, agua con menos contenido de sales minerales.

En otra realización particular, el procedimiento de la invención permite extraer o disminuir la cantidad de metales, en particular metales pesados (berilio, mercurio, cadmio, plomo, cromo, níquel, zinc, cobalto, manganeso, estaño, entre otros) que sean favorecidos por el intercambio o la captura iónica.

El potencial aplicado sobre los electrodos es una variable que determinará la eficiencia del procedimiento. Así, en una realización preferente, si los electrodos están conectados en paralelo, el potencial suministrado a los electrodos está comprendido entre 100 y 1500 mV, más preferentemente entre 300 y 1200 mV, aún más preferentemente entre 900 y 1200 mV, y aún más preferentemente es de 1200 mV. Si los electrodos están conectados en serie, el potencial suministrado está comprendido entre $n \cdot 100$ y $n \cdot 1500$ mV, más preferentemente entre $n \cdot 300$ y $n \cdot 1200$ mV, aún más preferentemente entre $n \cdot 900$ y $n \cdot 1200$ mV. De forma preferente, el voltaje de la fuente de alimentación será de $n \times 1200$ mV.

En el caso de que el sistema se aplique sobre un medio acuoso, el potencial entre los electrodos no debe superar los 1200 mV para evitar reacciones tipo redox en los electrodos y la electrólisis en el agua, lo que limita, por otro lado, la separación entre los electrodos.

El procedimiento de separación selectiva de iones puede llevarse a cabo de dos formas distintas: estático para fines cotidianos o industriales y el dinámico para fines de investigación. En ambos procedimientos se mide la conductividad de la solución entrante y saliente, determinando la eficiencia de separación de iones.

En el procedimiento estático, se ingresa la solución a tratar entre dos o más los electrodos y se aplica una tensión o corriente entre los extremos del electrodo. Se mide la conductividad de la solución ingresada evaluando constantemente la eficiencia de la separación. Una vez que no es posible obtener o atrapar más iones de la solución, ya que la conductividad no baja, es decir los electrodos se saturan, se procede a quitar la solución sin iones y se ingresa nuevamente la solución original. Se aplica una diferencia de potencial o corriente inversa a la en el primer paso, liberando los iones atrapados. Esta solución se almacena en otro recipiente distinto al del paso inicial. Nuevamente el ciclo se puede repetir indefinidamente.

En el procedimiento dinámico, más afín a la investigación, la solución ingresada entre los electrodos fluye constantemente, midiendo permanentemente la conductividad de la solución hasta alcanzar un máximo, punto en el cual los electrodos se saturan. En este punto se aplica una tensión o corriente inversa a la que originalmente se aplicó, liberando los iones atrapados en el polímero iónico (limpieza). Este procedimiento sirve para la caracterización de la capa polimérica y la evaluación de la efectividad y estudio del sistema utilizado, ya que la solución que entra al sistema se re-inserta nuevamente actuando como solución limpiadora simultáneamente. En un sentido o signo de potencial o corriente se atrapan iones de la solución y al invertir el potencial o la corriente estos iones se liberan nuevamente a la solución.

MODOS DE REALIZACIÓN

Se puso a punto un protocolo simple y sistemático para comprobar la eficiencia de la captura de iones de una solución acuosa (agua) mediante la medida de la conductividad o conductancia específica, que es la medida de su capacidad para conducir la electricidad. La unidad SI de conductividad es el Siemens por metro (S/m). Las medidas de conductividad se utilizan de forma rutinaria en muchas aplicaciones industriales y medioambientales como un modo rápido, barato y fiable de medir el contenido iónico en una solución. La medida de la conductividad es un modo de supervisar el funcionamiento de los sistemas de purificación del agua. El agua potable tiene una conductividad típica en el rango de 5-50 mS/m (mili Siemens por metro), mientras que el agua de mar es de aproximadamente de 5 S/m (es decir, la conductividad del agua de mar es mil veces mayor que la del agua potable).

En el protocolo se mide de forma permanente el valor de conductividad de la solución que atraviesa dos electrodos de material carbonoso activado y tratados con polímeros iónicos. Un electrodo fue tratado con el polímero iónico de carga negativa PSS, aniónico, con un peso

molecular de 200000 g/mol y el otro electrodo fue tratado con el polímero iónico de carga positiva PDACMAC, catiónico, con un peso molecular de 100000 g/mol.

5 El tiempo de inmersión de los electrodos en la disolución de los polímeros iónicos para conseguir el recubrimiento adecuado fue de 24 horas.

En la figura 7 se representa la conductividad obtenida en cuatro experimentos independientes y diferentes potenciales aplicados a los electrodos, desde 300 mV hasta 1200 mV. Para mayor detalle se representa a la derecha de la figura la conductividad del experimento con el mayor potencial aplicado de 1200 mV. En esta figura se aprecia con claridad la fase de adsorción y desorción en un ciclo. La conductividad de inicio se ha normalizado a 1, para mayor claridad. Es posible observar como la conductividad alcanza un máximo alrededor de los 200 segundos, o que indica que los electrodos se han saturado por la captura de iones y que luego el valor de la conductividad se estabiliza al valor inicial ya que sigue fluyendo la solución por los electrodos. En el caso práctico, en este punto se debería cambiar el recipiente de salida para que ingrese otra solución que servirá de limpieza de los iones capturados en los electrodos. La prueba de que la captura ha tenido éxito y que el procedimiento de limpieza ha comenzado, es realizar la inversión del potencial o corriente en los electrodos. Con esto puede observarse que los iones retenidos son des-adsorbidos y por consiguiente la conductividad aumenta nuevamente pero con signo contrario al original.

En la Tabla 1 se resumen los valores de adsorción de sal del experimento para el ensayo con cuatro potenciales distintos, donde se puede observar que para el máximo potencial aplicado de 1200 mV se obtiene una adsorción de 7.66 mg por gramo de electrodo.

25

Potencial aplicado (mV)	Adsorción de sales (mg/g)
300	1.55
600	3.16
900	5.80
1200	7.66

Tabla 1.- Resumen de experimentos con diferentes potenciales aplicados

En otra realización particular se ha alimentado el sistema de electrodos con una fuente de corriente constante. En la Figura 6 se representa la conductividad de la solución acuosa observando nuevamente que la saturación de los electrodos se alcanza en el orden de los 50 a 100 segundos, momento en el cual, desde el punto de vista práctico se debería realizar una
 5 limpieza de los electrodos y cambio de recipiente, con el fin de eliminar los iones capturados de la solución mediante una solución de limpieza para realizar el ciclo nuevamente.

Una vez más, como es un procedimiento de tipo dinámico se utilizó la misma solución acuosa original, y solo se invierte la corriente aplicada en los electrodos, para mostrar la validez del
 10 sistema, obteniéndose una inversión de la conductividad y un máximo nuevamente. Esto es signo que los iones capturados, son liberados por el sistema.

En la tabla 2 se resumen los valores de adsorción de sal del experimento para el ensayo con dos corrientes constantes con distinta intensidad, una de 50 miliamperios (mA) y otra de 100
 15 miliamperios (mA). Puede observarse que para la corriente de 100 miliamperios la adsorción de sales es de 3.33 mg por gramo de electrodo. En la Figura 8 se representa la conductividad en este procedimiento con corriente.

Corriente Aplicada (mA)	Adsorción de sales (mg/g)
50	1.90
100	3.33

Tabla 2.- Resumen de experimentos con diferentes corrientes

REIVINDICACIONES

1. Sistema para el intercambio iónico en medios acuosos o no acuosos, que comprende al menos un primer electrodo de material carbonoso activado recubierto con un polímero iónico con carga positiva, al menos un segundo electrodo de material carbonoso activado recubierto con un polímero iónico con carga negativa, conectados a una fuente de alimentación y dispuestos de forma que entran en contacto simultáneo con el medio.
5
2. Sistema según reivindicación anterior, caracterizado por que el área superficial del material carbonoso activado que forma los electrodos empleados es de al menos 500 m²/g, preferentemente de al menos 1200 m²/g.
10
3. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que el material carbonoso activado es carbón activado.
15
4. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores que comprende dos o más conjuntos de dos o más electrodos recubiertos con polímeros iónicos.
5. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que los electrodos están separados por una distancia que oscila entre 0.05 y 1mm, preferentemente entre 0.1 y 0.6mm, aún más preferentemente en torno a 0.5mm.
20
6. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que los electrodos se encuentran enfrentados dos a dos.
25
7. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 caracterizado por que los electrodos tienen forma cilíndrica con distinto diámetro y se disponen de forma concéntrica, intercalando electrodos recubiertos con polímeros de carga opuesta.
30
8. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores que comprende más de un par de electrodos recubiertos por polímeros iónicos de distinta carga y éstos están conectados en serie.
9. Sistema según reivindicación anterior caracterizado por que el voltaje de la fuente de alimentación está comprendido entre $n \cdot 100$ y $n \cdot 1500$ mV, más preferentemente entre $n \cdot 300$ y $n \cdot 1200$ mV, aún más preferentemente entre $n \cdot 900$ y $n \cdot 1200$ mV y aún más preferentemente $n \times 1200$ mV, donde n es el número de pares de electrodos conectados en serie
35

10. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 que comprende más de un par de electrodos recubiertos por polímeros iónicos de distinta carga y éstos están conectados en paralelo.
- 5 11. Sistema según reivindicación anterior caracterizado por que el voltaje de la fuente de alimentación estará comprendido entre 100 mV y 1500 mV, más preferentemente entre 300 y 1200 mV, aún más preferentemente entre 900 y 1200 mV.
- 10 12. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que el polímero iónico de carga negativa que recubre al menos un electrodo pertenece al grupo de polielectrolitos, preferentemente al grupo formado por ácido desoxirribonucleico, el sulfonato de poliestireno, la poliacrilamida, el ácido poliacrílico, el ácido polimetacrílico y PSS.
- 15 13. Sistema según reivindicación anterior caracterizado por que el polímero iónico de carga negativa es PSS.
- 20 14. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11 caracterizado por que al menos uno de los electrodos está recubierto por un polímero iónico de carga negativa con un peso molecular entre 5000 y 1000000 g/mol, preferentemente entre 70000 y 500000 g/mol y más preferentemente un peso molecular aproximado de 200000 g/mol.
- 25 15. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que al menos uno de los electrodos está recubierto por un polímero de carga positiva pertenece al grupo de polielectrolitos de carga positiva como la polietilenimina o PDACMAC.
- 30 16. Sistema según reivindicación anterior caracterizado por que el polímero de carga positiva es poli cloruro de dialildimetilamonio (PDACMAC).
- 35 17. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14 caracterizado por que al menos uno de los electrodos está recubierto por un polímero iónico de carga positiva con un peso molecular comprendido entre 5000 e 500000 g/mol, preferentemente entre 50000 y 350000 g/mol y más preferentemente un peso molecular aproximado de 100000 g/mol.

18. Procedimiento de separación iónica de soluciones acuosas que emplea el sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

5

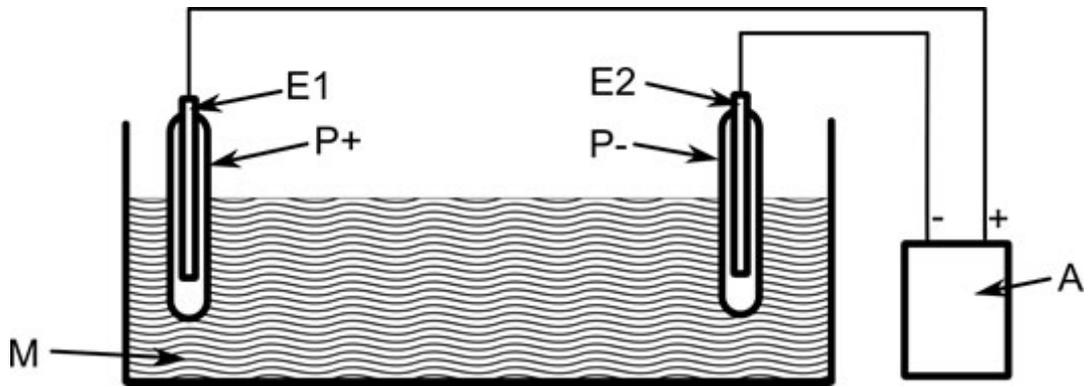


FIGURA 1

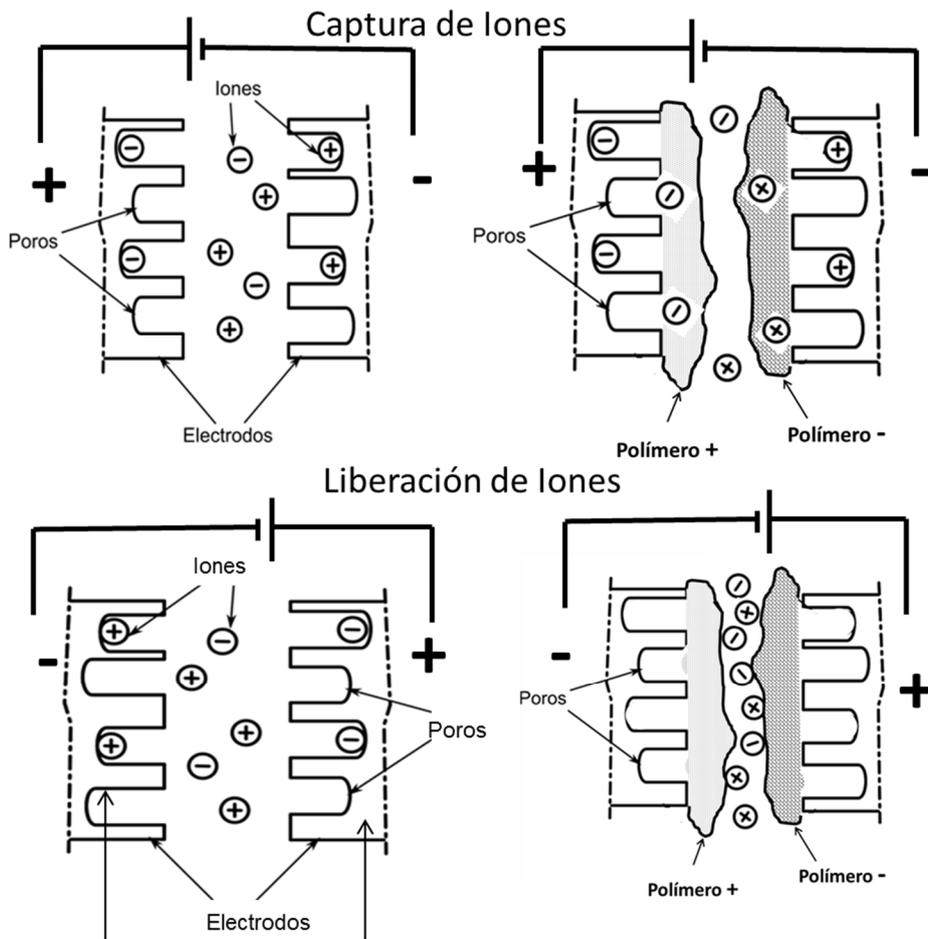


FIGURA 2

Captura de Iones

Liberación de Iones

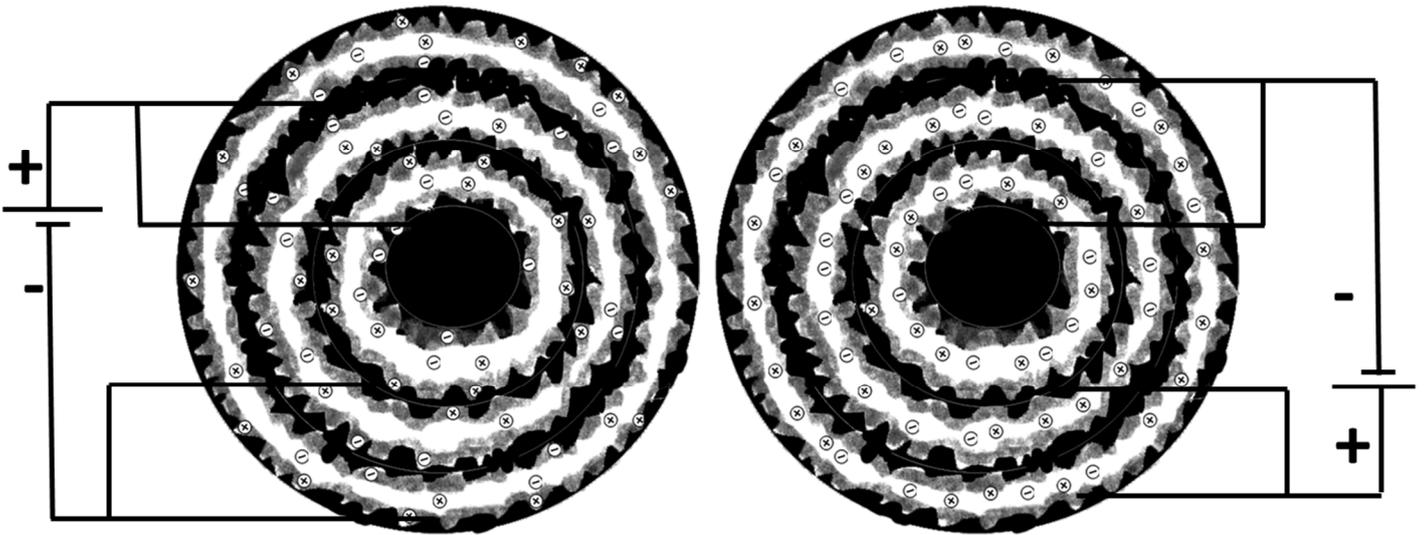


FIGURA 3

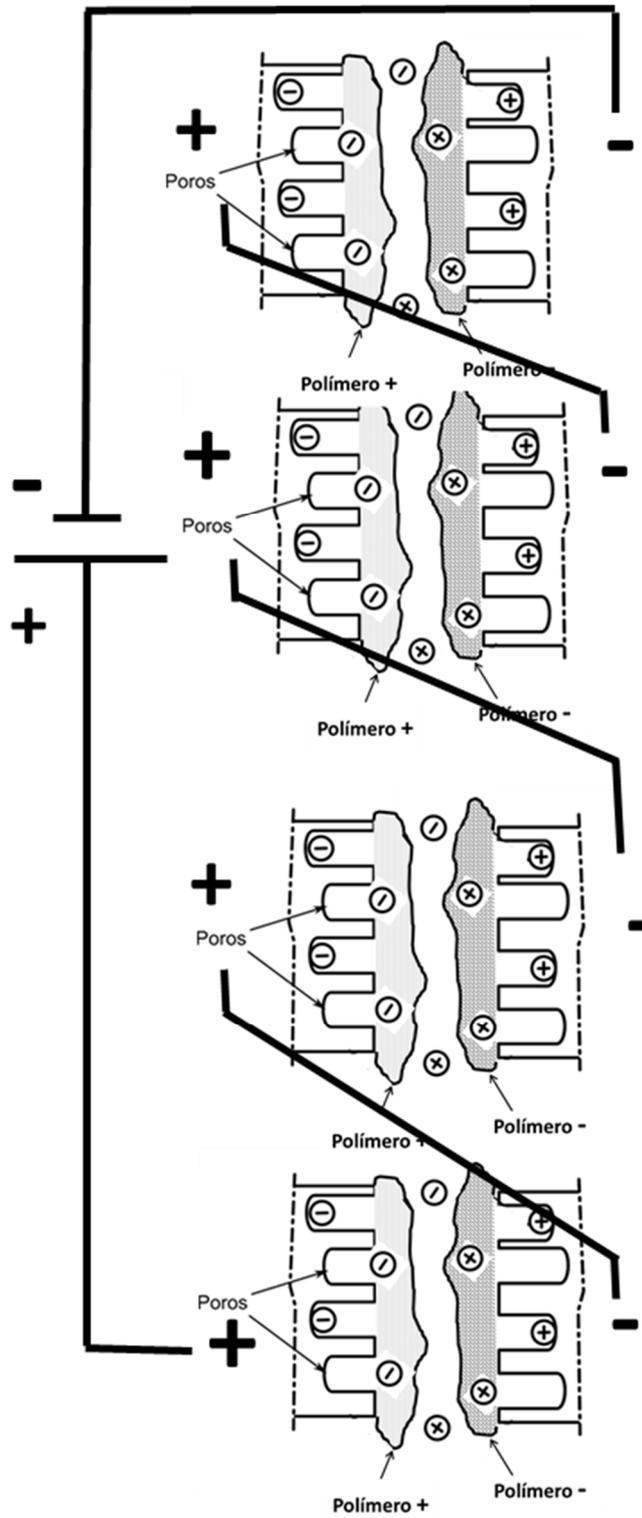


FIGURA 4

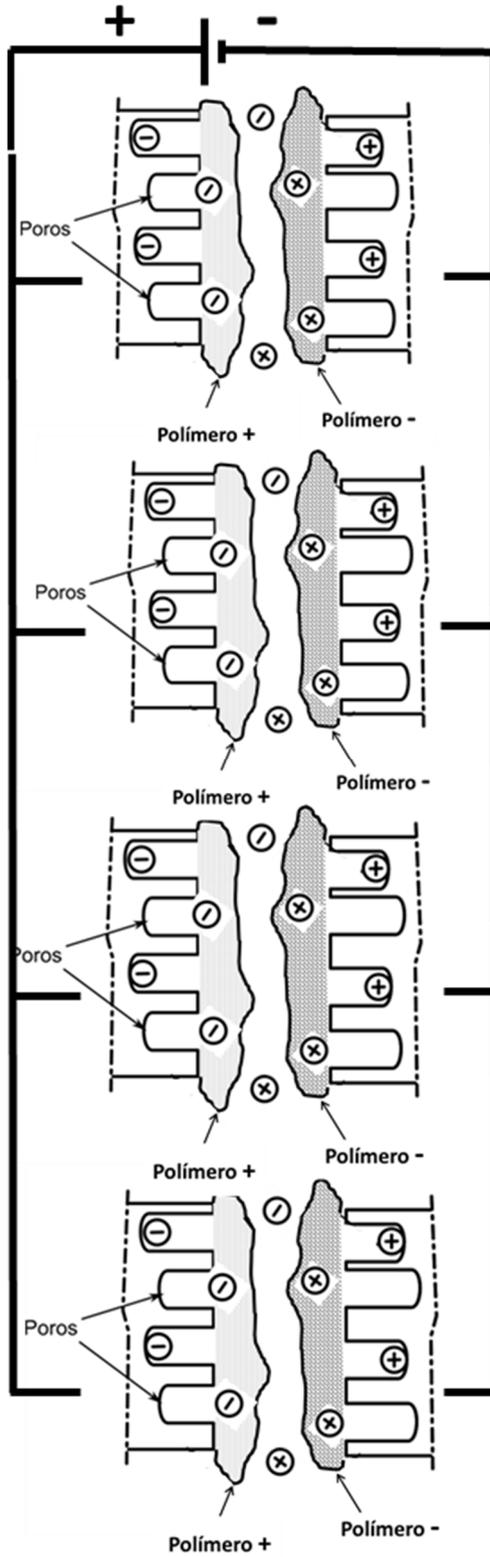


FIGURA 5

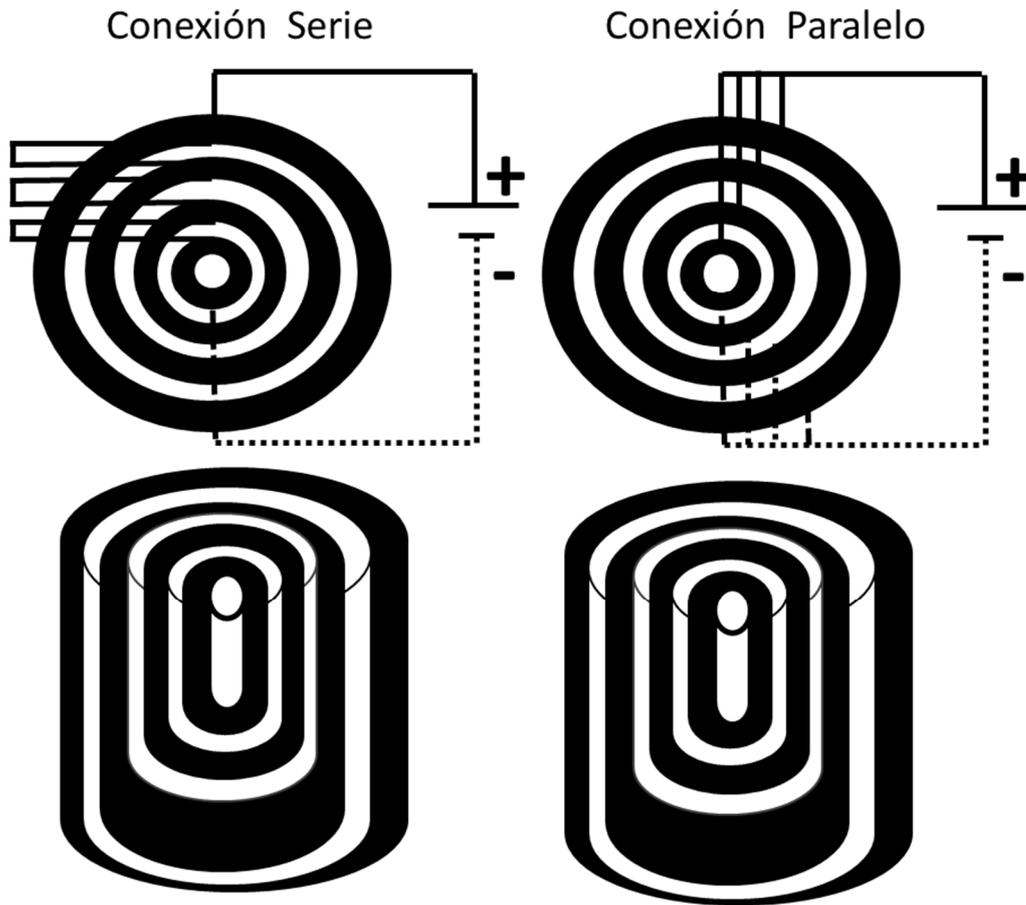


FIGURA 6

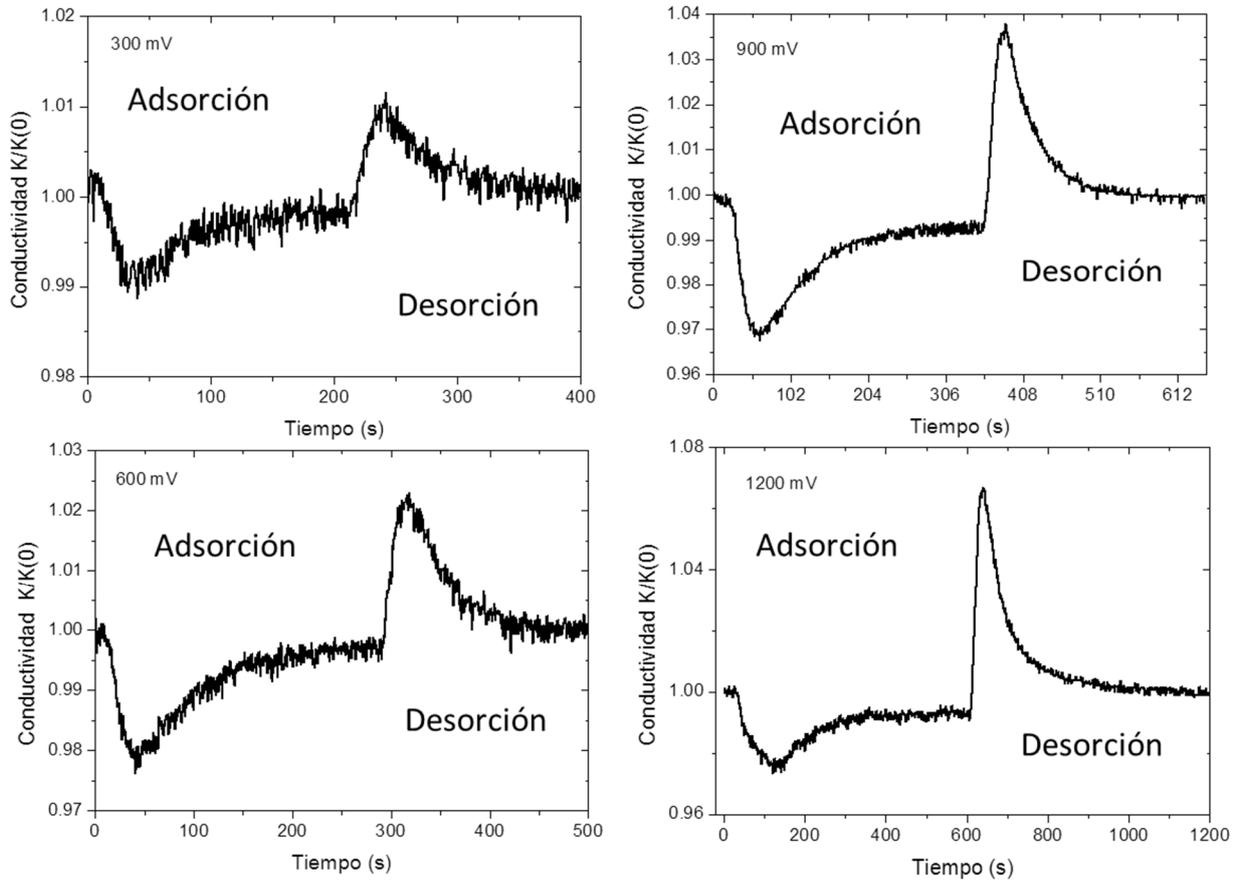


FIGURA 7

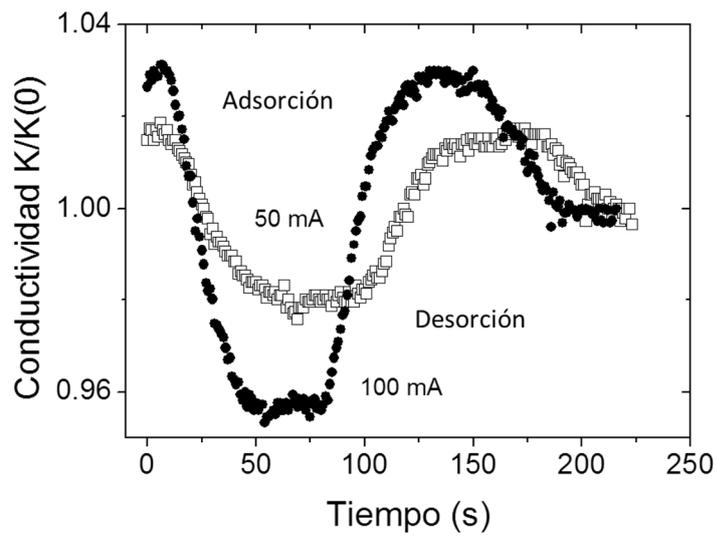


FIGURA 8



- ②① N.º solicitud: 201731503
②② Fecha de presentación de la solicitud: 29.12.2017
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	AHUALLI, SILVIA, et al. Use of soft electrodes in capacitive deionization of solutions. Environmental Science & Technology, 03/04/2017, Vol. 51, Páginas 5326-5333, <DOI: 10.1021/acs.est.6b06181>, todo el documento.	1-18
X	LIU, YONG, et al. Enhanced desalination efficiency in modified membrane capacitive deionization by introducing ion-exchange polymers in carbon nanotubes electrodes. Electrochimica Acta, 01/06/2014, Vol. 130, Páginas 619-624, ISSN 0013-4686; apartados 1-2.	1-11,14-18
A	JIA, BAOPING; ZHANG, WEI. Preparation and application of electrodes in capacitive deionization (CDI): a state-of-art review. Nanoscale Research Letters, 03/02/2016, Vol. 11, Páginas 64, todo el documento.	1-18
A	ES 2584352 T3 (UNILEVER N.V.) 27/09/2016, páginas 3-4	1-18

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
06.03.2018

Examinador
V. Balmaseda Valencia

Página
1/2

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

H01G11/32 (2013.01)

H01G11/48 (2013.01)

C02F1/46 (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H01G, C02F

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC