

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 646 181**

51 Int. Cl.:

<b>C02F 1/44</b>	(2006.01)
<b>C02F 1/00</b>	(2006.01)
<b>B01D 61/02</b>	(2006.01)
<b>B01D 61/12</b>	(2006.01)
<b>C02F 103/08</b>	(2006.01)
<b>C02F 103/02</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.06.2005 PCT/IL2005/000670**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.01.2006 WO06001007**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.06.2005 E 05754582 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.08.2017 EP 1781574**

54 Título: **Aparato de desalinización de circuito cerrado continuo sin contenedores, planta modular y método para la desalinización**

30 Prioridad:

**24.06.2004 IL 16271304**

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

**12.12.2017**

73 Titular/es:

**DESALITECH LTD (100.0%)  
14 Atir Yeda Street  
4464323 Kfar Saba, IL**

72 Inventor/es:

**EFRATY, AVI**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 646 181 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Aparato de desalinización de circuito cerrado continuo sin contenedores, planta modular y método para la desalinización

### Antecedentes de la invención

- 5 La presente invención se refiere a un método y aparato sin contenedores para la desalinización secuencial consecutiva continua en circuito cerrado de una solución de agua salada mediante osmosis inversa.

### Descripción de la técnica anterior

- 10 La osmosis inversa convencional (RO) se realiza por medio de técnicas de "flujo en pistón", mediante las cuales un flujo de alimentación presurizado es dividido continuamente en permeado y salmuera. Un enfoque diferente de la desalinización hidrostática en circuito cerrado fue reportado primero en los años ochenta por Szuz et al. en la Patente de Estados Unidos N° 4.983.301 y por Bartt en la Patente de Estados Unidos N° 4.814.086, haciendo énfasis en el ahorro de energía. De acuerdo con el enfoque de Desalinización de Circuito Cerrado (CCD), la alimentación presurizada es reciclada bajo presión hidrostática hasta la recuperación deseada, después la salmuera es sustituida por nuevo líquido y el proceso de tandas se repite. Las patentes anteriormente mencionadas sugieren el acoplamiento alternante de dos tanques en el circuito cerrado con el fin de habilitar la desalinización continua. La principal desventaja de este enfoque surge de la necesidad de "dos tanques de capacidad relativamente grande".

- 15 Szuz et al se refieren a la retirada de "materiales extraños mediante el equipo de filtración de membrana, y por tanto, a aplicar RO así como a la filtración de la material en partículas suspendidas a partir de las soluciones y fluidos. La desalinización o filtración en circuito cerrado implica un fuerte efecto de dilución durante el reciclado, y por tanto, facilita el alcance de elevada recuperación bajo condiciones relativamente suaves.

Una solicitud de patente reciente WO 2005/016830 describe un aparato para la CCD continua con un contenedor único. La solicitud de patente actual describe un nuevo aparato y método de la invención para la desalinización de circuito cerrado continua de solución de agua de sal mediante un proceso secuencial consecutivo continuo sin la necesidad de contenedores.

- 25 La solicitud de patente internacional publicada WO 03/013704 A2 describe un aparato de desalinización de circuito cerrado y un método que emplea al menos un contenedor para almacenar el concentrado reciclado. Añadiendo un segundo contenedor, el aparato y método pueden ser hechos para operar continuamente mediante conmutación, cuando una recuperación de desalinización deseada haya sido conseguida, a un contenedor recargado de nuevo. El contenedor que contiene el concentrado que va a ser descargado es desconectado del circuito de desalinización, abierto a la presión atmosférica y su contenido es remplazado por alimentación nueva. El contenedor es entonces sellado y presurizado para quedar listo para una nueva secuencia de desalinización.

- 30 La solicitud de patente internacional publicada WO 02/098527 A2 describe un sistema de osmosis inversa con reciclado de concentrado sustancialmente total, en donde el concentrado es periódicamente purgado desde el sistema. El documento enseña un típico proceso de tandas discontinuo en el que al final de cada ciclo de tanda el concentrado en el sistema es remplazado por alimentación nueva mientras la producción de permeado se detiene.

### Sumario de la invención

La presente invención propone un aparato y un método para la desalinización continua de solución de agua salada o alimentación de agua salobre (en, lo que sigue "alimentación") de acuerdo con la reivindicación 1 y la reivindicación 7, respectivamente.

- 40 El aparato y el método de acuerdo con la presente invención para la desalinización continua por un proceso secuencial consecutivo funcionan bajo presión variable de flujo constante y flujo de permeado como resultado de la Presión de Accionamiento Neta (NDP). La NDP, la diferencia entre la presión aplicada y la presión osmótica, en cada etapa durante el funcionamiento del aparato de la invención se controla por encima de un valor mínimo predeterminado.

- 45 El aparato y método de acuerdo con la presente invención pueden estar hechos de manera que sean disponibles en forma modular con alimentación presurizada creada y suministrada de forma continua a más de una unidad modular. La forma modular del aparato se puede aplicar a las plantas de desalinización de cualquier capacidad de producción.

- 50 El aparato y el método de acuerdo con la presente invención pueden contener componentes y partes comerciales, que funcionan sin exceder sus especificaciones establecidas.

El aparato y el método de acuerdo con la presente invención están caracterizados por los diseños baratos y sencillos con relativamente pocos componentes, reducido número de elementos de membrana y demanda de energía específica baja sin la necesidad de recuperación de energía. El método de la invención puede ser específicamente atractivo para la recuperación de desalinización elevada (aproximadamente entre el 75% y el 95%) de agua salobre

de concentración baja, y en este contexto puede proporcionar un enfoque sencillo de coste efectivo para la retirada parcial de Boro de permeados de SWRO al nivel aceptable (aproximadamente < 0,5 ppm)

**Breve descripción de los dibujos**

5 La Fig. 1A es un diagrama esquemático del aparato de la invención para la desalinización en circuito cerrado con cinco módulos cada uno de tres elementos de membrana (configuración M5E15) durante el modo de reciclado de concentrado, de acuerdo con una realización preferida de la presente invención.

La Fig. 1B es un diagrama esquemático del aparato de la invención para la desalinización en circuito cerrado con cinco módulos, cada uno de tres elementos de membrana (configuración M5E15) durante el modo de descarga de concentrado, de acuerdo con una realización preferida de la presente invención.

10 La Fig. 2A es un diagrama esquemático de la unidad modular de la invención del aparato para la desalinización en circuito cerrado con cinco módulos, cada uno de tres elementos de membrana (configuración M5E15) durante el modo de reciclado de concentrado, de acuerdo con una realización preferida de la presente invención.

15 La Fig. 2B es un diagrama esquemático de la unidad modular de la invención del aparato para la desalinización en circuito cerrado con cinco módulos cada uno de tres elementos de membrana (configuración M5E15) durante el modo de descarga de concentrado, de acuerdo con una realización preferida de la presente invención.

La Fig. 3 es un diagrama esquemático de una planta hecha de cinco unidades modulares del aparato de la invención, cada una de elementos de 5 módulos y 15 membranas, de acuerdo con una realización preferida de la presente invención.

20 La Fig. 4 es un gráfico que muestra una simulación de las concentraciones de TDS durante el proceso de CCD de recuperación de elevado porcentaje, de acuerdo con una realización preferida de la presente invención.

La Fig. 5 es un gráfico que muestra una simulación de las concentraciones de Boro durante el proceso de CCD de recuperación de elevado porcentaje, de acuerdo con una realización preferida de la presente invención.

La Fig. 6 es una simulación de las concentraciones de Magnesio durante el proceso de CCD de recuperación de elevado porcentaje, de acuerdo con una realización preferida de la presente invención.

**25 Descripción detallada de la invención**

La realización preferida del aparato de RO de la invención en la Fig. 1A comprende un sistema de desalinización de circuito cerrado con cinco módulos (M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub>, M<sub>4</sub> y M<sub>5</sub>) cada uno de 3 elementos de membrana, una entrada de alimentación (F), una bomba de presurización de alimentación (PP), una bomba de circulación (CP), salida de efluente de salmuera (B), salida de permeado (P), una válvula de tres vías (V3), dispositivos de monitorización de conductividad (CM(1) y CM(2)) y dispositivos de monitorización de presión (PM(1) y PM(2)). En la Fig. 1A, las líneas de conducción para la alimentación nueva, mezclada con concentrado o no, están indicadas mediante líneas continuas, la línea de conducción para la retirada de salmuera mediante líneas de puntos, y las líneas de conducción para la recogida de permeado mediante líneas de trazos. Las direcciones de flujo en las diversas líneas están indicadas mediante flechas. El volumen del circuito cerrado es derivado desde el volumen de concentrado contenido en los vasos de presión, también conocidos como módulos, y las tuberías y el volumen de circuito cerrado deseados están diseñados con la selección apropiada de diámetros de las líneas de tubería. La configuración mostrada en la Fig. 1A es la del modo de reciclado de concentrado que se experimenta durante la mayoría del tiempo en este aparato de la invención.

40 La desalinización secuencial consecutiva continua en el aparato de la invención requiere sustitución periódica de concentrado de salmuera por alimentación nueva en el circuito cerrado en el nivel de recuperación de sistema deseado y este breve modo de funcionamiento se muestra en la Fig. 1B. El rechazo de salmuera del circuito cerrado se consigue derivando el flujo de concentrado al exterior a través de una válvula de tres vías V3. El control de todo el proceso de desalinización se consigue por medio de conductividad monitoreada "on line" con una señal procedente de CM(1) que manifiesta el alcance el nivel de recuperación deseado desactivando el reciclado en favor del rechazo de salmuera; y de manera similar, una señal procedente de CM(2) que manifiesta la finalización del rechazo de salmuera reactivando el modo de reciclaje.

45 Los dispositivos de monitoreo de presión PM(1) y PM(2) en el aparato de la invención bajo revisión proporcionan los medios para el control de presión, especialmente durante el modo de rechazo de salmuera (Fig. 1B), con un cambio de presión mínima en el sistema logrado por medio de la actuación de válvula como respuesta a las variaciones de presión "on line" no deseadas.

50 La unidad modular presentada en la Fig. 2 (A y B) contiene medios de presurización y el fin de la válvula de dos vías V2 en este diseño es hacer posible el aislamiento de las unidades modulares específicas para el mantenimiento y/o reparación sin detener el funcionamiento de las unidades remanentes en la configuración. Por analogía con la Fig. 1A y la Fig. 1B, las funciones descritas en la Fig. 2A y la Fig. 2B son de reciclado y de rechazo de salmuera,

respectivamente.

La combinación de cinco unidades modulares mostrada en al Fig. 2 (A y B) en una planta de desalinización, con su dispositivo de presurización de alimentación, está representada en la Fig. 3. Las cinco unidades modulares MU-1, MU-2, MU-3, MU-4 y MU-5) en la Fig. 3 están suministradas centralmente a través de la misma línea de conducción (F) con alimentación presurizada recibida de PP, y tales líneas de conducción similares son utilizadas para la recogida de permeado (P) y para la retirada de la salmuera (B). El modo preferido de funcionamiento de plantas compuestas por unidades modulares mediante el método de la invención es el de bajo condiciones de presión constante, aunque el funcionamiento de presión variable puede hacerse posible siempre y cuando cada una de las unidades modulares en la configuración esté también equipada con un aumentador de presión variable con lo que las variaciones de presión deseadas son creadas discretamente por unidad modular.

Se entenderá que el diseño de las realizaciones preferidas del aparato de la invención y las unidades de desalinización modulares mostradas en la Fig. 1 (A y B), y la Fig. 3 son esquemáticas y simplificadas y no están destinadas a limitar la invención. En la práctica, las unidades de desalinización y el apartado de acuerdo con la invención pueden comprender muchas líneas, ramas, válvulas adicionales, y otras instalaciones y dispositivos necesariamente de acuerdo con los requisitos específicos mientras todavía continúan dentro del campo de las invenciones y de las reivindicaciones.

Todas las realizaciones preferidas mostradas en las Figs. 1 y 3 presentan en aparato de desalinización básica y las unidades modulares hechas de cinco módulos (vasos de presión) con tres elementos de membrana por módulo, y esto con el fin de una mayor simplicidad, claridad, uniformidad y conveniencia de presentación. Se entenderá que el diseño general de acuerdo con la invención no se limita ni se restringe a cinco módulos por unidad modular y/o aparato y que el número de elementos de membrana por módulo no está restringido a tres. Específicamente, se entenderá que el aparato y las unidades modulares de acuerdo con el método de la invención comprenderán n módulos (M(1), M(2), M(3) ... M(n)). De manera similar, se entenderá que cada módulo puede contener de acuerdo con el método de la invención m elementos de membrana (1E, 2E, 3E ..... mE).

El campo de la invención no está ni restringido ni limitado al diseño y construcción de plantas de desalinización que comprenden 5 unidades modulares de acuerdo con la realización preferida descrita por la Fig. 3. Se entenderá que esas plantas de desalinización de acuerdo con el método de la invención se pueden hacer de cualquier número de unidades modulares de la invención y que tales plantas también están dentro del campo de esta invención.

Los dispositivos de presurización de alimentación para el aparato y las plantas hechas de unidades modulares de acuerdo con el método de la invención pueden estar compuestos por bombas de presión constante de flujo variable, o de bombas de presión variable de flujo constante, dependiendo del modo de funcionamiento deseado del sistema diseñado. Se entenderá que los dispositivos de presurización de alimentación de acuerdo con la invención pueden estar formados por una única bomba adecuada, o en su lugar, por varias bombas adecuadas que sean aplicadas de manera simultánea en paralelo.

El reciclado de concentrado a través del circuito cerrado del aparato y las unidades modulares del método de la invención se realiza mediante sistemas de circulación. Se ha de entender que los sistemas de circulación de acuerdo con la invención pueden estar formados por una única bomba de circulación adecuada, o en su lugar, por varias bombas de circulación aplicadas de manera simultánea en paralelo y/o en línea.

Resultará obvio para los expertos en la técnica que el método de desalinización de la invención bajo revisión puede ser operado en unidades modulares y/o el aparato de desalinización no modular de diferentes diseños, como ya se ha explicado con respecto al aparato y/o unidades de la invención, siempre y cuando tal aparato y/o unidades comprendan un circuito cerrado de líneas de conducción con uno o más módulos paralelos, cada uno de los cuales con uno o más elementos de membrana; los sistemas de circulación; dispositivos de presurización; líneas de recogida de permeado; líneas de retirada de salmuera; dispositivos de monitorización de conductividad, y dispositivos de monitorización de presión.

- Las ventajas ofrecidas por el método y el aparato de la invención son las siguientes: diseños simples sin bombas de graduación ni de inter-graduación de elevador de presión.

- Aparato hecho sólo de componentes y partes comerciales duraderas.

- Aparato accionado sin exceder las especificaciones de los componentes.

- El método ahorra en medios de presurización.

- El método ahorra en elementos de membrana.

- El método ahorra energía sin la necesidad de recuperación de energía.

- El método ahorra en gastos de funcionamiento y costes de mantenimiento.

- El método proporciona permeado de contenido de sal bajo.

- El método es adecuado para la retirada del boro de los permeados de SWRO.

Aunque la invención ha sido descrita anteriormente con respecto a realizaciones particulares, resultará evidente para los expertos en la técnica que se pueden hacer cambios y modificaciones sin que se salgan del campo de las reivindicaciones adjuntas.

## 5 Ejemplo

La realización preferida del método de la invención se ejemplifica con una recuperación de desalinización elevada (85%-95%) de una alimentación de permeado de SWRO típica con TDS de 391 ppm que contiene B (1,2 ppm) y Mg (3,4 ppm). Este ejemplo ilustra, entre otros, la aplicación del método de la invención para la reducción del nivel de Boro en permeados de SWRO hasta un nivel esperado (<0,5 ppm) mediante los estándares internacionales.

10 El aparato a modo de ejemplo es del diseño esquemático mostrado en la Fig. 1 (A y B) con cinco vasos de presión (módulos) de 8 pulgadas (20,32 cm), cada uno con tres elementos de membrana. Las especificaciones de rendimiento bajo Condiciones de Ensayo (TC) de los elementos de tipo comercial de baja energía considerados en el contexto del aparato a modo de ejemplo son las siguientes: Producción, 44 m<sup>3</sup>/día; Alimentación, 2.000 ppm NaCl; Presión, 150 psi; Presión de Accionamiento Neta (NP), 8,8 bares; Temperatura, 25°C; y Recuperación de Elemento  
15 Máxima (MER), 15,0%. El aparato a modo de ejemplo es operado bajo condiciones de presión variable de NPD fija (8,8 bares) en el rango de presión secuencial consecutiva real para una recuperación del 95% de 9,1-12,3 bares. El periodo de desalinización secuencial consecutivo para el 95% de recuperación es de 6,0 minutos y la duración del remplazamiento de salmuera con alimentación nueva dura aproximadamente 19 segundos. La recuperación modular fija bajo las condiciones de funcionamiento específicas anteriormente es de 37,8% con un Flujo de Elemento Medio (AEF) de 36,9 m<sup>3</sup>/día, o del 83,9% de flujo de elemento bajo TC.

20 El volumen de circuito cerrado del aparato a modo de ejemplo es de 122 litros, el caudal de la bomba de presurización (PP) es de 23,1 m<sup>3</sup>/h y el de la bomba de circulación (CP) 38,0 m<sup>3</sup>/h. La energía específica calculada para la recuperación del 95% del aparato a modo de ejemplo es de 0,45 kWh/m<sup>3</sup>, suponiendo una eficiencia del 85% tanto para PP como para CP.

25 El régimen de producción de desalinización del aparato a modo de ejemplo es de 23,1 m<sup>3</sup>/h o 554 m<sup>3</sup>/día o 202,210 m<sup>3</sup>/año con un régimen de Salmuera dispuesto de 1,2 m<sup>3</sup>/h o 29 m<sup>3</sup>/día.

30 El rendimiento simulado por ordenador del aparato a modo de ejemplo presentado en las Figs. 4-6 supone un funcionamiento a pH≈10 con un rechazo de sal del 99,5% y un rechazo de boro del 93,0%. El funcionamiento a un pH > 10 con mayor rechazo de boro está restringido por la presencia de Mg, dado que su Mg(OH)<sub>2</sub> derivado es altamente salobre (K<sub>sp</sub> = 1,2x10<sup>-11</sup> a 18°C).

35 La Fig. 4A muestra concentraciones de porcentaje de entrada y salida de módulo (TDS) en función de la desalinización (máximo 95%) a un pH≈10 en el ejemplo bajo revisión e ilustra el fuerte efecto de dilución creado durante la desalinización de circuito cerrado. La calidad de los permeados recibidos en el ejemplo bajo presión en función de la recuperación de desalinización se representa en la Fig. 4B. Las concentraciones de boro de entrada y salida de módulo durante el proceso a modo de ejemplo se muestran en la Fig. 5A y la calidad de los permeados recibidos con referencia al boro, se muestran en la Fig. 5B. Se ha de hacer notar que las concentraciones de boro medias de permeado 0,22, 0,24, 0,32 y 0,44 ppm en el proceso a modo de ejemplo durante las recuperaciones de desalinización del 80%, 85%, 90% y 95%, respectivamente, están por debajo del nivel recomendado de 0,5 ppm.  
40 Las concentraciones de magnesio de entrada y salida de módulo durante el proceso a modo de ejemplo se muestran en la Fig. 6A y los productos de solubilidad de porcentaje de [Mg<sup>+2</sup>] y [OH<sup>-</sup>] con referencia a la K<sub>sp</sub> de Mg(OH)<sub>2</sub> mostrados en la Fig. 6B, revelan un máximo de ≈ 24%, lo que significa que no se produce precipitación de hidróxido de magnesio durante el proceso a modo de ejemplo.

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato para la desalinización secuencial consecutiva de circuito cerrado continua de solución de agua salada mediante osmosis inversa, comprendiendo el aparato:
  - 5 un sistema de circuito cerrado que comprende un módulo de desalinización (M) que tiene una entrada, una salida de concentrado, una salida de permeado, o una pluralidad de módulos de desalinización ( $M_1, \dots, M_n$ ) que tienen sus respectivas entradas y salidas conectadas en paralelo, y una línea de reciclado de concentrado que conecta cada salida de concentrado a cada entrada del uno o más módulos de desalinización ( $M_1, \dots, M_n$ ), comprendiendo cada uno de dichos módulos de desalinización ( $M_1, \dots, M_n$ ) uno o más elementos de membrana;
  - 10 una línea de alimentación (F) para suministrar alimentación nueva de solución de agua salada al sistema de circuito cerrado,
  - una bomba de presurización (PP) en dicha línea de alimentación (F) para presurizar la alimentación nueva de solución de agua salada en el sistema de circuito cerrado y para crear contrapresión para hacer posible la desalinización de osmosis inversa en el sistema de circuito cerrado y la sustitución del permeado liberado por la alimentación nueva;
  - 15 una bomba de circulación (CP) en dicha línea de reciclado de concentrado para reciclar el concentrado presurizado desde cada salida de concentración a cada entrada del uno o más módulos de desalinización ( $M_1, \dots, M_n$ );
  - una línea de conducción de permeado (P) para la recogida de permeado desde el al menos un módulo de desalinización de dicho sistema de circuito cerrado;
  - 20 una línea de conducción efluente (B) conectada a la línea de reciclado de concentrado para retirar el efluente de salmuera del sistema de circuito cerrado;
  - un sistema de válvula (V3) en la línea de reciclado de concentrado aguas abajo de la bomba de circulación (CP) y configurado para derivar el flujo de concentrado desde la línea de reciclado de concentrado a la línea de conducción efluente (B), para hacer posible la descarga periódica de la salmuera del sistema de circuito cerrado a un nivel de recuperación deseado sin detener la salinización; y
  - 25 un sistema de monitorización y control que incluye un primer dispositivo de monitorización de conductividad de solución (CM(1)) dispuesto en la línea de reciclado de concentrado aguas arriba de la(s) entrada(s) de módulo para monitorizar el nivel de recuperación alcanzado, un segundo dispositivo de monitorización de conductividad (CM(2)) dispuesto en la línea de conducción efluente (B) para determinar la finalización del rechazo de salmuera, un primer dispositivo de monitorización de presión (PM(1)) dispuesto en la línea de reciclado de concentrado aguas arriba del primer dispositivo de monitorización de conductividad de solución (CM(1)) y aguas abajo del sistema de válvula (V3) así como aguas abajo de la bomba de presurización (PP), y un segundo dispositivo de monitorización de presión (PM(2)) dispuesto en la línea de reciclado de concentrado aguas abajo de la bomba de circulación (CP) y aguas arriba del sistema de válvula (V3) para hacer posible la desalinización de circuito cerrado continua del proceso de recuperación en etapas secuenciales consecutivas, bajo condiciones de presión variable mediante la conmutación de un modo de reciclado de concentrado a un modo de descarga de concentrado hasta alcanzar el nivel de recuperación deseado y mediante la reactivación del modo de reciclado de concentrado una vez que se ha determinado la finalización del rechazo de salmuera.
  - 30
  - 35
- 40 2. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dichos módulos de desalinización ( $M_1, \dots, M_n$ ) comprenden uno o más elementos de membrana semi-permeable dentro de un alojamiento.
3. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dichos módulos de desalinización ( $M_1, \dots, M_n$ ) están agrupados en baterías paralelas, comprendiendo cada una de dichas baterías paralelas una pluralidad de módulos de desalinización ( $M_1, \dots, M_n$ ).
- 45 4. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicho dispositivo de presurización comprende una o más bombas de presurización (PP), accionadas en paralelo o en línea.
5. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que una pluralidad de bombas de circulación (CP) es accionada en paralelo o en línea.
6. Una planta modular integrada de capacidad de desalinización a gran escala, que incluye más de un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes y que comparte el mismo dispositivo de presurización y líneas de conducción para la recogida de permeado y la retirada de salmuera.
- 50 7. Un método para la desalinización de circuito cerrado secuencialmente consecutiva continua de solución de agua salada mediante osmosis inversa que tiene lugar en un aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, implicando el método:

- operar el aparato en un modo de reciclado de concentrado, reciclando el concentrado en el sistema de circuito cerrado a través de uno o más módulos de desalinización ( $M_1, \dots, M_n$ ) mientras se libera el permeado de uno o más módulos de desalinización ( $M_1, \dots, M_n$ ) y se suministra alimentación de solución de agua salada nueva presurizada al sistema de circuito cerrado para sustituir el permeado liberado;
- 5
- medir el nivel de recuperación alcanzado en el sistema de circuito cerrado monitorizando la conductividad;
  - desactivar, sin detener la salinización, el modo de reciclado de concentrado en favor de un modo de descarga de concentrado hasta que se alcance un nivel de recuperación deseado en el sistema de circuito cerrado, efectuando el rechazo de salmuera desde el sistema de circuito cerrado mientras se suministra solución de agua salada nueva al sistema de circuito cerrado para sustituir la salmuera rechazada;
- 10
- determinar la finalización del rechazo de salmuera monitorizando la conductividad en una línea de conducción efluente; y
  - reactivar el modo de reciclado de concentrado una vez que el rechazo de salmuera se haya completado,
- en el que una presión variable es suministrada de manera controlada durante dicha desalinización de circuito cerrado secuencialmente consecutiva, de manera que la diferencia entre la presión aplicada y la presión osmótica durante dicho proceso de desalinización de circuito cerrado se mantiene sustancialmente constante.
- 15
8. El método de la reivindicación 7, en el que dicha solución de agua salada comprende un cualquiera de lo siguiente: fuentes de agua potable; fuentes de agua salina; fuentes de agua contaminada; fuentes de aguas salina y contaminada; fuentes efluentes domesticas claras; fuentes efluentes industriales claras; efluentes claros procedentes de torres de refrigeración de unidades de aire acondicionado centrales; permeados de SWRO de boro elevado; o fuentes de agua salobre con una salinidad total de hasta 8000 ppm.
- 20

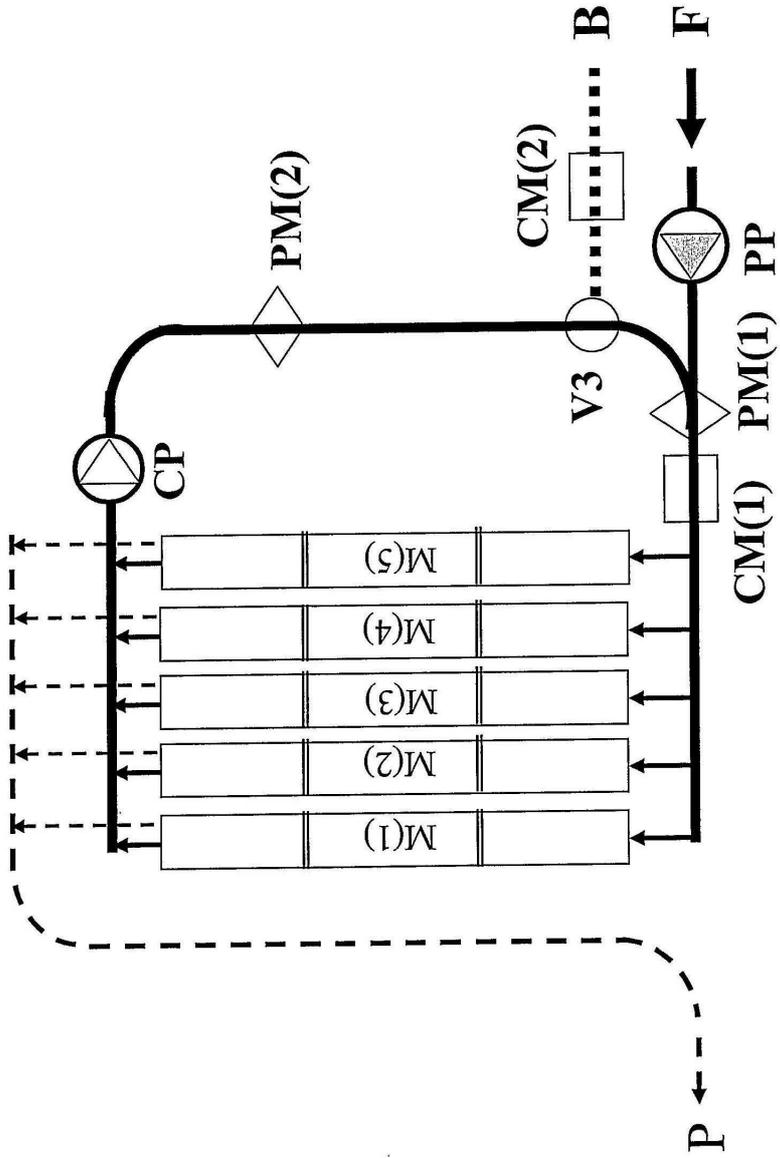


Fig. 1A

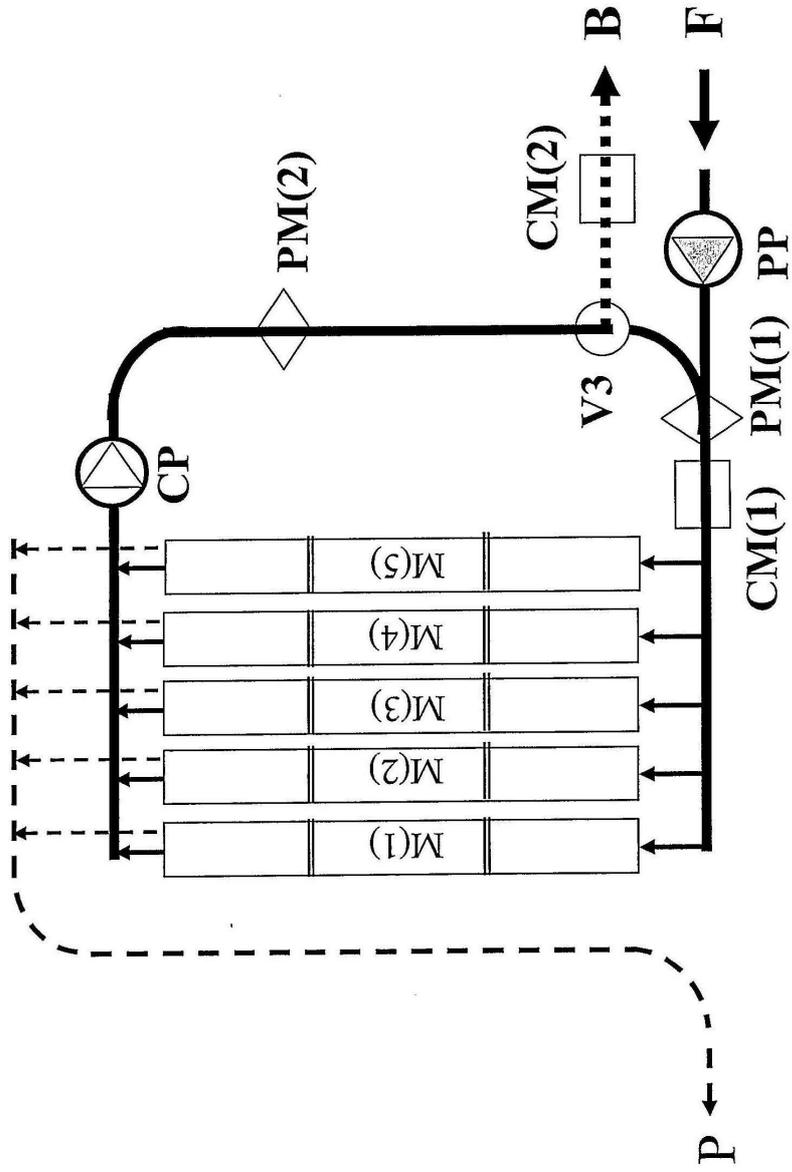


Fig. 1B



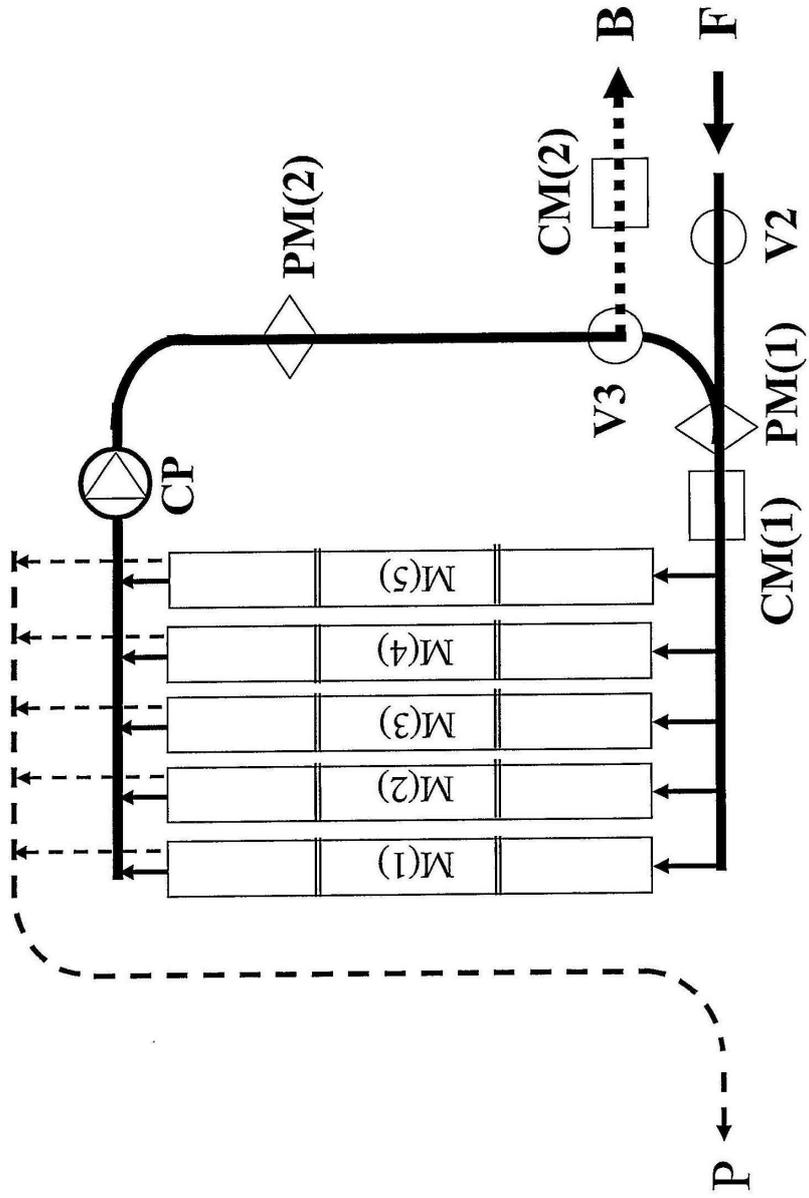
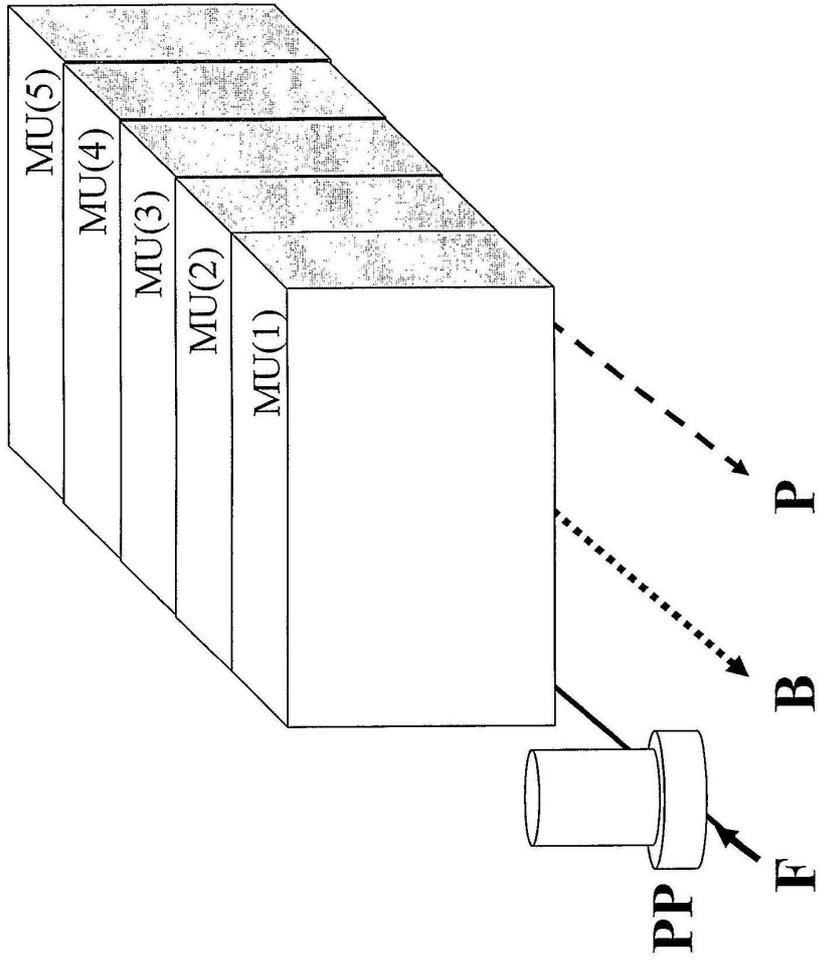
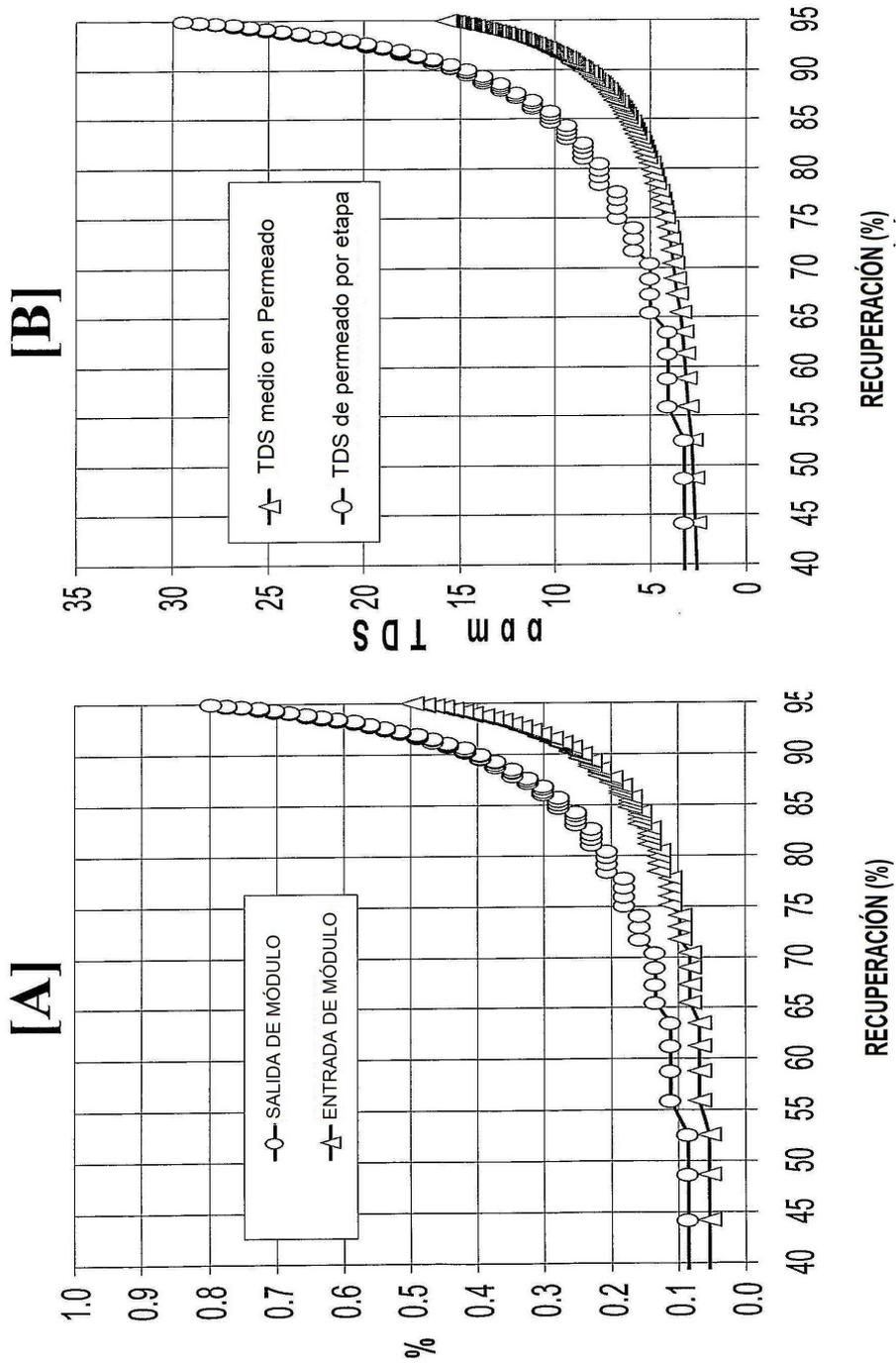


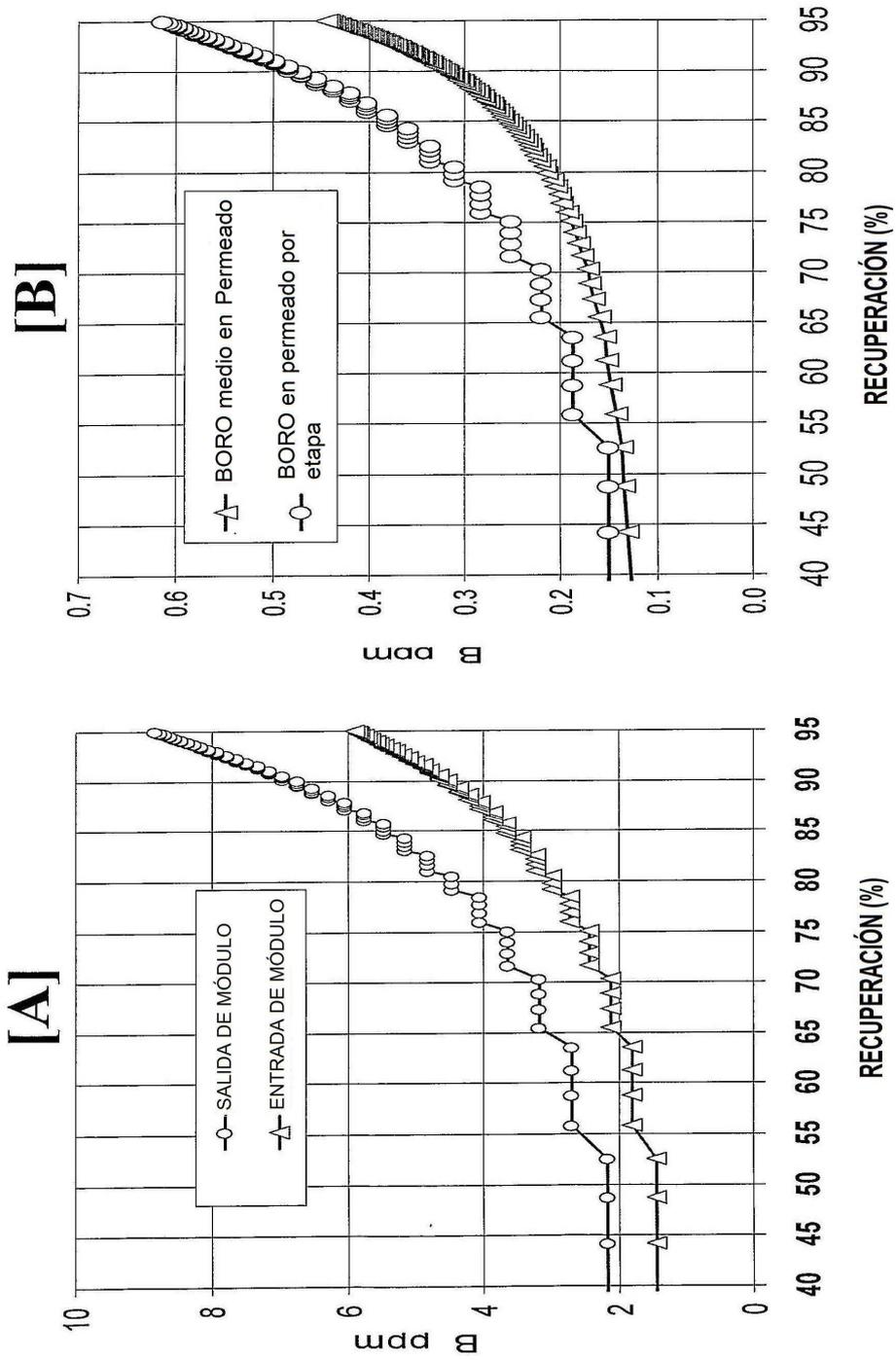
Fig. 2B



**Fig. 3**



**Fig. 4**



**Fig. 5**

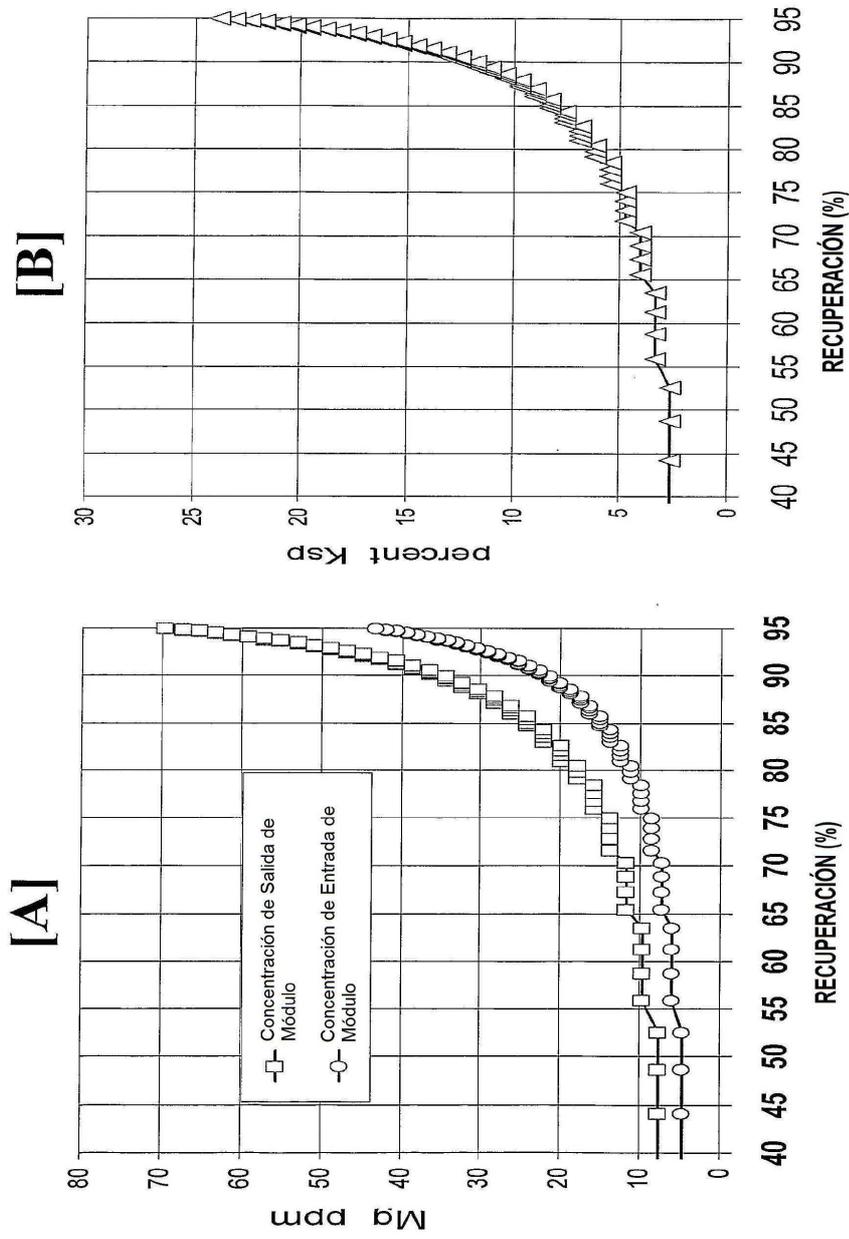


Fig. 6