

Planta desaladora en el valle de San Lorenzo. Tenerife

ANGEL ECHEVERRÍA (*)

RESUMEN Esta planta es un ejemplo de reutilización de aguas residuales urbanas para su aprovechamiento en riegos. Estas aguas son depuradas por tratamiento biológico convencional, previamente a su vertido en una balsa; con posterioridad, es sometido a desalinización un caudal de 4.000 m³/día, que después se mezcla con 12.000 m³/día de agua procedente de la balsa, para mejorar su salinidad y convertirla en apta para el riego. El tratamiento de desalinización se realiza por el sistema de electrodiálisis reversible (EDR), proceso donde el agua fluye, a muy baja presión, entre pares de membranas catiónicas y aniónicas colocadas alternativamente como un sandwich. Esta planta se terminó en Diciembre de 1995.

DESALTING PLANT AT THE SAN LORENZO VALLEY, TENERIFE

ABSTRACT This plant is an example of reusing waste water for irrigating. This waters are purified by conventional biological treatments, before their dumping on a pond; after a flow of 4,000 m³/day is submitted to desalinization, and is mixed with 12,000 m³/day of water coming from the pond to improve its salinity and make it suitable for irrigating. Desalting treatment is made by electrodialysis reversal (EDR), process in which the water flows, at a very low pressure, within pairs of cationic and anionic membranes placed alternately like in a sandwich. This plant was ended at December 1995.

Palabras clave: Reutilización; Desalinización; Mezcla; Electrodiálisis; Catiónicas; Aniónicas.

INTRODUCCIÓN

La reutilización de las aguas residuales urbanas (depuradas previamente en estaciones de tratamiento biológico convencional) con vista a su aplicación el riego de frutales, ha venido siendo una práctica habitual en el sur de la isla de Tenerife como consecuencia, por una parte, del progresivo descenso de los caudales de aguas subterráneas habitualmente extraídas en la zona, y por otra, por el continuo incremento de la demanda en otros sectores (turístico y urbano).

Para tales fines, a principios de la presente década se construyó en el término municipal de Arona una balsa de almacenamiento y regulación de 250 Dm³ con su correspondiente tratamiento terciario posterior, compuesto por un conjunto de filtros a presión sobre lecho de arena.

La balsa se abastece del conjunto de aguas residuales depuradas procedentes de la EDAR de Buenos Aires, ubicada en Santa Cruz de Tenerife.

En fase posterior, y aunque el agua bruta suministrada presenta unas características aceptables para el regadío de frutales, especialmente plataneras, se ve la necesidad de rebajar su salinidad hasta niveles más adecuados, por lo cual se propone la construcción de una Estación Desaladora junto a la citada Balsa para tratar una fracción de las aguas depuradas afluentes.

Dicha Estación Desaladora utiliza como proceso de tratamiento la electrodiálisis reversible (EDR), tiene una capacidad inicial de diseño de 4.000 m³/día (16.000 m³/día ampliación 2ª fase) y ha sido construida por DRAGADOS durante el año 1995, estando en la actualidad en funcionamiento.

BASES DE DISEÑO

Características del agua bruta

Tipo: Aguas salobres, bicarbonatadas, con alto contenido en SiO₂.

Salinidad: Comprendida entre 1.000 y 2.000 p.p.m.
Temperatura: Comprendida entre 18° C y 25° C.

Características del agua producto

	1ª fase	2ª fase
Producción (m ³ /día)	4.000	16.000
Salinidad (ppm)	≤350	≤215

Configuración de la Planta EDR

	1ª fase	2ª fase
Nº Unidades de desalación	2	8
Porcentaje de conversión (%)	85	85
Producción neta por unidad (m ³ /día)	2.000	2.000
Nº de líneas por unidad de desalación	3	3
Nº de etapas por línea	3	4
Nº de pilas por unidad	9	12
Nº total de pilas	18	96

Características del agua mezcla para riego

	1ª fase	2ª fase
Caudal medio (m ³ /h)	460	1.500
Caudal máximo (m ³ /h)	1.400	2.260
Salinidad máxima (ppm)	765 ± 1.400	650 ± 1.200

PROCESOS

Selección

La elección del proceso EDR en este proyecto, frente a procesos alternativos como la osmosis inversa, se realiza por las siguientes razones:

(*) DRAGADOS. Avda. de Tenerife, 4-6. 28700 San Sebastián de los Reyes. Madrid (España).

- Pretratamiento más sencillo.

El proceso EDR requiere un pretratamiento más simple debido a:

- La buena tolerancia de las membranas al cloro libre y cloraminas utilizados para el control biológico del proceso.

Esta característica evita la decoloración posterior necesaria en otros procesos sensibles a tales componentes.

- La alta resistencia de las membranas EDR a los ataques bacterianos.
- La geometría de los canales hidráulicos de los espaciadores intermembrana del sistema EDR es de paso superior al paso de malla equivalente del sistema OI. En consecuencia las pilas EDR se obstruyen más difícilmente siendo más apropiadas para el tratamiento de aguas residuales.

Esta característica es especialmente importante en el presente proyecto dado el alto nivel de SiO_2 existente en el agua de almacenamiento.

- Productividad.

El proceso EDR cambia de polaridad varias veces por hora realizando un autoenjuague de sus membranas con agua producto; en consecuencia el sistema no pierde capacidad de producción debido a ensuciamiento de tipo biológico. Por esta razón el índice de conversión de agua habitual en el proceso EDR es superior al obtenido con otros sistemas.

- Flexibilidad de operación.

El proceso EDR se caracteriza por su robustez y flexibilidad de operación. El sistema es capaz de suministrar un caudal constante de agua producto de calidad aceptable durante períodos de tiempo prolongados y sin interrupciones.

El sistema por otra parte se adapta bien a situaciones de operación con frecuentes paradas y arranques así como a largos períodos de parada combinada (estacionalidad).

DESCRIPCIÓN

Pretratamiento

El buen funcionamiento del sistema EDR se consigue introduciendo el pretratamiento del agua bruta que a continuación se describe:

- CONTROL DE LA MATERIA EN SUSPENSIÓN

Se realiza en tres etapas sucesivas:

- Decantación-floculación con recirculación de fangos y dosificación de cloruro férrico como coagulante.
- Filtración sobre lecho de arena de baja granulometría y baja velocidad de filtración.
- Microfiltración a base de filtros de cartuchos de diez micras de paso.

- CONTROL DEL CRECIMIENTO BIOLÓGICO

Se ha previsto, para evitar la proliferación de vida biológica en el conjunto de la instalación, una dosificación de hipoclorito sódico a la salida de los decantadores manteniendo así esterilizado todo el sistema. Para el caso de que en un momento determinado no se mantuviera el residual de cloro mínimo, se ha previsto otra dosificación de hipoclorito sódico en los filtros de arena.

A la entrada de la instalación EDR se instala un medidor de cloro residual al objeto de garantizar un cloro residual mínimo.

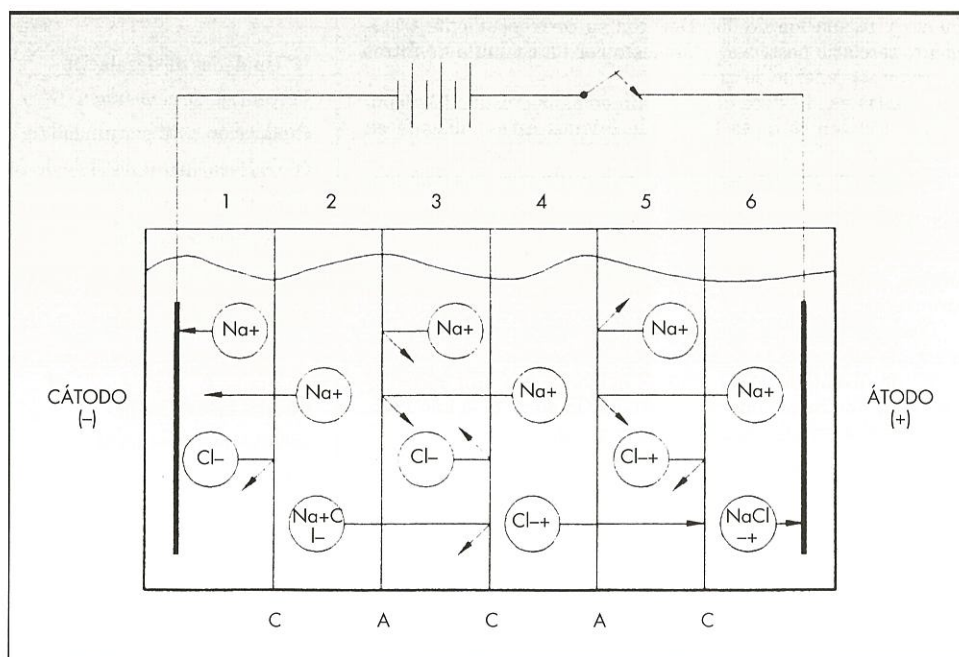
- CONTROL DE INCRUSTACIONES Y PRECIPITACIONES

El control de incrustaciones y precipitación de sales en los circuitos de recirculación de salmueras se realiza mediante la dosificación química de ácido sulfúrico e inhibidores de incrustación.

ELECTRODIÁLISIS REVERSIBLE (EDR) (Ver Esquema Figura nº 1)

El proceso EDR se basa en el clásico Proceso ED (Electrodiálisis) en el cual el agua a muy baja presión fluye entre pares de membranas catiónicas (C) y aniónicas (A) colocadas alternativa-

FIGURA 1. Esquema electrodiálisis.



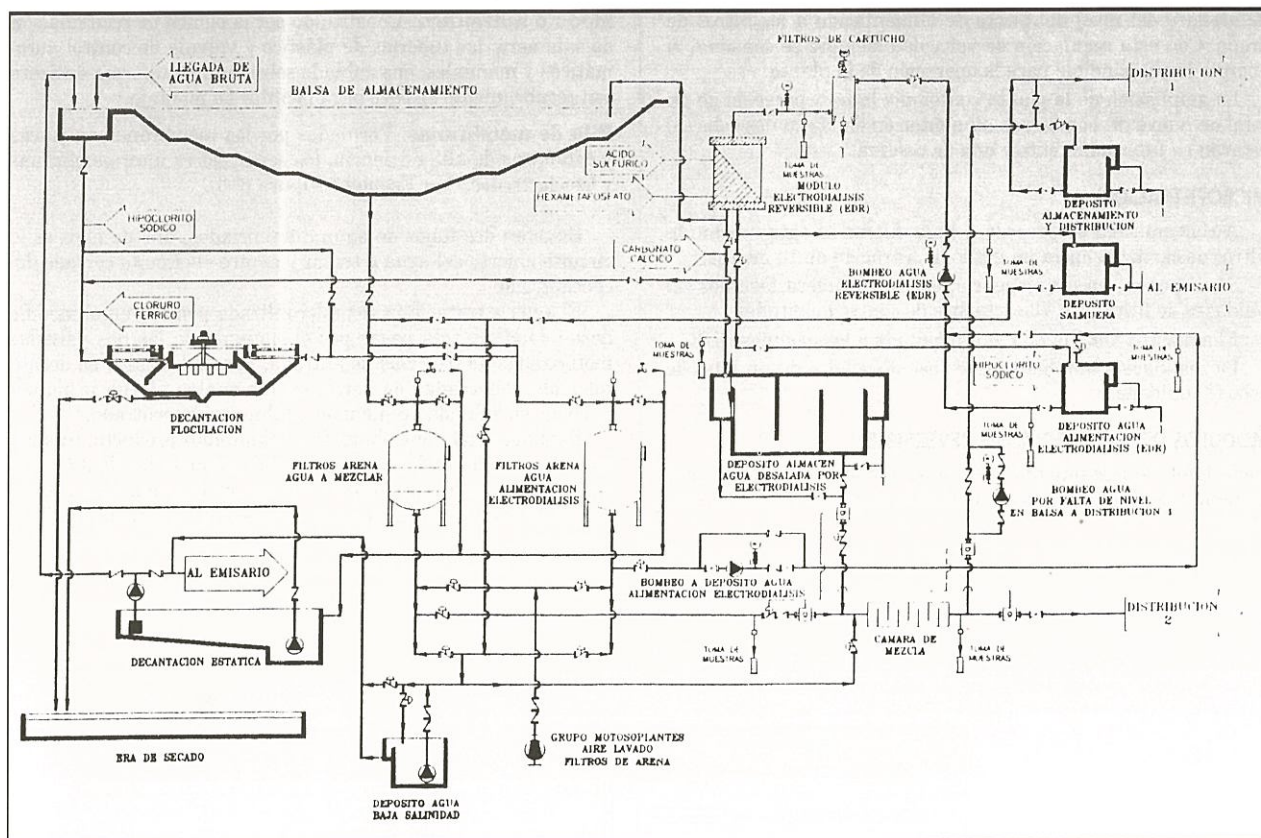


FIGURA 2. Planta desaladora por electrodiálisis reversible. Diagrama de funcionamiento.

mente como si se tratara de un "sandwich". El flujo de corriente eléctrica (C.D.) que pasa perpendicularmente por el arreglo de las membranas, desplaza los iones (componentes de las sales disueltas en el agua que contienen una carga eléctrica positiva o negativa) selectivamente a través de las membranas debido a su carga eléctrica: positiva catión (+) o negativa anión (-). Esto origina compartimentos alternos de agua entre las membranas con baja o alta concentración de sales o iones, respectivamente. El efecto sobre los iones producidos por el potencial de CC se representa gráficamente en la figura adjunta.

En el Proceso EDR, al invertir la polaridad en los electrodos, las celdas de desmineralización y concentrado se invierten automáticamente 3 ó 4 veces por hora, esto da como resultado la inversión del movimiento de los iones y proporciona un "lavado eléctrico" al eliminar las incrustaciones formadas por los iones y otras materias coloidales de la superficie de las membranas.

INSTALACIONES (Ver Diagrama de Proceso Figura nº 2)

DECANTACIÓN-FLOCULACIÓN

Se dispone en esta fase de un decantador-floculador de 11 metros de diámetro capaz de tratar un caudal de diseño de 200 m³/h.

En la ampliación se dispondrán de tres (3) unidades adicionales de las mismas características.

Como coagulante se dosifica cloruro férrico con una dosis máxima prevista de 45 ppm.

El agua bruta, una vez floculada y decantada, se conduce hacia la filtración sobre lecho de arena; en esta conclusión se dosifica hipoclorito sódico (7 ppm Cl₂) al objeto de mantener desinfectado todo el sistema.

FILTRACIÓN DEL AGUA BRUTA SOBRE LECHO DE ARENA

En la filtración sobre lecho de arena distinguimos dos grupos de filtros diferentes:

- Filtros de arena para alimentación a la planta de electrodiálisis reversible (EDR).
- Filtros de arena para agua a mezclar con el producto de la planta de electrodiálisis reversible (EDR).

	1ª FASE	AMPLIACIÓN
Grupo A de filtros	5 Ud.	20 Ud.
Grupo B de filtros	10 Ud.	15 Ud.
Total filtros	15 Ud.	35 Ud.

Los filtros son verticales de diámetro 2,5 m y 2,5 m de altura total con superficie de filtración unitaria de 4,91 m².

Se realiza el lavado utilizando la salmuera de rechazo de la instalación EDR.

BOMBEO DE ALIMENTACIÓN A EDR

Se disponen dos (2) bombas centrífugas horizontales construidas en acero AISI 316L de 100 m³/h. de capacidad y altura manométrica variable entre 40 y 60 m.c.a.

Se incorpora variador de velocidad por variación de frecuencia inducida en los motores de estas bombas para dotar al sistema de la posibilidad de selección de la presión en función del número de etapas de desalinización en operación, del ensuciamiento de las pilas de membranas, del ensuciamiento de los filtros de cartuchos, y de la presión de aspiración de las bombas, la cual podrá variar en función del ensuciamiento de los filtros

de arena y del nivel del punto de alimentación a los filtros de arena. Con esta regulación de velocidad siempre se consume la energía imprescindible para la operación de la planta.

La ampliación de la planta contempla la incorporación de un total de nueve (9) bombas de alimentación de las cuales ocho (8) estarán en funcionamiento y una de reserva.

MICROFILTRACIÓN

A continuación se procede a microfiltrar al agua mediante filtros de cartucho hasta un grado de filtración de 10 micras.

Se disponen, en consecuencia, en esta primera fase dos (2) unidades de filtros con 70 cartuchos de cuatro longitudes.

El agua una vez filtrada es alimentada a los módulos EDR.

La instalación ampliada en 2ª fase dispondrá de un total de ocho (8) unidades.

MÓDULOS DE ELECTRODIÁLISIS REVERSIBLE

Cada línea de tratamiento EDR se suministra totalmente pre-montada de fábrica en forma modular; según el siguiente desglose:

Módulo eléctrico: Donde se alojan los circuitos de control automáticos, los rectificadores para la conversión de corriente alterna en continua, los arrancadores de motores y los sistemas de alarma, dentro de cabinas independientes.

Módulo hidráulico: Constituido por la bomba de recirculación de salmuera, las tuberías de plástico y válvula de control automáticas y manuales, ensamblado sobre una plataforma de acero con recubrimiento epóxico para facilitar su montaje.

Pila de membranas: Formadas por las membranas aniónicas y catiónicas de alta eficiencia, los separadores intermembranas y los electrodos. (Ver Esquema Figura nº 3).

Existen dos flujos de agua diferenciados, uno de ellos es el circuito abierto del agua a tratar y el otro el circuito cerrado del concentrado.

El agua a tratar una vez microfiltrada penetra en el módulo desde donde, y tras pasar por el conjunto de las dos válvulas motorizadas de tres vías de entrada, pasa a las pilas de desalinización conectadas en serie, en las cuales pierde la mayor parte de su salinidad cediéndola al flujo de concentrado.

Esta agua, a la que ahora denominaremos producto, tras pasar por el conjunto de las dos válvulas motorizadas de 3 vías de salida, sigue hasta una tercera válvula motorizada de 3 vías, la cual actúa comandada por un medidor de conductividad, de forma que, si el agua posee la calidad requerida, sale hacia el consumo, pero en caso contrario, vuelve a comenzar el ciclo o es desechada, según las características de la misma.

Este punto ha terminado el ciclo de desalinización del agua bruta de alimentación.

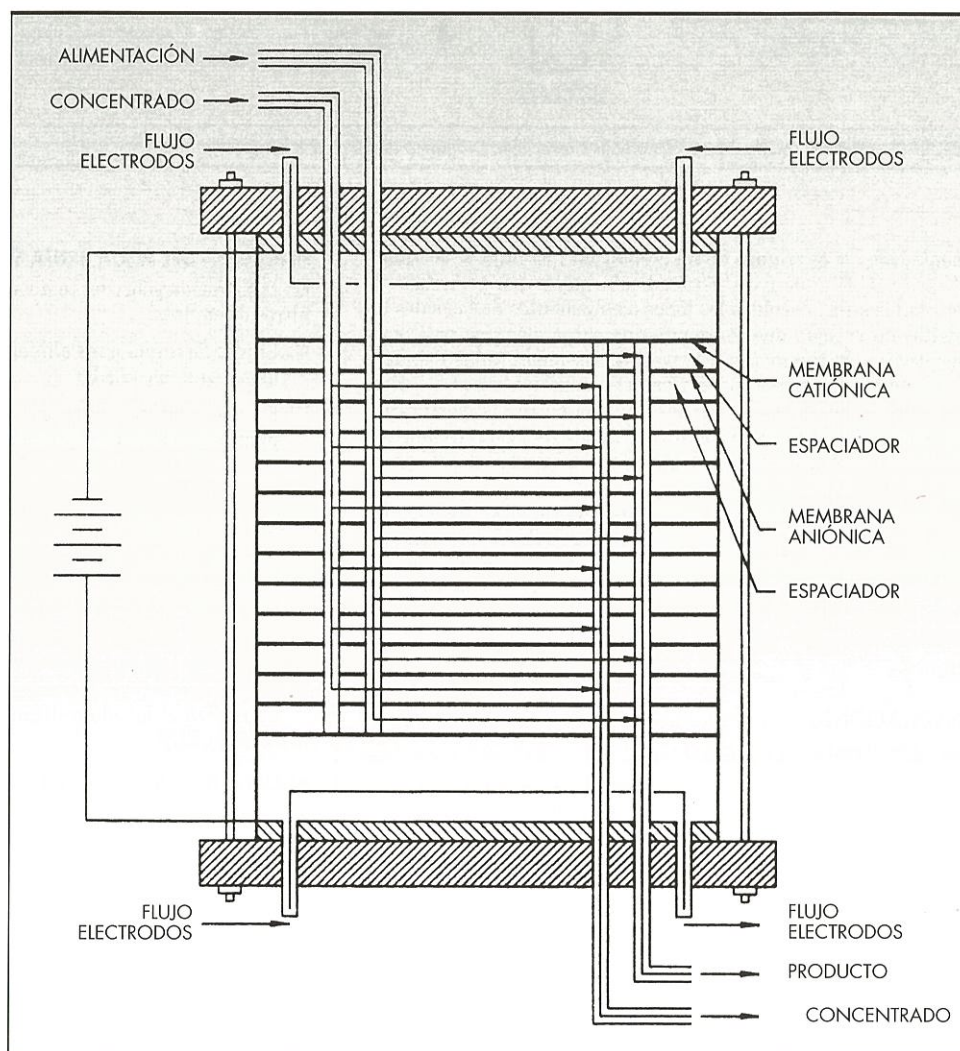


FIGURA 3. Pilas de membranas.

El bucle cerrado del concentrado es impulsado por la bomba de salmuera hacia las válvulas motorizadas de 3 vías de entrada, saliendo por el conducto contrario al que lleva el agua bruta, y dirigiéndose hacia las pilas de desalación en donde recibe las sales que está perdiendo el agua de alimentación. Tras salir de las pilas se dirige hacia las válvulas motorizadas de 3 vías de salida, desde donde la mayor parte del caudal (el 85%) es aspirado por la bomba de salmuera para volver a repetir el ciclo, mientras que el 15% restante es expulsado al depósito de almacenamiento de salmuera. Una cantidad de agua bruta igual al caudal de agua rechazado es aportado al flujo de concentrado en la descarga de la bomba de salmuera con la doble función de mantener constantes el caudal y la salinidad del circuito.

CIRCUITOS AUXILIARES

El circuito principal es el de electrodos, destinado a retirar los gases formados en los mismos.

Un pequeño caudal de agua de alimentación es dividido en dos ramales y, tras pasar a través de dos válvulas de solenoide, se dirigen respectivamente a los electrodos superiores e inferiores de las cuatro pilas en serie.

A la salida salen cargados de H_2 , O_2 y Cl_2 , por lo que se les dirige hacia un tanque degasificador, en donde pierde la mayor parte de los gases, por medio de un extractor, que los expulsa al exterior del recinto.

El agua se elimina a través del drenaje.

Otro circuito importante a tener en cuenta es el de adición de ácido, el cual se inyecta en la aspiración de la bomba de salmuera, al objeto de mantener el índice de Langelier en un valor inferior al + 1,8 para evitar la incrustación de todo el sistema de concentrado.

CAMBIO DE POLARIDAD

Al objeto de poder trabajar con índices de Langelier positivos (para reducir o anular la adición de ácido) sin que el sistema colapse debido a la formación de incrustación, cada 15 minutos, aproximadamente, se cambia la polaridad de las pilas, con lo que se hace necesario cambiar igualmente la naturaleza de los flujos de entrada a las mismas, función que realizan las cuatro válvulas motorizadas de 3 vías, situadas, dos a la entrada y otras dos a la salida de las pilas.

Por lo tanto y debido a lo anterior, resulta que el conjunto de tuberías existentes entre las cuatro válvulas motorizadas conduce un fluido diferente cada 15 minutos, y lo mismo ocurre en los compartimentos de las pilas, alternándose el concentrado con la alimentación o el producto.

En el resto del sistema, el tipo de fluido se mantiene constante a lo largo del tiempo.

SELECCIÓN DEL DESTINO DEL AGUA PRODUCIDA EN LOS MÓDULOS DE ELECTRODIÁLISIS REVERSIBLE (EDR)

A la salida del módulo de EDR se selecciona el destino del agua producida en EDR mediante la válvula de tres vías automática comandada por el medido de conductividad del agua producto, existiendo dos posibles alternativas:

- Agua producto con alta conductividad fuera del rango establecido.
- Agua producto con conductividad dentro del rango establecido.

El agua producto con alta conductividad fuera del rango establecido se podrá dirigir a su vez hacia dos caminos distintos con un sistema de sifón y válvula automática. El destino de este fluido será:

- Hacia depósito de salmuera.
- Hacia depósito alimentación agua bruta a electrodialisis.

El agua producto con conductividad dentro del rango establecido se podrá dirigir a su vez hacia dos caminos distintos con un sistema de sifón y válvula automática. El destino de este fluido será:

- Hacia depósito almacenamiento agua producto.
- Hacia Balsa.

ALMACENAMIENTO DEL AGUA PRODUCTO

El almacenamiento del agua producto se realiza mediante un depósito enterrado de 20 x 30 x 4,5 m lo que da un volumen de 2.700 m³. Sobre la cubierta del depósito se ubica la nave industrial en la cual se sitúan los módulos de electrodialisis. En la fase de ampliación se construirá un depósito adicional de las mismas características adosado al construido en primera fase.

ALMACENAMIENTO DE LA SALMUERA DE RECHAZO EDR

La salmuera de rechazo de electrodialisis se almacena en un depósito de 200 m³ ubicado en las proximidades de la planta con el objeto de tenerla disponible para el lavado de filtros de arena. El volumen de almacenamiento indicado posibilita la realización de hasta cinco operaciones de lavado de filtros consecutivos.

MEZCLA DE AGUA PARA DISTRIBUCIÓN

Se ha previsto en la zona de filtros de arena un carrete mezclador de Ø1.000 mm sobre el que se unirán los flujos procedentes del agua producto de la electrodialisis reversible y el agua filtrada en filtros de arena de agua a mezclar.

La mezcla se podrá realizar por caudal de agua o por calidad del agua mezclada, para lo cual se ha dotado a cada uno de los ramales de alimentación al punto de mezcla, de una medida de conductividad, medida de caudal y válvula de regulación.

De esta forma el sistema de control tendrá información sobre el caudal y la conductividad que deben llegar por cada uno de los ramales de alimentación al punto de mezcla. En el agua, una vez mezclada, se medirá la conductividad para el caso en el que se realice la mezcla por calidad, y poder evaluar la conductividad del agua a distribución posterior al punto de mezcla.

EDIFICIOS

Edificio de desalinización y servicios

Este edificio está dividido en dos zonas claramente diferenciadas, una es la nave para instalar los módulos de desalinización y otra un anexo para ubicación del centro de transformación, sala de control, zona de personal, laboratorio, servicios y despachos.

Las áreas de ocupación y su distribución pueden resumirse en:

- Nave de desalinización 404 m²
- Edificio de servicios (2 Plantas) 166 m²

Superficie edificada

670 m²

La nave de desalinización, ubicada sobre el depósito de agua producto, está resuelta mediante estructura metálica, con pórticos a dos aguas, separados 5,00 m. elaboradas con perfiles metálicos tipo IPE de 15,20 m de luz entre ejes de pilares, con ménsulas dispuestas a 4,24 m de altura en los pilares, para apoyo de las vigas carril del puente grúa de 3,2 toneladas a instalar para la manipulación de los elementos de los módulos de desalinización.

La edificación para la zona de servicios anexa a la nave, de dos alturas, se efectúa en estructura de hormigón armado H-200, mediante pórticos.

Edificio de bombeo a proceso

Esta obra va enterrada y adosada al depósito de agua producto, siendo sus dimensiones interiores en planta de 15,50 x 6 m y una altura libre de 5,40 m.

En dicho edificio se ubican las bombas de agua de alimentación a electrodiálisis, así como los filtros de cartucho.

Edificio de reactivos

Este edificio, cuya función principal es contener los depósitos de ácido clorhídrico, hipoclorito sódico y ácido sulfúrico, la zona de almacenaje de reactivos y el taller-almacén, se resuelve mediante una estructura aporticada de hormigón armado, el edificio estará en parte apoyado en el Edificio de Bombeo a Proceso y el resto sobre el terreno, siendo su forma de una T disimétrica y su superficie edificada es de 146 m².

COSTES DE EXPLOTACIÓN

Durante su primer año de funcionamiento, con una producción media de 4.000 m³/día, una salinidad entre 1.000 y 1.500 ppm y una temperatura entre 18 y 25° C, el coste medio del agua tratada ha sido del orden de 40 Pts/m³. Los porcentajes de los distintos conceptos son aproximadamente: 45% personal, 25% energía eléctrica, 11% reactivos, 14% sustitución de cartuchos y membranas y 5% de mantenimiento conservación y varios. Estos datos han sido facilitados por Balsas de Tenerife (BALTEN).

CARACTERÍSTICAS DEL AGUA TRATADA

Las características medias del agua producto de EDR obtenidas en el primer año de explotación de la instalación son aproximadamente las siguientes:

TEMPERATURA (° C)	ALIMENTACIÓN (p.p.m.)	AGUA PRODUCTO EDR	
		p.p.m.	µS/cm
18	1.000	300	440
	1.250	350	500
	1.500	425	600
21	1.000	265	390
	1.250	300	440
	1.500	375	525
25	1.000	225	330
	1.250	275	410
	1.500	325	475

GENERADORES DE AGUA DULCE POR ÓSMOSIS INVERSA DE MÁXIMA CALIDAD

**ROBUSTO...**

SISTEMAS PARA USO CONTINUO 24 H.

...Y POR MUCHOS AÑOS**"HASTA 2 AÑOS DE GARANTÍA"**

FABRICADO POR:



**Peter
Taboada S.L.**

ALTA TECNOLOGIA
EN TRATAMIENTO
DE AGUAS