

## *Emisarios submarinos para saneamiento y conducciones submarinas para desaladoras*

*Eloy Pita*

*Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos*

epita@increa.eu

### **Introducción**

Las conducciones submarinas juegan un papel esencial dentro de la gestión del agua en las localidades costeras.

En zonas secas, el suministro de agua potable se garantiza, cada vez con mayor frecuencia, con el apoyo de desaladoras, las cuales toman el agua, frecuentemente, por medio de conducciones submarinas.

Asimismo, el sistema de saneamiento normalmente finaliza en el mar, mediante un emisario submarino.

### **El suministro de agua**

En esta ponencia nos centraremos en aquellas conducciones que sirven para suministrar agua del mar para el abastecimiento humano. Ello siempre se ha de realizar mediante el tratamiento del agua marina con las desaladoras, cuya expansión es, cada vez, mayor.

Por otro lado, en numerosas situaciones, la mejor solución para el transporte de agua desde su fuente hasta su destino pasa por la instalación de conducciones submarinas en el fondo del mar. Existen numerosos ejemplos de esta circunstancia pero no nos vamos a centrar en ellos.

### **Conducciones en las desaladoras**

En una desaladora marina, deberá disponerse una toma de agua marina y un vertido de la salmuera al mar.

#### **Alternativas de toma de agua**

La toma de agua puede ser mediante pozos (se extrae agua del nivel freático), mediante una toma directa en la costa o mediante una toma abierta en el fondo del mar.

Las tomas en pozos tienen la ventaja de que el agua tiene mayor calidad. Sin embargo, su capacidad se ve mermada con gran frecuencia por su colmatación (arrastre de finos).

Las tomas directas en la costa sólo son viables en ciertos enclaves, dado que la dinámica litoral puede “aterrarlas”. Además, la calidad del agua puede ser menor.

Las tomas abiertas en el fondo del mar, situadas a cierta distancia de la costa, suelen disponer de una estructura de captación, singular, que está situada en un lugar conveniente, a suficiente profundidad del mar, por donde entra el agua a las conducciones submarinas, que la transportan hasta tierra, donde una estación de bombeo las conduce a los distintos sistemas de filtración de la desaladora.

### **Alternativas de vertido**

Durante la desalación, se produce un subproducto, que es el agua hipersalina (la salmuera). El vertido de la salmuera al mar debe ser realizado en ciertas condiciones que garanticen que su afección al medio sea lo menor posible. Aunque a veces se vierte directamente en la costa, lo más habitual es que dicho vertido se realice a cierta profundidad, a través de un tramo difusor que envía el efluente con cierto ángulo hacia arriba (entre 45° y 65°), para lograr una buena dilución de la “pluma” de salmuera. De este modo se logra una buena dilución, que resulta imprescindible para evitar que las especies marinas (principalmente las que habitan en el fondo del mar) se vean afectadas por la excesiva salinidad del medio en el que se encuentran. En España, son las praderas de fanerógamas (posidonia oceánica y otras) las especies más sensibles a estos vertidos.

Por tanto, lo más conveniente para el vertido de salmuera es hacerlo por medio de una conducción submarina que termine en un tramo difusor.

### **Obras singulares de conducciones para desaladoras**

En los últimos años, hemos participado en el diseño y construcción de las conducciones submarinas de numerosas desaladoras, como son las de Rambla Morales (Almería), Aguilas (Murcia), Los Cabos (Méjico), Cap Djinet (Argelia), Mostaganem (Argelia), Honaine (Argelia), Qing-Dao (China), etc. Aunque hablaremos de ellas en nuestra presentación, nos centraremos en tres ejemplos muy significativos de ejecuciones singulares, como son las desaladoras de Valdelelisco (Murcia), Skikda (Argelia) y Beni Saf (Argelia).

A lo largo de la ponencia se describirán con detalle, insistiendo en el proceso constructivo y, fundamentalmente, en el fondeo de las tuberías.

Las tuberías de las tres últimas desaladoras son de PE y han sido especialmente diseñadas para estos trabajos, mediante tuberías helicoidales. Este sistema novedoso está siendo empleado con gran éxito en nuevas conducciones submarinas y tiene numerosas ventajas.



**Mostaganem: tuberías flotando en una zanja hecha en la playa, antes de ser transportadas a su destino**



**Águilas: la tubería de toma, durante su lanzamiento en la costa**

### **Desaladora de Valdelentisco (Murcia)**

La conducción de toma tiene una longitud total de 1.450 m y consiste en una tubería de PE de 1.800 mm de diámetro interior, de 823 m de longitud y un túnel de Polycrrete de 2.000 mm de diámetro interior y 627 m de longitud. La máxima profundidad alcanzada por la toma es de 26 m. En este punto, termina en una torre circular de hormigón, que podemos ver en la foto adjunta.

El caudal de toma es de 4,62 m<sup>3</sup>/s y el de vertido, de 2,32 m<sup>3</sup>/s.

El sistema de vertido de salmuera es de 1.259 m de longitud y consiste en una tubería de PE de 1.500 mm de diámetro.

### **Desaladora de Skikda (Argelia)**

Los datos fundamentales de las conducciones de esta desaladora son:

- Diámetro de toma: 1.800 mm
- Longitud: 1.171 m
- Diámetro de vertido: 1.400 mm
- Longitud: 676 m
- Profundidad máxima: 18 m.

El caudal de toma es de 2,5 m<sup>3</sup>/s y el de vertido, de 1,34 m<sup>3</sup>/s.



Skikda: tuberías durante su lanzamiento en el Puerto

### Desaladora de Beni-Saf (Argelia)

Los datos fundamentales de esta desaladora son:

- Diámetro de toma: 2.400 mm
- Longitud 1.200 m
- Diámetro de vertido: 1.800 mm
- Longitud: 1.574 m
- Profundidad máxima: 18 m

El caudal de toma es de 5 m<sup>3</sup>/s y el de vertido, de 2,68 m<sup>3</sup>/s.



Beni Saf: Imagen del lanzamiento de las tuberías hacia el mar, para su transporte flotando

## **El saneamiento y el mar**

El mar tiene gran capacidad de depuración, siempre y cuando los vertidos a él se hagan con la calidad y cantidad adecuadas. Por ello, en las ciudades costeras, el diseño de los sistemas de saneamiento tiene en cuenta el mar como medio receptor y depurador de las aguas residuales. Lógicamente, antes de ser vertido al mar, el efluente es tratado en una estación depuradora, de forma que se optimice el coste del binomio emisario-depuradora, cumpliendo siempre con los objetivos medioambientales buscados.

En algunos casos, el vertido al mar se está sustituyendo por la reutilización del agua depurada, pero esta solución, todavía, sólo se emplea en casos concretos, como son las zonas secas y con un mar saturado.

## **Conducciones para emisarios submarinos**

Para que el mar sirva como medio receptor de aguas residuales, es necesario que su vertido se haga a suficiente profundidad y que su salida al mar facilite una rápida dilución. Por ello, se emplean conducciones que, colocadas en el fondo del mar o en túneles, lleven el efluente a aguas profundas donde un sistema difusor, convenientemente diseñado, logre una adecuada dilución.

El autor de esta ponencia ha participado, desde el año 1996, en el diseño de numerosos emisarios submarinos para aguas residuales. Entre otros, podemos citar el emisario de Peñarrubia (Gijón), el de Mompás (San Sebastián-Pasajes), el de Santander, El Ferrol, La Coruña, Berria (Santoña-Cantabria), Arinaga (Gran Canaria), Lamiaren-Aramburu (Bermeo-Vizcaya), Górliz (Vizcaya), La Taboada (Lima-Perú), etc.

En esta ponencia se describirán varios detalles de cada emisario. El Emisario de Berria fue galardonado con el premio “José de Azas 2009”, del Colegio de Ingenieros de Caminos, a la mejor obra ejecutada en Cantabria y con el Premio Europeo de Medio Ambiente, de la Fundación Entorno-BCSD 2010 (entregado por los Príncipes de Asturias). Dado que dicho proyecto ya fue descrito en estas mismas jornadas, en el año 2009, en esta ocasión no nos detendremos en él.



**Fondeo del emisario de Arinaga (Gran Canaria)**

## **Procesos Constructivos para tuberías de PE**

El PE es el material más aconsejable para la construcción de tuberías submarinas, por su flexibilidad, durabilidad, sencillez de ejecución de juntas, etc. Por ello, nos centraremos en el proceso de instalación de las tuberías fabricadas con este material.

Durante la construcción de una conducción submarina, la tarea más compleja y específica es la fase de instalación ya que determina las propiedades mecánicas de las tuberías de polietileno (principalmente el espesor de pared y la inercia longitudinal) debido a que, en servicio, la resistencia requerida es mucho más pequeña.

Para tuberías de diámetros pequeños (1600 mm e inferiores), hemos recomendado, históricamente, el fondeo controlado por inundación progresiva de la tubería. En los últimos años, las necesidades de empleo de tuberías de mayores diámetros nos han empujado a la necesidad de diseñar métodos alternativos. Por ello, estamos proponiendo el fondeo controlado mediante el uso de flotadores. De este modo, el fondeo se hace en dos etapas: primero se inunda la tubería, que queda colgando de los flotadores y, posteriormente, se inundan los flotadores.

Este método hace innecesario aplicar un tiro longitudinal durante el fondeo, lo que permite simplificar enormemente la instalación, especialmente la realización de las juntas en el fondo del mar.

Gracias al uso de este método, las conducciones sufren menores esfuerzos, lo que genera mayores márgenes de seguridad.



**Berria: proceso de fondeo**