

ENERGÉTICO DE LAS INSTALACIONES
Y PROCESOS DE DESALINIZACIÓN

Texto: **Manuel Menéndez Prieto**

Director Técnico. Gabinete del
Secretario General para el Territorio
y la Biodiversidad

Entre las líneas de investigación, contempladas en las convocatorias de subvenciones a proyectos de I+D+i de la Secretaría General para el Territorio y la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente, se encuentra una especialmente dedicada a la optimización del consumo energético en los procesos de desalinización. Asociados a esta línea, en 2007, se han aprobado diversos proyectos de características muy variadas que se resumen a continuación.

La desalinización, mediante ósmosis inversa, se basa en hacer pasar el agua de mar por una membrana. De esa forma, el agua se transforma en apta para el consumo ya que en la membrana se quedan retenidas las sales que originalmente contenía. Posteriormente, en el proceso, estas sales se unen a una porción de agua que no atraviesa la membrana, dando lugar al denominado rechazo o salmuera que se devuelve al mar (Figura 1)

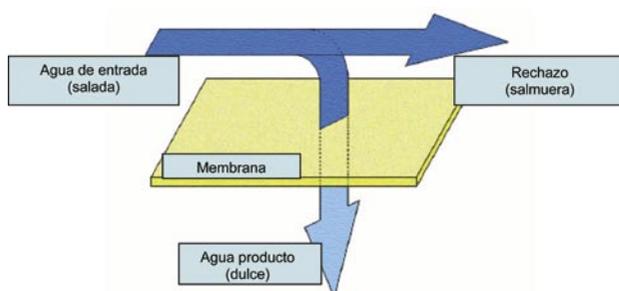


Figura 1: Componentes principales en el proceso de desalinización

Para que el agua pase por la membrana se precisa una alta presión (cerca de 70 kg/m^2) que se logra con equipos de impulsión y con el consiguiente consumo de energía. Con el paso de los años, el consumo de energía, en los procesos de desalinización, se ha ido reduciendo drásticamente. En efecto, hacia 1980, se estimaba en unos 10 kWh el consumo necesario para desalinizar un m^3 de agua de mar, lo que, en todo caso, suponía la mitad del consumo que, hasta esa fecha, precisaban otras tecnologías, como la evaporación súbita multiefecto. De estos 10 kWh/m^3 , mediante la introducción de sistemas de recuperación de energía, se pasó, hacia el año 2000, a un consumo de unos 5 kWh/m^3 y, hoy en día, es realista hablar de consumos de algo más de $3,5 \text{ kWh/m}^3$, como, de hecho, se ha comprobado en la operación de la planta desalinizadora de Carboneras.

Estudios recientes sugieren que cabe reducir, aún más, este consumo energético, pudiéndose, al menos desde el punto de vista teórico, llegarse a valores de consumo en torno a los $2,5 \text{ kWh}$ por metro cúbico de agua de mar desalada.

Teniendo en cuenta todos estos factores, la Secretaría General para el Territorio y la Biodiversidad, convocó, en 2007, un programa propio de subvenciones con una línea específica de optimización del consumo energético en los procesos de desalinización. Tras los correspondientes procesos de evaluación y selección,

previstos en la convocatoria, se aprobaron 6 proyectos que suponen un presupuesto total de 8,76 millones de euros. Las subvenciones a estos proyectos se elevan a unos dos millones de euros, tal y como se muestra en el cuadro 1.

DESCRIPCIÓN DE LOS ESTUDIOS

Tres de los proyectos subvencionados, presentados respectivamente por CADAGUA, BEFESA y M. Torres, basan la búsqueda de la optimización energética de las desalinizadoras en la experimentación

captación, pretratamiento, filtración y vertido .

Otros dos proyectos, presentados por PRIDESA e HIDROTECAR, se centran específicamente en la recuperación de energía a partir del rechazo.

Un sexto estudio, coordinado por AMBISAT, tiene un carácter algo distinto a los anteriores, pues combina la

Título proyecto	Beneficiarios	Presupuesto total del estudio (€)	Subvención concedida (€)
ESTUDIO DE TECNOLOGÍAS PARA LA OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA Y DE PROCESO EN PLANTAS DE DESALACION DE AGUA MEDIANTE OSMOSIS INVERSA	CADAGUA, S.A. CENTRO DE INVESTIGACIONES ENERGÉTICAS, MEDIOAMBIENTALES Y TECNOLÓGICAS (CIEMAT) UNIVERSIDAD DE GRANADA	1.425.290	546.087
DESALINIZACIÓN SOSTENIBLE (DE SOS)	BEFESA CONSTRUCCIÓN Y TECNOLOGÍA AMBIENTAL, S.A.	2.523.809	208.730
PLANTA DESALINIZADORA COMO RESPUESTA ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE Y MEDIOAMBIENTAL A LA DEMANDA DE AGUA DE LA SOCIEDAD ACTUAL	M. TORRES DISEÑOS INDUSTRIALES, S.A.U.	2.368.197	518.552
DESARROLLO DE NUEVA TECNOLOGÍA MEDIANTE AMPLIFICADORES DE PRESIÓN PARA LA DISMINUCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN PLANTAS DESALINIZADORAS	PRIDESA PROYECTOS Y SERVICIOS, S.A.	1.003.527	176.091
INVESTIGACIÓN PARA LA ADAPTACIÓN DE METODOLOGÍAS DE DISEÑO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS PARA EL DESARROLLO DE BOMBAS BOOSTER DE ALTA EFICIENCIA PARA SU EMPLEO EN CENTRALES DE DESALINIZACIÓN DE OSMOSIS INVERSA.	HIDROTECAR, S.A.	723.010	119.308
DISPOSITIVO DE APROVECHAMIENTO MECÁNICO DE LA ENERGÍA DE LAS OLAS MARINAS DIRIGIDO A LA MEJORA DE LA DISPERSIÓN DE EFLUENTES EN EMISARIOS SUBMARINOS EN DESALINIZADORAS	AMBISAT, INGENIERÍA AMBIENTAL S.L. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID	715.599	427.300
TOTAL		8.759.432	1.996.068

Cuadro 1. Proyectos aprobados en relación a la optimización del consumo energético en los procesos de desalinización

en plantas piloto con un planteamiento que, en principio, abarca el estudio de prácticamente todos las fases que intervienen en el proceso:

consecución de una mayor eficiencia energética con la disminución de los impactos medioambientales que producen los vertidos de salmuera.

ESTUDIOS BASADOS EN LA EXPERIMENTACIÓN DE LA DESALINIZACIÓN DE FORMA INTEGRAL

“Optimización de procesos de desalinización” (Beneficiario principal: CADA-GUA) se basa en la experimentación en una planta piloto que se construirá aprovechando las instalaciones de la desalinizadora de Melilla.

La planta piloto se ha diseñado para una producción de unos 5 m³ por hora de funcionamiento y, a partir de los experimentos que se realicen en ella, se pretende conseguir el desarrollo de un software de simulación, por una parte, del funcionamiento hidráulico de la planta y, por otra, de los procesos hidroquímicos que se producen en ella. Si éste simulador es lo suficientemente representativo se contará con una herramienta fundamental para la mejora en el diseño de las desalinizadoras, pues permitirá ensayar procesos de ahorro de energía alternativos a los que, en la actualidad, se utilizan en plantas convencionales y comprobar su eficacia y rentabilidad.

Este proyecto hace un énfasis especial en el estudio de los procesos de pretratamiento que, en las plantas desalinizadoras, permiten mejorar la eficiencia de las membranas y alargar su vida útil. En el pretratamiento, por ejemplo, se añaden al agua de entrada a la planta productos químicos que eliminan elementos que pueden llegar a atascar las membranas como son los óxidos de hierro o determinados compuestos orgánicos. En este estudio se ensayarán distintos tipos de pretratamiento que se pondrán en práctica en la planta piloto. Posteriormente se hará una “autopsia”

de la membrana para comprobar el efecto que, cada uno de los tipos, ha tenido sobre ella.

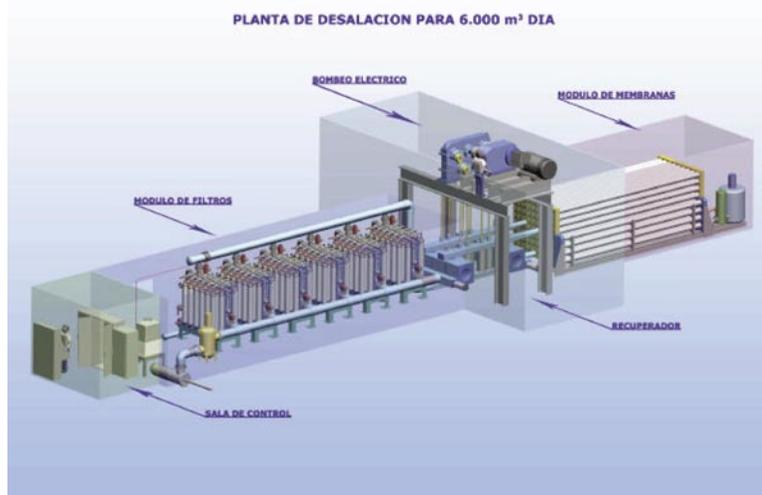


Figura 2. Planta piloto. Fuente: MTorres

“Desalinización sostenible” (Beneficiario principal: BEFESA) también basará sus trabajos en la experimentación en una planta piloto que, en este caso, tendrá una producción de unos 1000 m³/día y que estará localizada en su Centro de Tecnología Ambiental. A partir de los resultados obtenidos se pretende, como en el proyecto descrito anteriormente, el desarrollo de un sistema informático que permita estudiar la eficiencia energética de la instalación de una forma global. La novedad, en este caso, es la introducción de una herramienta de gestión de riesgos que identifica y caracteriza los que pueden afectar al sistema, entre otros, mal funcionamiento de equipos, cambios en las características del agua de entrada o falta de suministro energético, y que realiza acciones tanto para reducir su probabilidad de ocurrencia como para mitigar sus impactos. Se pretende, además, que el sistema esté basado en Internet, con lo que, desde cualquier lugar del mundo, se podría saber el estado de funcionamiento de una determinada planta.

El proyecto hace hincapié en la optimización de los procesos de captación subterránea del agua de entrada a la planta. Para ello, analizará las ventajas y los inconvenientes de los distintos tipos posibles, como son los pozos verticales, los drenes horizontales, etc, y elaborará protocolos para evaluar la viabilidad de cada uno de ellos, por ejemplo, mediante ensayos geofísicos y modelación numérica tridimensional. Estos protocolos incluirán un programa de seguimiento de la interfase agua salada-agua dulce con el objeto de minimizar los riesgos de intrusión salina en el acuífero.

“Planta desalinizadora como respuesta energéticamente eficiente y medioambiental a la demanda de agua de la sociedad actual” (Beneficiario principal: MTorres) pretende el desarrollo de una planta desalinizadora piloto, con una producción de 6.000 m³/día (Figura 2), que se conectaría a una planta ya en funcionamiento para aprovechar instalaciones ya existentes en ella, como pueden ser la toma de agua de mar o el emisario para el vertido de salmuera.

Con el objetivo de probar su eficacia en una optimización del consumo de energía, en la planta piloto se ensayarán procedimientos poco convencionales tales como la utilización de la radiación ultravioleta y la ultrafiltración en el pretratamiento del agua de entrada. Además se utilizarán nuevos materiales para la construcción de los equipos como es la fibra de vidrio en ciertos componentes de los equipos de bombeo. Se probarán nuevos diseños más eficientes, por ejemplo, en los bastidores donde se alojan las membranas que serán sustituidos por una única pieza que incluye todo el conjunto de admisión

del agua a presión, vasijas, membranas, colector de salmuera y de agua producto. También se proyectará y se ensayará una nueva arquitectura centralizada de control y automatización de los procesos.

ESTUDIOS BASADOS EN LA RECUPERACIÓN DE ENERGÍA A PARTIR DEL RECHAZO

“Amplificadores de presión para una disminución del consumo energético” (Beneficiario principal: PRIDESA) se centra en el diseño y desarrollo de una nueva tecnología de amplificadores de presión que aprovechan la energía residual del rechazo antes de ser devuelto al mar. Hay que tener en cuenta que este rechazo abandona la membrana con una presión sólo ligeramente inferior a la de trabajo de la misma por lo que la posibilidad de recuperación de energía es muy grande.

Para ello, se han venido utilizando turbinas Pelton que se intercalaban en el circuito del rechazo y que, en principio, son adecuadas porque pueden fabricarse con materiales muy resistentes a la corrosión.

En la actualidad, estas turbinas están siendo sustituidas por los denominados intercambiadores de presión que se combinan con unas bombas de alta presión (bombas booster) para transmitir la energía del rechazo al agua de entrada en la planta (Figura 3).

Pues bien, este proyecto plantea la utilización de unos nuevos dispositivos, similares a los intercambiadores de presión, pero cuyo diseño es más sencillo y eficaz y que son conocidos como “amplificadores de presión”. El proyecto plantea su ensayo en una planta piloto, situada en la desalinizadora de Tordera, con una capacidad de producción de 250 m³/día (Figura 4).

“Adaptación de metodologías de diseño de bombas centrífugas para el desarrollo de bombas booster de alta eficiencia” (Beneficiario principal: HIDROTECAR) busca el desarrollo de una metodología específica que permita facilitar el diseño de las bombas de recirculación a alta presión (bombas booster) que se precisan, como se ha citado anteriormente, cuando se utilizan intercambiadores

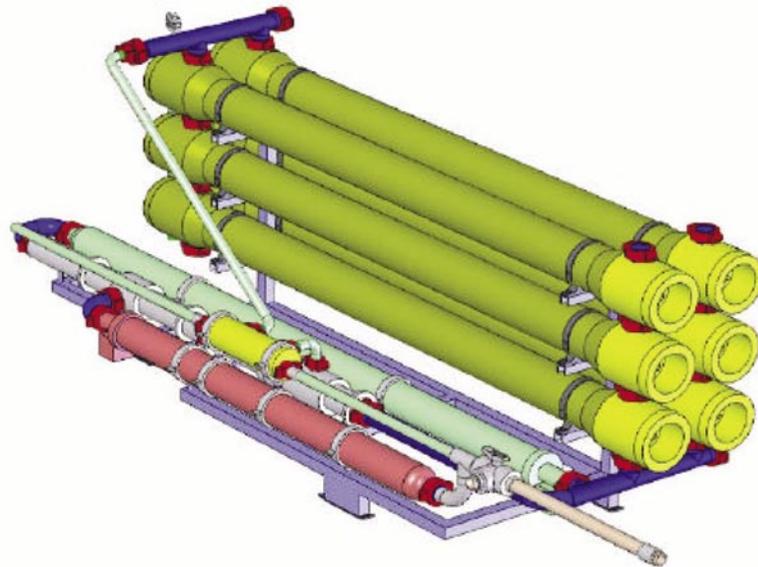


Figura 4. Prototipo de equipo de desalinización de alta eficacia. Fuente: PRIDESA

de presión para la recuperación de la energía del rechazo. Debido, en gran parte, a que los intercambiadores de presión tienen un rango de funcionamiento muy ajustado, el diseño de estas bombas es muy complejo, lo que obliga a que prácticamente tengan “a medida” para cada desalinizadora. La falta de herramientas apropiadas hace que, de hecho, en la actualidad, ningún fabricante español sea capaz de proporcionar bombas “booster” de alta presión para la desalinización.

Para solventar estos inconvenientes el proyecto tiene como objetivos principales la adaptación y creación de herramientas computacionales de diseño y el desarrollo de procedimientos de ensayo que sean válidos para el proyecto de este tipo de bombas. El estudio, en definitiva, tiene un ob-

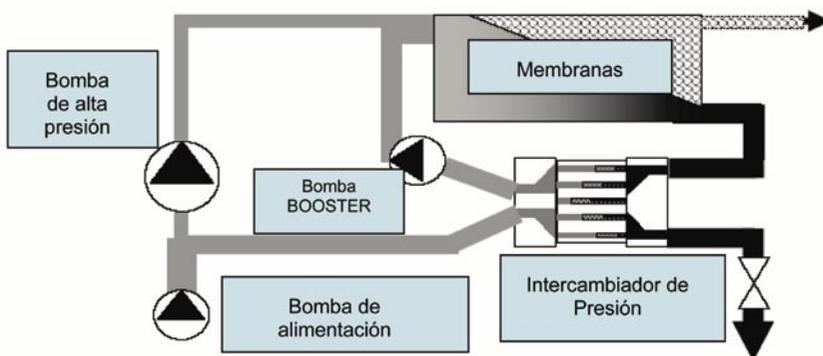


Figura 3. Esquema de sistema de desalinización con un intercambiador de presión

jetivo empresarial muy concreto que es el de, a medio plazo, contar con la capacidad suficiente para poder suministrar bombas booster que estén diseñadas específicamente para los parámetros nominales de funcionamiento de cada proyecto de planta desalinizadora. Esta capacidad de diseño "ad hoc" permitirá optimizar el rendimiento de las bombas y, por tanto, su eficiencia energética.

ESTUDIOS QUE COMBINAN EL USO DE ENERGÍAS RENOVABLES Y LA REDUCCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL QUE PRODUCEN LOS VERTIDOS DE LAS DESALINIZADORAS

Para evitar ciertos impactos ambientales que puede producir la salmuera se procura que su vertido al mar se produzca con una dilución máxima. Esta dilución depende fundamentalmente de ciertos parámetros de diseño de los propios emisarios submarinos (profundidad, longitud y número de difusores) con los que se realiza el vertido y de la velocidad con que éste se produce. A mayor velocidad, mayor dilución pero también menor eficiencia energética.

"Dispositivo de aprovechamiento mecánico de la energía de las olas marinas dirigido a la mejora de la dispersión de efluentes en emisarios submarinos en desalinizadoras" (Beneficiario principal: AMBISAT) consiste en la adaptación de una patente española, ya registrada, a las infraestructuras que se utilizan para los vertidos de las desalinizadoras. Esta patente se basa en el esquema de funcionamiento que se muestra en la figuras 5 y 6.

Como puede verse en la figura 5, al ascender la boya, movida por el oleaje, desciende un émbolo en un cilindro que impulsa agua de mar al emisario procedente de su parte inferior, con lo que, de esta forma, se aumenta la velocidad del vertido procedente de la desalinizadora. Al mismo tiempo, se abre una válvula que permite la entrada de agua de mar en la parte superior del cilindro. En la figura 6, al descender la boya, el émbolo asciende e impulsa el

agua de mar que se introduce en el emisario desde la parte superior del cilindro, abriéndose, para permitir el paso del agua, una válvula situada en su parte inferior.

El estudio incluye el ensayo de un modelo reducido del sistema a escala 1/10, en un canal de pruebas de la ETS de Ingenieros de Caminos de la Universidad Politécnica de Madrid y la

construcción de un prototipo a escala real donde se comprobará la eficacia del dispositivo. Una parte importante, en los estudios, será la valoración de los esfuerzos a los que van a verse sometidas las estructuras metálicas y los mecanismos que constituyen el sistema. Otro complejo problema a resolver será el diseño de sus anclajes al fondo marino. 

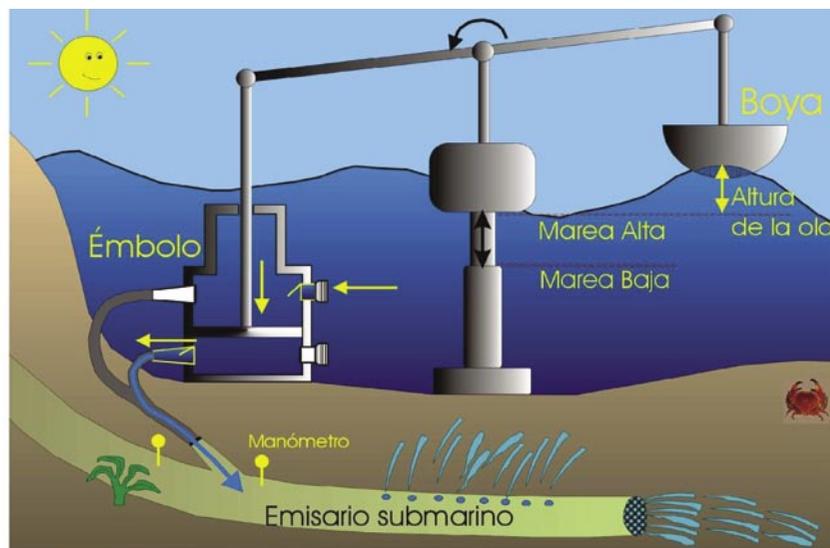


Figura 5. Mecanismo de inyección de agua al emisario en cresta de la ola. Fuente: AMBISAT

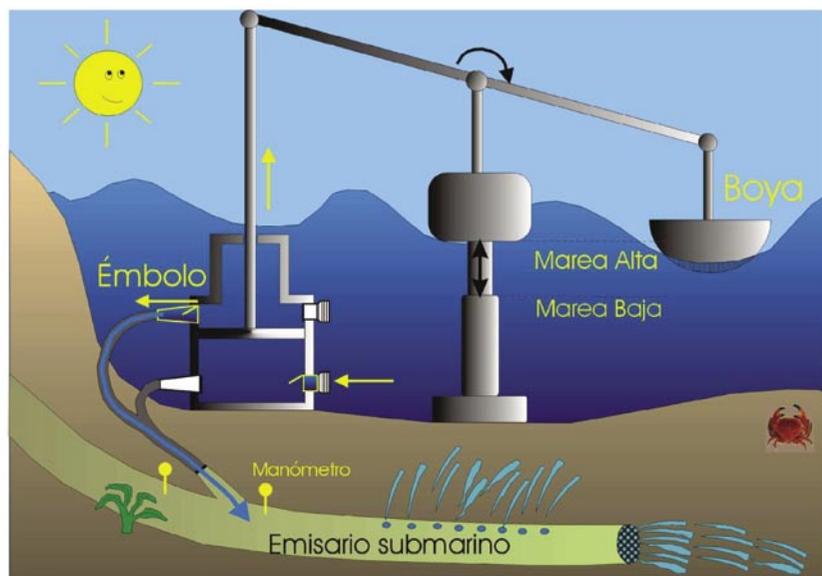


Figura 6. Mecanismo de inyección de agua al emisario en valle de la ola. Fuente: AMBISAT