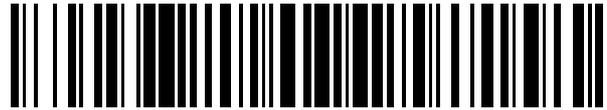


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 680 904**

21 Número de solicitud: 201700175

51 Int. Cl.:

**B01D 61/02** (2006.01)

**C02F 1/44** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**06.03.2017**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**11.09.2018**

71 Solicitantes:

**LAHUERTA ROMEO, Manuel (100.0%)**  
**Rio Esera Nº 4 Las Lomas del Gallego**  
**50830 Zuera (Zaragoza) ES**

72 Inventor/es:

**LAHUERTA ROMEO, Manuel**

74 Agente/Representante:

**LAZARO ZARRAUTE, Cristina**

54 Título: **Desalinizadora submarina**

57 Resumen:

Desalinizadora submarina que opera sobre el fondo marino, conectada a costa, que aprovecha la presión hidrostática generada por la sumergencia, sin requerir obras de toma ni de emisario. Integrada en una unidad constructiva, emerge inyectándole aire a presión. A profundidades suficientes, un flujo de alimentación entra por el filtro (5), succionado por una bomba (1) ubicada en un ducto de concentrado, evacuándose posteriormente por una chimenea (16). A profundidades menores, la bomba (1) aspira el flujo de alimentación a través de la chimenea (16), impulsándolo a una presión que sumada a la hidrostática, permite operar el proceso de ósmosis inversa, invirtiéndose el sentido del flujo. El permeado, vertido en una cántara (3) conectada con la superficie mediante un respiradero (8), es impulsado y transportado por tuberías (20) o barcos cisterna hasta la costa. Dispuesta a modo de tejado a dos vertientes, con los tubos portamembranas (13) embridados a la cántara (3), la desalinizadora descansa sobre una estructura cerchada.

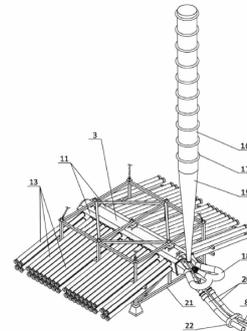


Figura 4

ES 2 680 904 A1

## DESCRIPCIÓN

Desalinizadora submarina.

### 5 Objeto de la invención

La presente invención, tal y como expresa el enunciado de esta memoria descriptiva, se refiere a una desalinizadora submarina que aporta esenciales características de novedad y notables ventajas con respecto a otras desalinizadoras del estado actual de la técnica.

10 Más en particular, la invención se refiere a una desalinizadora de agua de mar que conectada a la costa trabaja sumergida en el medio marino a una profundidad que, por sumergimiento y de forma natural, consigue la presión necesaria para obtener agua potable a partir de un proceso de osmosis inversa a través de membranas.

### 15 Campo de aplicación de la invención

El campo de aplicación de la presente invención se encuentra dentro del sector de suministro de agua potable a zonas costeras, si bien por su reducido coste energético, rapidez de implantación y transportabilidad, puede encontrar una fácil aplicación dentro de otros sectores de la técnica, tal como para suministro de agua incluso a instalaciones de regadío en agricultura de alto valor añadido.

### 25 Antecedentes de la invención

La osmosis inversa es un proceso de obtención de agua potable a partir de agua de mar o salobre, muy extendido y conocido, con un elevado número de grandes empresas, distribuidas por todo el mundo, operando dentro de esta actividad.

30 En general, las instalaciones existentes disponen de una toma abierta o bien de pozos costeros para captar el agua bruta a tratar. Estas tomas representan grandes obras civiles ejecutadas en la costa.

35 Después de un proceso de captación y filtración, el agua bruta se energiza a presiones del orden de 55-60 bar para alimentar los tubos de presión que contienen las membranas. Con índices de conversión del 40-45% se obtienen dos flujos, a saber, uno de agua permeada (sin presión) y otro de rechazo, que supone el 60-65% muy cargado de sales (salmuera) que se vierte de nuevo al mar a través de una conducción (emisario) que lo aleja de la costa. Como este flujo (salmuera) sale presurizado, se recupera una parte de su energía mediante turbinas u otros dispositivos similares que reducen la demanda energética del proceso. En la actualidad esta demanda energética es del orden de 3,4-3,9 KWh/m<sup>3</sup> dependiendo de la salinidad del agua bruta, de la calidad buscada y del diseño de los componentes mecánicos (bombas y turbinas) utilizados en el proceso.

45 Es de reseñar que en Julio del 2015 el mismo autor de la presente invención depositó una solicitud de Patente Internacional con el n° PCT ES20150370379, relativa a "procedimiento y medios para diluir o concentrar soluciones aplicado a procesos de desalinización de agua", en la que una planta de osmosis está situada en el fondo de un pozo costero consiguiendo ventajas energéticas muy importantes. Este procedimiento supone la ejecución previa de una obra de toma, consistente en un pozo de gran profundidad (400-450 m) de gran diámetro, ya  
50 que dentro de él, en su fondo, se instala la propia planta de osmosis.

También exige la extracción del flujo de concentrado, por la boca del pozo, para después verterlo en el mar, a través de un emisario, lo que representa nuevas obras. Estas exigencias

limitan y condicionan el tamaño de las plantas y sus posibilidades de expansión, especialmente en zonas geológicamente difíciles de perforar, de baja permeabilidad o de alta actividad sísmica.

- 5 La invención descrita en dicha solicitud de patente Internacional traslada el procedimiento al fondo marino instalando los pozos suspendidos a partir de una plataforma flotante anclada al fondo, funcionando conforme a los principios que se reivindican en la misma.

### Explicación de la invención

- 10 El objetivo final perseguido por este tipo de instalaciones es disponer de agua potable en la costa, donde se asienta la mayor demanda. Por tanto se busca instalar estas plantas desalinizadoras lo más próximas a la costa, allí donde la materia prima es inagotable y de calidad, siempre que se consigan las condiciones necesarias para que el proceso de osmosis  
15 funcione. La desalinizadora preconizada por la presente invención se ha marcado otros importantes objetivos adicionales entre los que cabe señalar los siguientes:

Como objetivos ecológicos se pueden citar específicamente dos:

- 20 - Evitar largas y costosas obras derivadas de las tomas para la captación y vertido de emisarios que vulneren el ecosistema costero.

- Verter salmueras menos concentradas de fácil difusión en el entorno marino, minimizando el efecto nocivo sobre el ecosistema.

- 25 Otro objetivo medioambiental es conseguir la sostenibilidad energética del proceso. Gracias a la profundidad a la que opera puede obtenerse, de forma natural, la presión necesaria para el proceso de osmosis inversa. Pues bien, para que el proceso funcione se necesita, en principio, forzar los flujos de agua a través de tubos que contienen filtros y membranas, y después forzar  
30 la impulsión del permeado hasta la costa. Para forzar estos flujos hace falta disponer de bombas que consumen energía, si bien las necesidades en las circunstancias especificadas, son del orden de la mitad que en los procedimientos tradicionales, empleándose un 20% en generar el flujo de alimentación a través de los tubos que contienen filtros y membranas y un 80% en extraer el permeado hasta la costa. Este menor consumo energético y el hecho de que  
35 la presión permanezca constante de forma natural, permite más fácilmente el apoyo de energías renovables al proceso, logrando una mayor sostenibilidad energética.

- Otro objetivo de la presente invención es conseguir agua potable con inmediatez. Como la planta opera sumergida en el medio marino, la nula obra civil a realizar permite reducir los  
40 tiempos de instalación y puesta en servicio de la planta. A partir de un grupo electrógeno provisional y de la instalación de tuberías o barcos cisterna que evacúen el permeado, la planta apoyada en el fondo del mar puede comenzar a funcionar.

- La invención descrita en la presente memoria prescinde de cualquier plataforma flotante, así como de la instalación de dos pozos suspendidos de dicha plataforma y mejora el procedimiento de instalación y operación ya que, al estar la planta apoyada sobre el fondo marino, aprovecha la máxima presión hidrostática disponible. Se trata de un diseño estructural propio, siendo energéticamente alimentada desde tierra, estando la planta concebida para que pueda emerger al inyectar aire comprimido. Ventajas que denotan claras diferencias tanto en  
45 su diseño como en su operación con respecto a otras alternativas.

La presente invención consigue los objetivos anteriormente señalados proporcionando una mejor solución a los problemas de suministro de agua potable a las zonas costeras de forma inmediata y sostenible, debiendo hacer constar que por parte del solicitante no se tiene

conocimiento de la existencia de ninguna otra invención que presente características semejantes.

5 Como se sabe, las plantas desalinizadoras costeras trabajan con una materia prima que es el agua de mar. Disponer de agua de mar en cantidad y calidad uniforme es el primer punto a resolver. Una buena toma de agua a tratar (agua bruta) debe ser inagotable e inalterable en su calidad, además de convenir que esté a temperatura constante. Por lo tanto, cualquier proyecto de desalación debe partir de esa premisa, es decir, diseñando una buena toma de agua bruta. Las tomas profundas, alejadas convenientemente de la costa, cumplen mejor estos requisitos. 10 La presente invención ha tenido en cuenta estas consideraciones.

Así, en la instalación propuesta por la presente invención, un proceso de osmosis inversa comienza al añadir al flujo de agua a tratar una presión superior a la osmótica (23 bar para agua de mar) que se denomina presión neta, siendo esta del orden de un 50% superior a la 15 osmótica, para obtener calidades y producciones aceptables con bajos índices de reconversión. La desalinizadora submarina descrita en la presente memoria, al operar en el fondo marino no tiene límites en la captación de agua a tratar, siendo ésta de calidad y temperatura uniformes además de disponer de presión de forma natural. Esto hace que se pueda operar con bajos índices de conversión, necesitando menor presión neta para permear, 20 y lo que provoca a su vez que los flujos de concentrado sean menos cargados, pudiendo así operar más cerca de la costa. Los vertidos del flujo del concentrado deben diluirse en puntos distanciados de los de la toma, por lo que se ha dispuesto una chimenea de evacuación que, manteniéndose erguida y flexible, se orienta en dirección de la corriente marina para evitar su retroalimentación.

25 La desalinizadora submarina desarrollada en la presente invención, diseñada para operar apoyada en el fondo marino, toma el agua por su parte inferior, donde la presión es mayor, entrando por el extremo libre de los tubos que alojan filtros y membranas, donde se fragmenta en dos flujos: el permeado y el concentrado.

30 El permeado (15/30%) se recoge en el interior de la cántara, un receptáculo cilíndrico que está sometido por el exterior a la presión provocada por el sumergimiento, pero que su interior permanece a presión atmosférica al estar conectado mediante un respiradero con la superficie. En el interior de la cántara se aloja una motobomba que impulsa el permeado y que mediante 35 tuberías o barcos cisternas, es transportado a la costa para su consumo. El concentrado (85/70%) es succionado a través de colectores, por bomba de baja presión, venciendo únicamente las pérdidas en tubos, filtros y membranas para acabar siendo expulsado al medio marino por medio de una chimenea a modo de manga flexible, armada por aros flotantes que la mantiene erguida, que sirve de ducto de evacuación (emisario) y que está capacitada para 40 inclinarse ligeramente a favor de la corriente marina, separando así ambas zonas para evitar retroalimentación entre flujos.

45 El proyecto comienza una vez definidas las cantidades y calidades a entregar en un área determinada.

Con la información disponible sobre la cartografía del fondo marino (véase el sistema Navionics), se buscan los puntos más cercanos a la costa que reúnan las condiciones de profundidad requeridas, realizando a continuación un perfil transversal del fondo marino hasta la costa por donde discurrirán las tuberías para extracción del permeado y los cables 50 submarinos que abastecerán de energía a la planta.

Como la presión osmótica del agua de mar es del orden de 23 bar, se necesita superar este umbral de presión para que comience el proceso de osmosis inversa. A esta presión habrá que

añadir la presión neta, responsable de la calidad y cantidad del permeado que será del orden de un 50% más ( $23 \times 1,5 = 34,5$  bar) para operar con índices de conversión del 15% al 20%.

5 Dado que la densidad del agua de mar es de  $1032 \text{ kg/m}^3$ , y dado que 1 bar equivale a 10,2 m de columna de agua de  $1000 \text{ kg/m}^3$  de densidad, se necesitan 9,88 metros de columna de agua de mar para obtener 1 bar de presión. En los cálculos que siguen se ha adoptado la aproximación de 1 bar = 10 metros de sumergimiento.

10 Operando con el programa Q+Projection disponible para su descarga en [www.nanoh2o.com](http://www.nanoh2o.com) se obtiene que:

Agua Alimentada-Agua de Mar	Ppm	32.000
	Temperatura, °C	25
	pH	7,8
	Año de Membrana	3
Tasa de Flujo	$\text{m}^3/\text{h}$	11
Recuperación	%	15
Modelo de Membrana	LGSW440ES	

15 Operando para 1 tubo con 3 membranas en serie, con contrapresión del permeado de 0,2 bar (nivel máximo de +2 mca en el interior de la cántara), se obtienen entre otros, los siguientes datos:

Flujo de Permeado	$1,65 \text{ m}^3/\text{h}$
TDS de Permeado	269,72 ppm
Caída de Presión del Recipiente	1,1 bar
Presión de Alimentación RO	33,51 bar
Flujo de Concentrado	$9,35 \text{ m}^3/\text{h}$
TDS de Concentrado	37.537 ppm

20 Para dotar a la desalinizadora de la presente invención con estos requisitos exigidos por los resultados del programa, bastará con conseguir una presión de 33,51 bar a partir de una profundidad de 335 m, y generar un flujo de  $11 \text{ m}^3/\text{h}$  de alimentación por tubo de tres membranas, por medio de una bomba capaz de vencer la pérdida de carga de 1,1 bar, equivalente a 11 mca, más las pérdidas de carga asociadas a este flujo en filtros y conductos

25 ( $\approx 1,2$  mca) resultando pues una presión a vencer de:  $11 + 1,2 = 12,2$  mca, de modo que para esta aplicación se requiere una potencia (por tubo de tres membranas) de:

Rendimiento de bomba del 80% en todos los casos:

$$CV = \frac{11 \times 12,2}{3,6 \times 75 \times 0,8} = 0,621 \approx 0,457 \text{ kW}$$

5 resultando un consumo específico por este concepto de:

$$\frac{0,457}{1,65} = 0,277 \text{ kWh/m}^3$$

10 El 15% del flujo de alimentación se convierte en el flujo de permeado (269 ppm) que drena a un recipiente estanco (cántara) cuyo interior está a presión atmosférica por estar conexasiónado a través de un respiradero con la superficie. Este recipiente o cántara aloja en su interior la motobomba encargada de extraer el permeado hasta la costa, venciendo la altura debida a la profundidad más las pérdidas de carga de las tuberías de transporte que para una velocidad de 0,65 m/s, se cifran en 1 m/km. Se prefiere una motobomba vertical multietapa, del tipo de las  
15 empleadas en la extracción de pozos profundos, en la que el motor está sumergido, de protección IP68 con sellos mecánicos equilibrados para estanqueizar su eje, y carcasa especial capaz de resistir presiones exteriores de 35 bar que podrían producirse en caso de corte de energía y mal cierre de la válvula antiretorno, por retroceso del agua de impulsión hacia la  
20 costa.

La potencia absorbida en este proceso de impulsión del permeado a través de los 5 km de tubería de transporte:

$$CV = \frac{0,15 \times 11 \times (335 + 5)}{3,6 \times 75 \times 0,8} = 2,597 \approx 1,91 \text{ kW}$$

25 Por lo tanto la potencia total del proceso será la suma de las dos bombas (alimentación + permeado), es decir, kW = 0,457 + 1,91 = 2,367 kW por tubo de 3 membranas, resultando un consumo específico global de:

$$\frac{2,367}{1,65} = 1,434 \text{ kWh/m}^3$$

30 de permeado (2,5 a 3 veces menor que lo tradicional).

Debido a la disposición en línea de la bomba de impulsión del permeado con la bomba de succión del concentrado y a que ambas bombas puedan funcionar asociadas al mismo eje y, por tanto, al mismo número de revoluciones, se prefiere utilizar un solo motor para accionar ambas bombas, cuya potencia sea la suma de las dos. Esta disposición coaxial de ambas bombas tiene además una ventaja adicional, que es la de que sus respectivos empujes axiales (trust) se disponen para resultar de sentido contrario y por tanto compensarse en parte, como así resulta conveniente para una mayor duración del motor. La bomba generadora del flujo de alimentación es preferentemente de hélice, de 4 palas regulables para ajustar su calado y obtener el caudal necesario para conseguir el ratio de conversión deseado.

Cuando se dé la circunstancia de que la profundidad disponible cerca de la costa sea menor y no compense alejarse mucho de la costa, será necesario presurizar el flujo de alimentación para lograr, junto con el sumergimiento, la presión adecuada (33,5 bar) necesaria para el proceso osmótico inverso. En este caso, existirá una presión residual en el flujo de concentrado del que se podrá recuperar su energía. Lo ideal es que con esta energía, recuperada mediante turbina, sea posible, o bien rebombear el flujo de alimentación, o bien impulsar el flujo de permeado hasta la costa, evitando así la utilización de la motobomba sumergida en el interior de la cántara, siendo:

$Q_1$  = flujo de alimentación (100%) presurizado a  $P_1$ .

$Q_2$  = flujo de concentrado (85%) presurizado a  $P_2$ .

$Q_3$  = flujo de permeado (15%) presurizado a  $P_3$  (presión para transportar a costa).

Si se cumple que  $[0,69(Q_2 \times P_2) \geq Q_3 \times P_3]$ , se podrá extraer el permeado turbinando el concentrado, para rendimientos de turbina del 0,85 y rendimiento de bomba del 0,82 conseguibles con un diseño adecuado siempre que se trate de caudales de permeado  $Q_3 \geq 0,1$  m<sup>3</sup>/s. Por lo tanto, será necesario presurizar el flujo de alimentación  $Q_1$ , aspirándolo a través de la chimenea, para que después de atravesar filtros y membranas, sea evacuado mediante un colector que lo conduzca hasta la turbina recuperadora de la presión residual, por lo que se invertirá el sentido del flujo.

Cuando se dé la circunstancia de desalinizar aguas salobres o saladas impulsadas desde tierra firme, la desalinizadora en profundidad aportará presión hidrostática, reduciendo el consumo energético y servirá de emisario.

Por tratarse de plantas de bajo índice de reconversión, que provocan salmueras de baja concentración, éstas se diluyen en el medio marino afectando menos al ecosistema. Este argumento, junto al hecho de no necesitar obras de toma ni de emisario y al bajo consumo energético, son aspectos clave en la evaluación del impacto medioambiental y por tanto la desalinizadora submarina de la presente invención responde al concepto de plantas desalinizadoras amigables con el medio ambiente y más sostenibles.

Otras ventajas aportadas por la desalinizadora submarina de la presente invención y que conviene mencionar, derivadas de esta aplicación, incluyen las que se mencionan a continuación:

Las membranas, corazón del sistema de la osmosis, trabajan en esta aplicación a baja presión (33,5 bar), casi la tercera parte de la presión que pueden soportar. Además, por tratarse de presión natural estática, sin picos ni vibraciones, se fatigan menos sin riesgos de colapso. La última membrana (3<sup>a</sup>) del tubo trabaja con baja concentración y por tanto sin riesgo de cristalización. Como consecuencia de todo esto no son necesarios los típicos lavados que preceden a las paradas.

La desalinizadora de la presente invención está controlada por medio de una serie de sensores, unos en tierra y otros en la propia planta submarina. Desde tierra se controlan los caudales y las calidades del permeado, así como se vigila que los consumos energéticos estén dentro de los ratios previstos.

5 En el dimensionado de tuberías y cables de transporte se pone especial atención al hecho de que el conjunto tenga un peso propio inferior a su desplazamiento para que sean flotantes durante el proceso de instalación, y que una vez ubicados en la vertical de su futuro emplazamiento sean fácilmente hundibles con sólo introducir agua en las tuberías.

10 El diseño de desalinizadora divulgado por la presente memoria consigue integrar en una sola unidad constructiva la captación, filtración, bomba de alimentación, planta de osmosis, cántara de permeado y dilución del rechazo con un peso total de 11 Tm en seco, para una planta de 50 1/s o 4320 m<sup>3</sup>/día, lo que permite definir a la instalación como una planta ligera y portátil. El peso de la planta cuando está sumergida es de 6,5 Tm, por estar fabricada con materiales de baja densidad que posibilitan la utilización de la cántara como flotador por tener ésta un desplazamiento mayor, de forma que mediante la inyección de aire comprimido desde el exterior, a través del respiradero, se desaloja el agua de su interior a través de la válvula antiretorno ubicada en su fondo, emergiendo la planta para facilitar las operaciones de mantenimiento, en especial la reposición de cartuchos filtrantes y membranas.

25 La estabilidad de la planta submarina ante corrientes marinas está garantizada por ofrecer baja sección transversal y por su forma inclinada, lo que provoca reacciones cuyas direcciones tienden hacia abajo sumándose al peso y aumentando su estabilidad.

30 Así pues, debidamente explicada la desalinizadora submarina propuesta por la presente invención, cualquier experto podrá apreciar que ésta representa una solución innovadora de características y funcionamiento muy superiores a los ofrecidos por las plantas de la técnica actual, razones que unidas a su utilidad práctica la dotan de fundamento suficiente para obtener el privilegio de exclusividad que se solicita.

### **Descripción de los dibujos**

35 Para completar la descripción que se está realizando y con objeto de facilitar su comprensión, se acompaña un juego de dibujos, en los que con carácter ilustrativo y no limitativo se ha representado lo siguiente:

40 La Figura 1 es un cuadro ilustrativo de los símbolos usados en las figuras siguientes, con explicación de cada 5 uno de los símbolos.

Las Figuras 2.1 a 2.3 son ilustraciones esquemáticas de ejemplos de desalinizadoras situadas a diferentes profundidades.

45 La Figura 3 representa un ejemplo de planta desalinizadora submarina donde los elementos principales de la planta están dispuestos a modo de tejado con aleros a dos vertientes.

La Figura 4 es una representación gráfica, esquemática, de un ejemplo de realización práctica de una planta desalinizadora conforme a la presente invención.

### **50 Realización preferente de la invención**

En lo que sigue se va a realizar una descripción detallada de un ejemplo ilustrativo, no limitativo, del objeto de la invención, haciendo para ello referencia a las representaciones que se muestran esquemáticamente en los dibujos que se acompañan. Así, atendiendo en primer

lugar al cuadro explicativo que se muestra en la Figura 1, se aprecia que en el mismo aparecen únicamente símbolos gráficos identificativos de los dispositivos, mecanismos o instrumentos que intervienen en las representaciones esquemáticas contenidas en las Figuras 2 a 4, junto con la denominación, composición y/o características operativas de los dispositivos asociados a algunos de dichos símbolos. La Figura 1 se incluye por tanto solamente a efectos informativos.

Si se atiende ahora a la representación de la Figura 2 se aprecia que ésta muestra tres esquemas de aplicación a diferentes profundidades, identificados como Figuras 2.1 a 2.3. En tales esquemas, la parte rayada representa el medio marino.

La Figura 2.1 representa un esquema de una desalinizadora submarina según la invención, instalada a una profundidad suficiente para operar según ha descrito. El agua bruta (4.a) entra a presión por la toma (7) situada en el fondo marino, pasa por el filtro (5) entrando a presión en las membranas (4) por la succión provocada por la motobomba (1) colocada en el ducto (4.b) del concentrado. El mismo motor, ubicado en la cántara (3) acciona a la bomba (1) de impulsión del permeado (4. c) hasta la costa. La cántara (3) dispone en su fondo de una válvula antiretorno (6) para evacuar el permeado (4c) cuando se inyecta aire comprimido a través del respiradero (8) para emergería. El respiradero (8) mantiene la cántara (3) a presión atmosférica en operación normal.

La Figura 2.2 es una representación esquemática de un ejemplo de posicionamiento de una desalinizadora submarina a una profundidad insuficiente para operar. El agua bruta (4.a) entra a presión por la toma (7) aspirada por la motobomba (1) donde se energiza añadiéndole presión, hasta alcanzar la necesaria para operar el proceso de osmosis inversa. Después de atravesar los filtros (5) y membranas (4), el flujo de rechazo (4.b) es turbinado para bombear el flujo de permeado (4.c) recogido en la cántara (3), a través de la turbo-bomba (2) hasta la costa.

Haciendo ahora referencia a la Figura 2.3 se observa una representación esquemática de una desalinizadora submarina alimentada desde tierra, con aguas previamente elevadas, rebombadas o no mediante una motobomba (1) a una presión que sumada a la obtenida por el sumergimiento, permita operar el proceso con menor coste energético. En este caso el flujo de permeado (4.c), recogido en la cántara (3) es impulsado a la costa mediante una turbo-bomba (2) aprovechando la energía residual del flujo de concentrado (4.b).

En las tres representaciones esquemáticas de las Figuras 2.1 - 2.3, la desalinizadora submarina proporciona o añade presión natural para facilitar el proceso de osmosis inversa.

Con referencia a la Figura 3 se ha representado, según una vista en perfil, la disposición de los elementos principales de una planta desalinizadora submarina según la invención, dispuesta a modo de tejado con aleros a dos vertientes. En su cúspide se sitúa la cántara (3) sobre la que se fijan a ambos lados los colectores de concentrado (11), formando la cumbre. Atravesando los colectores de concentrado (11) y comunicando directamente con la cántara (3), están situados los conductos del permeado (12) que se autosangran a través de la cántara (3) por estar inclinados. Tubos porta-membranas (13) están embridados a los colectores (11) alojando en su interior las membranas (4), los filtros (5), adaptadores (14) y los difusores de aspiración (15) por donde entra el agua bruta a tratar (4.a).

Con referencia a la Figura 4 se muestra una perspectiva de una planta desalinizadora submarina en la que se puede apreciar una chimenea (16) que a modo de manguera flexible se mantiene erguida mediante aros flotantes (17) que la arman, sirviendo de ducto de evacuación o de aspiración separando ambas zonas para evitar retroalimentación entre los flujos de alimentación y del concentrado.

La cántara (3) situada en la parte central a modo de cumbre lleva adosados a ambos lados los colectores de concentrado (11) donde se embridan los tubos porta-membranas (13).

5 Los colectores de concentrado (11) desembocan en sendos tubos (18) que empatándose en forma de bucle, sirven de ducto de alimentación a la bomba (1) que energiza el flujo del concentrado (4.b) antes de evacuarse por el difusor (19) hacia la chimenea (16).

10 En el interior de la cántara (3) se ubica la motobomba (1) que impulsa el flujo del permeado (4.c) a través de tuberías (20) lastradas hasta la costa. Un respiradero (8) discurre en paralelo a las tuberías de impulsión (20) hasta la costa haciendo que el interior de la cántara (3) esté a presión atmosférica. Cables de alimentación de energía eléctrica discurren en paralelo a las tuberías descritas anteriormente, apoyados en los vanos que forman las semibridas dobles (22) de unión y lastrado de las tuberías.

15 El conjunto se apoya sobre una estructura cerchada (21), integrándose en una sola unidad.

20 A la vista de las mencionadas figuras y de acuerdo con la numeración adoptada, se puede observar que la representación de la Figura 4 es un ejemplo de aplicación práctica preferente de la invención, que integrada en una unidad, comprende las partes y elementos que se indican y describen más adelante.

25 En el ejemplo práctico considerado, se trata de diseñar una planta desalinizadora submarina capaz de suministrar 132 m<sup>3</sup>/h equivalentes a 3168 m<sup>3</sup>/día, con calidad menor o igual a 320 ppm destinada a ser instalada para el abastecimiento del núcleo residencial de San Rosario-La Paz, Baja California, México. Consultando el programa Navionics, se aprecia que la batimetría costera indica para esa zona diversos puntos con profundidades de 350 m a una distancia de unos 3 km de la costa. La equidistancia de las curvas de nivel hace suponer una pendiente uniforme sin especiales complicaciones para la ubicación de las tuberías de transporte. Por tanto estamos ante un modelo de instalación cuyo esquema se corresponde con el de la figura 30 2.1.

35 A partir de los resultados obtenidos en el apartado "explicación resumida de la invención", con el programa de membranas [www.nanoh2o.com](http://www.nanoh2o.com) se observa que cada tubo (13) de 3 membranas (4) permeará 1,65 m<sup>3</sup>/h cuando sea alimentado (4.a) con 11 m<sup>3</sup>/h a una presión de 33,51 bar, presión que se obtiene sumergiendo la planta a una profundidad igual o mayor de 335 m ya que la planta se proyecta para un índice de conversión del 15%.

40 Para lograr los 132 m<sup>3</sup>/h de permeado (4.c) se deberá utilizar 132/1,65 = 80 tubos (13) con tres membranas (4) en su interior, precedidas de la instalación de un filtro (5) de 10 micras.

45 El flujo de alimentación (4.a) será generado por la succión de la bomba (1) colocada en el ducto (4. b) de concentrado, aprovechando el principio de los vasos comunicantes. Succionando el 85% (flujo de concentrado 4.b) se aspirará el 100% (flujo de alimentación 4.a) venciendo las pérdidas de carga de las tres membranas (4) que suponen 1,1 bar, mas las pérdidas en tubos (13), filtros (5), colectores (11) y chimenea de evacuación (16) que suponen 0,12 bar, requiriendo una potencia para un rendimiento del 80% de la bomba de:

$$\frac{0,85 \times 11 \times 80 \times (11 + 1,2)}{3,6 \times 75 \times 1,36 \times 0,8} = 31 \text{ kW}$$

Por tanto, esta bomba es capaz de succionar un caudal de:

$$0,85 \times 11 \times 80 = 748 \text{ m}^3/\text{h} = 0,2077 \text{ m}^3/\text{s}$$

- 5 venciendo una altura de  $11 + 1,2 = 12,2$  m, accionada por el eje de un motor eléctrico sumergido de 2 polos a 50 Hz, que girará a 2950 rpm, y tendrá una velocidad específica dada por la fórmula:

$$Nq = \frac{n\sqrt{Q}}{H^{3/4}} = \frac{2950 \times \sqrt{0,2077}}{12,2^{3/4}} = 202$$

- 10 velocidad específica que corresponde a una bomba de flujo axial con rodete en forma de hélice de cuatro palas, que según: 1.5.3 páginas 39 a 42 del libro ISBN978-3-8343-3293-6 Willi Bohl - Editorial Vogel, deberá tener un diámetro de hélice  $D_a = 0,2$  m con buje  $D_i = 0,1$  m provocando un empuje axial (thrust) de 3.959 N en dirección estirando del eje.

- 15 Por su parte, el flujo de permeado (4.c) de  $1,65 \times 80 = 132 \text{ m}^3/\text{h}$ , atravesará los colectores (11) mediante los conductos (12) vertiéndose en el interior de la cántara (3) desde donde una motobomba (1) lo impulsa a través de las tuberías (20) de 3 km de longitud hasta la costa, venciendo la altura debida a la profundidad (335 m) más las pérdidas de carga en las tuberías a razón de 1 m/km, resultando una altura a vencer de  $335 + 3 = 338$  m. Con preferencia, se usa  
20 una motobomba de 17 etapas en serie, modelo SP125-17 (Grundfos) con un rendimiento del 80% necesitará una potencia en su eje de:

$$\frac{132 \times 338}{3,6 \times 75 \times 1,36 \times 0,8} = 152 \text{ kW}$$

- 25 generando un empuje axial sobre el motor de 22.000 N en dirección a comprimir el eje.

- 30 Dado que la bomba (1) de permeado y la bomba de concentrado (1) giran solidarias al mismo eje del motor, y siendo sus respectivos empujes axiales (thrust) de sentido contrario, éstos se compensarán reduciendo la carga sobre el motor y resultando un empuje axial final de  $22.000 - 3.939 = 18.068$  N.

- 35 El empuje axial y la potencia absorbida por ambas bombas constituyen un condicionante para la selección del motor eléctrico sumergido, habiéndose elegido para este ejemplo aplicación práctica un motor Franklin de 12", de 220 kW, dos polos, capaz de soportar un empuje axial de 60.000 N.

- 40 Según se aprecia en la figura 2.1, la motobomba (1) del permeado (4.c) que absorberá el 83% de la potencia total y tiene una longitud de 4,5 m, está ubicada en el interior de la cántara (3). Por el contrario, la bomba de hélice (1) que absorberá el 17% restante de la potencia, está ubicada en el ducto de concentrado (4.b), separadas por dos tabiques atravesados por el eje y estanqueizados mediante doble sello equilibrado. El flujo de concentrado será evacuado por la bomba de hélice (1) a través de la chimenea (16) que actuará de emisario. La cántara (3), con

un diámetro de 1.2 m y 7 m de longitud, desplaza un volumen de unos 8 m<sup>3</sup>, lo que permite convertirla en un gran flotador al desalojar el volumen de agua de su interior a través de la válvula antiretorno (6) ubicada en su fondo, mediante la inyección de aire comprimido a través del respiradero (8), procedente del exterior.

5

El suministro del permeado (4.c) a la costa se realiza mediante dos tuberías (20) en paralelo, unidas por semibridas dobles (22), que sirven a su vez de cunas de los cables de potencia y control y del respiradero (8). Las tuberías son, por ejemplo, de PE-100 con un diámetro de 225 mm, con 13,4 mm de espesor de un timbraje de 10 atmósferas por donde va a discurrir el flujo de permeado (4. c) a una velocidad de 0,6 m/s, y que para un coeficiente de fricción de 0,008 generará una pérdida de carga de 1 m/km. Se ha previsto que las tuberías desemboquen en una arqueta a pie de costa desde donde el agua será rebombada a la red general de distribución de agua.

10

15

Descrita suficientemente la naturaleza de la invención y sus detalles de funcionamiento y puesta en práctica, no se considera necesario hacer más amplia la explicación de la misma para que cualquier experto en la materia comprenda su alcance y las ventajas que de ella se derivan, haciendo constar que, dentro de su esencialidad, podrá ser llevada a la práctica en otras formas de realización a las cuales alcanzará la protección que ahora se recaba, siempre que no se altere o modifique sus principios fundamentales.

20

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. - Desalinizadora submarina, específicamente diseñada para obtener agua potable a partir del  
agua del mar mediante un proceso de osmosis inversa a través de membranas, caracterizada  
por operar apoyada en el fondo marino y conectada a la costa, con aprovechamiento de la  
presión hidrostática generada por el sumergimiento, sin que requiera obras de toma ni de  
emisario, integrada en una sola unidad constructiva, capacitada para emerger cuando se  
inyecta aire a presión desde el exterior, y estando la desalinizadora diseñada de modo que,  
10 cuando está instalada a profundidades suficientes para operar admite la entrada de un flujo de  
alimentación (4.a) por el filtro (5), de modo que al ser succionado mediante una bomba (1)  
colocada en un ducto de concentrado (4.b), alcanza una chimenea (16) lejana a la toma (7), de  
modo que el flujo de permeado (4.c) es recogido en una cántara (3), conectada a la superficie  
mediante un respiradero (8), desde donde es impulsado por medio de una motobomba (1)  
15 alojada en el interior de la cántara (3) , para ser transportado por medio de tuberías (20) o  
barcos cisterna hasta la costa, y donde las dos bombas (1) son accionadas simultáneamente  
por un solo motor.
- 20 2. - Desalinizadora submarina según la reivindicación 1, caracterizada porque cuando la  
desalinizadora está instalada a profundidades insuficientes para operar, la bomba (1) aspira el  
flujo de alimentación (4.a) a través de la chimenea (16), invirtiendo el sentido del flujo, e  
impulsándolo a una presión tal que sumada a la presión hidrostática, es capaz de operar el  
proceso, y siendo la energía residual del flujo de concentrado (4.b) recuperada mediante una  
turbo-bomba (2) para impulsar el flujo de alimentación o el de permeado (4.c) por tuberías (20)  
o barcos cisterna hasta la costa.
- 25 3. - Desalinizadora submarina según la reivindicación 1, caracterizada porque, aplicada a  
procesos de desalinización de aguas salobres y/o saladas, impulsadas por balsa acumuladora  
en altura o motobomba (1) desde costa la desalinizadora submarina está capacitada para  
aportar presión hidrostática al flujo de alimentación (4.a), reduciendo el consumo energético y  
sirviendo de emisario.
- 30 4. - Desalinizadora submarina según la reivindicación 1, caracterizada porque adopta una  
configuración a modo de tejado a dos vertientes en la que los tubos porta-membranas (13)  
están inclinados para facilitar el sangrado de los mismos, empotrados sobre los colectores (11)  
adosados a la cántara (3), que a modo de cumbrera recoge el permeado (4.c) desde donde se  
35 bombea mediante tuberías (20) o barco cisterna hasta la costa, estando la chimenea (16)  
construida a modo de manga flexible armada por aros flotantes (17) que la mantienen erguida,  
capacitada para servir de ducto de evacuación o bien de aspiración, separando ambas zonas  
para evitar interferencias entre los flujos de alimentación (4.a) y de concentrado (4.b),  
descansando todo el conjunto sobre una estructura cerchada (21) que estabiliza la planta y de  
40 la que parten asideros para su amarre.

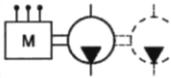
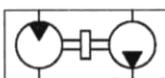
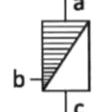
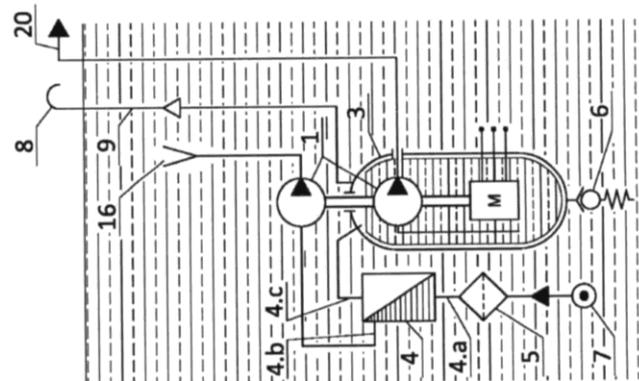
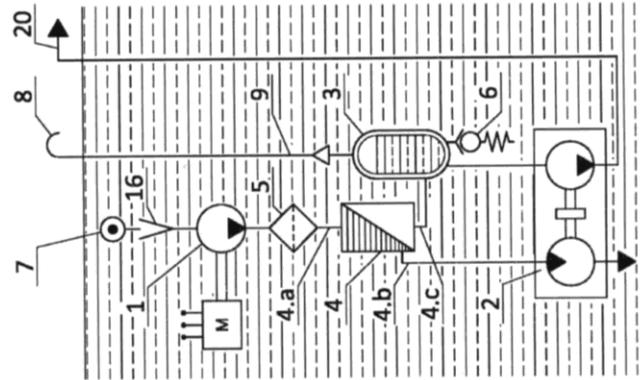
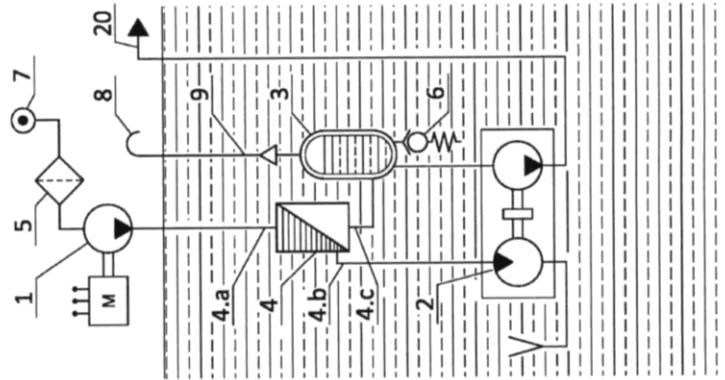
Marca	Símbolo	Descripción
1		Motobomba: constituida por motor eléctrico, cuyo eje acciona la o las bombas que impulsan los diferentes flujos.
2		Turbo-bomba: aprovecha la energía residual del flujo de concentrado para mediante turbina, accionar la bomba de permeado e impulsarlo hasta la costa.
3		Cántara: recipiente sumergido resistente a la presión exterior, que recoge el flujo de permeado, por estar su interior a presión atmosférica conectado a través de respiradero.
4		Membrana de ósmosis inversa: 4.a - Alimentación de agua bruta 4.b - Rechazo del concentrado 4.c - Permeado
5		Filtro
6		Válvula anti-retorno
7		Toma con presión estática, generada por la sumergencia y/o balsa acumuladora en altura.
8		Respiradero conectado a superficie
9		Conducción de aire para respiradero y sangrado
16		Chimenea.
20		Conducción de agua permeada.

Figura 1



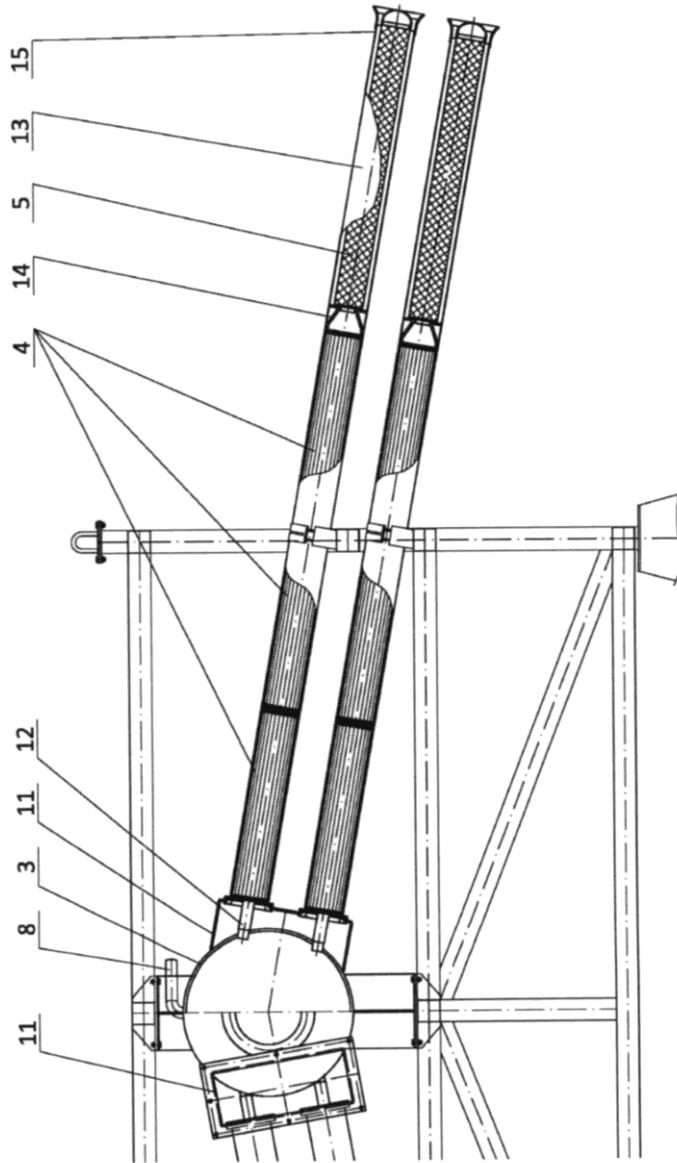


Figura 3

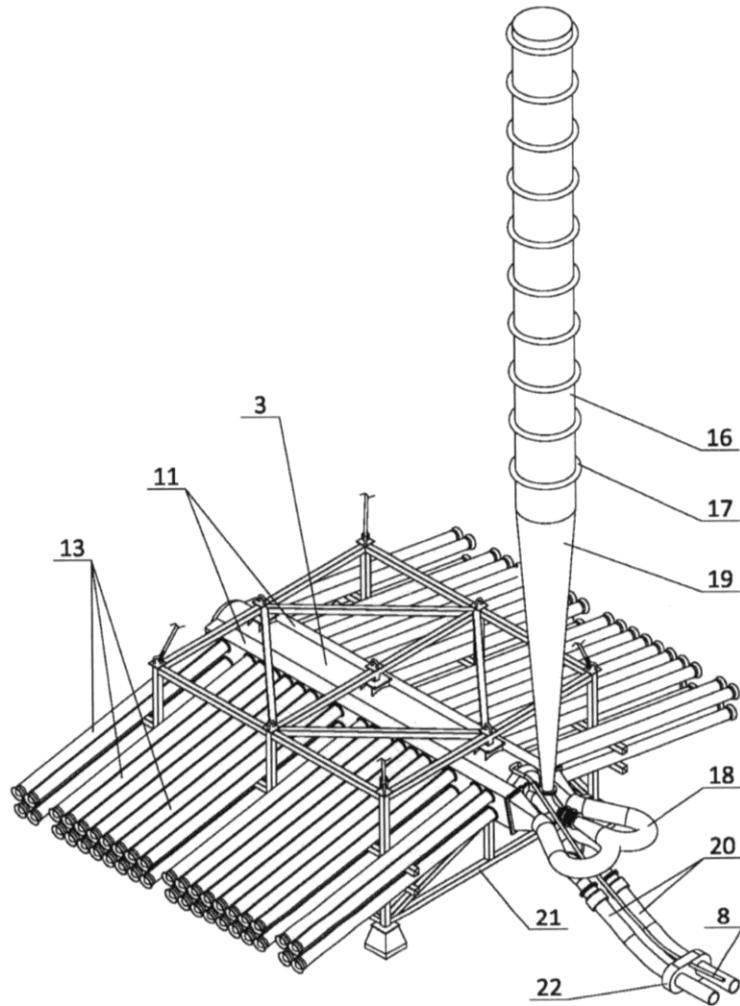


Figura 4



- ②<sup>1</sup> N.º solicitud: 201700175  
 ②<sup>2</sup> Fecha de presentación de la solicitud: 06.03.2017  
 ③<sup>2</sup> Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤<sup>1</sup> Int. Cl.: **B01D61/02** (2006.01)  
C02F1/44 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤ <sup>6</sup> Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	WO 2016180993 A1 (TEMPERO 2000 S L) 17/11/2016, Páginas 3 - 12; figuras 2 - 3.	1-4
X	ZA 9602680 B (VAZQUEZ FIGUEROA RIAL) 04/12/1996, páginas 2 - 4; figura 1,	1-4
X	WO 2016036125 A1 (HYUNDAI ENG & CONSTRUCT CO LTD) 10/03/2016, Resumen de la base de datos EPODOC. Recuperado de EPOQUE	1
A		2-4
X	ES 1070065U U (REYES FLORIDO JUAN) 08/06/2009, páginas 1 - 3;	1-4
A	JP S5599379 A (FUJII RIICHI) 29/07/1980, páginas 1 - 3;	1
A	EP 0709130 A1 (TORAY INDUSTRIES) 01/05/1996, páginas 1 - 6;	1-2

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  
23.10.2017

Examinador  
C. Galdeano Villegas

Página  
1/4

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

C02F, B01D

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

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 23.10.2017

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-4	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones	<b>SI</b>
	Reivindicaciones 1-4	<b>NO</b>

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión.-**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

**1. Documentos considerados.-**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	WO 2016180993 A1 (TEMPERO 2000 S L)	17.11.2016

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**

Con respecto a la reivindicación independiente 1, el documento más relevante del estado de la técnica es el documento D01, al cual pertenecen las referencias que se indican a continuación. Este documento divulga una desalinizadora submarina (página 1, párrafos 1 y 2) específicamente diseñada para obtener agua potable a partir del agua del mar mediante un proceso de ósmosis inversa a través de membranas (página 3, párrafo 4 y 5), caracterizada por operar sobre el fondo marino y conectada a la costa (página 5, párrafo 6), con aprovechamientos de la presión hidrostática generada por la sumergencia, sin que requiera obras de toma ni de emisario (página 4, último párrafo), integrada en una sola unidad constructiva, y estando la desalinizadora diseñada de modo que , cuando está instalada a profundidades suficientes para operar admite la entrada de un flujo de alimentación por el filtro (página 10, párrafos 3 y 4), de modo que al ser succionado mediante una bomba colocada en un ducto concentrado (referencia 7), alcanza una chimenea, lejana a la toma, de modo que el flujo de permeado es recogido en una cántara,(figura 2, referencia 5 ; página 6, párrafo 5) conectada a la superficie mediante un respiradero (página 11, párrafo 2), desde donde es impulsado por medio de una motobomba, alojada en el interior de la cántara, para ser transportado por medio de tuberías o barcos cisterna hasta la costa (página 11, párrafo 3).

La principal diferencia entre el documento D01 y la invención, según la reivindicación 1, es que la desalinizadora submarina descrita en la presente invención se encuentra apoyada sobre el fondo marino, lo cual se presenta como una solución innovadora de bajo impacto medioambiental, por el hecho de no necesitar obras de excavación en el fondo marino. Sin embargo, el problema técnico planteado (construir una desalinizadora submarina sostenible y de bajo impacto medioambiental), así como su solución, se encuentra igualmente divulgadas en el documento D01, en el que se describe un sistema de anclaje con cables de amarre, castilletes y plataforma flotante, que permiten el funcionamiento de la desalinizadora sin necesidad de perforación del fondo marino. Se consideran ambos sistemas como ligeras variantes constructivas, y por tanto, se supone obvio para un experto en la materia, pasar de uno a otro, consiguiendo ventajas que se prevén fácilmente.

A la vista de los párrafos anteriores, se concluye que la reivindicación independiente 1, tiene novedad, según el artículo 6.1 de LP, pero carece de actividad inventiva, según el artículo 8.1 de LP.

Las reivindicaciones 2 a 4, dependientes de la reivindicación independiente 1, son igualmente nuevas pero carecen de actividad inventiva, según los artículos 6.1 y 8.1 de LP, ya que en ellas se describen características técnicas que, o bien se encuentran anteriorizadas en el documento D01 o son de sobra conocidas en el estado de la técnica.