

Desalinizadora de Escombreras (Murcia)



Escombreras Desalination Plant, in Murcia, Spain

Instalación pionera y singular con capacidad para producir 63.000 m³/día de agua desalada



Singular, Pioneering Plant Producing 63,000 m³/day of Desalted Water

© Infoenviro

La nueva desalinizadora de Escombreras, promovida por el Ente Público del Agua de la Región de Murcia, ha sido diseñada con una capacidad de producción máxima actual de 63.000 m³/día, siendo posible una futura ampliación a 72.000 m³/día, para lo cual se han dejado previstas todas las infraestructuras e instalaciones necesarias para ello. De esta forma la planta, ubicada en el Valle de Escombreras, permitirá dar servicio a las necesidades de esta entidad, la cual mantiene convenios de colaboración para el suministro de agua potable en alta con la mayor parte de los ayuntamientos de la región.

La construcción de esta planta ha sido promovida por Hydromanagent S.L., participada actualmente por la compañía Tedagua S.A. (Grupo Cobra), la cual ha realizado el diseño y la construcción de las instalaciones y llevará a cabo la explotación durante 25 años. La inversión en esta infraestructura ha ascendido a aproximadamente 117 millones de euros.

La solución adoptada se ha basado en la necesidad de obtener agua de calidad para consumo humano, en cumplimiento con el RD 140/2003. Esto ha condicionado el dimensionamiento de las distintas etapas del pretratamiento, con el objetivo de cubrir cualquier eventualidad, permitiendo hacer frente a las peores condiciones de toma y garantizar unos bajos costes de operación. Bajo esta misma perspectiva se han seleccionado las membranas de ósmosis inversa, las cuales garantizan un alto rechazo de boro, manteniéndose la concentración en el permeado, siempre por debajo de los valores máximos permitidos y en las condiciones más exigentes. La última etapa del proceso consiste en un moderno y completo post-tratamiento.

La desalinizadora de Escombreras dispone del tratamiento más exigente de todas cuantas se han construido hasta la fecha, lo que la ha convertido en una primera referencia a nivel mundial en cuanto a proceso y garantía de suministro.

The new Escombreras Desalination Plant, developed by the Public Agency of the Region of Murcia, was designed for a maximum present production of 63,000 m³/day. However, all of the necessary infrastructure and installations have been put in place to accommodate an enlargement, to achieve a production of 72,000 m³/day at a later date. At that point the plant, located in the Escombreras Valley in the region of Murcia, on Spain's south-eastern coast, will fully meet the demand of its developer, which holds concessions to supply drinking water to most of the municipal areas in the region.

The construction project was carried out by Hydromanagent S.L., partially owned now by the company Tedagua S.A. (Cobra Group). Hydromanagent designed and built the facilities and will operate them for a 25-year period. The investment in the plant came to approximately euro 117 million.

The solution adopted is based on the need to obtain high quality water apt for human consumption, in compliance with Law 140/2003. This requisite has conditioned the dimensions of the different pretreatment stages, to ensure uninterrupted operation and low operating costs even in the worst water-intake conditions. Likewise the reverse osmosis membranes installed guarantee a high boron rejection rate, to maintain the boron concentration in the permeate below the maximum permitted even in the most adverse conditions. The last stage of the process consists of an advanced post-treatment system.

The Escombreras Plant features the highest-standard treatment of any plant built to date, which makes it a world-class reference with respect to the processes employed and security of supply.

Una planta singular

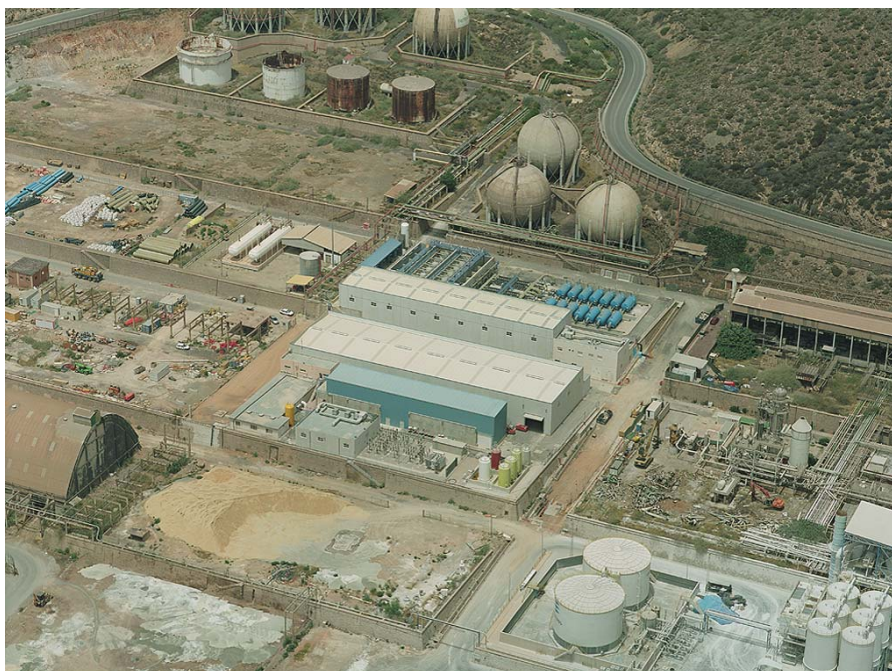
El diseño de la desalinizadora de Escombreras ha tenido en cuenta diferentes aspectos que han sido críticos a la hora de determinar el proceso e incluso el método constructivo. Entre ellos destacan:

En primer lugar, la necesidad de garantizar un suministro continuo de agua en condiciones óptimas para el consumo humano, ha condicionado la elección de materiales y procesos. Así, en cuanto al proceso, la combinación de pretratamientos hace que la desalinizadora de Escombreras disponga del más completo instalado hasta la fecha. En cuanto a materiales, se han utilizado exclusivamente aquellos considerados aptos para agua potable, tales como acero inoxidable, polietileno ó ABS, en las partes de la instalación en contacto con el agua producto.

También se han instalado dispositivos de última tecnología para el análisis de datos en continuo, con el fin de controlar en todo momento las condiciones de entrada del agua bruta (SDI, aceites y grasas, metales)-poco habitual en este tipo de plantas-, así como la instrumentación característica para el control del agua producto.

La utilización de las más avanzadas técnicas desarrolladas en filtración convencional y filtración por membranas, detección y control, han sido implementadas en esta instalación para garantizar la disponibilidad de agua potable, asegurando así la inversión realizada. En relación a esto, la instalación de los últimos modelos de recuperadores isobáricos ERI, con rendimientos del 98%, garantizan el mayor aprovechamiento posible con la tecnología actualmente disponible en el mercado.

Otra de las grandes dificultades en el diseño y la construcción de la planta, ha sido la necesidad de encajar en el espacio disponible todos los procesos coexistentes, junto con sus instalaciones auxiliares, tales como: almacenamiento de productos químicos, subestación, edificio de transformación, edificios auxiliares, así como la gran cantidad de tuberías de grandes diámetros enteradas bajo los viales internos, lo que ha conseguido una reducción de más del 50% del espacio habitualmente necesario para una instalación de estas características. La superficie ocupada por todas las construcciones de la planta para las



instalaciones contempladas, incluida la posible ampliación prevista, es únicamente de 7.000 m².

El entorno industrial de la zona se ha visto mejorado con la construcción de estas nuevas instalaciones, las cuales producen un impacto favorable a quien accede al Valle de Escombreras. Además, al haberse construido sobre una antigua industria abandonada, la demolición de ésta y la construcción de edificios nuevos, alejados del diseño de las típicas construcciones industriales, han dado valor añadido al emplazamiento. Adicionalmente, la planta se encuentra ubicada en un paraje en el que existen varias centrales de ciclo combinado, lo que ha facilitado la consecución del suministro energético, suponiendo además una garantía de futuro para posibles ampliaciones.

Por otra parte, la realización del vertido en un entorno degradado como es el del puerto industrial de Cartagena, unido a la no existencia de praderas de *Posidonia oceanica* a menos de 5 km de distancia, garantiza que el vertido no producirá daño alguno sobre la biología marina.

Todos estos aspectos han hecho que la instalación desalinizadora de agua de mar de Escombreras tenga un diseño único en el mundo. Su ubicación, combinación de procesos, empleo de las últimas tecnologías existentes y garantías de suministro con reducido coste, la convierten en una nueva referencia mundial en plantas de desalación de agua de mar con destino al abastecimiento de la población.

RAW-WATER CATCHMENT

The catchment system employs one concrete water intake caissons in the Port of Cartagena in the zone between Punta del Gate and the Enagás regasification plant. A raw-water pumping station consisting of a set of three vertical-shaft pumps of a flow of 2400 m³/h is installed inside the water-intake caisson.

PRETREATMENT

As mentioned the Escombreras Desalination Plant is equipped with a state-of-the-art pretreatment system which is more exhaustive than that normally installed in desalination plants, in consonance with the special characteristics of the raw water. It is configured in two identical lines, with a raw-water inlet flow of 6393 m³/h, in accordance with the maximum production of the plant at this time. The following stages are included:

Mixing, coagulation and flocculation chambers

Five vertical agitators are installed in each flocculation chamber. Ferrous chlorite is dosed into these chambers as a coagulant to eliminate colloids and reduce the SDI. The flocculent is added at the inlet into the flotation system, along with dissolved air whenever necessary

The coagulant and the flocculent are stored, respectively, in two 20-m³ tanks. Six dosing pumps are used to dose them.

Flotation system with dissolved air

A coagulant and a flocculent are added prior to the flotation process to ensure that

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

La desalinizadora de Escombreras, con una capacidad de producción máxima de la planta actual de 63.000 m³/día, siendo posible una futura ampliación a 72.000 m³/día con la instalación de una línea más, comprende las siguientes unidades:

- Toma de agua de mar
- Zona de pretratamiento
- Nave de ósmosis inversa
- Zona de remineralización
- Depósito de agua tratada e impulsión al depósito regulador
- Depósito regulador
- Red de distribución
- Vertido del agua de rechazo.

CAPTACIÓN DE AGUA BRUTA

El sistema de captación elegido para la desalinizadora de Escombreras consta de un cajón de toma de agua en el puerto de Cartagena, construido en hormigón y situado en la zona comprendida entre la "Punta del Gate" y la planta de regasificación de Enagás.

En el interior del cajón de toma de agua se ubica la instalación de bombeo de agua bruta, consistente en un grupo de tres bombas de eje vertical de 2.400 m³/h, rejas fijas, rejas autolimpiantes, así como las instalaciones eléctricas y mecánicas necesarias para su correcto funcionamiento. El colector que discurre desde el cajón hasta la planta se ha construido en PRFV de 1.400 mm de diámetro.

En este punto se ha previsto la dosificación de hipoclorito, bien en continuo



o en dosis de choque, con el fin de controlar el desarrollo biológico en el agua bruta.

PRETRATAMIENTO

La desalinizadora de Escombreras dispone de un sistema de pretratamiento avanzado y más exhaustivo que en otras instalaciones desalinizadoras, dadas las especiales características del agua bruta. Incluye las siguientes eta-

pas: En primer lugar, el agua bruta procedente de la captación entra directamente en la cámara de mezcla y coagulación, y se dirige a la cámara de floculación con aire disuelto. A continuación, el agua es sometida a una filtración con carbón activo mediante filtros de carbón horizontales y seguidamente pasa por un segundo sistema de filtración, en este caso por anillas. Finalmente, la última etapa del pretratamiento está basada en membranas de ultrafiltración sumergidas.

El pretratamiento se ha configurado en dos líneas idénticas, siendo el caudal de entrada de agua bruta de 6.393 m³/h para la producción máxima actual de la planta.

Cámaras de mezcla, coagulación y floculación

Como equipos de floculación, se ha optado por la instalación de agitadores verticales de la marca Agitaser, con motor de 5,5 kW-1.500 rpm, reductor con velocidad de salida a 98 rpm, eje de 7,5 m de longitud y hélice de 1.200 mm de diámetro. En total se han instalado 5 por cada cámara de floculación.

Respecto a los reactivos químicos a dosificar, se emplea cloruro férrico como elemento coagulante para eliminar coloides y reducir el SDI. Su dosificación está regulada automáticamente por el sistema de control, en función del caudal de agua a tratar y del SDI requerido en la entrada a las membranas de ósmosis inversa.

Por otro lado, la dosificación de flocculante se realiza en línea a la entrada del sistema de flotación con aire disuelto, siempre que sea necesario.



El almacenamiento del coagulante y del floculante se realiza en 2 depósitos de 20 m³ cada uno, construidos en PRFV y dimensionados para una autonomía de entre 15 y 30 días. Están equipados con medidor de nivel, rebose, vaciado, y los elementos de seguridad necesarios para el reactivo a almacenar. Su suministro corrió a cargo de la empresa Mipsa.

Y para su dosificación se dispone de 6 bombas dosificadoras ProMinent, 3 para la dosificación de coagulante y otras 3 bombas para el floculante, además de una bomba para el trasvase de coagulante del camión al depósito.

Sistema de flotación con aire disuelto

La adición del coagulante y floculante antes de la flotación asegura una clarificación apropiada del efluente antes de su entrada a las membranas de ultrafiltración. Con el sistema de flotación por aire disuelto (tecnología DAF) se consigue reducir sustancialmente las partículas coloidales, sólidos en suspensión, así como aceites y grasas que puedan llegar ocasionalmente con el agua bruta.

Se han instalado dos equipos Megacell® Vertical MCV 400 de KWI (representados por Ecotec en España) compuestos de 20 módulos de polipropileno cada uno, los cuales se instalan directamente sobre hormigón. Cada módulo, a su vez, cuenta con 20 elementos especiales en "U" que permiten combinar dos tipos de clarificación con lamelas: co-corriente y a contra-corriente. El resultado es una gran capacidad hidráulica y



© Infoenviro

una gran capacidad de carga de sólidos con una excelente eficiencia en la clarificación. Cada equipo tiene una capacidad hidráulica máxima de 4.000 m³/h.

Para la presurización se dispone de cinco tubos de disolución de aire (ADT) que utilizan agua clarificada, independientes para cada línea, y tres bombas de presurización Sulzer (una por equipo más una de reserva).

Su funcionamiento es como sigue: El agua presurizada con microburbujas de aire, se combina con el agua sin tratar en la zona de entrada al flotador, circulando después por los paquetes de lamelas, en co-corriente. El agua sucia se distribuye homogéneamente a lo largo del clarificador y el agua clarificada se recoge de cada uno de los módulos por los dos laterales de los canales de hormigón. El fango flotado se recoge en la parte superficial del flotador y es extraído mediante un rascador superficial de material plástico y palas de extracción en acero inoxidable AISI 316L / SMO 254.

Tras la flotación, el agua es impulsada a los filtros de carbón activo o a los filtros de anillas, según las necesidades, mediante 4 (2+2R) bombas centrífugas horizontales Sulzer de 676 l/s de capacidad a 35 m.

Sistema de filtración con carbón activo

El sistema de filtración con carbón activo consta de 14 filtros de carbón horizontales, de 7.040 mm de longitud y 2.800 mm de diámetro cada uno, colocados en dos filas paralelas y con el espacio suficiente para la ampliación a 2 filtros más. Estos filtros, suminis-

the flow is adequately clarified before it enters the ultra-filtration membranes.

The flotation system functions as follows: The water, pressurised with micro air bubbles, is combined with the raw water in the inlet zone into the flotation system. It then circulates through the packets of lamellae in co-current. The dirty water is distributed homogeneously throughout the clarifier and the clarified water is collected from each of the modules on both sides of the concrete channels. The floating sludge is collected on part of the surface of the floater and is removed by means of a surface scraper.

Following this process, the water is pumped into the active-carbon filters or into the ring filters, depending on the requirements, by means of 4 (2+2 standby) horizontal centrifugal pumps of a flow of 676 l/s at 35 wcm.

Activated-carbon filtration system

The activated-carbon filtration system consists of 14 horizontal carbon filters built of GRP. Each filter is 7040 mm in length and 2800 mm in diameter. They are arranged in two parallel rows, with sufficient extra space to retrofit two additional filters. Their main function is to eliminate oil, grease, hydrocarbons, odours and flavours, as well as herbicides and pesticides.

Ring filtration system

The water leaving the floater and the activated carbon filters is conveyed to the ring-filtration system, which consists of ten modules, each containing six filters, mounted in parallel, of a filtration mesh of 100 – 140 µm. This system serves to protect the ultra-filtration membranes, in order to ensure optimum operation and to reduce wash time.



© Infoenviro

trados por el fabricante Calplas, están contruidos en poliéster laminado (de baja emisión de estireno) reforzado con fibra de vidrio y orientación óptima de la fibra, y su presión de diseño es de 4 bares (presión de prueba: 6 bares). La distribución inferior es de tipo Calplas con brazos colectores y distribución de flujo uniforme, y la distribución superior es con brazos K.S.H., especialmente diseñada para este proyecto, y evitando asimismo la pérdida de carbón durante la fase de lavado. Los filtros disponen, además, de 3 entradas de hombre, 2 visores de 6", boca de vaciado, cáncamos de elevación, conexión para purga y válvula de seguridad.

El carbón activo que se utiliza es granulado y elaborado en base mineral, siendo un producto de gran dureza y resistencia a la abrasión.

La finalidad principal de los filtros de carbón activo es la de eliminar aceites, grasas e hidrocarburos, eliminar olores y sabores, así como herbicidas y pesticidas.

Para los contralavados de los filtros, únicamente con agua, se dispone de 2 bombas centrifugas horizontales de 108,0 l/s a 77 m.

El proceso se ha configurado de tal manera que exista la posibilidad de trabajar con los filtros de carbón en continuo o en by-pass, de modo que el agua bruta pase directamente del flotador a los filtros de anillas.

Sistema de filtración por anillas

El agua, procedente del flotador o de los filtros de carbón activo, se conduce a continuación al sistema de filtración de anillas Spin Klin® de la marca Arkal (representado en España por Hidroglobal Tecnología del Agua), que consta de 10 módulos montados en paralelo. Cada uno de estos módulos consta a su vez de 6 filtros con 8 espigas de filtración en su interior (576 espigas en total), formando un conjunto



© Infoenviro



© Infoenviro

de 506.880 cm² de área filtrante total. El grado de filtración seleccionado para esta aplicación es de 100 micras. El sistema está contruido en materiales poliméricos resistentes al agua de mar. Al igual que en los casos anteriores, también se ha previsto espacio para una futura ampliación de 2 módulos más.

La función principal de estos filtros es la protección de las membranas de ultrafiltración y la reducción de *biofouling*, asegurando un funcionamiento óptimo y reduciendo los tiempos de lavado.

El modo de filtración es como sigue: Durante el proceso de filtración las anillas están fuertemente comprimidas en forma conjunta por el resorte y la presión diferencial, de esta forma se fuerza al agua a fluir a través de los "pasajes" que se forman entre las anillas ranuradas.

El retrolavado de estos filtros, al igual que en los anteriores, se realiza también con agua. Durante esta operación se forma una contrapresión que provoca que el pistón suba y libere a las anillas comprimidas. En forma simultánea, múltiples boquillas inyectan chorros tangenciales sobre las anillas liberadas, provocando que giren y liberen los sólidos retenidos, los que son derivados hacia el exterior a través del drenaje.

Ultrafiltración

El último paso del pretratamiento lo constituye la ultrafiltración por membranas de fibra hueca sumergidas, cuya finalidad es garantizar un agua de calidad constante en la ósmosis inversa de forma que se mejore su funcionamiento. Así, se consigue que el agua de entrada a los bastidores de ósmosis inver-

sa tenga unos valores de SDI menores de 3, una turbidez inferior a 0,1 NTU, además de estar libre de partículas y patógenos.

La ventaja de la utilización de las membranas de ultrafiltración frente a los sistemas convencionales de filtración multicapa son varios: Por una parte, se consigue una calidad constante, sin posibilidad de caminos preferenciales o sin que variaciones en la calidad del influente afecten a la calidad del efluente (pemeado).

Por otra parte, la altísima calidad del agua ultrafiltrada permite trabajar con flujos transmembranas más altos, reducir la frecuencia de las limpiezas químicas, alargando la operatividad de la planta y la vida útil de las membranas de ósmosis.

La elección de fibra hueca sumergida frente a otros sistemas presurizados se debe a sus menores costes de explotación y su mejor comportamiento ante variaciones de la calidad del agua bruta, algo fundamental cuando se trata de tomas abiertas o de tomas en las que puedan producirse cargas puntuales excesivas de sólidos ó incluso algas.



© Infoenviro

El diseño de la planta consta de 7 trenes de ultrafiltración con 7 casetes por tren que contienen, en conjunto, 2.499 módulos de membranas GE Zenon ZW-1000-V3, suministradas por ITT Water & Wastewater. Estas membranas presentan un tamaño de poro de 0,02 micras nominales y 0,1 micras absolutas, y están fabricadas en PVDF, siendo resistentes al Cl₂ y a oxidantes.

La aireación de las membranas de ultrafiltración se realiza mediante 2 (1+1R) soplantes de émbolos rotativos Mapner. Una de las ventajas del sistema de membranas adoptado es que sólo airea cuando se produce el contralavado, con lo que el consumo específico de aire es el más bajo del mercado.

El agua procedente de los filtros de anillas entra en un canal de reparto que va alimentando individualmente cada tren. Cada uno de estos trenes está contenido en un tanque de membranas que puede ser aislado (en su totalidad o casete por casete) para efectuar rutinas de mantenimiento, limpiezas, lavados, etc.

Los trenes operan en paralelo. En cada uno de ellos, una bomba de permeado aspira de un colector que se encuentra conectado a cada uno de los casetes de membranas. Al entrar en servicio, las bombas generan un vacío en el interior de las fibras que es ocupado por el agua, tras atravesar las membranas. De esta manera, se produce una filtración fuera-dentro a muy baja presión, otra de las ventajas del sistema adoptado. Cada uno de esas 7 bombas Vogel modelo LS 350-450 en superduplex de 55 kW, suministradas



© Infoenviro

por ITT Water & Wastewater, está equipada con un variador de velocidad para regular el caudal de producción conforme al nivel de líquido en el tanque de membranas. El caudal que pasa a través de las membranas es monitorizado en función de la presión de vacío aplicada en las membranas.

También se han instalado 8 (7+1R) bombas de vacío Grundfos para la tubería de permeado de ultrafiltración, que permiten mantener dicha tubería en carga.

Operaciones de retrolavado y limpieza química

Con el fin de prevenir la acumulación de partículas en la superficie de las membranas, es necesario llevar a cabo un contralavado de forma periódica, para lo que se emplean 2 (1+1R) bombas Vogel modelo CAX 300-300 de 55 kW, construidas en superduplex, y suministradas como las anteriores por ITT Water & Wastewater.

Ultrafiltration

The final step in the pre-treatment process consists of ultra-filtration through submerged membranes. This process ensures that the water that enters the reverse-osmosis frames has an SDI below 3, and a turbidity below 0.1 NTU, and is free of particles and pathogens.

The plant is arranged with seven ultra-filtration lines with seven cassettes per line, which altogether contain 2499 GE Zenon ZW-1000-V3 membranes (supplied by ITT Water & Wastewater). These membranes have a pore size of 0.02 nominal microns and 0.1 absolute microns. They are built of PVDF and are resistant to Cl₂ and other oxidants.

The lines operate in parallel. A Vogel, Model LS 350-450, 55-kW super-duplex stainless-steel permeate pump installed on each line aspirates from the manifold connected to each of the membrane cassettes. When the pumps go into operation they generate a vacuum inside the fibres that fills up with the water that comes through the membranes. In this way the water is filtered in the inside to outside direction at very low pressure.

In order to prevent particles from accumulating on the membrane surface, a counter-washing process must be undertaken on a periodical basis. Two (1 + 1 standby) pumps that impel ultrafiltered water are employed for this process. No reactive agents are added in this process. However, a chemical cleaning process, in which sodium hypochlorite and citric acid are added, may also be required.

REVERSE OSMOSIS

The reverse osmosis process consists of the following main stages:

High-pressure pumping

The seven high-pressure pumps installed in the plant (one per line) are multicell, centrifugal units, built of a duplex stainless-steel alloy, from the manufacturer Sulzer, and powered by a Helmke electric motor of a 1000 kW output. These pump sets are



© Infoenviro



Válvulas y actuadores de Ebro Armaturen



ter. Durante esta operación se emplea agua ultrafiltrada sin la adición de ningún reactivo químico y se inyecta aire para generar una turbulencia que ayude a la limpieza.

Por otra parte, durante la operación normal de la planta se puede producir un ensuciamiento de las membranas, por lo que se dispone de un sistema automático de limpieza química añadiendo hipoclorito sódico y ácido cítrico, en función de que el ensuciamiento sea microbiológico o por precipitados químicos, respectivamente.

ÓSMOSIS INVERSA

La etapa de ósmosis inversa consta de las siguientes fases principales:

Bombeo de alta presión

Las 7 bombas de alta presión instaladas en esta planta (una por línea) son bombas Sulzer de tipo centrífugas multicelulares, construidas en aleaciones de acero inoxidable del tipo duplex y accionadas por un motor eléctrico Helmke de 1.000 kW.

Estos equipos están diseñados para un punto óptimo de caudal de 389 m³/h a una altura de 64,6 bar. Tienen un rendimiento hidráulico en el punto de diseño del 80%.

Para la protección de estas bombas de alta presión, la empresa CastFlow Valves suministró 14 unidades de sus válvulas de retención de doble clapeta de 8" (DN200) y ANSI 600#, en material duplex DIN 1.4468 (A890 GR4A).



Bastidores de ósmosis inversa

El agua impulsada por los grupos de bombeo se conduce a los 7 bastidores de membranas de ósmosis inversa. Cada uno de los bastidores tiene una capacidad de producción nominal de 9.000 m³/día y cuenta con 96 tubos de presión modelo ORL8-E-1000-8M, suministrados por Bel Composite Ibérica, y cuyas características principales son:

- Presión nominal: 1.000 psi (69 bar)
- Código de diseño: ASME sect. X
- Alimentación-Rechazo: Puerto final (End-Port)
- Acabado: Laca de poliuretano color azul.

A su vez, cada uno de los tubos de presión contiene 8 membranas de presión en espiral, en un diseño híbrido de los modelos SWC4+ y SWC5 del fabricante Hydranautics, habiéndose instalado un total de 5.376 membranas.

La SWC5 está diseñada para ofrecer una combinación perfecta entre alto caudal de permeado (caudal nominal de 34,1 m³/día) y gran rechazo de sales (99,8% de rechazo nominal de sales) y de boro (92% de rechazo nominal de boro) a presiones de operación bajas.

El modelo SWC4+ ofrece también gran rechazo de sales (99,8% de rechazo nominal de sales) y el rechazo de boro más elevado (93%). Por lo tanto, la combinación de estas membranas garantiza una concentración menor de 1 ppm de boro en el agua producto y son aptas para la producción de agua potable de consumo humano, de acuerdo con el RD 140/2003.

Tras la entrada del agua bruta en los tubos de presión, se obtienen dos flujos. Por un lado agua de rechazo, que en este caso constituye el 55% del total, el cual pasa a un colector y seguidamente al recuperador isobárico. Y por otro, agua permeada que se conduce hasta un colector central que ocupa el eje geométrico de las membranas, saliendo de cada tubo de presión por una manguera hacia un colector común.

Cada caja de presión va provista de una toma de muestras con lo que se puede efectuar el control de la calidad del agua que produce cada tubo.



Recuperación de energía

El bombeo de alta presión está dispuesto conjuntamente y en paralelo con un sistema de recuperación dinámica de presión, que aprovecha la energía residual del agua de rechazo de cada tren, para transmitirla a una parte del agua de alimentación.

Dado que el caudal de agua que pasa por el sistema de recuperación de energía es prácticamente igual al de agua de rechazo, con esta solución, la bomba de alta presión sólo tiene que elevar a la presión requerida un caudal casi igual al del permeado.

En seis de las 7 líneas se han dispuesto en paralelo 10 sistemas de recuperación del tipo convertidores hidráulicos dinámicos, modelo PX 220 de la empresa Energy Recovery Inc. (ERI).

Cada uno de estos 10 sistemas está compuesto por un cilindro cerámico rotatorio que gira a 1.200-1.800 rpm, y que contiene las cámaras isobáricas en las que la salmuera, por desplazamiento positivo, impulsa al agua marina filtrada hacia la entrada de la ósmosis inversa, previo paso por la bomba booster que compensa las pérdidas que se producen en el circuito.

En este sistema, las entradas y salidas de agua de alimentación y salmuera, tanto en los circuitos de alta como de baja presión, se regulan mediante unas lumbreras que están en la posición de apertura o de cierre en función del giro del rotor.

En la otra línea restante se ha instalado el intercambiador de presión SalTec, desarrollado por KSB.

Gracias a ambos sistemas se consigue rebajar considerablemente el coste energético de la producción de agua.



Bombeo de alimentación

Se han instalado siete bombas de alimentación a ERIs, así como 7 bombas booster centrífugas, una por línea, construidas en acero inoxidable AISI 904 L y accionadas por un motor eléctrico de 100 kW de potencia y 400 V. Su suministro ha corrido a cargo, al igual que las anteriores, de Sulzer.

Todas las tuberías y válvulas de alta presión situadas en la alimentación y rechazos de los módulos de ósmosis inversa se han construido en acero inoxidable de tipo duplex y están diseñados para soportar una presión máxima de 100 kg/cm².

Sistema de limpieza química de las membranas

Con el funcionamiento normal, los módulos de ósmosis inversa se van ensuciando, por lo que el caudal producido por el mismo va disminuyendo. El atascamiento debido a materias coloidales, a pequeñas precipitaciones de hierro, etc., hace ne-

designed for an optimum output of 389 m³/h at a head of 64 wcm, 6 bar.

RO frames

The water is impelled by the pump sets to seven RO-membrane frames. Each frame, of a nominal production capacity of 9000 m³/day, is fitted with 96 ORL8-E-1000 pressure vessels of 1000 psi (69 bar) supplied by Bel Composite Ibérica.

Each of the pressure vessels, in turn, contains eight spirally-wrapped membranes, in a hybrid design combining models SWC4+ and SWC5 from manufacturer Hydranautics. A total of 5376 membranes has been installed.

The SWC5 membrane is designed to provide a perfect combination of high permeate flow (nominal flow: 34.1 m³/day) and high salt rejection (99.8% nominal salt rejection) and high boron rejection (92% nominal boron rejection) at low operating pressures.

Model SWC4+ also features a high salt (99.8%) and high boron (93%) rejection. Consequently, the combination of these membranes guarantees a boron concentration of less than 1 ppm in the product water and is therefore apt for the production of drinking water for human use, in accordance with Decree 140/2003.



To ensure the correct performance of the RO membranes, sodium bisulphite and dispersant are dosed in. The former eliminates oxidants in the interior of the RO modules, while the latter prevents precipitation of salts that could lead to fouling inside the membranes.

Energy recovery

The high-pressure pump system is arranged in conjunction with a dynamic recovery system that transmits the high pressure reject stream on each production line to the feedwater. Accordingly, on six of the seven lines, ten PX-220 pressure-exchanger energy recovery systems from the company Energy Recovery Inc. (ERI), are installed. On the remaining line, a

Material suministrado por las marcas representadas por Coben Enterprises, S.L.

Empresa	Equipo	Línea
MTS Valves and Technology	Válvulas de macho superduplex	Línea de alta presión
Georg Fischer +GF+	Válvulas de 3 vías PPH	Salida de permeado - Racks
Protesa	Suministro y montaje PRFV	Línea de baja presión
Piedmont Pacific	Acoplamiento flexibles duplex	Línea de alta presión

cesarias operaciones de limpieza para recuperar las propiedades perdidas de las membranas.

En este caso se dispone de un equipo de limpieza química formado por:

- Dos bombas Sulzer de limpieza química.
- Un filtro de cartuchos Fluytec de 235 unidades, con una selectividad de 5 micras para evitar que la solución de limpieza que llega a los bastidores contenga impurezas o reactivos sin disolver que pueden dañar las membranas.
- Un depósito de PRFV de 25.000 litros de capacidad en el que se gestionan las soluciones de limpieza con agua procedente de la línea de retrolavado y los reactivos adecuados. Asimismo, este depósito se emplea para neutralizar las soluciones limpiadoras antes de realizar su vertido.
- Los componentes electromecánicos y de ensamblaje necesarios para hacerlo funcionar.

Depósitos de equilibrio osmótico, de desplazamiento y lavado

La desalinizadora de Escombreras dispone de 8 (7+1R) depósitos de equilibrio osmótico y desplazamiento de 55 m³ de volumen unitario.

El depósito de equilibrio osmótico permite mantener la presión en las cajas, evitando que el fenómeno de ósmosis directa dañe las membranas por el lado del permeado. De igual forma, estos depósitos son una reserva de agua para las operaciones de desplazamiento y limpieza de las membranas. En estos casos el agua tratada se dirige mediante bombas a los bastidores para efectuar el desplazamiento y el lavado cuando sean necesarios.

En concreto, dicho desplazamiento se realiza mediante 7 bombas, una por línea, independientemente de que la parada se haya realizado de forma vo-



luntaria o motivada por la señal de una anomalía.

Durante las operaciones de retrolavado se requiere la dosificación de bisulfito sódico, para lo que se dispone de 7 bombas dosificadoras.

El diseño previsto permite mantener siempre lleno el depósito y que, cuando sea necesario, el agua retorne por gravedad a los módulos de ósmosis inversa.

Dosificación de reactivos

Dosificación de bisulfito sódico

El efecto del bisulfito sódico es suficiente para mantener en niveles prácticamente nulos la actividad biológica debida a la aparición de bacterias aerobias y para reducir el potencial Redox de manera que se puedan contrarrestar los efectos nocivos de oxidantes como el oxígeno disuelto presente en el agua y el cloro libre procedente de la alimentación de agua.

Las membranas, especialmente las de poliamida, son muy sensibles a los oxidantes y especialmente al Cl₂, que puede encontrarse en el agua si ha sido sometida a un proceso de cloración. En consecuencia, la misión del bisulfito sódico es evitar, mediante neutralización, la presencia de agentes oxidantes en el interior de los módulos de ósmosis inversa.

Dosificación de dispersante

El objetivo de adicionar dispersante es evitar la precipitación de sales que podrían dar lugar a incrustaciones en el

interior de las membranas de ósmosis inversa. Se realiza mediante la dosificación de productos químicos que se agregan al agua ultrafiltrada, consiguiendo bloquear y retardar la tendencia del calcio, magnesio, bario y otros iones a formar sales poco solubles en agua. Su actuación se centra principalmente en la inhibición de precipitados de sales derivadas de los sulfatos (SO₄Ca, SO₄Ba, SO₄Sr, etc.).

Con objeto de que la fiabilidad de este servicio sea total, se han previsto 21 bombas dosificadoras ProMinent para bisulfito y 14 para dispersante, así como bombas de trasiego y 2 depósitos de almacenamiento de 20 m³ suministrados por Mipsa y construidos en PRFV, con autonomía de 20 días, de donde se alimentan cada uno de los 14 depósitos de 2 m³ (dos por cada bastidor, siendo uno para bisulfito y otro para dispersante) ubicados en la nave de ósmosis.

Como se ha ido comentando, ProMinent participó en la construcción de esta desaladora ofreciendo una solución completa, específica y personalizada de los sistemas de trasvase y los



sistemas de dosificación de producto químico para el pre- y post-tratamiento de la ósmosis inversa.

Los sistemas de trasvase consisten en bombas centrífugas de acople magnético VonTaine® para transferir el producto químico sin fugas del camión cisterna al depósito de almacenamiento, donde se suministró para cada producto (hipoclorito sódico, cloruro férrico, dispersante y bisulfito sódico) una cabina de trasiego completamente montada, y donde además se incluyó una estructura en acero inoxidable Aisi 304 con tejadillo para intemperie y cierres laterales en PP, para la protección de la bomba centrífuga, con su correspondiente valvulería y caja de conexiones eléctrica.

Los sistemas de dosificación se basaron en las bombas dosificadoras de membrana tipo Sigma, controladas a partir de Profibus para centralizar los procesos de control. Estas bombas dosificadoras se suministraron para cada producto (floculante, hipoclorito sódico, coagulante, dispersante y bisulfito sódico) montadas en bancadas de dosificación completamente equipadas, con la valvulería correspondiente, válvulas de seguridad para evitar riesgos, válvulas de contrapresión para garantizar una dosificación precisa, indicadores de presión para calibrar los equipos y tener un valor de referencia de la presión de trabajo, amortiguadores de impulsos para dar una dosificación continua, probetas de calibración para las bombas dosificadoras y caja de conexiones eléctrica, todo siempre formando varias líneas de dosificación con una de reserva.



REMINERALIZACIÓN

Con el fin de cumplir con la actual normativa de calidad de las aguas de abastecimiento (RD 140/2003) se utiliza un sistema para la remineralización del agua a base de carbonato cálcico amorfo (CaCO_3), también llamado calcita. Los lechos de calcita permiten aumentar la alcalinidad y la dureza del agua desalada y reducir su corrosividad hasta alcanzar los niveles exigidos por la citada normativa ($\pm 0,5$ Langelier, y pH entre 6,5 y 9,5).

El sistema de remineralización consiste en dos depósitos de hormigón armado. Cada uno dispone de dos celdas separadas por un canal y cada celda tiene un falso fondo sobre el que se anclan las losas con las crepinas. El agua osmotizada entra en un canal y se reparte en cada celda, atravesando por gravedad el lecho de calcita y manteniéndose un tiempo de contacto de 8 minutos.

Estos depósitos permiten el flujo descendente de agua desalada a través de un lecho de carbonato cálcico triturado y mantienen a su vez una dosificación en continuo del lecho.

El post-tratamiento se completa con una dosificación en continuo de CO_2 para ajuste automático del pH, en la tubería de entrada a los remineralizadores. El CO_2 disuelto en el agua desalada, reacciona con el carbonato cálcico del lecho formando bicarbonato cálcico soluble. La instalación de almacenamiento y dosificación de CO_2 fue suministrada por Praxair.

SalTec system, developed by KSB, is installed.

Feed-water pumping system

Seven feed-water pumps, along with seven centrifugal booster pumps have been installed, on each line, built of AISI 904 L stainless steel and powered by a 100-kW, 400 V electric motor, to supply the energy recovery units.

Chemical-cleaning system for the membranes

The membranes are cleaned by a unit comprising basically two chemical-cleaning pumps, one cartridge filter with 235 cartridges, with 5-micron selectivity. The cleaning solution, a mixture of the water from the retro-cleaning line and the appropriate reactive agents, is prepared and stored in a 25,000-litre capacity GRP tank.

REMINERALISATION

In order to comply with the current supply-water standards (Decree 140/2003), a water-remineralisation system based on calcite is employed. The post-treatment is completed with a system of continual dosing of CO_2 to adjust the pH, in the intake pipeline to the remineralisers. After passing through the bed, the demineralised water enters into a still-water zone and is then directly sent to the product-water tanks.

TREATED-WATER STORAGE AND PUMPING

The osmotised and remineralised water is sent from the remineralisers to the 1300 m³

Una vez atravesado el lecho, el agua ya remineralizada entra en una zona de remanso y abandona el depósito enviándose directamente a los depósitos de agua de abastecimiento.

El sistema descrito cuenta con la valvulería adecuada para corregir los caudales de agua, así como para realizar la toma de muestras antes y después del tratamiento. Además cuenta con dos bombas de lavado Sulzer, y dos soplanes Mapner, para realizar ciclos de limpieza de los remineralizadores.

DEPÓSITO DE AGUA TRATADA E IMPULSIÓN AL DEPÓSITO DE REGULACIÓN

Desde los remineralizadores, el agua osmotizada y remineralizada pasa al depósito de agua tratada de 1.300 m³ de volumen, mediante una conducción de polietileno de alta densidad de DN 900.

En esta tubería se lleva a cabo la dosificación de hipoclorito sódico, en función del caudal y de la consigna establecida de cloro libre. Un equipo de recirculación de agua con cloración automática instalado en el depósito, controla y regula este parámetro, siempre dentro de los límites exigidos. Al igual que en los casos anteriores, se dispone de los correspondientes depósitos para el almacenamiento de este reactivo, en este caso uno de 30 m³ y dos de 40 m³, así como las bombas dosificadoras.



A continuación, desde el depósito de agua tratada, el agua se impulsa al depósito de regulación mediante 6 bombas segmentadas KSB ITUR, con un caudal de 500 m³/h a una altura de impulsión de 170 m y motor Siemens de 400 kW.

Con el fin de proteger convenientemente dicha impulsión de agua del golpe de ariete por parada accidental del bombeo (como consecuencia de un fallo de suministro, por ejemplo), en la planta se ha instalado un calderín vertical de vejiga de 25.000 litros de volumen, presión máxima de servicio de 25 bar y brida de conexión DN 400 PN 25 con presión de hinchado 7,7 bar. Su suministro corrió a cargo de Olaer Oiltech Ibérica, S.A.U.

DEPÓSITO DE REGULACIÓN

Finalmente, el agua ya potable es impulsada desde la desalinizadora al depósito regulador de abastecimiento, situado a la cota 165 m, mediante 7.000 m de tubería de fundición Buderus Duktıl de DN 1000 y espesor de pared K 10, y unión acerojada por bloque BLS®. Esta tubería, suministrada por Construtec, está diseñada para trabajar a PN 25 junto con todos sus accesorios, siendo el objetivo principal de su elección la eliminación de todos los anclajes de hormigón en la tubería y los codos.

Esta solución tuvo especial importancia, no sólo por la presión de diseño a 25 bar, sino también por el hecho de que la tubería discurre en su mayoría por taludes, caminos rocosos y sinuosos. Frente a esto, las prestaciones de la tubería Buderus Duktıl con unión acerojada BLS® garantiza la no desconexión del tubo evitando la pérdida de agua y presión incluso en situaciones exigentes como corrimientos de tierra, además de ofrecer una mayor resistencia y vida en funcionamiento más larga.

El depósito de regulación tiene una superficie en planta de 50 m por 75 m y una altura de 8,10 m, estando dividido en dos cámaras. Está construido en hormigón armado, teniendo una capacidad total de 25.000 m³.

RED DE DISTRIBUCIÓN

El proyecto completo incluye la red de distribución del agua producto que discurre por los Municipios de Cartagena, Torre Pacheco y Fuente Álamo, próximamente ampliada al



resto de municipios afectados. Actualmente se han instalado más de 60 km de tuberías de diámetro 1.000 mm, cuyos materiales varían en función del trazado. Así, se han instalado tuberías de fundición en tramos urbanos, de fundición acerojada en tramos con fuertes solicitaciones a tracción en zonas de montaña y tuberías de hormigón postesado con camisa de chapa, en las zonas menos críticas.

La distribución se realiza por gravedad desde la citada cota 165 m hasta los distintos puntos de suministro.

VERTIDO DE SALMUERA

La salmuera de rechazo de las membranas es devuelta al mar a través de un colector de vertido que se ha dimensionado teniendo en cuenta el caudal de vertido de la planta desalinizadora y de sus futuras ampliaciones.

La recogida del agua de rechazo procedente del proceso de ósmosis inversa de la planta se realiza en una arqueta situada en el exterior de la nave de ósmosis, de donde parte el colector de salmuera.

El trazado de la conducción, con una longitud total de 1.577 m, se divide en dos tramos diferenciados. El primero, de 690 m de longitud, se ha resuelto con tubería de PRFV de 1.400 mm de diámetro, cuyo origen es la arqueta de salmuera y que discurre enterrada por los viales existentes en las antiguas instalaciones del Polígono Industrial donde se ubica la planta. El segundo, con una longitud aproximada de 900 m, se resuelve mediante dos conducciones de polietileno de alta densidad y diámetro 1.000 mm.

Ficha Técnica: IDAM Escombreras

Organismo promotor: Ente Público del Agua (EPA) de la Región de Murcia
Construcción y explotación (25 años): Tedagua
Estudios de viabilidad y proyectos de obra: Cetec, S.L.

PRETRATAMIENTO

Agitadores: Agitaser
Sistema de flotación con aire disuelto: KWI (Ecotec)
Filtros de carbón activo: Calplas
Sistema de filtración de anillas: Hidroglobal Tecnología del Agua (Arkal)
Membranas de ultrafiltración: GE Zenon (ITT Water & Wastewater)
Bombas de permeado y contralavado: Vogel (ITT Water & Wastewater)
Bombas de vacío: Grundfos
Depósitos de almacenamiento: Mipsa
Bombas dosificadoras: ProMinent, Milton Roy Ibérica

ÓSMOSIS INVERSA

Bombas alta presión y bombas booster: Sulzer
Motor: Helmke
Tubos de presión: Bel Composite Ibérica
Membranas de ósmosis inversa: Hydranautics
Sistemas de recuperación de energía: Energy Recovery Inc. (ERI), KSB

POST-TRATAMIENTO

Instalación de almacenamiento y dosificación de CO₂: Praxair

IMPULSIÓN DE AGUA PRODUCTO

Bombas de agua producto: KSB ITUR

OTROS

Tuberías PRFV: Protesa*
Tubería impulsión agua producto: Construtec
Valvulería: Ebro Armaturen, CastFlow Valves, MTS Valves and Technology*,
Georg Fischer*, KSB Amvi
Acoplamientos flexibles: Piedmont Pacific*
Calderín antiariete: Olaer Oiltech Ibérica
Compresores y aire comprimido: Boge, Atlas Copco-Ispa, Compair Ibérica
Soplantes: Mapner
Actuadores: Prisma, Auma, Diteico
Instrumentación: Siemens, Hach Lange, Wika, E+H

Instalación eléctrica / Control: Maesa, Siemens, Schneider Electric

* Marcas representadas por Coben Enterprises, S.L.



La instalación de las tuberías de PE, debido a la gran cantidad de infraestructuras existentes, se ha realizado mediante perforación dirigida hasta su salida al mar a la cota -25 m. El túnel se ha excavado de forma íntegra en terreno rocoso de calizas negras duras afectadas por una intensa red de conducciones.

Es importante destacar que uno de los aspectos considerados a la hora de elegir la zona de vertido, es que los fondos marinos donde se evacua la salmuera son fondos dragados y sin vegetación, degradados durante años, por lo que la afeción a la biología marina es nula.

EQUIPOS ELÉCTRICOS

Dentro del propio recinto de la planta, la subestación recibe la tensión de 66.000 V. Desde el centro de transformación anexo a la subestación, se distribuye a los distintos cuadros y consumidores.

La medida del consumo general de la instalación se hace en baja tensión, mediante contadores multitarifa con maxímetros y reloj de cambio programable.

CONTROL Y AUTOMATISMOS

El seguimiento, control y proceso de la desalinizadora está centralizado y gobernado por un control distribuido, que recoge el estado de las señales digitales y analógicas procedente de los equipos e instrumentos de la planta, procesa las instrucciones de acuerdo con lo establecido en el programa de usuario y genera las salidas del proceso, señalización



© Infoenviro

de la toma de datos para seguimiento, así como la recogida de información en dos estaciones de operación.

Para hacer frente a cortes en el suministro eléctrico, se ha incluido un sistema de alimentación ininterrumpida en corriente alterna para alimentar el control distribuido con sus dos estaciones de operación y periféricos, dimensionado con holgura suficiente para garantizar el funcionamiento correcto de todo el sistema.

También se ha instalado un sinóptico "inteligente" situado en el centro de control. Éste recibe información en tiempo real, a través de unos controladores de comunicación.

En base a la información recibida en la planta a través de las entradas/salidas, pueden realizarse las funciones de visualización, actuación, registro y archivo de todos los valores monitorizados.

treated-water tank, through DN 900 high-density polyethylene pipelines in which sodium hypochlorite is dosed in, in function of the flow and the standard established for free chlorine levels.

Subsequently, the water is pumped from the treated-water tank to the regulator tank by means of six KSB ITUR segmented pumps, of a flow of 500 m³/h at a head of 170 wcm, powered by a 400-kW Siemens motor.

Lastly, the drinking water is pumped from the desalination plant to a regulator storage tank, situated at a height of 165 m with a total capacity of 25,000 m³. From there the water is distributed by gravity to the water supply network.

BRINE REJECT

The brine rejected from the membranes is returned to the sea through a manifold dimensioned bearing in mind the current flow from the desalination plant and its flow when the enlargement is made.

It should be pointed out that the marine seabed where the brine is released is a dredged sea bottom, devoid of vegetation, and degraded over the years. Consequently, the effect on the marine biology is null.



© Infoenviro

DESALINIZADORA DE ESCOMBRENAS



Caudal de Diseño 72.000 m³/día


tedagua

**Soluciones Integrales
para Tratamientos de Aguas**

Técnicas de Desalinización de Aguas, S.A. (TEDAGUA)
C/Cardenal Marcelo Spínola, nº 10
28016 Madrid
Tel.: 91 456 95 00
central@tedagua.com

www.tedagua.com