



## DESCRIPCIÓN TÉCNICA DESALADORA MARBELLA

### 1.- INTRODUCCIÓN.

La Desalinizadora se construyó en 1997 y en el año 2003 la Mancomunidad de Municipios de la Costa del Sol Occidental acuerda liquidar el contrato con Decosol y adscribir la planta desaladora a Acosol, S.A. con el objetivo de incorporar las instalaciones al ciclo integral del agua y al cumplimiento de las obligaciones de conservación y mantenimiento. La planta desaladora se pone en servicio por primera vez de forma continua en el año 2005, con la misión de desalar agua de mar y de contribuir a combatir el fenómeno de la sequía de estos años.

Las instalaciones se ubican en el término municipal de Marbella (Málaga). La Planta está formada por dos instalaciones necesarias y complementarias, que en nuestro caso están separadas 2,5 kms. La Captación de Agua de Mar, situada en la desembocadura del río Verde junto a la playa de poniente de Puerto Banús y la Planta Desaladora situada en la Ctra. Istán Km 1,85 en las proximidades de la Estación de Tratamiento de Agua Potable.

La Planta Desalinizadora de la Costa del Sol Occidental es una infraestructura hidráulica que se incorpora, como una fuente de agua más, en el sistema de abastecimiento de agua potable en alta de Acosol, S.A, siendo capaz de producir más de 15 Hm<sup>3</sup> de agua desalada al año, convirtiéndose en una infraestructura clave para el abastecimiento de agua potable en la Costa del Sol Occidental. El objetivo de la desaladora es doble, por un lado aumenta los recursos hídricos en el suministro de agua en alta y por otro lado constituye una garantía y un seguro para el suministro de agua en la Costa, principalmente en los ciclos de sequía que tan particulares son de nuestro clima mediterráneo.

La Planta Desaladora está integrada en el sistema de abastecimiento en Alta a través de una conducción directa que transporta el agua desalada hasta el depósito principal de la Estación de Tratamiento de Agua Potable y de aquí a las conducciones principales para la distribución del agua en alta a los municipios de la Mancomunidad de la Costa del Sol Occidental.

La desalación es una tecnología utilizada para conseguir un producto final determinado, por lo que podemos asimilarlo a un proceso industrial, y como en todos los procesos industriales es necesario invertir un capital, consumir una energía y hacer funcionar los equipos de la mejor forma posible. Los costes de desalación son muy variados y dependen del escenario de producción considerado, pero el coste que más peso específico tiene es el consumo de energía eléctrica.

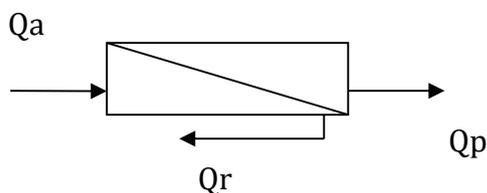
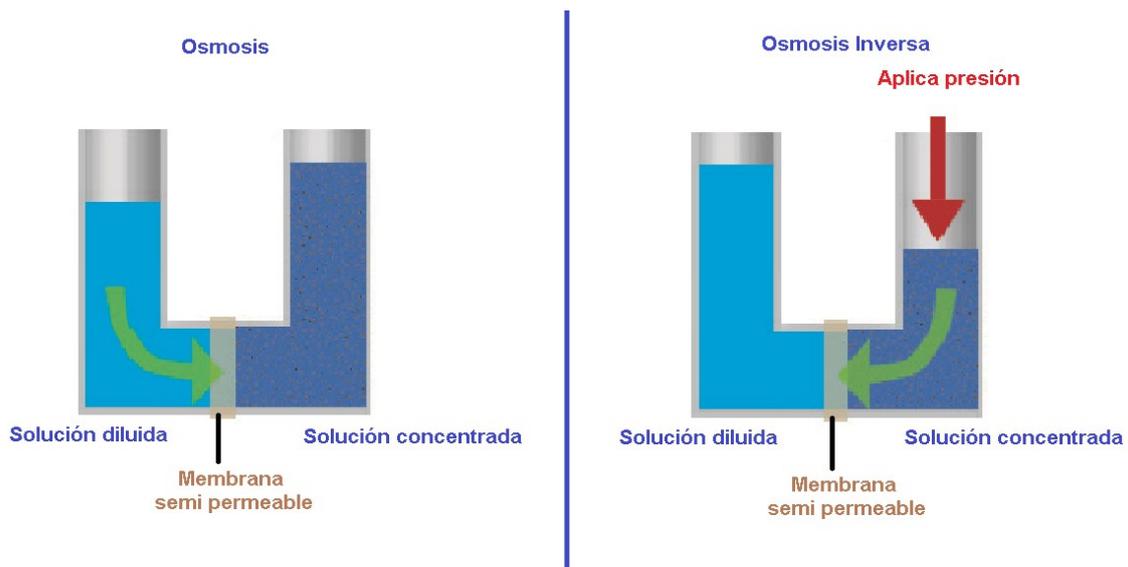
Entre los años 2007 y 2011 se realizaron obras de emergencia para mejorar el sistema del filtrado y postratamiento de la planta desaladora. Las obras consistieron básicamente en instalar 8 Filtros de arena más, 4 filtros de cartuchos más, un sistema de remineralización de cal y un sistema de cloración permanente al agua desalada.

## LA ÓSMOSIS INVERSA.

La ósmosis natural se conoce desde hace más de 200 años como un proceso natural el cual un flujo de agua a través de una membrana se detiene cuando la presión que ejerce la columna del agua de mar impide que pase más agua destilada.

Si ponemos dos columnas de agua, una destilada y otra de mar, separadas por una membrana semipermeable. Al tener el agua destilada más potencial químico que el agua de mar se produce un movimiento de agua desde la parte destilada hacia la parte de agua de mar. A través de la membrana solo pasa agua, y la sal se queda en su lado.

Si ponemos una bomba y aumentamos la presión hidrostática por encima de la presión osmótica (entre 24-28 bar), el agua se mueve en sentido contrario, se invierte el proceso (Ósmosis Inversa) y desalamos. Pasamos agua del lado concentrado al lado diluido. Si seguimos aumentando la presión obtendremos permeado y rechazo.



El Caudal producto ( $Q_p$ ) es función de: superficie de la membrana, la pérdida de carga y la temperatura ( $a + T^a \Rightarrow + Q_p$ ).

El factor de conversión es igual a:  $FC = Q_p/Q_a$

El Caudal de rechazo ( $Q_r$ ) es igual al caudal de alimentación menos el caudal producto o factor de conversión.  $Q_r = 100 - FC$



## 2.- DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PLANTA.

La desalación es una fuente de agua más que en coordinación con otros recursos puede ayudar a garantizar el abastecimiento en la Costa del Sol Occidental.

La desalación convierte el agua de mar en agua potable a través de la ósmosis inversa. Se pasa de una concentración salina de 40 g/l del agua de mar a 0.4 g/l del agua potable, con objeto de cumplir el RD 140/2003 que establece los requisitos que debe cumplir el agua para consumo humano.

La línea general ideal de tratamiento es la siguiente:

### *Línea principal del proceso*

- Captación e impulsión de agua de mar a depósito intermedio Captación

### TRATAMIENTO QUÍMICO

- Almacenamiento de agua de mar
- Bombeo agua de mar a proceso
- Dosificación de coagulante, si es necesario.
- Filtros de arena Pretratamiento
- Dosificación de dispersante
- Filtros de afino o de Cartucho

- Bombeo de Alta Presión
- Proceso Ósmosis Inversa Desalación
- Recuperación de Energía

- Almacenamiento de Producto
- Impulsión de agua a ETAP Impulsión

- Sistema remineralización de cal y CO<sub>2</sub> Post-tratamiento
- Dosificación hipoclorito sódico

El edificio de captación y elevación de agua de mar se encuentra ubicado en la desembocadura del río Verde junto a la playa de poniente de Puerto Banús y cuenta con una superficie construida de **685 m<sup>2</sup>** sobre un terreno de 1.050 m<sup>2</sup>.



La Planta Desaladora está distribuida por tres partes bien diferenciadas. La zona de nave de osmosis inversa, la zona de oficinas y administración y la zona del sistema de control y operación de las instalaciones, que cuentan con entreplantas para oficinas.

La zona de proceso de osmosis inversa se distribuye en tres naves que alberga la zona de reactivos, las turbo-bombas de alta tensión y las membranas. Los tres cuerpos de este edificio tienen un superficie de 3.530 m<sup>2</sup>, las oficinas tienen una superficie de 270 m<sup>2</sup>, y el edificio de control tiene una superficie de 620 m<sup>2</sup>. La superficie total construida en la planta desaladora es de **4.420 m<sup>2</sup>** sobre un terreno de 19.448 m<sup>2</sup>.

El valor de tasación de la desaladora es, aproximadamente, de unos **40 millones euros**, de los que 8 millones de euros sería de obra civil y el resto es el valor de la maquinaria y las instalaciones.

La Desalinizadora de Agua de Mar de Marbella responde a la tecnología de Ósmosis Inversa con toma abierta de agua de mar. El agua de mar se impulsa desde el edificio de captación, situado a 2,5 kms de distancia, a la Planta Desalinizadora. El agua de mar, una vez despojada de todas sus impurezas, se filtra por ósmosis inversa mediante bombeo a altas presiones, dejando atrás la mayor parte de su contenido en sales. El agua producto cumple con todas las directivas de potabilidad de la C.E. y las Normativas de la Organización Mundial de la Salud, así como con el RD 140/2003 que establece los criterios sanitarios para las aguas de consumo humano.

### **CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PLANTA**

CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN TEÓRICA:	20 Hm <sup>3</sup> /año
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN REAL:	15 Hm <sup>3</sup> /año
POBLACIÓN EQUIVALENTE SERVIDA:	400.000 habitantes.
Nº BASTIDORES INSTALADOS:	8 Líneas de 7.000 m <sup>3</sup> /día cada una.
CAUDAL DE AGUA PRODUCTO:	56.000 m <sup>3</sup> /día
CAUDAL DE AGUA DE MAR:	124.445 m <sup>3</sup> /día
CAUDAL DE RECHAZO DE SALES:	68.445 m <sup>3</sup> /día.



PRESIÓN MÁXIMA DE OPERACIÓN:	70 kg/cm <sup>2</sup>
POTENCIA INSTALADA:	20 MVA.
CONSUMO ENERGÉTICO MEDIO:	4,50 kwh/m <sup>3</sup>
CARACTERÍSTICAS AGUA DE MAR	SDT 38.500 ppm (salinidad)
CARACTERÍSTICAS AGUA PRODUCTO	SDT < 400 ppm
FACTOR DE CONVERSIÓN	45 %
MATERIAL DE MEMBRANAS	Poliamida
MATERIAL TUBERÍAS	PRFV y Acero inoxidable 904 L Y 316 L
TRANSFORMADOR DE ALIMENTACIÓN	66/6 KV, 20 MVA
TENSIONES DE FUNCIONAMIENTO	6300 v, 380 v, 220 v y 125 V en cc y ca
MAQUINAS DE MAYOR POTENCIA	9 Bombas Alta Presión 1.600 CV

### **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

**CAPTACIÓN --- PRETRATAMIENTO --- DESALACION --- POST-TRATAMIENTO—  
IMPULSIÓN—OPERACIÓN Y CONTROL.**

#### ***CAPTACIÓN.***

El edificio de captación se sitúa a 2,5 kms de distancia de la planta desaladora.

#### **Toma de agua de mar abierta:**

El agua bruta para alimentar la planta desaladora se capta a unos 500 mts de la costa a través de una torreta circular de hormigón armado de 3,68 mts de diámetro y 7 mts. De altura de los cuales 4,50 mts está enterrada en arena. En ella entronca una tubería enterrada en la arena de 2 mts. De diámetro de PRFV que conduce el agua del mar desde la toma hasta la galería de toma de hormigón armado de unos 11 mts de profundidad y 3 y 5 mts. De anchura. Esta galería desemboca hasta la cántara de aspiración, desde donde es aspirada por las bombas de agua de mar que la impulsan a la planta desaladora.



### **Bombeo de agua de mar:**

Se realiza a través de 4 bombas centrífugas con grupo de autocebado, en posición vertical con las siguientes características:

Caudal: 1.960 m<sup>3</sup>/h

Presión: 4,4 kg/cm<sup>2</sup>

Tensión: 6300 V, 1500 rpm

Potencia: 275 KW.

### ***PRETRATAMIENTO***

El agua de mar es sometida a un pretratamiento físico y químico con el objetivo de eliminar sus impurezas y clarificar el agua para garantizar unas condiciones óptimas del agua de alimentación al proceso de desalación.

### **ALMACENAMIENTO DE AGUA DE MAR**

Dada la distancia entre la captación y la planta se decide instalar un tanque de almacenamiento de agua de mar con objeto de disponer de una reserva que permita aislar el funcionamiento de la planta con problemas que pueda surgir en la captación.

El tanque es de hormigón armado y tiene una capacidad de 3000 m<sup>3</sup>.

### **BOMBEO INTERMEDIO**

Del tanque intermedio se aspira el agua de mar mediante unas bombas que impulsarán dicha agua hacia el proceso siguiente, concretamente hacia los filtros de arena. Se cuenta con nueve bombas, ocho en servicio y una de reserva. Las bombas tienen las siguientes características:

Caudal: 660 m<sup>3</sup>/h

Presión: 4,2 kg/cm<sup>2</sup> ( La necesaria para vencer la resistencia de los filtros ).

Tensión: 380 V y Potencia: 150 KW.



### COAGULACIÓN ( CLORURO FÉRRICO $FeCl_3$ )

La estación de dosificación de coagulante consta de dos tanques de PRFV de **4000 litros** y cinco bombas dosificadoras ( cuatro en operación + una reserva ) del tipo de desplazamiento positivo, construida en polietileno y la membrana dosificadora de teflón. Estas bombas son de carga positiva, osea no tienen capacidad de aspiración.

A través de las bombas dosificadoras se inyecta coagulante en el agua de mar, este coagulante es un adherente con carga + y atrae toda la materia o partículas coloidales flotando en el agua y forman coágulos, los cuales son más fáciles de retenerlos en los filtros de arena.

### FILTRACIÓN

#### **FILTROS DE ARENA**

Se disponen de 24 filtros de arena de disposición cilíndrica horizontal montados en paralelo, de modo que el caudal quede repartido entre todos ellos durante el proceso normal de funcionamiento. En estos filtros se asegura la retención y la eliminación de cualquier materia orgánica.

Los filtros están contruidos en acero al carbono, calidad AE-275-B. Los filtros son de 3 mts de diámetro y 11 mts de longitud revestido interiormente con una capa de neopreno. Lo que hace una superficie eficaz de filtración superior a 33 m<sup>2</sup>. La velocidad de filtración en operación normal es de 11 m/h. Como lecho filtrante se utiliza una capa de arena de silex.

Los equipos utilizados para el lavado de los filtros de arena son los siguientes:

**2 uds. De Bombas de lavados de filtros** de arena de Ercole Marelli de 500 m<sup>3</sup>/h de caudal y 3,7 bares de presión de descarga.

**2 uds de Soplante** ( motor + compresor ) para suministro de aire de lavado de filtros. Presión: 0.5 y 1 bar, caudal 2065 m<sup>3</sup>/h cada una, 3300 rpm del compresor, cabina de insonorización tipo desmontable y reja de ventilación.



**2 uds de Compresores de aire comprimido** para instrumentación, en servicio continuo. Caudal  $6\text{m}^3/\text{minuto}$ , presión trabajo: 7,5 bares, tanque pulmón de 1500 y un enfriador de aire de instrumentación

#### **FILTROS DE CARTUCHO O AFINO.**

Este proceso de filtración consta de 12 filtros de cartuchos verticales + 4 filtros de cartuchos de alto caudal horizontales, construidos en acero al carbono revestidos interiormente con una capa de neopreno de 3 mm de espesor y con cartuchos de polipropileno de 40 micras absolutas de paso.

#### DOSIFICACIÓN DE DISPERSANTE

La estación de dosificación de dispersante o antiincrustante consta de dos tanques de disolución de **3.500 litros** de PRFV provistos de un electroagitador con el fin de facilitar la disolución del dispersante, y de cinco bombas dosificadoras de desplazamiento positivo construidas en polietileno y membrana de Teflón. La regulación del caudal es automática por medio de una señal enviada desde el panel de control.

La función del desincrustante es la de dispersar la concentración y unión de moléculas de sal, evitando que se formen otras mayores ( cristales ) y que puedan precipitar e incrustarse en las membranas y ensuciarlas. El dispersante se inyecta entre los filtros de arena y los filtros de cartuchos.

#### ***DESALACIÓN (proceso de Ósmosis Inversa )***

El proceso utilizado para la desalación es el de ósmosis inversa. Para ello, es necesario aplicar altas presiones para obtener un máximo rendimiento.

#### BOMBEO DE ALTA PRESIÓN

Las bombas de alta presión son de un caudal de  $652\text{ m}^3/\text{h}$  y presión de descarga de  $70\text{ kg}/\text{cm}^2$ . Están construidas en acero inoxidable calidad AISI 904 L, son del tipo centrífugas horizontales multietápicas y de cámara partida.



El agua de rechazo es aprovechada para alimentar a la turbina pelton, la cual se acopla al motor para ayudar a éste. En la turbina pelton recuperamos energía mecánica y ayuda a mover el eje del motor.

El equipo consta de ocho grupos Turbo-bombas + una de reserva capaces de proporcionar cada uno el caudal total a tratar por línea.

### BASTIDOR DE MEMBRANAS

La planta cuenta con ocho bastidores de membranas, de los cuales seis son de membranas de fibra hueca ( Dupont ) y dos de membranas en espiral ( Hydranautics ).

Las membranas tipo DUPONT son del modelo TWIN B-10 6882 TM. El tipo de membranas es de “fibra hueca “, estando dos membranas iguales dentro de cada tubo de presión. El conjunto de las dos membranas dentro del tubo de presión recibe el nombre de módulo o permeador.

El diseño en bastidores Dupont corresponde a un paso y dos etapas, y en bastidores Hydranautics a un paso y una etapa.

Un bastidor Dupont contiene:

- \* 198 TUBOS DE PRESIÓN
  - \* 396 MEMBRANAS DE FIBRA HUECA 6882 TM (2 memb./tubo)
- Un paso, dos etapas.

Un bastidor Hydranautics contiene:

- \* 99 TUBOS DE PRESIÓN
  - \* 693 MEMBRANAS DE FIBRA EN ESPIRAL DEL TIPO SWC
- (7 memb./tubo). Un paso, una etapa.

### ***POST-TRATAMIENTO***

El sistema de post-tratamiento consta de una instalación de cal, de una de anhídrido carbónico y de una instalación de hipoclorito sódico, todo ello para poder cumplir con los niveles exigidos en el RD 140/2003 en el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. Concretamente se pretende aumentar la alcalinidad y la dureza del agua y reducir la agresividad



del agua desalada. El objetivo es obtener un agua con un índice de langelier comprendido entre  $- 0,5$  y  $+ 0,5$ .

**Instalación de hipoclorito sódico.** La desinfección se realiza mediante la adición de hipoclorito sódico, desde una instalación formada por 2 depósitos de PRFV de 15.000 litros y 2 bombas dosificadoras. La dosificación se realiza en la tubería de impulsión del agua desalada al depósito de la ETAP.

El sistema de remineralización está formada por una instalación de cal y una instalación de CO<sub>2</sub>.

**Instalación de cal.** Esta instalación está formada por un silo de almacenamiento de cal para una capacidad de 82 m<sup>3</sup> (40.000 kg), un depósito cilíndrico de 2 m<sup>3</sup> para lechada de cal, una cámara de mezcla de 10 m<sup>3</sup> de capacidad para saturación de cal, un decantador de placas para una capacidad de hasta 90 m<sup>3</sup>/h, un tanque de dosificación de 6 m<sup>3</sup> y 3 electrobombas centrífugas verticales. Estas bombas inyectan, a través de una tubería de polietileno, el caudal a un mezclador situado en la tubería de impulsión de PRFV de 600 mm que abastece de agua desalada al depósito de la ETAP. A la salida del mezclador hay instalado equipo de medida de pH y conductividad en continuo.

**Instalación de CO<sub>2</sub>.** Esta instalación está formada principalmente por una de almacenamiento, de gasificación y otra de control y regulación de CO<sub>2</sub>. El almacenamiento del dióxido de carbono se realiza en un tanque criogénico vertical de 21 Tn de capacidad. El CO<sub>2</sub> se dosifica mediante cuadro de regulación para mantenimiento constante de la presión de suministro, dotado de válvulas de corte, filtro, manómetro, electroválvulas y regulador para un caudal de 110 Nm<sup>3</sup>/h. Mediante una tubería se conecta el tanque de almacenamiento con el cuadro de control y regulación y éste con el eyector de dilución que se encuentra acoplado a la tubería de impulsión de agua desalada al depósito de la ETAP.



### ***IMPULSIÓN.***

El agua desalada se almacena en un depósito de agua producto de 3000 m<sup>3</sup> de capacidad del que aspiran las tres bombas centrífugas horizontales de 860 m<sup>3</sup>/h y 8 bares, que conducen el agua desalada, remineralizada y clorada, mediante una tubería de PRFV de 700 mm de diámetro hacia el depósito de la E.T.A.P. ( Estación de Tratamiento de Agua Potable ) donde es mezclada de forma natural con el agua tratada del embalse de la Concepción.

El depósito de agua producto de 3000 m<sup>3</sup> de capacidad, es de tipo cilíndrico de 20 mts de diámetro y de 10 mts de altura, está formado por virolas de acero al carbono, pintadas interior y exteriormente con pintura epoxy

### ***CONTROL Y OPERACIÓN***

La planta cuenta con un Sistema de operación y control que permite tener semiautomatizado todo el proceso de desalación. Todo el conjunto del sistema es operado coordinadamente desde campo y desde la sala de operaciones y control.

La instalación se ha automatizado, desde el punto de vista de selección de equipos, y el sistema utilizado para las operaciones de mando y regulación es un Sistema de Control Distribuido para el tratamiento de la información analógica y digital. Desde el panel de control se actúan: las turbo-bombas, válvulas reguladoras, válvulas todo/nada, maniobras de los filtros de arena, bombas dosificadoras, etc .

La instrumentación y los aparatos de medida están conectados por cable a los ordenadores del sistema de control ( DCU ) y estos a la vez se conecta por un lado con el puesto de operaciones ( 2 ordenadores en red con la DCU ) y con el armario de captación a través de fibra óptica.

En el puesto de operaciones se localizan dos ***ordenadores redundante*** ( en los dos se puede operar a la misma vez, y en los dos ordenadores se pueden cambiar tanto ***datos de ingeniería*** ( temp., caudal, entradas, rangos, etc ) como ***datos de operación*** ( arranque, parada, valvulería, etc ).



### ***VERTIDO DEL AGUA DE RECHAZO***

La salmuera resultante en el proceso de desalación es vertida a un colector de PRFV de 1,60 mts de diámetro que baja enterrado por la margen derecha del río Verde hasta el punto de vertido que se realiza a unos 350 mts. de la línea de playa y a unos 7 mts de profundidad a través de un emisario. La salida del efluente se realiza en el último tramo del emisario a través de ocho difusores de 250 mm de diámetro cada uno y de un codo en punta de 900 mm de diámetro.

Este sistema de vertido por difusores garantiza y asegura una dilución rápida y adecuada con el fin de evitar la afección del entorno marino.

Las características de la zona de vertido son a base de arenas finas, gravas y cantos rodados en profundidad. No existen praderas de posidonia ni especies marinas que se pudieran sentir afectada por la salinidad del vertido.