



Universitat Jaume I

Escola Superior de Tecnologia i Ciències Experimentals

Grau en Enginyeria Química

***Diseño de una planta de producción de agua de
proceso para una central térmica de ciclo
combinado***

Trabajo Fin de Grado

Autor/a

César Arnau Segarra

Tutor/a

Eliseo Monfort Gimeno

Castellón, Julio de 2015

0. Resumen

Diseño de una planta de producción de agua de proceso para una C.T.C.C.

Diseño de una planta de producción de agua de proceso para una C.T.C.C.

Este proyecto trata sobre el diseño de una planta de producción de agua de proceso a partir de agua de un pozo para la central térmica de ciclo combinado de Castellón, perteneciente a Iberdrola. El agua producida se introducirá posteriormente en el sistema de calderas de la central para la producción de vapor de agua alimentado a las turbinas para la generación de electricidad.

El motivo de la realización del trabajo es debido a la estancia en prácticas realizada durante este curso en dicha central, donde se tuvo conocimiento del funcionamiento de una planta de este tipo y se pudieron obtener conocimientos e información sobre el proceso.

Los principales problema que presentan las calderas son la corrosión y la formación de incrustaciones. Estos dos fenómenos son causados debido a las impurezas del agua que emplean para la producción de vapor y pueden causar explosiones en las instalaciones.

A lo largo de este proyecto se han planteado varios procesos para purificar el agua y una selección de equipos que permiten alcanzar dichos estándares y conseguir la preservación de la caldera. Dichos procesos son:

- Dosificación de antiincrustante y biocida, que evitan la formación de biopelículas e incrustaciones en las membranas de ósmosis, evitando su frecuencia de limpieza, pérdida de eficiencia y reducción de la vida útil.
- Procesos de filtración como filtros de profundidad y ósmosis inversa, que retienen las impurezas del agua desde tamaños de varias micras hasta partículas casi iónicas.
- Un proceso de electrodesionización, que mediante una corriente eléctrica y membranas semipermeables de iones permite la producción de agua ultrapura.

También se llevará a cabo un estudio económico de la planta, mostrando que si el agua desmineralizada se vendiera a un precio de mercado, la planta también sería rentable.

1. Índice General

0. Resumen
1. Índice General
2. Memoria
3. Anexos
4. Planos
5. Pliego de Condiciones
6. Estado de Mediciones
7. Presupuesto
8. Estudios con entidad propia

2. Memoria

Índice

1. Objeto	4
2. Alcance	6
3. Antecedentes.....	8
4. Normas y referencias	12
4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas	12
4.2 Bibliografía	12
4.3 Programas empleados	13
4.4 Otras referencias	13
5. Definiciones y abreviaturas.....	14
6. Requisitos de diseño.....	16
6.1 Consumo de agua.....	16
6.2 Calidad de las aguas.....	16
6.2.1 Parámetros físicos del agua	16
6.2.2 Parámetros químicos del agua	17
6.2.3 Parámetros indicativos de contaminación orgánica y biológica.....	21
6.3 El agua de caldera	22
7. Análisis de soluciones	24
7.1 Biocida	24
7.2 Comparativa: Filtros de profundidad y Ultrafiltración	25
7.2.1 Filtros de profundidad	25
7.2.2 Ultrafiltración	26
7.3 Antiincrustante	27
7.4 Ósmosis Inversa (OI)	28
7.4.1 Descripción del proceso de ósmosis	28
7.4.2 Configuraciones.....	30
7.5 Electrodesionización (EDI).....	35

7.5.1 Tecnología	35
7.6 Laboratorio de control.....	38
7.6.1 Medidor de SDI	38
7.6.2 Turbidímetro	39
7.6.3 Medidor fotométrico multifunción.....	40
7.6.4 Medidor fotométrico para la dureza del agua	40
8. Resultados finales.....	42
8.1 Biocida	42
8.2 Filtros de profundidad	43
8.3 Antiincrustante	44
8.4 Ósmosis Inversa (OI)	45
8.4.1 Primer paso de Ósmosis Inversa.....	46
8.4.2 Segundo Paso de Ósmosis Inversa	47
8.5 Electrodesionización (EDI).....	48
8.6 Bombas.....	53
8.7 Consumo de agua y electricidad	55
9. Estudio de viabilidad económica	57
9.1 Inversión inicial.....	57
9.2 Gastos directos	61
9.2.1 Costes de producción.....	61
9.3 Gastos indirectos	62
9.3.1 Coste de personal, limpieza y material de oficina y laboratorio	62
9.4 Beneficios.....	63
9.5 Flujo de Caja, Valor Actua Neto y Tasa Interna de Rentabilidad	64
10. Planificación.....	67

1. Objeto

El objetivo del presente proyecto es el diseño de una planta de producción de agua de proceso para su uso en una central térmica de ciclo combinado a partir de agua de un pozo. El agua producida se introducirá posteriormente en el sistema de calderas de la central para la producción de vapor de agua, alimentado posteriormente a las turbinas para la generación de electricidad. Mediante una serie de pretratamientos, se pretende conseguir los siguientes objetivos:

- Conducir la instalación de acuerdo con los valores recomendados, manteniendo una salinidad óptima en el agua, minimizando las purgas para un máximo aprovechamiento energético.
- Asegurar que las zonas de intercambio de calor de la caldera se mantengan libres de incrustaciones y deposiciones, evitando que la caldera sufra pérdidas de rendimiento y envejecimiento prematuro.
- Proteger eficazmente el interior de la caldera asegurando la total ausencia de fenómenos de corrosión.
- Prevenir los procesos de incrustación y/o corrosión en la línea de vapor y condensado de la unidad de cogeneración.

Además se valorará la viabilidad económica de la planta. Para ello se va a suponer que la planta será independiente de la central, y los beneficios obtenidos serán debidos al agua desmineralizada vendida a Iberdrola.

2. Alcance

Las calderas en las centrales de ciclo combinado producen vapor de agua a presiones por encima de los 100 bares, y requieren de un agua de gran calidad para su conservación. El agua de alimento que se emplea contiene impurezas en forma de sólidos en suspensión y sólidos disueltos, que se van acumulando a medida que se produce dicho vapor. Esta acumulación de impurezas provoca una serie de problemas como las incrustaciones o corrosión.

La mayor parte de las incrustaciones se forman en las zonas de mayor transferencia de calor, donde el material precipitado se deposita y forma una especie de placas. Estas placas actúan como aislantes, evitando la transferencia de calor entre las paredes de la caldera y el agua, reduciendo así su rendimiento. A medida que las incrustaciones se hacen más grandes, estas zonas comienzan a recalentarse, reduciendo la resistencia de los materiales de la caldera y provocando su rotura.

La corrosión se puede definir como una reacción electroquímica entre el metal y el medio que provoca una degradación y pérdida de propiedades de la pared de la caldera, llevando a una posible ruptura de ésta. Viene provocada por el oxígeno disuelto en el agua, el dióxido de carbono o los ácidos. Esta reacción reduce el espesor de la pared, causando una pérdida de propiedades mecánicas y el desprendimiento del material, que puede acumularse en otros puntos del sistema. La corrosión tiene tendencia a producirse en las partes más ‘frías’, como el circuito de alimentación y los economizadores, pues en las zonas más calientes se forma una capa superficial de óxido de hierro llamada magnetita que protege la pared de la caldera de futuras corrosiones.

El tratamiento del agua de calderas se realiza para reducir, en la medida de lo posible, la presencia de impurezas en el agua y evitar estos problemas, por lo que se llevará a cabo un estudio de los requisitos de calidad que debe cumplir el agua tratada, así como un estudio individualizado de cada proceso para el diseño y dimensionamiento de cada unidad de la planta.

También se llevará a cabo un estudio económico de los costes de construcción tanto en obra civil como en equipamiento, así como los costes de operación.

Finalmente, se aportarán una serie de planos con detallada información sobre las unidades de la planta y el dimensionamiento de la misma.

3. Antecedentes

El proyecto surge a raíz de la estancia en prácticas en la central térmica de ciclo combinado de Castellón, perteneciente al grupo Iberdrola S.A.

Iberdrola es un grupo empresarial español con 150 años de trayectoria que nace de la fusión entre Hidroeléctrica Española e Iberduero en 1992. Se dedica a la producción, distribución y comercialización energética, especialmente de electricidad. La central de Castellón comenzó su funcionamiento en 1972 bajo el mando de Hidroeléctrica Española con dos centrales de ciclo convencional denominados Grupo 1 y Grupo 2. Funcionaban con fuel-oil como combustible y tenían una potencia total instalada de 1.080 MW.

A partir del año 2000 Iberdrola decide sustituir estos dos grupos, abriendo en el 2002 y 2008 el Grupo 3 y Grupo 4 respectivamente, dos centrales de ciclo combinado con una potencia bruta de 1665 MW. Ambos grupos tienen una configuración 2x1, lo que significa que es una configuración multieje constituida por dos turbinas de gas con sus respectivas calderas de recuperación y una turbina de vapor común.

Como combustible principal se emplea el gas natural, aunque también cabe la posibilidad de emplear motores diesel alimentados con gasóleo en caso de necesidad, para lo que se cuenta con una capacidad de almacenamiento de dicho combustible de 3.000 m³ para el Grupo 3 y 4.400 m³ para el Grupo 4.

Cada uno de los grupos cuenta con los siguientes elementos:

- 2 turbinas de gas que funcionan con gas natural.
- 2 calderas de recuperación donde se produce vapor de agua con el calor de los gases de escape de las turbinas de gas. Su presión de trabajo es 126 bar.
- 1 turbina de vapor que funciona con el vapor generado en las calderas de recuperación.
- 3 alternadores donde se convierte el trabajo generado en las turbinas en electricidad.

- 1 condensador que opera mediante un intercambio de calor entre el vapor de agua que sale de la turbina y el agua de refrigeración. El vapor una vez condensado vuelve al ciclo mediante las bombas de condensado.

Cada grupo de generación forma parte de un conjunto que incluye los siguientes procesos:

- Combustibles: recepción, regulación, medida y almacenamiento.
- Ciclo agua/vapor.
- Sistema de tratamiento de agua desmineralizada de alimentación al ciclo agua/vapor.
- Sistema de vapor auxiliar.
- Sistema de refrigeración del condensador.
- Planta de tratamiento de efluentes.
- Transformadores de energía eléctrica generada y conexión a la red eléctrica.

Este proyecto se centra exclusivamente sobre el sistema de tratamiento de agua desmineralizada. Este tratamiento consta de dos bloques principales: el ablandamiento o desalación y el afino.

En la desalación se eliminan la mayor parte de las sales que contiene el agua, generalmente sólidos en suspensión y sólidos disueltos. Los procesos más comunes en la desalación son los filtros de profundidad, la ultrafiltración, la ósmosis inversa y la destilación de múltiple efecto. Este último es menos común debido a que sus costes de operación son unas 20 veces superiores a los de la ósmosis inversa.

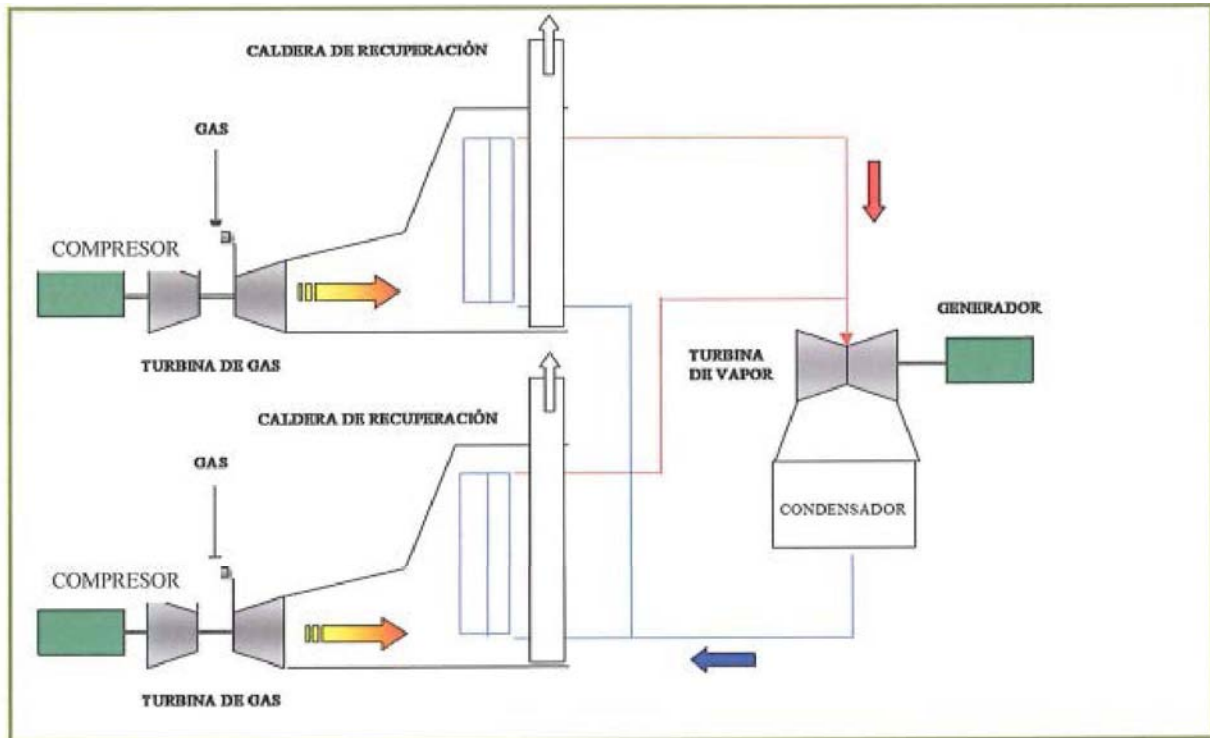
En el afino se eliminan las partículas de menor tamaño, consiguiendo así agua de mayor pureza. El principal proceso de la categoría de afino es la electrodiálisis, que consigue eliminar partículas de tamaño iónico. En los últimos años se está sustituyendo dicho proceso por una versión mejorada llamado electrodesionización. Este proceso incorpora resinas de intercambio iónico que mejoran la eliminación de iones del agua y prescinde del uso de productos químicos para el mantenimiento de los equipos.

Así pues, el sistema más común para el tratamiento de aguas en las centrales térmicas de ciclo combinado es un sistema de filtrado seguido de un proceso de ósmosis y una electrodesionización. Junto a estos procesos se suele emplear productos químicos como

biocidas o antiincrustantes para eliminar el contenido biológico de las aguas o reducir el ensuciamiento de las membranas de ósmosis.

El funcionamiento del proceso de generación eléctrica se muestra en la siguiente figura:

Figura 3.1 Esquema del proceso de generación eléctrica



El ciclo combinado de Castellón integra dos tipos de ciclo a distintas temperaturas, uno abierto de aire-gas y otro cerrado de agua-vapor. La generación de energía eléctrica se basa en la transformación de la energía termodinámica de los fluidos en energía mecánica (turbinas) y ésta en energía eléctrica.

Cada grupo tiene dos turbinas de gas que funcionan con gas natural, o gasóleo en caso de emergencia. La expansión de los gases generada por la combustión del combustible pone en movimiento los generadores de energía eléctrica, que se encuentran acoplados a las turbinas de gas.

Posteriormente, en las calderas de recuperación se produce vapor de agua gracias al calor residual de los gases de escape de las turbinas de gas, que serán evacuados a la atmósfera mediante chimeneas. Este vapor de agua es conducido hasta la turbina, donde la energía del vapor es transformada en energía mecánica. En el siguiente paso, los alternadores convierten el trabajo de las turbinas en energía eléctrica, que es transformada a 400 kV en los transformadores y enviada a la red eléctrica.

Diseño de una planta de producción de agua de proceso para una C.T.C.C.

Se condensa el vapor de agua proveniente de la última etapa de la turbina en el condensador, recirculando el agua hacia las calderas de recuperación, donde se reinicia el ciclo. La refrigeración del proceso se llevará a cabo empleando agua del Mar Mediterráneo en circuito abierto.

Los datos de producción bruta de la central, incluyendo la parte correspondiente a cada grupo se reflejan en la figura 3.2:

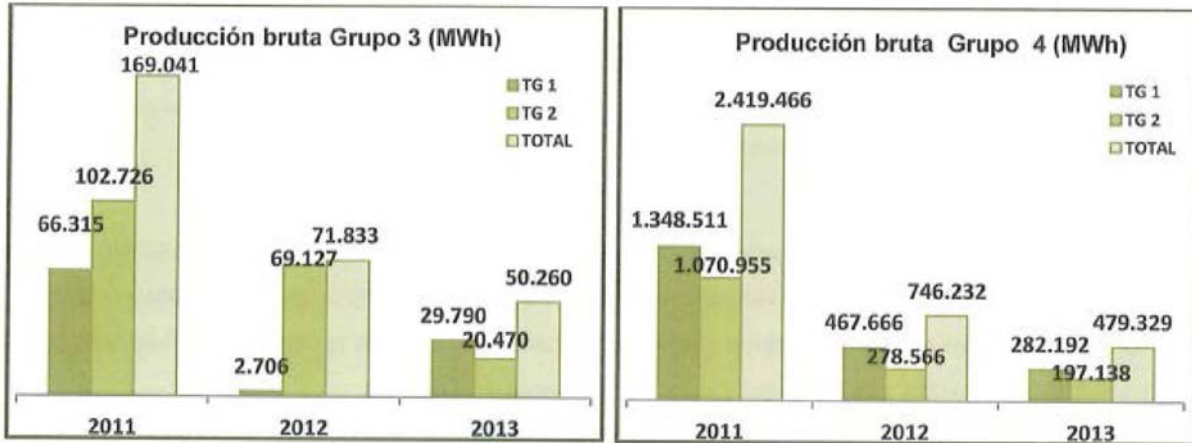
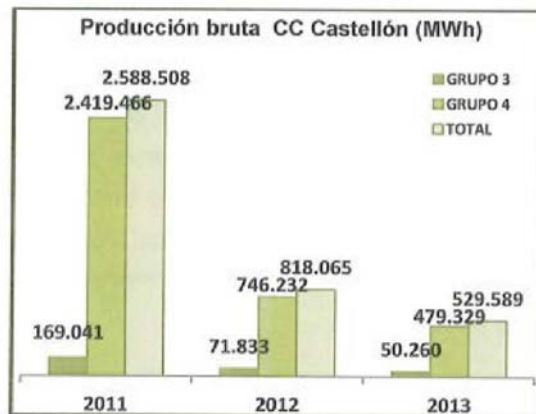


Figura 3.2 Producción eléctrica de la central



A partir del 2011 se observa un importante descenso de la producción de energía eléctrica, debido al cambio en la política de subvenciones a las centrales de ciclo combinado. Este hecho provocó que el funcionamiento de la central fuera de unas horas al día para cubrir los picos de la tarde y mantener la tensión en la red.

4. Normas y referencias

4.1. Disposiciones legales y normas aplicadas

- NTP 128: Estaciones depuradoras de aguas residuales. Riesgos específicos.
- SLP: 'Systematic Layout Planning' o 'Planificación de la distribución sistemática en planta.
- REAL DECRETO 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud laboral en los lugares de trabajo.
- Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales

4.2. Bibliografía

- TCHOBANOGLOUS G., BURTON F. L. y STENSEL H. D. (1995). *Ingeniería de aguas residuales*. McGraw Hill.
- *Manual técnico del agua* (1979). Degrémont.
- APHA, AWWA, WPCF. (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Díaz de Santos S.A
- ARBOLEDA VALENCIA J., ACODAL. (2000). *Teoría y práctica de la purificación del agua*. 3ªed McGraw Hill.
- AWWA, LYONNAISE DES EAUX, WRC OF SOUTH AFRICA. (1999). *Tratamientos del agua por procesos de membrana. Principios, procesos y aplicaciones*. McGraw Hill.
- MEDINA SAN JUAN J. A., (1999). *Desalación de aguas salobres y de mar. Ósmosis Inversa*. Mundi-Prensa.
- KUCERA J., (2014) *Desalination: water from water*. Scrivener Publishing.
- GRUPO IBERDROLA S.A. *Declaración ambiental C. C. Castellón 2013*.
<http://www.iberdrola.es/webibd/gc/prod/es/doc/DA_CC_Castellon.pdf>

4.3. Programas informáticos empleados

- Microsoft Word 2007.
- Microsoft Excel 2007.
- Microsoft Project 2010.
- Autocad.

4.4. Otras referencias

- Norma UNE 157001 de criterios generales para la elaboración de proyectos.
- Norma de dibujo UNE-EN ISO 5457:2000.
- Norma de dibujo UNE-EN ISO 128-20:2002.

5. Definiciones y abreviaturas

OI: Ósmosis Inversa

EDI: Electrodesionización

SDI: Índice de ensuciamiento de las membranas de ósmosis

NTU: Unidad Nefelométrica de la Turbidez

PRFV: Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio

$\mu S/cm$: microsiemens por centímetro

$M\Omega\cdot cm$: megohm por centímetro

meq/l: miliequivalentes por litro

ppm: partes por millón

Carrera del filtro de profundidad: Intervalo de tiempo entre las operaciones de limpieza del filtro

6. Requisitos de diseño

6.1. Consumo de agua

El consumo estimado para ambos grupos funcionando a pleno rendimiento es de 730 m³/día. Como se puede observar en las figuras anteriores, la producción de energía eléctrica se ha reducido a un 20%, y con ello el consumo de agua de la central. Es por eso que se ha diseñado la planta de tratamiento de aguas para una producción de 50 m³/h. La planta funcionará durante 8 horas diarias, produciendo un total de 400 m³/día de agua desmineralizada. También contará con un tanque de almacenamiento de 2.012 m³ para cubrir los picos de demanda energética de la central.

6.2. Calidad de las aguas

El agua pura no existe en la naturaleza, sino que presenta una serie de impurezas. Es preciso eliminar dichas impurezas para poder realizar una conservación adecuada de las calderas y elementos que componen el diseño de la planta. Cada proceso requiere unas características concretas en el agua, por lo que hay que realizar una serie de tratamientos para conseguir un agua de proceso con las propiedades adecuadas. En la tabla 1.1 del apartado de *Anexos* se muestra la composición requerida del agua de alimentación para la caldera. A continuación se explicarán los parámetros que más se controlan a la hora de operar en una planta de este tipo:

6.2.1. Parámetros físicos del agua

- **Turbidez:** es la dificultad que presenta el agua para transmitir la luz debido a la presencia de materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos. Dichos materiales son complicados de filtrar y decantar, y pueden provocar la formación

de depósitos en conducciones y equipos. Se mide comparando la turbidez inducida en otras sustancias. La turbidez se elimina mediante procesos de filtración, coagulación y decantación.

- **Conductividad y resistividad:** la conductividad es la capacidad del agua para conducir electricidad y representa la cantidad de iones que contiene dicha agua. Un agua pura tiene una conductividad prácticamente nula, debido a que se han eliminado la mayoría de impurezas que contiene. La resistividad es la medida inversa de la conductividad, indicando la incapacidad del agua de transmitir electricidad.

Las unidades de medida son $\mu\text{S}/\text{cm}$ para la conductividad y $\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$ para la resistividad.

6.2.2. *Parámetros químicos del agua*

- **pH:** mide la naturaleza alcalina o ácida de una disolución. Expresa la concentración de iones hidrógeno, definido en la escala logarítmica $\text{pH} = \log(1/[\text{H}^+])$. El instrumento empleado para la medición es el pHímetro o papeles indicadores de pH. Es importante tener en cuenta la temperatura, pues el pH varía con ella. Se modifica el pH neutralizando los iones presentes en la disolución.
- **Dureza:** es una medida de la capacidad del agua para formar incrustaciones en conducciones o equipos. Se debe a la presencia de sales de calcio y magnesio disueltas en el agua. Existen diferentes tipos de dureza:
 - **Dureza total o título hidrotimétrico (TH):** mide la cantidad total de iones de calcio (dureza cálcica o THCa) y magnesio (dureza magnésica o THMg).
 - **Dureza permanente o no carbonatada:** mide la cantidad de iones de calcio y magnesio después de someter el agua a un proceso de ebullición y recuperar el volumen con agua destilada.

- **Dureza temporal o carbonatada:** mide la dureza relacionada con los iones HCO_3 , que se pueden eliminar por ebullición. Es la diferencia entre la dureza total y la permanente.

Si la dureza es inferior a la alcalinidad, se considera que toda la dureza es carbonatada. Si es superior, una parte de la dureza que corresponde a la no carbonatada.

Se expresa en meq/l, ppm de CaCO_3 o grados hidrométricos.

Las aguas de menos de 50 ppm de CaCO_3 se consideran blandas, hasta 100 ligeramente duras, hasta 200 moderadamente duras y a partir de 200 muy duras.

Para reducir la dureza del agua se emplean tratamientos de ablandamiento o desmineralización.

- **Alcalinidad:** mide la capacidad de neutralizar ácidos. Se ve favorecida por la presencia de iones bicarbonato, carbonato, hidroxilo, fosfatos y ácidos de carácter débil. Los carbonatos y bicarbonatos pueden producir CO_2 en el vapor, cosa que fomenta la corrosión en las líneas de condensado. También pueden formar espumas, arrastres de sólidos y fragilizar el acero de las calderas. La concentración de carbonatos, bicarbonatos e hidroxilos se puede medir a partir de la alcalinidad total (TAC) y la alcalinidad simple (TA). Las unidades son las mismas que la de la dureza.

Se puede reducir la concentración de dichas impurezas mediante descarbonatación con cal, tratamiento con ácido y desmineralización.

- **Coloides:** son los materiales en suspensión del agua con un tamaño alrededor de 10^{-4} - 10^{-5} milímetros. Pueden ser de origen orgánico, como macromoléculas de origen vegetal, o inorgánico, como óxidos de hierro y manganeso.

La dificultad que presentan para sedimentar se puede corregir con un tratamiento previo de coagulación-floculación. Si el origen de este problema es por impurezas de origen orgánico, se puede tratar con biocidas. Para estos tamaños de partícula se requiere una filtración más restrictiva como la ultrafiltración.

- **Sólidos disueltos o salinidad:** es la medida de la cantidad de materia disuelta en el agua. Corresponde al residuo seco de un agua previamente filtrada. Los procesos para eliminar estos sólidos son variados, como la precipitación, intercambio iónico, destilación, electrodiálisis y ósmosis inversa.
- **Sólidos en suspensión (S.S.):** mide los sólidos sedimentables y no solubles que pueden retenerse en un filtro. La cantidad se determina pesando el residuo que queda en el filtro después de secarlo. Pueden provocar deposiciones en las conducciones y equipos, y se eliminan por filtración y decantación.
- **Sólidos totales:** es la suma de los sólidos disueltos y los sólidos en suspensión.
- **Cloruros:** son sales de ion cloruro muy solubles, generalmente asociadas al ion sodio. Mientras que las aguas dulces contienen entre 10 y 250 mg/l de cloruros, las aguas salobres pueden llegar a contener miles de ppm. El agua de mar contiene aproximadamente 20.000 mg/l.

Las aguas con cloruros pueden ser muy corrosivas debido al pequeño tamaño del ion, el cual puede penetrar en la capa protectora de la interfase óxido-metal, reaccionando con el hierro estructural.

Se elimina por intercambio iónico, y debido a que es más difícil de separar que otros iones, para aguas de alta pureza como la requerida en este proyecto.

- **Sulfatos:** son sales de ion sulfato, por lo general de solubilidad media a alta. En aguas dulces el contenido es de 2 a 150 mg/l, y en saladas cerca de los 3.000. En presencia de iones de calcio forman incrustaciones de sulfato cálcico. Los iones sulfato se eliminan mediante intercambio iónico.
- **Sílice:** se encuentra disuelta en el agua como ácido silícico (H_4SiO_4) y material coloidal, en concentraciones entre 1 y 40 ppm en aguas naturales y casi 100 en aguas ricas en bicarbonato sódico. Forma incrustaciones en las calderas y depósitos insolubles en los álabes de las turbinas. Se elimina parcialmente por precipitación con resinas de intercambio iónico fuertemente básicas.
- **Calcio:** forma sales moderadamente solubles a muy insolubles. Precipita fácilmente como $CaCO_3$. Las aguas dulces contienen de 10 a 250 mg/l, mientras

que el agua de mar unos 400. Aumenta la dureza del agua y forma incrustaciones. Se elimina por precipitación e intercambio iónico.

- **Hierro:** el ion hierro puede aparecer como ion ferroso (Fe^{2+}) o férrico (Fe^{3+}). Dicha aparición depende del pH, ambiente oxidante o reductor del medio, composición de la disolución, presencia de materia orgánica, etc. El hierro puede afectar a la potabilidad del agua y en caldera formar depósitos e incrustaciones. Se puede eliminar de diversas maneras: por aireación del agua la forma ferrosa pasa a férrica y precipita; o también por coagulación y filtración, o intercambio catiónico.
- **Gases disueltos:** los gases más importantes son:
 - **Dióxido de carbono (CO_2):** se hidroliza formando iones bicarbonato y carbonato, dependiendo del pH del agua. Un exceso de CO_2 provoca corrosión en el medio, y puede eliminarse por aireación, desgasificación o descarbonatación.
 - **Oxígeno (O_2):** su carácter oxidante le da importancia a la hora de definir la solubilidad o precipitación de iones insolubles. También es fundamental para la reproducción y proliferación de cualquier microorganismo.

Provoca corrosión en los metales, pero su ausencia puede dar la formación de otros gases como el metano o el ácido sulfhídrico.

Se elimina por desgasificación o empleando reductores como el sulfito sódico y la hidracina.
 - **Ácido sulfhídrico (H_2S):** causa corrosión, y tiene un característico olor a huevos podridos. Se puede eliminar mediante aireación, oxidándolo por cloración o con un intercambio aniónico fuerte.
 - **Amoníaco (NH_3):** es un indicador de la contaminación del agua. Provoca corrosión en aleaciones de cobre y zinc, formando un complejo soluble. Se elimina por desgasificación o intercambio catiónico.

6.2.3. Parámetros indicativos de contaminación orgánica y biológica

- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO):** mide la cantidad de oxígeno consumido por los procesos aerobios durante la eliminación de la materia orgánica del agua. Por lo general, se refiere al oxígeno consumido en 5 días y se mide en ppm de O₂.

Las aguas subterráneas suelen tener niveles inferiores a 1 ppm, las superficies un contenido muy variable y las residuales domésticas entre 100 y 350 ppm. Se elimina mediante procesos fisicoquímicos y biológicos aerobios o anaerobios.

- **Demanda química de oxígeno (DQO):** mide la capacidad de consumo de un oxidante químico, dicromato o permanganato, por las materias oxidables del agua. Se expresa en ppm de O₂. Este parámetro permite cuantificar la cantidad de materias orgánicas oxidables y sustancias reductoras como el Fe, NH₄, etc.

Las aguas no contaminadas comprenden valores entre 1 y 5 ppm, mientras que las residuales domésticas tienen un rango entre 250 y 600 ppm.

La relación DBO/DQO indica la biodegradabilidad de la materia contaminante. En aguas residuales, una relación inferior a 0.2 indica un vertido de naturaleza inorgánica, mientras que una relación superior a 0.6 significa que es orgánico.

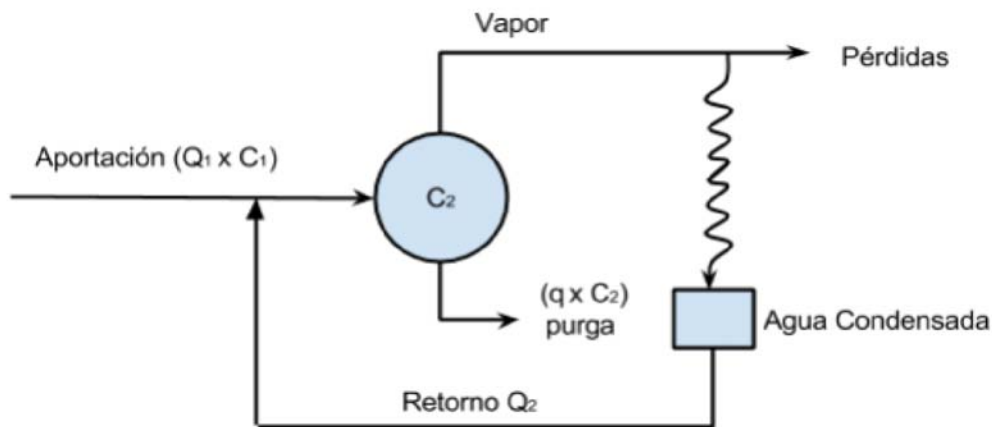
- **Carbón Orgánico Total (COT):** mide la cantidad de materia orgánica en el agua, con excelente precisión en pequeñas concentraciones. La ventaja de esta medición es la rápida obtención de resultados.

6.3. El agua de caldera

El primero de los requisitos de diseño se abordará desde el punto de vista de los problemas de corrosión e incrustaciones en la caldera, pues son el principal problema a evitar y por el cual se trata el agua de proceso.

Cualquier caldera puede esquematizarse según el siguiente dibujo:

Figura 6.1 Esquema básico de funcionamiento de una caldera



El equipo recibe agua de alimentación, que una parte de ésta es agua recuperada en la condensación, llamada 'agua de retorno', y la otra parte es agua nueva tratada, llamada 'agua de aportación'.

Esta agua se calienta y evapora, escapándose hacia el exterior. Este vapor contiene gotas de agua, gases como CO_2 y a presiones elevadas sales que han sido volatilizadas y arrastradas por el vapor como cloruros o sílice.

El agua líquida que queda en la parte inferior de la caldera va acumulando las sustancias que contenía el agua evaporada, aumentando la concentración de impurezas. Para evitar la concentración excesiva de dichas impurezas se realiza el proceso de 'purga', que consiste en el vertido de parte de este agua de caldera.

Estas impurezas pueden provocar una serie de problemas como:

- **Incrustaciones:** la acumulación de precipitados cristalinos sobre las paredes de la caldera forma una capa que impide la transmisión de calor, dando lugar a

recalentamientos locales que pueden provocar explosiones. Estos precipitados se deben a la presencia en el agua de sales de calcio, como carbonatos o sulfatos, o a una concentración demasiado alta de sílice con relación a la alcalinidad del agua contenida en la caldera.

- **Arrastre con el vapor de gotas de agua:** produce un descenso del rendimiento energético del vapor y la deposición de sales en los calentadores y turbinas.

Este fenómeno está relacionado con la viscosidad y la tendencia del agua a formar espumas, que a su vez son dependientes de la alcalinidad, de la presencia de sustancias orgánicas y de la salinidad total. La importancia del arrastre depende también de las características de la caldera y de su régimen de vaporización.

- **Arrastre con el vapor de minerales volátiles a la temperatura de ebullición:** los minerales arrastrados se depositan en las paletas de las turbinas provocando graves problemas en su funcionamiento. Estos arrastres son más fuertes conforme mayores son la presión y la temperatura, y están relacionados con la concentración de los elementos nocivos del interior de la caldera, como es la sílice.
- **Corrosiones:** son debidas a la acción del oxígeno disuelto y al ataque directo del hierro por el agua. Las principales medidas a tomar son:
 - Eliminar la presencia de oxígeno.
 - Mantener una capa de magnetita o fosfato en la superficie del metal.
 - Mantener un pH correcto.
 - Tratar el agua de aportación y condensados.

7. Análisis de soluciones

Este apartado tratará de explicar la secuencia de procesos que formarán la planta con detalle y las opciones que se barajan.

El punto en común que seguirán los procesos de la planta será la eliminación de sustancias contaminantes que forman parte del agua del pozo, empezando por las de mayor tamaño hasta llegar a las de tamaño iónico, combinando procesos tradicionales con más innovadores.

Tal como se puede haber comentado en los *Antecedentes*, el primer proceso será la adición de biocida al agua, seguido de unos filtros de profundidad de arena-antracita, una dosificación de antiincrustante, dos líneas de ósmosis inversa y finalmente otras dos líneas de electrodesionización. En el apartado *Distribución de los equipos en la planta*, localizado en los *Anexos*, se puede ver la distribución de estos equipos dentro de la nave.

7.1. Biocida

El agua de pozo contiene microorganismos y una serie de nutrientes que favorecen su reproducción. Estos microorganismos provocan efectos indeseados en los procesos. Para paliar estos efectos se opta por dosificar biocida en el agua proveniente del pozo.

El Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente define a los biocidas como: *“sustancias activas, preparados (que contienen una o más sustancias activas) o microorganismos cuyo objetivo es destruir, contrarrestar, neutralizar, impedir la acción o ejercer un control de otro tipo sobre cualquier organismo nocivo por medios químicos o biológicos”*.

Tal como indica esta definición, los biocidas son sustancias empleadas para evitar formaciones de microorganismos como algas bacterias y hongos, también llamadas biopelículas. En el caso de la planta se utilizará para evitar la formación de estas películas biológicas en las membranas de ósmosis inversa.

Estas aglomeraciones de microorganismos provocan una serie de efectos negativos durante la operación de las membranas, como son:

- Reducción en el flujo.
- Caída de presión.
- Aumento de la salinidad, llevando a una degradación progresiva de la membrana y posterior fallo.

El uso de biocidas produce una acumulación de biomasa, la cual promueve un crecimiento de la población microbiana. El adecuado uso del producto debe eliminar los microorganismos y asegurar su desaparición en la superficie de la membrana para evitar una regeneración de la población microbiana.

El biocida se dosificará sobre el agua proveniente del pozo, antes de que ésta entre en los filtros de arena-antracita.

7.2.Comparativa: Filtros de profundidad y Ultrafiltración

La filtración es un proceso unitario para la eliminación de partículas que se encuentran en el agua. Hay diversos tipos de filtración en la industria, que se adaptan en mayor o menor medida a las necesidades de un proyecto. En este apartado se compararán dos posibles pretratamientos para la filtración del agua previamente tratada con biocida.

7.2.1. Filtros de profundidad o multimedia

La operación de filtración con filtros de profundidad se realiza en dos etapas:

- Filtración: la corriente de agua a tratar pasa a través del lecho de sólidos.
- Lavado: consiste en la eliminación de las partículas retenidas por el lecho de sólidos. Generalmente se hace a contracorriente con agua de lavado, expandiendo el lecho y arrastrando las partículas de sólidos.

Los filtros de profundidad pueden tener uno o diferentes lechos de filtración. Los medios filtrantes más empleados son la arena silíceo y la antracita. Se optará por un filtro múltiple de arena y antracita, ya que su rendimiento es mayor que los filtros con

una única capa de lecho filtrante, reteniendo una cantidad superior al 90% de sólidos en suspensión del agua.

La arena silíceo es producto de la reacción del silicio con el oxígeno, formando una molécula muy estable. Sus propiedades más destacables son su dureza y su resistencia química, lo que la hace un material adecuado para la filtración de aguas.

La antracita es un carbón mineral de color negro con un contenido en carbono de alrededor del 95% que presenta una gran dureza. Debido a la forma de sus granos permite que el material en suspensión quede retenido en el lecho. Si se compara con un filtro de arena, la antracita permite una carrera más larga y una pérdida de carga menor.

7.2.2. Ultrafiltración

El mecanismo de ultrafiltración es un proceso de membranas que está basado en efectos estéricos, por lo que las partículas y solutos de tamaño mayor que los poros son retenidos. Es un proceso de baja-media presión, en el que son retenidas macromoléculas y solutos de peso superior a 1000 g/mol, por lo que el permeado resultante contendrá moléculas de bajo peso y sales.

En la siguiente tabla se compara el tamaño de partículas que pueden retener ambos pretratamientos:

Figura 7.1 Tabla comparativa entre los diferentes procesos de filtración en función del tamaño de partícula

um	0.001	0.01	0.1	1.0	10	100	1000
A	10	100	1000	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷
Peso molecular	100	200	5,000	20,000	100,000	500,000	
Tamaños relativos De diferentes partículas	Sales acuosas Iones metálicos azúcares	Pirógenos Virus Silice coloidal Proteínas	Carbon negro Pigmentos de pintura	Bacteria	Celulas de lev. Pólen	Arena de playa	
Tecnología de Filtración	Osmosis Inversa	Ultrafiltración	Microfiltración	Filtración de partículas			

Como se puede observar, los sistemas de ultrafiltración tienen una capacidad de retención de partículas de alrededor de 0,01 μm , mucho mayor que los filtros multicapa que se encuentran en un rango de 10-20 μm .

Un punto importante es la casi total eliminación de contenido de sólidos y contenido biológico que ofrece la ultrafiltración. Un agua contaminada causaría un rápido ensuciamiento de las membranas de ósmosis inversa, forzando un continuo lavado y sustitución de éstas. Al tratarse de aguas subterráneas de buena calidad y el uso de biocida, se considera suficiente la capacidad de filtrado que ofrecen los filtros de arena y antracita.

7.3. Antiincrustante

Los antiincrustantes son compuestos químicos que reaccionan con las sales del agua para evitar que precipiten y formen incrustaciones en conducciones, depósitos o cualquier superficie. Generalmente dichas sales son carbonatos, silicatos y sulfatos de calcio. En esta planta, al haber procesos de membranas, se ha optado por el uso de antiincrustantes para minimizar el impacto que las deposiciones de sales tienen en las membranas, retrasando así la sustitución y limpieza de las mismas.

Los diferentes tipos de incrustaciones que pueden formarse en las membranas son los siguientes:

- **Carbonato cálcico:** es la incrustación más común en las membranas en forma de polvo blanquecino. Se elimina fácilmente con un ácido fuerte.
- **Sílice:** comúnmente aparece como formaciones coloidales de aluminosilicatos. Suele ser complicado de eliminar, dependiendo del pH y la temperatura.
- **Sulfato cálcico (yeso):** se suele encontrar como una estructura cristalina en forma de acículas, que pueden dañar la superficie de la membrana. Las aguas que presentan este tipo de incrustaciones tienen un alto contenido de sulfatos.
- **Fosfato cálcico:** es un tipo de incrustación que se puede encontrar en sistemas de ósmosis inversa donde el agua de alimento es agua residual o con alto contenido en fosfatos.

- **Hidróxido de magnesio (brucita):** pueden aparecer precipitados en sistemas de membranas que trabajan en ambientes de un pH alto, por encima de 9,5.
- **Sulfato de bario (barita):** aparece como cristales en forma de acículas, y es muy difícil de limpiar con eficacia.
- **Sulfato de estroncio:** incrustación en forma de agujas o cristales que puede dañar la superficie de la membrana.

Vista la gran variedad de incrustaciones que se pueden formar en la superficie de las membranas, se optará por emplear un antiincrustante de amplio espectro.

7.4. Ósmosis Inversa (OI)

Una calidad de agua tan precisa y depurada requiere sin duda una serie de procesos que ayuden a conseguir la composición deseada. La Ósmosis Inversa (en adelante OI) es el proceso más empleado en la industria de la depuración, pues consigue unos resultados excelentes con un coste de operación bajo. La OI puede rechazar contaminantes de diámetros tan pequeños como 10^{-10} m, pudiendo eliminar o reducir en gran parte la cantidad de sales, dureza y turbidez del agua, patógenos, pesticidas, etc.

7.4.1. Descripción del proceso de ósmosis

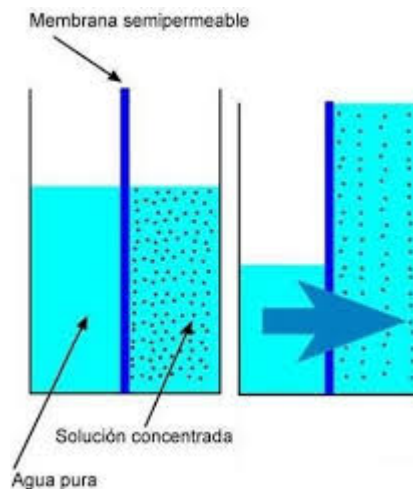
La tecnología de la OI está basada en el proceso natural de ósmosis, en el cual dos soluciones que tienen una concentración salina distinta y que están en contacto a través de una membrana semipermeable tienden a igualar sus potenciales químicos.

En este fenómeno, se produce un movimiento de fluido desde la solución más diluida hacia la más concentrada, deteniéndose cuando se alcanza un equilibrio de potencial químico. La fuerza gracias a la cual es posible este fenómeno se llama presión osmótica, y está directamente relacionada con la concentración en sales de ambas soluciones.

Si dos soluciones de diferente concentración en sales se colocan en dos recipientes separados por una pared impermeable, cada una alcanzará una altura determinada exclusivamente por su volumen de líquido. Si se sustituyera esta pared por una membrana semipermeable (permeable al agua pero no a las sales) se produciría un

movimiento de fluido desde la solución más diluida a la más concentrada debido a la tendencia a igualar los potenciales químicos, tal como se muestra en la figura 7.2. Esta transferencia de fluido provoca un aumento de presión en la zona de la solución más concentrada, debido al aumento de la altura del líquido. Este aumento de presión tiende a cambiar la dirección de flujo de la zona más concentrada a más diluida. El movimiento se detendrá cuando se alcance una igualdad entre presiones, la cual viene dada por el equilibrio de potenciales químicos.

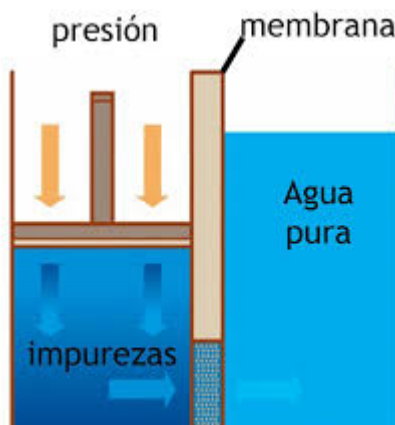
Figura 7.2 Fenómeno de ósmosis



Si se aplicara una presión al recipiente de la solución más concentrada, la dirección de flujo cambiaría hacia la más diluida, hasta alcanzar una nueva posición de equilibrio. La altura alcanzada es función de la presión aplicada, la concentración de sales en ambas soluciones y las características de la membrana.

Este proceso, mostrado en la figura 7.3, es conocido como ósmosis inversa.

Figura 7.3 Fenómeno de ósmosis inversa



7.4.2. Configuraciones

La membrana que realiza la separación de agua-sales es una lámina delgada que de por sí no soportaría las presiones a las que se debe someter para realizar el proceso, además de que debido a su pequeño caudal unitario necesitaría grandes desarrollos para tratar una cantidad razonable de volumen. Es por eso que necesita ser integrada en una estructura que le permita soportar dichos esfuerzos en un espacio reducido. A lo largo de la historia se han desarrollado cuatro tipos de configuraciones:

- **Membranas de tipo plano:** es la primera configuración que se utilizó y la más sencilla. Está formada por una lámina colocada dentro de un marco circular o rectangular, de forma que éste actúa como soporte de la membrana, confiriéndole rigidez y resistencia. Estas membranas tienen una superficie pequeña, de modo que para aumentar la producción de los equipos, se montan unas encima de otras formando pilas de membranas.

Este es su principal inconveniente, ya que la membrana a emplear no difiere de la que se utiliza en otras configuraciones, por lo que sus características unitarias de rechazo y caudal son similares.

Dada su pequeña capacidad productiva, ha provocado que no hayan tenido gran éxito a nivel industrial, ya que para plantas de un tamaño medio se requeriría una gran cantidad de membranas, lo cual sería complicado de operar y costoso desde el punto de vista económico.

Su ventaja es que el espaciado entre membranas es amplio, por lo que se obstruye menos que los otros tipos y permite una fácil limpieza con aire y agua.

Se utiliza principalmente para tratar aguas muy contaminadas o con elevado contenido orgánico.

- **Membranas tubulares:** son una versión mejorada del tipo anterior. Tienen una mayor superficie unitaria y mantienen un espaciado entre membranas que permite un menor ensuciamiento y facilidad de limpieza.

En este tipo de configuración, la membrana está alojada en el interior de un tubo de PVC que le permite aguantar la presión del proceso. Dicho tubo contiene una serie de agujeros que permiten la entrada y salida del agua del proceso.

El agua alimento circula por el interior, y el permeado se obtiene por el exterior de la misma. Se montan varios tubos en paralelo para aumentar la capacidad, que es algo mayor que la configuración anterior, pero aún así su tamaño sigue siendo demasiado grande para la capacidad productiva que ofrecen.

Actualmente se emplean en el campo industrial. A continuación se muestra un ejemplo de membrana tubular.

Figura 7.4 Membrana tubular



- **Membranas de fibra hueca:** estas membranas están formadas por millones de tubos capilares huecos del tamaño del cabello humano. Las primeras fibras eran de acetato de celulosa y ofrecían un caudal muy limitado, pero debido a su bajo coste de fabricación y finura, se empleaban para procesos de desalación.

La resistencia de las fibras no depende en gran medida del espesor de la pared, sino de la relación entre los diámetros interior y exterior, por lo que reduciendo el tamaño de la membrana se obtiene una pared muy delgada, permitiendo aumentar el caudal. Esta reducción del tamaño permite un empaquetamiento en poco espacio dentro de un tubo cilíndrico que actúa como carcasa protectora y permite la circulación del agua a desalar.

Este tubo suele ser de un material plástico de alta resistencia como el PRFV, que evita la corrosión. El agua entra por el extremo de dicho tubo y se distribuye a través de un tubo central perforado en dirección a las paredes del tubo.

Las fibras se colocan paralelamente alrededor del tubo central, doblandose en un extremo y volviendo al otro, de manera que la longitud de cada fibra es aproximadamente el doble que la del tubo. En el extremo del tubo, las fibras se incrustan en una masa de material epoxi que les confiere rigidez.

Acto seguido se corta uno de los extremos de manera que las fibras quedan abiertas en uno de los lados del tubo, facilitando la salida del permeado, mientras que en el otro extremo, donde está situada la parte doblada de las fibras, quedan sujetas.

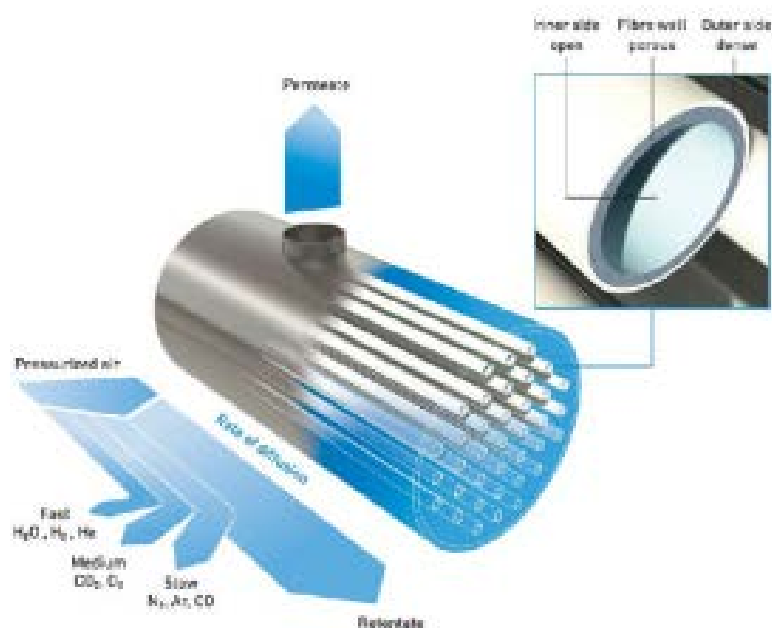
A este conjunto se le llama módulo o permeato, y tiene una alta resistencia a la presión gracias a la gran compactación de las fibras.

El agua se introduce desde el exterior del capilar, y la pared de la fibra actúa como membrana reteniendo las sales, mientras que por el interior circula el agua producto. La salmuera se desplaza radialmente hacia los bordes del tubo y es recogida por un colector.

Esta configuración tiene un caudal unitario muy pequeño, pero gracias a la gran superficie que dan los millones de capilares, tiene un gran caudal de membrana.

El espesor de la pared de la fibra es muy grande en relación al diámetro, lo que le confiere una alta resistencia a las presiones. A continuación un ejemplo de membrana de fibra hueca:

Figura 7.5 Membrana de fibra hueca

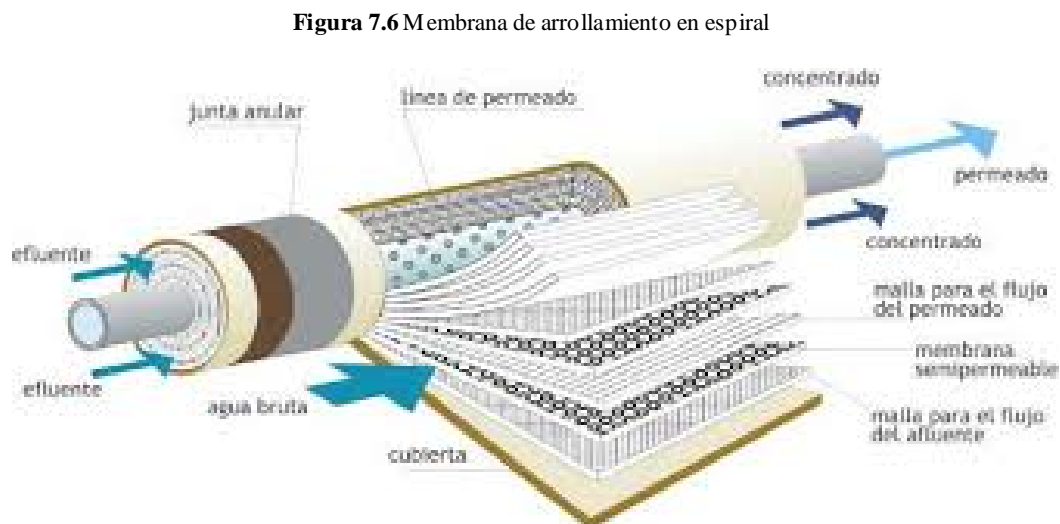


- **Membranas de arrollamiento espiral:** formadas por láminas rectangulares enrolladas alrededor de un eje cilíndrico con perforaciones que permiten recoger el permeado. Entre las membranas enrolladas se coloca una malla y un separador impermeable. La primera determina los canales por donde circula el agua alimento y su forma cuadrículada garantiza un régimen de funcionamiento turbulento, reduciendo la posibilidad de obstrucción. El segundo permite aislar el caudal que pasa por las láminas y separarlo de la salmuera.

Este conjunto de elementos se sella mediante un pegamento por los tres lados, mientras que por el cuarto lado, que es por donde sale el permeado, se une al eje perforado.

Una vez enrolladas ya todas las láminas con sus correspondientes mallas y separadores, se rodea el conjunto con una envuelta de poliéster y fibra de vidrio, que le proporciona una gran estanqueidad.

La disposición enrollada proporciona una gran superficie de membrana en un espacio reducido, tal como se muestra en la siguiente figura:



Actualmente en el mercado solo se suelen emplear membranas de fibra hueca o de arrollamiento en espiral, ya que su reducido espacio y coste las hace más viables para los diversos sectores del tratamiento de aguas.

Se establece una comparativa entre estos dos tipos de membranas:

- **Capacidad:** las membranas espirales tienen un mayor caudal unitario (l/m^2), pero las de fibra hueca, al tener mayor superficie por módulo tienen una capacidad total superior.
- **Presión de funcionamiento:** las membranas de fibra hueca, al tener un caudal unitario inferior, requieren una presión de funcionamiento mayor para vencer la presión osmótica.
- **Ensuciamiento:** teóricamente, las membranas de fibra hueca tienen mayor tendencia a ensuciarse u obstruirse que las espirales.
- **Rechazo de sales:** las membranas de fibra hueca no suelen llegar a un 99,4% de rechazo de sales teórico, mientras que las de arrollamiento en espiral suelen superar el 99,5%.

Se elige la opción de membrana de arrollamiento en espiral sobre la de fibra hueca, ya que pese a tener una capacidad menor, requieren de una menor presión de bombeo, un menor mantenimiento y tienen un rechazo de sales mayor.

7.5. Electrodesionización (EDI)

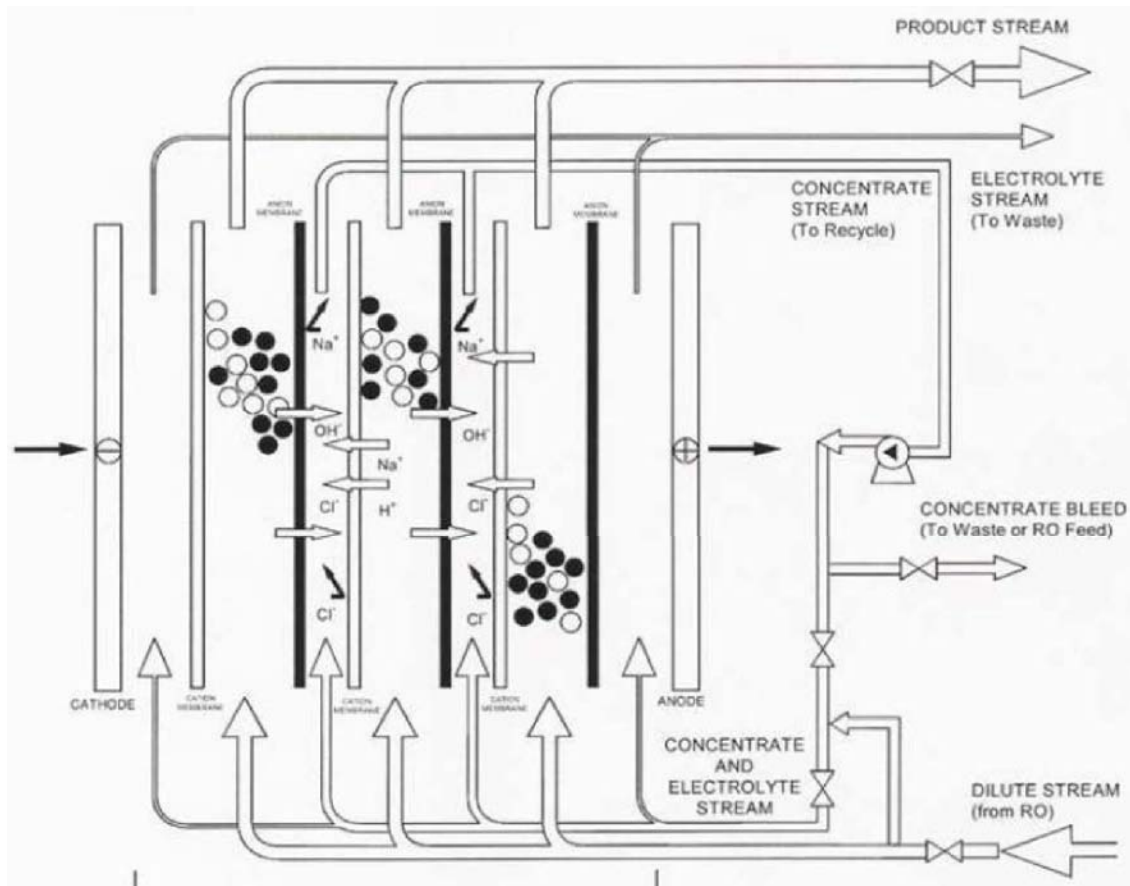
La electrodesionización es un proceso de separación electroquímica que combina resinas de intercambio iónico y membranas selectivas de iones. Este proceso se puede definir como una mezcla entre la electrodiálisis y el intercambio iónico con resinas.

La aplicación más común para la EDI es el afino de la calidad de desmineralización del permeado de la OI para la producción de agua de alta pureza. Los sistemas EDI eliminan la necesidad de utilizar productos químicos adicionales, como ácidos o antiincrustantes para evitar la formación de incrustaciones.

7.5.1. Tecnología

Una pila de EDI estándar contiene membranas semipermeables aniónicas y catiónicas colocadas de forma alternada, tal como se puede observar en la figura 7.7. Los espacios que se encuentran entre dichas membranas están diseñados para crear entradas y salidas de líquido, y son conocidos como 'cámaras', y están rellenas de resinas de intercambio iónico. Se distinguen dos tipos de cámaras: las de concentrado, donde irán a parar los iones que atraviesan las membranas semipermeables, y las de permeado, donde permanecerá el agua que ha sido purificada. Se genera un campo eléctrico aplicando corriente continua a unos electrodos colocados en los extremos de la pila. La figura 7.7 muestra un esquema de la estructura de una pila de EDI:

Figura 7.7 Estructura de una pila de EDI

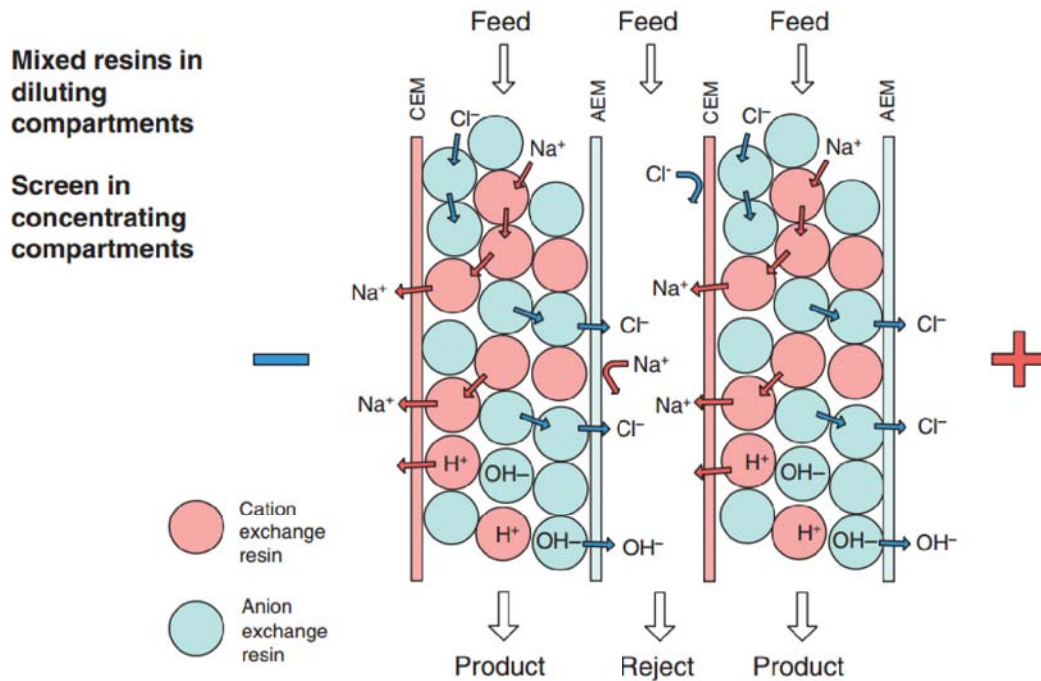


El agua alimento circula por las cámaras, donde las resinas de intercambio iónico captan los iones del agua. Al aplicar en los electrodos una corriente eléctrica, se produce el movimiento de iones: los aniones hacia el ánodo y los cationes hacia el cátodo. Los aniones podrán atravesar las membranas permeables a los aniones, pero no las permeables a los cationes. De la misma manera, los cationes podrán atravesar las membranas permeables a los cationes pero no las permeables a los aniones. Estos iones atraviesan las membranas y entran en las cámaras contiguas, que serán las que acumularán los iones que vayan entrando, las antes mencionadas cámaras de concentrado.

Una vez dentro de las cámaras de concentrado, los cationes no pueden continuar hacia la siguiente cámara de permeado gracias a la membrana aniónica que lo repele, y lo mismo ocurre con los aniones y la membrana catiónica. La figura 7.8 muestra con más

detalle el funcionamiento de los mecanismos de transporte de iones entre las diferentes cámaras:

Figura 7.8 Transporte de iones entre membranas



La corriente aplicada también produce la disociación del agua, formando iones H⁺ y OH⁻, que ayudan a regenerar las resinas de forma continuada, impidiendo la acumulación de aniones y cationes. Esta regeneración continua permite a las resinas mantener su rendimiento y continuar capturando los iones del agua alimento que va entrando en las cámaras.

Pese a poder prescindir del uso de químicos para la limpieza y regeneración de las resinas de intercambio iónico, este sistema no ofrece la misma calidad de limpieza que si se emplearan éstos. Es por eso que las exigencias de la calidad del agua alimento suelen ser más estrictas que en otros procesos de desmineralización.

7.6.Laboratorio de control

La planta contará con un laboratorio del control de la calidad del agua, con el fin de llevar un seguimiento de las propiedades de ésta, garantizando así un correcto funcionamiento y conservación de los equipos. Se realizarán controles de los valores del agua cada 2 – 3 días en las entradas y salidas de cada proceso para llevar un registro actualizado y completo. A continuación se detalla el instrumental del laboratorio.

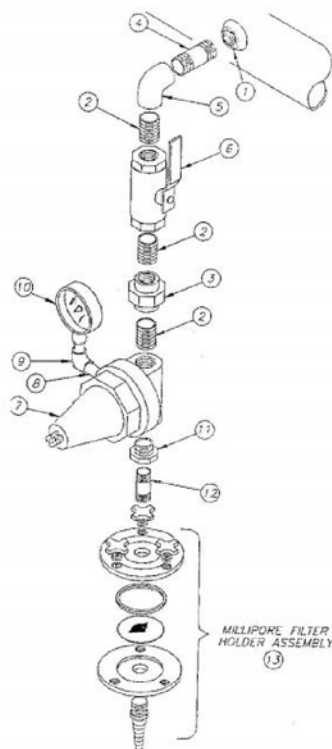
7.6.1.Medidor del Índice de Densidad de Sedimentos (SDI)

Este instrumento pretende medir el SDI, parámetro que estima el grado de ensuciamiento de las membranas debido a partículas coloidales. Este procedimiento de medida estudia el paso de líquido por una membrana con un diámetro de 47 mm y un tamaño de poro de 0,45 µm, suficiente para retener el material coloidal.

Los materiales necesarios para llevar a cabo la medición son un recipiente para filtros de 47 mm y discos de filtro de membrana de este tamaño, un regulador de presión, un medidor de presión, válvulas, conexiones, pinzas y discos de membranas.

La empresa Hach ofrece un medidor de SDI con filtros Millipore.

Figura 7.9 Esquema de un medidor de SDI



7.6.2. Turbidímetro

El instrumento elegido es el HI 93703 C de HANNA instruments. Este turbidímetro permite medir la presencia de diversas materias mediante infrarrojos en un rango de 0 a 1000 NTU, contando con una escala de 0 a 50 y otra de 50 a 1000, las cuales se seleccionan de forma automática en función de la turbiedad de la muestra. Permite realizar una medición precisa por debajo de 1 NTU.

Se suministra con maletín, 2 cubetas de medición con tapa, solución de calibración de 0 y 10 NTU, solución de limpieza de cubetas, paño para limpiar cubetas, pilas y manual de instrucciones.

Figura 7.10 Turbidímetro



7.6.3. Medidor fotométrico multifunción

Se elige el modelo HI 83200-02 de la empresa PCE Instruments. Este dispositivo permite medir hasta 45 parámetros diferentes del agua, entre ellos la alcalinidad, pH, DQO, diferentes metales y sólidos. Solamente hay que seleccionar el parámetro a medir y automáticamente el dispositivo elegirá la longitud de onda adecuada. No se utilizará para la medida de la dureza pues cubre un rango muy pequeño de valores.

Figura 7.11 Medidor fotométrico multifunción



7.6.4. Medidor fotométrico para la dureza del agua

La dureza total del agua se determinará empleando el HI 93735 de PCE Instruments, en unidades de mg/l. Este dispositivo sustituye al método de análisis EDTA.

Figura 7.12 Medidor fotométrico para la dureza del agua



8. Resultados finales

Una vez explicados los procesos que formarán la planta y las necesidades de maquinaria y productos, se procederá a describir las características de los equipos y productos elegidos para llevar a cabo este proyecto.

8.1. Biocida

El biocida elegido es el Genesol 32 de la empresa Genesys International.

El Genesol 32 es un biocida de amplio espectro empleado para la limpieza de sistemas de ósmosis inversa y nanofiltración. Sus puntos fuertes son la posibilidad de dosificarlo tanto en línea como fuera de línea y la prevención de ensuciamiento en bombas, depósitos y tuberías.

Este biocida una mezcla de isotiazolonas con un pH de entre 3 y 5 y una densidad de 1,05 kg/l. Al ser ácido, provoca corrosión frente al acero al carbono y otros metales. Por este motivo las bombas, tuberías y depósitos estarán construidas con materiales resistentes a los ácidos.

En caso de emplearlo fuera de línea, el suministrador recomienda dosificarlo a razón de 1.000 - 1.500 mg/l durante 6 - 8 horas, y posteriormente aclarar las membranas con un detergente alcalino, como el 'Genesol 36'.

Si se opta por dosificarlo en línea, la recomendación es de una concentración de 700-1.000 mg/l durante 8 - 12 horas cada 5 - 21 días, en función del ensuciamiento.

Se optará por dosificarlo en línea, y se calculará la cantidad mensual para un caudal de entrada de 86 m³/h, una concentración de 800 mg/l (0,8 kg/m³) durante 8 horas dos veces al mes. Se empleará la bomba peristáltica DDI 222 AR 150 – 4 de Grundfos. Dichos cálculos se pueden ver en los *Anexos*.

Así pues, se deberán suministrar alrededor de 1.048 litros al mes. Para almacenar el producto químico se ha elegido un depósito cilíndrico en V con tapadera ancha de 2.120 litros de capacidad, fabricado con PRFV para resistir la corrosión por la empresa Delf Grupo España S.L.

8.2. Filtros de profundidad

Como el caudal a tratar son 86 m³/h, se han seleccionado tres filtros de sílex-antracita SIAN/150 a 6 bares de presión de la empresa Erie aquatecnic. Cada filtro ofrece un caudal de filtrado de hasta 36,8 m³/h, por lo que ajustando la velocidad de filtración se obtendrá el resultado deseado.

Los tanques de los filtros están fabricados en fibra de vidrio e incorporan baterías automáticas compuestas por válvulas Aquamatic serie K52 resistentes a la corrosión y un programador ERIE-MILLENIUM con autómatas y pantalla informativa. Trabajarán a una presión de 4,5 bares. Las dimensiones de los tanques serán de 1,53 metros de diámetro y 2,4 metros de alto, siendo su volumen unos 17,6 m³ aproximadamente. La carga de material filtrante será de 800kg de arena silícica y 900kg de antracita, colocándose ésta en la parte superior.

Los parámetros de diseño empleados en los filtros son los siguientes:

- Velocidad de filtración (R): 17 m³/h/m²
- Profundidad del lecho: 2,4 m
- Diámetro del lecho: 1,53 m
- Lavado de agua a contracorriente: 5% del agua tratada (4 m³/h).
- Ciclo de limpieza: 20 minutos por cada 180 minutos de operación, con la idea de trabajar a caudal prácticamente constante.

Los cálculos sobre los que se ha apoyado esta elección se pueden consultar en el apartado de *Anexos*.

Así pues, el número total de filtros de arena-antracita será de 3, reduciendo la cantidad de sólidos en suspensión en un 90%.

El lavado de los tanques será una operación por etapas. Primero, se vaciará parcialmente el agua del filtro, seguidamente se expandirá el lecho del medio filtrante gracias al bombeo de agua de lavado a contracorriente que permitirá evacuar los sólidos del lecho. El fabricante recomienda emplear un caudal de agua de lavado de 36,8 m³/h. Como éste durará 15 minutos, el agua requerida para realizar un ciclo de lavado son 9,2 m³. Para almacenar el agua de lavado se utilizará un depósito vertical con patas y fondo curvo de 20 m³ fabricado en PRFV por la empresa Delf Grupo España S.L.

8.3. Antiincrustante

Tal como se ha descrito en el apartado 7.3 se optará por un antiincrustante de amplio espectro. El elegido es el Genesol MP de la empresa Genesys International.

El Genesol MP es una solución acuosa de ácido fosfórico neutralizado de densidad 1,29 kg/l, y un pH 10 aproximadamente. No causa corrosión en el acero al carbono. El fabricante recomienda dosificarlo en concentraciones de 1 a 5 mg/l. Se suministrará en continuo, en una concentración de 3 mg/l.

Para un caudal de 82 m³/h durante 8 horas, la cantidad de antiincrustante a dosificar es de 0,19 l/h, siendo 1,52 litros los dosificados cada día. Llevado a un consumo mensual serán 45,6 litros. Se dosificará con la bomba peristáltica DDI 222 AR 60 – 10 de Grundfos.

Para almacenar el producto se empleará un depósito cilíndrico en V con tapadera ancha con una capacidad de 1.030 litros, fabricado en PRFV por la empresa Delf Grupo España S.L

8.4. Ósmosis Inversa (OI)

La membrana elegida es la AK8040N 400 de 8 pulgadas de la empresa General Electric. Esta membrana tiene una configuración de arrollamiento espiral y está formada por una mezcla de poliamidas, lo que la hace apta para un elevado rechazo de sales a grandes flujos.

Las características de estas membranas son:

- Área activa (A_u): 37,2 m²
- Presión máxima de alimentación: 4,14 MPa
- Conversión de alimento a permeado: 80%
- Rechazo de sales mínimo: 98,5%

Las membranas serán montadas en el bastidor E8-216K de la misma empresa, el cual se empleará en las dos líneas y en los dos pasos de ósmosis, siendo un total de 4 unidades. La estructura del bastidor está construida en acero al carbono pintado, las tuberías de baja presión en PVC y las de alta presión en acero inoxidable.

El bastidor viene precedido un sistema de prefiltros de 1 μ m, y cuenta con un controlador mxCONTROL 8620 que permite programar y automatizar las condiciones de operación, unos sensores para el caudal de permeado y concentrado, así como un sensor para medir la conductividad del permeado. También tiene una serie de manómetros que miden la presión de prefiltrado, postfiltrado, operación y final. Cuenta con un sistema de alarmas que avisará en caso de caída excesiva de presión, aumento de temperatura, excesiva conductividad del permeado y fallo de bomba. Como característica destacable cuenta con un sistema CIP (Clean-In-Place), que incorpora una bomba y un tanque remoto.

A continuación se detallarán los parámetros de operación de los dos pasos de ósmosis.

8.4.1. Primer paso de Ósmosis Inversa

El primer paso será el cálculo de la presión osmótica, valor de presión que deberá superar el agua bombeada al equipo para poder realizar la transferencia de sales desde la disolución concentrada a la diluida. Para ello se empleará la ley de van t'Hoff:

$$\pi = c \cdot R \cdot T$$

Donde:

- π es la presión osmótica en bares
- C es la concentración iónica de los componentes del agua: 0,0647 M (Consultar *Anexos*)
- R es la constante universal de los gases ideales: 0,082 atm·l/mol·K
- T es la temperatura en Kelvin: 293 K

Tal como se muestra en el apartado *Anexos*, la presión osmótica es muy reducida, con un valor de 1,57 bares. Este valor que es fácilmente superable por la bomba que incorpora el equipo de OI.

Parámetros de operación en el primer paso de OI:

- Velocidad de filtración: 1,10 m³/h (3,1·10⁻⁴ m³/s)

El caudal de agua bruta extraída del pozo son 86 m³/h, y como el 5% de esta agua se destina al retrolavado de los filtros de profundidad, el caudal a tratar en la OI es de aproximadamente 82 m³/h. Al haber dos líneas de OI, a cada una le corresponde operar con 41 m³/h. Si el factor de conversión de la membrana es del 80%, el caudal de permeado de cada línea debería ser de 32,8 m³/h (0,0091 m³/s), mientras que el de rechazo es de 8,2 m³/h.

Se ha calculado que el número de membranas necesarias por línea para poder obtener este caudal de permeado es de 30, tal como se puede observar en el apartado de *Anexos*.

En total, el número de membranas asciende a 60, y el caudal de permeado es de 65,6 m³/h.

Según la experiencia del fabricante y confirmado por datos de Iberdrola, un sistema de OI que opera en estas condiciones produce un permeado con una conductividad inferior a 25 µS/cm y una dureza inferior a 8 ppm.

8.4.2. Segundo Paso de Ósmosis Inversa

El agua es bombeada al segundo paso de OI para continuar con el proceso de purificación. En este punto también se introduce la corriente de purga de concentrado de la EDI, con un caudal de 1,9 m³/h y una conductividad parecida a la del agua de alimento. El caudal de entrada en cada línea de OI será entonces de 34,7 m³/h. Al mantenerse el 80% de la conversión, esta vez el caudal de permeado será de 27,76 m³/h (0,0077 m³/s) y el de rechazo 6,94 m³/h. Se empleará el mismo tipo de membranas.

- Velocidad de filtración 0,95 m³/h ($2,64 \cdot 10^{-4}$ m³/s)

Así pues, como se puede observar en los Anexos, cada línea tendrá 30 membranas de poliamida, un total de 60, produciendo un caudal de permeado total de 55,52 m³/h (27,76 m³/h cada línea).

Según datos de Iberdrola, una membrana de estas características que trabaja en estas condiciones de operación, produce un agua con una conductividad de 2 µS/cm y una dureza inferior a 0,1 ppm.

El agua se almacenará en un tanque cilíndrico de 440 m³ de capacidad, fabricado con planchas de acero galvanizado solapadas entre ellas, por la empresa Tankeros.

8.5. Electrodesionización (EDI)

Viendo que el caudal de permeado proveniente de los dos módulos de OI es de 55,52 m³/h y se desea producir 50 m³/h de agua desmineralizada, se ha elegido hacer dos líneas de EDI con el modelo 'GEMK3-9 EU', de la empresa 'General Electric', el cual permite trabajar con un número de 6 a 9 pilas.

La estructura que soporta las pilas está construida en acero al carbono pintado, lo cual le permite resistir la oxidación. Las tuberías de permeado son de polipropileno y las de concentrado de PVC. Cuenta con un controlador modular para automatización de tareas Siemens S1200 y paneles HMI y un interruptor de accionamiento de la corriente directa. Las dimensiones son de 1,2 metros de ancho, 3,4 metros de largo y 2,1 metros de alto.

Las pilas son el modelo MK-3, y no requieren de la dosificación de sosa o ácidos para la regeneración de la resina de intercambio iónico que llevan en su interior.

Según el fabricante, estas son las condiciones necesarias para trabajar con este modelo:

Tabla 8.1 Características del agua de alimento

Especificaciones del agua alimento	
PH	5 – 9
Conductividad	< 43 μ S/cm
Temperatura	4,4- 40 °C
Dureza total	< 1 ppm como CaCO ₃

Como se ha explicado en el apartado anterior, el segundo paso de OI produce un permeado con una conductividad inferior a 2 μ S/cm y una dureza inferior a 0,1 ppm, lo que cumple las especificaciones del fabricante.

Diseño de una planta de producción de agua de proceso para una C.T.C.C.

Los parámetros de operación recomendados y las características del permeado aseguradas por General Electric son:

Tabla 8.2 Parámetros recomendados de operación

Parámetros de operación (por línea)	
Rango de caudales	20,4 – 40,9 m ³ /h
Purga de concentrado	33,3 – 53,4 l/min
Purga de electrodos	11,9 l/min
Presión del agua alimento	4,7 – 6,9 bar
Caída de presión	1,4 – 2,4 bar
Voltaje	400 VAC/3/50 Hz
Parámetros de operación (por pila)	
Caudal nominal	3,4 m ³ /h
Rango de caudales	1,7 – 4,5 m ³ /h
Intensidad	0 – 5,2 A
Recuperación	Hasta un 97%

Tabla 8.3 Características del permeado

Calidad del agua de permeado	
Resistividad	> 16 MΩ·cm
Sodio	< 3 ppb
Eliminación de silicatos	Hasta un 99% o < 5 ppb
Eliminación de boro	> 95%

Diseño de una planta de producción de agua de proceso para una C.T.C.C.

Como se ha indicado anteriormente, este modelo permite un número variable de pilas, por lo que, teniendo en cuenta que si se quieren producir 25 m³/h de agua desmineralizada por módulo y el caudal nominal por pila es de 3,4 m³/h, se deberían emplear 8 pilas.

La capacidad de recuperación del caudal de concentrado de las pilas de EDI depende de la dureza del agua, según muestra la siguiente tabla:

Tabla 8.4 Capacidad de recuperación de las pilas EDI

Dureza del agua de alimentación (ppm de CaCO ₃)	Recuperación del caudal de concentrado
0 – 0,10	95%
0,10 – 1	90%

Como la dureza del agua de entrada es menor a 0,10 se puede trabajar con una recuperación del 95%.

Según datos suministrados por Iberdrola, un módulo de EDI que trabaja en estas condiciones produce aproximadamente los siguientes caudales:

- Caudal de permeado: 25 m³/h
- Resistividad del permeado: > 17,8 MΩ·cm
- Caudal de purga de concentrado: 1,9 m³/h
- Conductividad de la purga de concentrado: < 32 μS/cm
- Caudal de purga de electrolitos: 0,6 m³/h

En el apartado de *Anexos* se pueden consultar los balances de materia.

Para conocer la conductividad del permeado, se calcula la inversa de la resistividad:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{17,8 \cdot 10^6 \Omega \cdot \text{cm}} = 0,0625 \frac{\mu\text{S}}{\text{cm}}$$

Se comprueba entonces que la conductividad del agua desmineralizada cumple los requisitos de operación de la caldera.

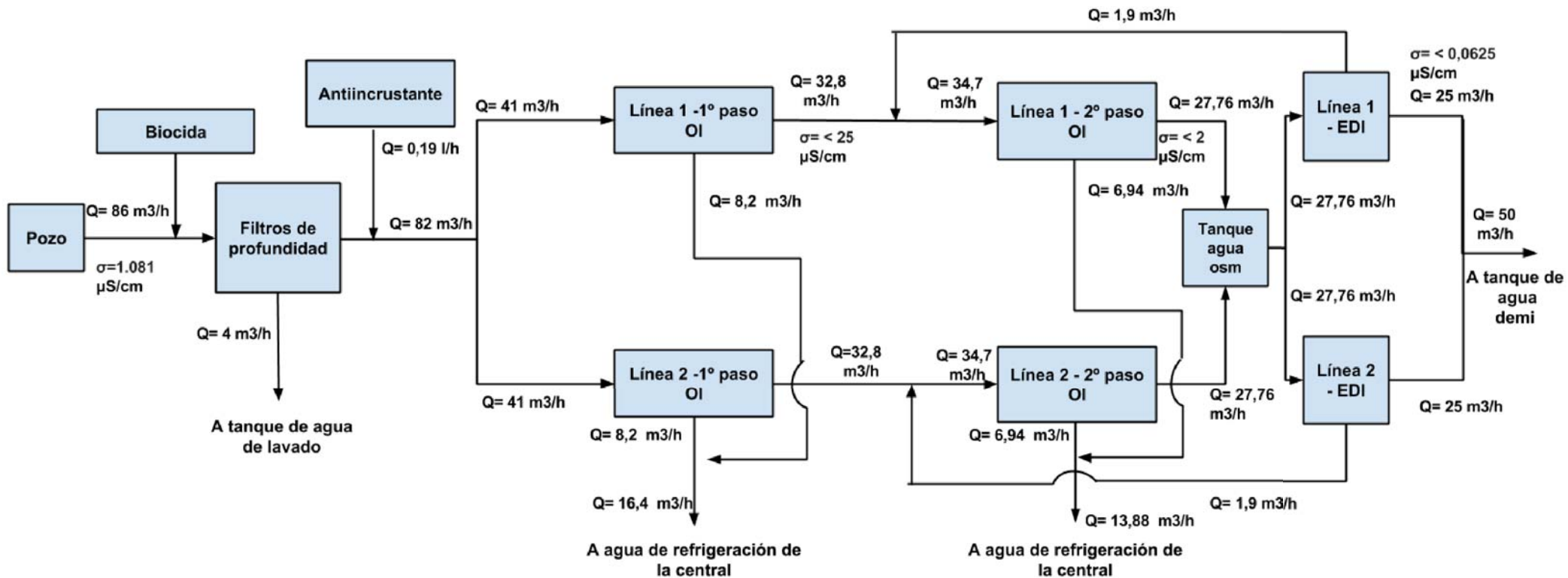
Diseño de una planta de producción de agua de proceso para una C.T.C.C.

Se opta por recircular la corriente de purga de concentrado a la entrada del segundo paso de OI para optimizar los recursos de la planta, pues la conductividad de dicha corriente de concentrado no es mucho más elevada que la de alimento a dicho paso de OI.

Finalmente, el agua de proceso producida será almacenada en un tanque cilíndrico fabricado con planchas de acero galvanizado colocado en el exterior de 2.012 m³ de capacidad. Se intentará tener siempre la máxima capacidad posible.

La figura 8.5 de la siguiente página muestra el esquema de la planta:

Figura 8.5 Esquema de procesos de la planta



8.6. Bombas

Las bombas son un elemento fundamental en la planta, pues son las que hacen posible el transporte del agua desde el pozo hasta el tanque de almacenamiento de agua desmineralizada. Se han elegido diferentes tipos de bomba en función de las necesidades de cada proceso.

El primer tipo de bomba es una bomba centrífuga de eje vertical sumergible que permite extraer los 86 m³/h necesarios de agua del pozo para llevarla hasta los filtros de arena-antracita. El modelo elegido es el PZ-80L-20/4 de la empresa SAER, construida en fundición perlítica GG-25. Esta bomba es capaz de mover hasta 48 m³/h de líquido, por lo que se instalarán dos unidades.

Las características de la bomba son:

- Caudal: 48 m³/h a 42 m.c.a.
- Potencia del motor: 7,46 kW

La dosificación de biocida requiere de una bomba capaz de suministrar unos 65 l/h y que sus materiales sean resistentes a la corrosión. Se ha elegido el modelo DDI 222 AR 150 - 4 de la empresa Grundfos. Esta bomba está construida en PVC y acero inoxidable, por lo que no tendrá problemas frente al biocida. Ofrece caudales de hasta 150 l/h. El consumo de la bomba es de 0,07 kW.

Para el proceso de lavado de los filtros de profundidad se necesitan 36,8 m³/h de agua filtrada, según especificaciones del fabricante. La bomba empleada será la PZ-63-20/4, también suministrada por SAER. Las características de la bomba son:

- Caudal: 36 m³/h a 36 m.c.a.
- Potencia del motor: 7,46 kW

La dosificación de antiincrustante requiere de una bomba que pueda suministrar caudales muy pequeños, pues el caudal a dosificar es de 0,19 l/h. Se ha elegido un modelo más pequeño que el de la bomba de biocida, el DDI 222 AR 60-4. Este modelo ofrece un caudal máximo 60 l/h, y permite operar hasta un 0,125% de dicho caudal (0,075 l/h),

por lo que cumple con las necesidades de suministro. El consumo de la bomba también es 0,07 kW.

El siguiente impulso de agua se realizará para la entrada del primer paso de OI. Cada línea necesita 41 m³/h de agua filtrada. En este caso, el bastidor sobre el que se han montado las membranas, el E8-216K, lleva incorporada dos bombas centrífugas multietapa, una para la alimentación de agua a los módulos y otra para el sistema de limpieza. Ambas son del fabricante Tonkaflo, y están construidas en acero inoxidable 316. La de alimentación, modelo SS240013-50, tiene las siguientes características:

- Rango de caudales: 14,8 – 56,8 m³/h
- Potencia del motor: 37,3 kW

La bomba de limpieza del sistema de ósmosis es el modelo SS12504D-50, y sus características son las siguientes:

- Rango de caudales: 3,4 – 14,8 m³/h
- Potencia del motor: 5,6 kW

La bomba que suministrará agua osmotizada a cada módulo de EDI requerirá de un caudal de 27,76 m³/h y una presión de entre 4,7 y 6,9 bares. Se volverá a emplear modelo PZ-80L-20/4, trabajando esta vez a 52 m.c.a y ofreciendo un caudal de 28,8 m³/h con un consumo de 7,46 kW.

El último tipo de bomba impulsará los 1,9 m³/h de la purga de concentrado de la EDI a la entrada del segundo paso de OI. Será una bomba centrífuga de acero inoxidable, el modelo JET45 de la empresa Hydrowater, que trabajando a 22 m.c.a suministrará un caudal de 1,8 m³/h y tendrá un consumo de 0,55 kW.

8.7. Consumo de agua y electricidad

Un factor fundamental en cualquier instalación industrial es el consumo de recursos y sus costes. En esta planta, pese a que se consume una cantidad considerable de agua diaria, no supone coste alguno gracias a la concesión del pozo Gumbau por parte de la Confederación Hidrográfica del Júcar.

Para el funcionamiento de los equipos no se empleará combustible pues todos funcionan con electricidad. El cálculo de la potencia eléctrica se lleva a cabo sumando la potencia de todos los equipos que componen la planta, listados en la siguiente tabla:

Tabla 8.5 Consumos eléctricos de las bombas

Proceso	Equipo	Unidades	Potencia unitaria (kW)	Potencia total (kW)
Bombeo de agua de pozo a filtros	Bomba PZ-80L-20/4	2	7,46	14,92
Dosificación de biocida	Bomba DDI 222 AR 150 – 4	1	0,07	0,07
Bombeo agua lavado filtros	Bomba PZ-63-20/4	1	7,46	7,46
Dosificación antiincrustante	Bomba DDI 222 AR 60 – 10	1	0,07	0,07
Bombeo a 1º y 2º paso de OI	Bomba SS240013-50	4	37,30	149,20
Bombeo agua lavado OI	Bomba SS12504D-50	4	5,60	22,40
Bombeo a EDI	Bomba PZ-80L-20/4	2	7,46	14,92
Bombeo de concentrado EDI a 2º paso OI	Bomba JET45	2	0,55	1,10

Una consideración a tener en cuenta es que no todas las bombas funcionarán durante las 8 horas diarias de operación de la planta. Por ejemplo, la bomba que suministra agua de lavado a los filtros de profundidad funcionará 15 minutos de cada 180 de operación, las bombas de retrolavado de los equipos de ósmosis solo funcionarán cuando sea necesaria dicha operación y la bomba de dosificación de biocida solo suministrará el producto dos

Diseño de una planta de producción de agua de proceso para una C.T.C.C.

veces al mes. También hay que tener en cuenta las pérdidas de potencia de los equipos, el consumo de la instrumentación de laboratorio y la iluminación de la planta. Se puede establecer una potencia necesaria de 220 kW.

Una vez conocida la potencia necesaria, se hará un cálculo anual teniendo en cuenta el funcionamiento de 8 horas diarias durante todos los días del año. Dicho cálculo puede ser consultado en los *Anexos*. Se obtiene un consumo eléctrico de 642.400 kWh anuales.

9. Estudio de viabilidad económica

El estudio de viabilidad económica es una herramienta fundamental que permite saber si la inversión a realizar es rentable y a predecir el funcionamiento económico posterior al desarrollo del proyecto. Con este estudio se calcularán una serie de parámetros como son la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR), el Valor Actual Neto (VAN) o el Flujo de Caja (FC), los cuales ayudarán a la comprensión del mismo. El primer paso será calcular la inversión inicial, pues suelen ser los costes más grandes y suelen amortizarse en una serie de años.

9.1. Inversión inicial

La inversión inicial hace referencia a los costes fijos, que son aquellos que no dependen de la producción. Dentro de ésta se encuentran costes como el terreno, la obra civil o la maquinaria. En el último trimestre de 2014, el precio medio del suelo industrial en Castellón era de 170,40 €/m². Con este dato se calculará el coste de la parcela para la construcción de la planta. Hay que tener en cuenta que como se dispone de un gran tanque de almacenamiento de agua desmineralizada, parte del terreno adquirido se empleará para colocar dicho tanque. Así pues, el coste del terreno y su amortización en 30 años es de:

Tabla 9.1 Costes del terreno

Terreno	
Superficie del terreno (m ²)	913,08
Coste del m ² (€/m ²)	170,40
Coste total del terreno (€)	155.558,83
Coste anual del terreno (€/año)	5.185,29

Para el coste de la obra civil se emplearán unas estimaciones facilitadas por el Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de la Comunidad Valenciana (IICV). Estas estimaciones son función de la altura de la nave, como se explica en el apartado de Presupuesto.

Diseño de una planta de producción de agua de proceso para una C.T.C.C.

La estimación a emplear es que cada metro cuadrado de obra civil tiene un coste de 175,94 €. Se planea amortizar la planta en 30 años:

Tabla 9.2 Costes de la obra civil

Obra civil	
Superficie de la planta (m ²)	537,55
Coste de obra civil (€/m ²)	175,94
Coste total de obra civil (€)	94.576,55
Coste anual de obra civil (€/año)	3.152,55

Otro coste que forma parte de la inversión inicial es el precio de los equipos y depósitos de la planta, así como el instrumental de laboratorio. En las siguientes tablas se muestran los costes de los elementos mencionados y el pago anual que habrá que desembolsar para una amortización en 10 años:

Tabla 9.3 Costes de los equipos de la planta

Elemento	Unidades	Precio Unitario (€)	Importe (€)
Depósito Biocida	1	238,00	238,00
Depósito antiincrustante	1	133,00	133,00
Filtros de profundidad	3	16.237,20	48.711,60
Equipo OI	4	122.668,25	490.673,00
Módulo EDI	2	111.286,13	222.572,60
Depósito agua de lavado	1	2.670,00	2.670,00
Depósito agua osmotizada	1	171.600,00	171.600,00
Depósito agua desmineralizada	1	784.680,00	784.680,00
Bomba PZ-80L-20/4	4	2.789,00	11.156,00
Bomba PZ-63-20/4	1	2.067,00	2.067,00
Bomba DDI 150-4	1	385,00	385,00
Bomba DDI 60-1	1	385,00	385,00
Bomba SS240013-50	4	Incluido	-
Bomba SS12504D-50	4	Incluido	-
Bomba JET45	2	278,00	556,00
Total (€)			1.735.827,20

Tabla 9.4 Costes del equipos de laboratorio

Elemento	Unidades	Precio Unitario(€)	Importe (€)
Medidor de SDI	1	1.098,00	1.098,00
Turbidímetro	1	720,00	720,00
Medidor fotométrico multifunción	1	900,00	900,00
Medidor fotométrico de la dureza del agua	1	241,25	241,25
Mobiliario e instrumental de laboratorio	1	15.000	15.000
Ordenador y software	1	60.000	60.000
Total (€)			77.959,25

Tabla 9.5 Costes totales de los equipos

Costes de equipos y depósitos (€)	1.735.827,20
Costes de equipos de laboratorio (€)	77.959,25
Coste total (€)	1.813.786,45
Coste de equipos e instrumentación (€/año)	120.919,10

Otro coste a tener en cuenta es el de la instalación eléctrica, tuberías, materiales y montaje de los principales equipos que conforman la planta. Estos costes se pueden calcular de la misma manera que la obra civil: empleando estimaciones facilitadas por el IICV, concretamente un 15% del coste de los equipos principales. En la siguiente tabla, la cual se encuentra desglosada en el apartado de *Presupuesto*, se expresan los costes de los equipos y la instalación eléctrica en función de la potencia instalada. Se ha elegido una amortización de 10 años:

Diseño de una planta de producción de agua de proceso para una C.T.C.C.

Tabla 9.6 Costes de las instalaciones de los equipos

Equipo	Unidades	Precio Unitario (€)	Importe (€)
Filtros de profundidad	3	16.237,20	48.711,60
Equipo OI	4	122.668,25	490.673,00
Módulo EDI	2	111.286,13	222.572,60
Depósito agua osmotizada	1	171.600,00	171.600,00
Depósito agua desmineralizada	1	784.680,00	784.680,00
Suma del precio de los equipos (€)			1.813.786,45
15% del precio de los equipos (€)			272.067,97
Coste de instalación eléctrica (€)			55.000
Coste total de instalaciones, materiales y montaje (€)			327.067,97
Coste de instalaciones anual (€/año)			21.804,53

Así pues, la suma total que forma la inversión es:

Tabla 9.7 Costes de inversión inicial

Inversión inicial	
Coste de terreno (€)	155.558,83
Coste de obra civil (€)	94.576,55
Coste de equipos e instrumental (€)	1.813.786,45
Coste de instalación de equipos (€)	327.067,97
Inversión total(€)	2.390.989,80

La suma de las amortizaciones, a las cuales se les aplica un incremento del 3% debido al IPC, son las siguientes:

Tabla 9.8 Costes de las amortizaciones

Amortizaciones	
Terreno (€/año)	5.340,85
Obra civil (€/año)	3.247,13
Equipos e instrumental (€/año)	120.919,10
Instalación de equipos (€/año)	21.686,17
Coste total de amortizaciones (€/año)	151.193,25

9.2. Gastos directos

Los gastos directos son aquellos que tienen relación directa con el producto, y son proporcionales a la cantidad producida. Son gastos directos los costes de producción, que engloba la electricidad consumida por la planta y el coste de compra de los productos químicos empleados.

9.2.1. Costes de producción

Los costes de producción que engloban el tratamiento de aguas tienen que ver con el consumo eléctrico de los equipos y la dosificación de productos químicos, pues como se ha explicado anteriormente el agua del pozo es gratuita gracias a una concesión.

En cuanto al coste de electricidad, el cálculo se hará pensando en el consumo eléctrico anual que requiere la planta y el desembolso que ello implica. En el apartado de *Resultados Finales* se ha calculado que el consumo anual de electricidad es de 642.400 kWh. Actualmente el precio de la energía eléctrica ronda los 0,14 €/kWh, por lo que el coste anual de electricidad es de 89.936 €

En el caso del biocida, mensualmente se consumen 1.048 litros, que extrapolado a un año son 12.576 litros. Si el biocida se compra a 4€ el litro, el precio anual es de 50.304€

En el caso del antiincrustante, se deben dosificar 45,6 litros al mes, lo que son unos 547 litros al año. Si el antiincrustante se compra a 4€ el litro, el precio anual es de 2.188€
Así pues:

Tabla 9.9 Gastos directos

Gastos Directos	
Electricidad (€/año)	89.936
Dosificación de biocida (€/año)	50.304
Dosificación de antiincrustante (€/año)	2.188
Total gastos directos (€/año)	142.428

9.3. Gastos indirectos

Son aquellos gastos que, sin ser imputables al producto, son necesarios para la producción y su cuantía, dentro de ciertos límites, no depende de la cantidad producida. Son gastos indirectos los trabajadores de la planta, el personal de limpieza y el material de oficina y laboratorio y las amortizaciones del terreno, la obra civil, los equipos y la instalación de éstos.

9.3.1. Coste de personal, limpieza y material de oficina y laboratorio

La planta contará con un total de cinco empleados, siendo cuatro operarios (tres en planta y uno en reserva) y un jefe de planta. Los operarios trabajarán 8 horas al día durante los 7 días de la semana e irán rotando semanalmente los turnos, de forma que durante el mes cada operario descansará una semana y trabajará tres. El jefe de planta trabajará de lunes a viernes con una jornada diaria de 8 horas. Las tareas a desarrollar serán:

- Un operario se encargará del correcto funcionamiento de los equipos de la planta.
- Un segundo operario se encargará del mantenimiento y reparación de los equipos.
- Un tercer operario trabajando en el laboratorio midiendo las muestras de agua extraídas de los equipos.
- Un jefe de planta, que dará instrucciones a los operarios en función de la información recabada y será el nexo entre la planta y la central.

La siguiente tabla muestra los salarios anuales incluyendo las pagas extra y la seguridad social:

Tabla 9.10 Costes de personal

Personal	Unidades	Salario (€año)	SS (€año)	Coste(€año)
Jefe de planta	1	28.800	9.504	38.304
Operario	4	18.000	5.940	95.760
			Total	134.064

Y los costes para material de oficina y laboratorio, limpieza y teléfono son:

Tabla 9.11 Costes de material de oficina y laboratorio, limpieza y teléfono

Servicios	
Material de oficina y laboratorio (€/año)	6.000
Limpieza (€/año)	15.000
Teléfono (€/año)	500
Total (€/año)	21.500

Así pues, la suma de gastos indirectos es de 305.234,82 €

Los gastos totales que tiene la planta en un año corresponden a la suma de los gastos directos e indirectos, y la cifra asciende a los 447.662,82 €

Para calcular cuánto dinero cuesta producir 1 m³ de agua desmineralizada, basta con dividir los gastos totales entre la producción anual de agua de proceso (146.000 m³). Como se puede ver en el apartado de *Anexos*, el coste de producción de 1 m³ de agua es de 3,06 €

9.4. Beneficios

Para continuar con el análisis económico de la planta, se necesita establecer un precio de venta del agua producto que reporte una serie de beneficios. Tras consultar con empresas del sector, un precio adecuado de mercado son sobre los 7 €/m³.

Así pues, considerando el precio de venta asignado, los ingresos anuales que reportaría la planta son de 1.022.000 €

El beneficio bruto se obtiene al restarle a los ingresos anuales los gastos totales, lo cual deja una cifra de 574.337,182 € Aplicando el impuesto sobre sociedades del 35%, los beneficios netos resultan en 373.319,17 €

9.5. Flujo de Caja, Valor Actual Neto y Tasa Interna de Rentabilidad

El Flujo de Caja (FC) o 'Cash Flow' representa los flujos de entrada y salida de dinero en una empresa en un determinado periodo de tiempo. Es un parámetro que permite calcular el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR), indicadores que muestran la viabilidad económica de un proyecto. Su fórmula es:

$$FC = \text{Beneficio neto} + \text{Amortizaciones}$$

El VAN es un parámetro que considera los flujos de caja esperados en un periodo de tiempo, pero actualizándolos en función del interés real, que es el cociente entre el interés nominal y el IPC. Si el valor del VAN es positivo, indica que la inversión realizada produce excedentes; si es negativo indica que hay pérdidas y si es cero no se obtienen ni beneficios ni pérdidas.

Se calcula mediante la expresión:

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=0}^N \frac{FC_n}{(1 + i_r)^n}$$

Donde I_0 es la inversión inicial, n es el año considerado e i_r es el interés real.

El TIR es un parámetro relacionado con el VAN. Representa el valor del interés que hace que el VAN sea cero, por lo que si se financia la planta con un interés nominal inferior al TIR, la planta generará beneficios.

En el apartado de *Anexos* han calculado estos parámetros teniendo en cuenta un IPC del 3%, un interés nominal del 4% para un periodo de 10 años.

Así pues, el VAN calculado es de 3.047.927 €, el cual supera con creces el valor de cero, indicando que es un proyecto rentable. El TIR estimado para este VAN es del 9%, y puesto que es superior al interés nominal, refuerza la viabilidad económica del proyecto.

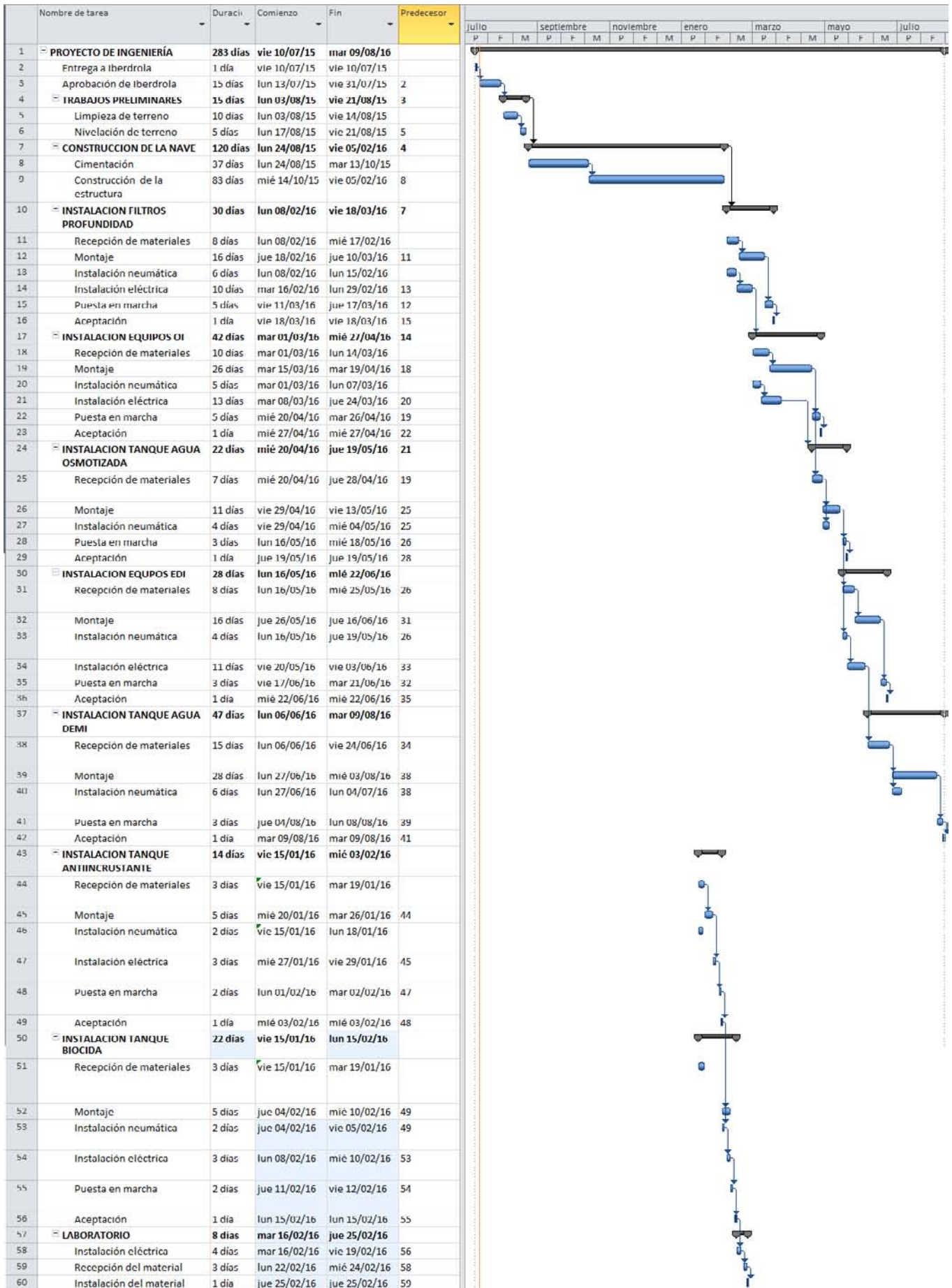
Diseño de una planta de producción de agua de proceso para una C.T.C.C.

Una vez confirmada la viabilidad del proyecto, falta estimar los años que se tardarán en recuperar la inversión. Para ello, se utiliza el Periodo de Retorno (PR) o 'Pay-Back', el cual se calcula dividiendo entre la inversión inicial y el beneficio promedio anual, resultando en 6,47 años.

10. Planificación

En este apartado se mostrará la planificación de la ejecución de las obras, las cuales abarcarán un periodo de 13 meses. El método empleado es un diagrama de Gantt que se encuentra en la página siguiente.

Diseño de una planta de producción de agua de proceso para una C.T.C.C.



3. Anexos

Índice

1. Documentación de partida.....	2
1.1. Tabla de calidades de agua.....	2
1.2. Composición del agua de pozo.....	3
2. Distribución de los equipos en la planta.....	4
3. Cálculos justificativos.....	8
4. Catálogos y fichas técnicas.....	16
4.1. Maquinaria principal.....	16
4.1.1. Filtros de profundidad.....	17
4.1.2. Equipos de OI.....	18
4.1.3. Equipos de EDI.....	22
4.2. Bombas.....	26
4.3. Tanques de almacenamiento.....	33
4.3.1. Biocida, antiincrustante y agua de lavado de filtros.....	33
4.3.2. Agua osmotizada y agua desmineralizada.....	35
4.4. Fichas técnicas.....	36
4.4.1. Biocida.....	36
4.4.2. Antiincrustante.....	37

1. Documentación de partida

1.1. Tabla de calidades de agua

Para elegir los procesos que conformarán la planta, se necesita saber la calidad requerida del agua de alimento a la caldera. La siguiente tabla expresa una serie de datos de parámetros del agua en función de la presión de trabajo recomendados por APAVE (Asociación de propietarios de unidades eléctricas y de vapor) y ABMA (Asociación de Fabricantes de Calderas Americanas). La presión de trabajo será de 126 bares.

Tabla 1.1 Calidad de las aguas en función de la presión de trabajo

		Presión de trabajo (Bar)							
		0 - 20	20.8 - 31	31.1 - 41.4	41.5 - 51.7	51.8 - 62.1	62.2 - 68.9	69 - 103.4	103.5 - 137.9
Oxígeno disuelto		0.04	0.04	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
Hierro Total	mg/l	0.1	0.05	0.03	0.025	0.02	0.02	0.01	0.01
Cobre Total		0.05	0.025	0.02	0.02	0.015	0.015	0.01	0.01
Dureza Total (CaCO ₃)		0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.05	no se detecta	
COT no volátil		1	1	0.5	0.5	0.5	0.2	0.2	0.2
Grasas		1	1	0.5	0.5	0.5	0.2	0.2	0.2
PH a 25°C		7.5 - 10	7.5 - 10	7.5 - 10	7.5 - 10	7.5 - 10	8.5 - 9.5	9.0 - 9.6	9.0 - 9.6
Silice	mg/l	150	90	40	30	20	8	2	1
Alcalinidad Total CaCO ₃		350	300	250	200	150	100	no especificado	
Alcalinidad libre de hidróxido CaCO ₃		no especificado					no se detecta		
Conductividad específica a 25°C sin neutralización	μS/cm	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,15	0,1

1.2. Composición del agua de pozo

El agua del pozo Gumbau cuenta con la siguiente composición iónica:

Tabla 1.2 Composición iónica del agua

Ion	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	HCO ₃ ⁻	K ⁺
Concentración (ppm)	340	172	226	450	314	157	315	216
Concentración (M)	0,0085	0,007	0,0097	0,013	0,0033	0,0085	0,0052	0,0055
							Total	0,0607 M

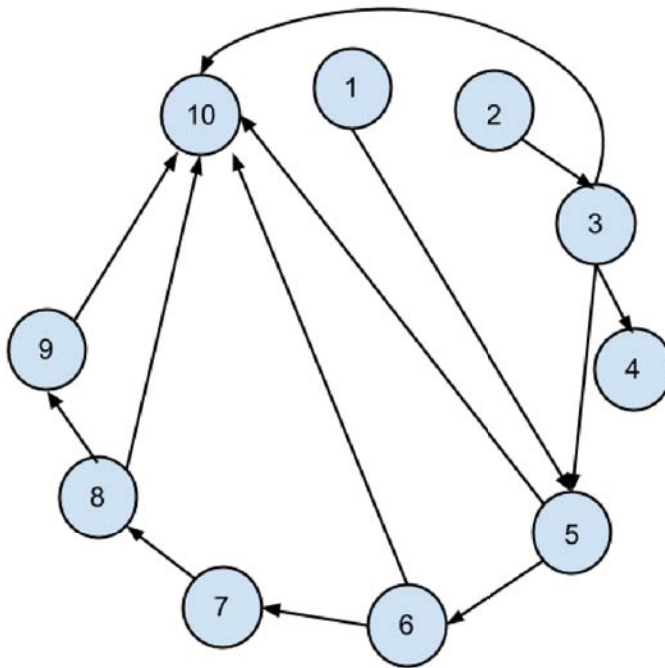
2. Distribución de los equipos en la planta

En este apartado se procederá a aplicar el método SLP (Systematic Layout Planning), una metodología organizada y sistemática que permite enfocar los problemas de la implantación de los diferentes elementos de la planta. Para ello, se desarrollará un cuadro operacional de fases y una serie de procedimientos con el fin de identificar, valorar y visualizar los elementos relevantes en la implantación y las relaciones existentes entre ellos. Los elementos que se estudiarán son los siguientes:

1. Tanque de almacenamiento de antiincrustante
2. Tanque de almacenamiento de biocida
3. Filtros multimedia
4. Tanque de agua de lavado de filtros multimedia
5. Líneas de ósmosis inversa 1º paso
6. Líneas de ósmosis inversa 2º paso
7. Tanque de agua osmotizada
8. Módulos de EDI
9. Tanques de agua desmineralizada
10. Laboratorio de control de calidad

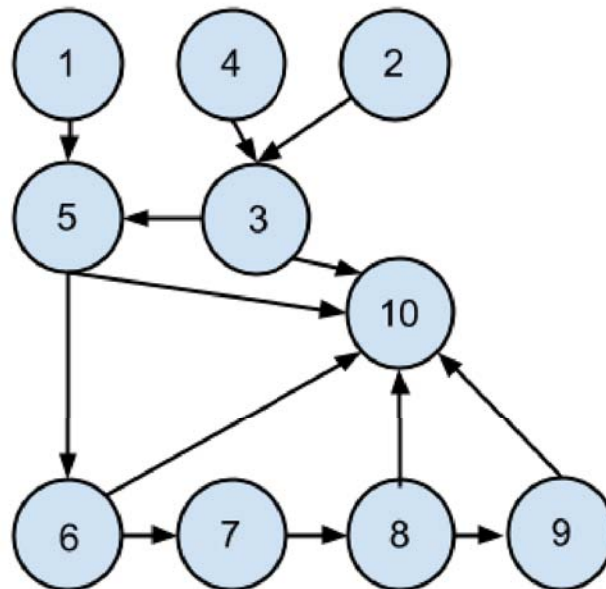
Se procederá a elaborar una Tabla Relacional de Actividades (TRA) de la lista de elementos previamente descrita. La TRA es un cuadro organizado en diagonal en el que se plasman las relaciones entre actividades y evalúa la necesidad de proximidad entre éstas.

Figura 2.3 Representación gráfica de la TRA



Ahora se procederá a ordenar las relaciones, de forma que las líneas sean lo más cortas posible y haya el mínimo número de cruces entre ellas, teniendo en cuenta la prioridad de la relación especialmente importante:

Figura 2.4 Representación gráfica de la TRA ordenada



Una vez ordenadas las relaciones, se observa que es una distribución en serie, pues la maquinaria está fija y ordenada según la secuencia de operaciones, siendo el producto el que se desplaza: empieza por los filtros multimedia y termina por el almacenamiento en tanques del agua desmineralizada de la EDI. El laboratorio se ha colocado cerca de prácticamente todos los procesos para que el operario pueda realizar la toma de muestras y control de los equipos más fácilmente. Se puede ver la distribución detallada en el apartado de *Planos*.

3. Cálculos justificativos

❖ *Dosificación de biocida*

La dosificación mensual de biocida en la planta es la siguiente:

$$86 \frac{m^3}{h} \text{ de agua de pozo} \cdot 0,8 \frac{kg}{m^3} = 68,8 \frac{kg \text{ de biocida}}{h}$$

$$8 \text{ horas} \cdot 68,8 \frac{kg}{h} = 550,4 \text{ kg cada 15 días} \rightarrow 1.100,8 \text{ kg de biocida al mes}$$

$$1.100,8 \frac{kg}{mes} \cdot \frac{l}{1,05kg} = 1.048,4 \frac{\text{litros de biocida}}{mes}$$

❖ *Filtros multicapa*

Los parámetros de dimensionamiento de los filtros son los siguientes:

- *Superficie de filtrado total:*

$$A_f = \frac{Q_f}{R} = \frac{86 \frac{m^3}{h}}{17 \frac{m^3}{m^2 h}} = 5,06 \text{ m}^2$$

- *Superficie de filtrado unitaria:*

$$(A_f)_u = \frac{\pi}{4} \cdot \text{Diámetro}^2 = \frac{\pi}{4} \cdot (1,53 \text{ m})^2 = 1,84 \text{ m}^2$$

Diseño de una planta de producción de agua de proceso para una C.T.C.C.

Para 15 minutos de lavado por cada 180 de operación, el factor de lavado es:

- *Factor de lavado:*

$$\frac{t_{limpieza}}{t_{funcionamiento}} = \frac{15 \text{ min}}{180 \text{ min}} = 0,08$$

- *Número de filtros necesarios (sin tener en cuenta el tiempo de lavado):*

$$N = \frac{A_f}{(A_f)_u} = \frac{5,06 \text{ m}^2}{1,84 \text{ m}^2} = 2,75$$

- *Número total de filtros (teniendo en cuenta el tiempo de lavado):*

$$N_{real} = N \cdot (1 + 0,08) = 2,75 \cdot 1,08 = 2,97 \rightarrow 3 \text{ filtros}$$

Éstas son las condiciones de operación de los filtros cuando uno esté en operación de lavado:

- *Condiciones reales de operación (2 filtros en operación y 1 en lavado):*
 - *Velocidad de filtrado:*

$$R = \frac{Q_{filtrado}}{(A_f)_u \cdot (N_{real} - 1)} = \frac{86 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{1,84 \text{ m}^2 \cdot 2} = 23,37 \frac{\text{m}^3 \cdot \text{h}}{\text{m}^2}$$

- *Caudal tratado por cada filtro:*

$$(Q_f)_u = \frac{Q_f}{2} = \frac{86 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{2} = 43 \text{ m}^3/\text{h}$$

❖ Ósmosis Inversa

- *Primer paso de OI:*
 - *Presión osmótica:*

$$\pi = 0,0647 \cdot 0,082 \cdot 293 = 1,55 \text{ atmósferas} \rightarrow 1,57 \text{ bares}$$

Se procederá al cálculo de los flujos en función de las características de la membrana seleccionada, con una velocidad de filtración de $3,1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$:

- *Flujo de permeado:*

$$F_p = \frac{\text{Velocidad de filtración}}{A_u} = \frac{3,1 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{37,2 \text{ m}^2} = 3,29 \cdot 10^{-5} \text{ } 8,3 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$$

- *Superficie filtrante total:*

$$A_f = \frac{Q_p}{F_p} = \frac{0,0091 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{8,3 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}} = 1096,39 \text{ m}^2$$

- *Número total de membranas:*

$$N = \frac{A_f}{A_u} = \frac{1096,39 \text{ m}^2}{37,2 \text{ m}^2} = 29,47 \rightarrow 30 \text{ membranas}$$

- Segundo paso de OI

Se procederá al cálculo de los flujos en función de las características de la membrana seleccionada, con una velocidad de filtración de $2,64 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$:

- Flujo de permeado:

$$F_p = \frac{\text{Velocidad de filtración}}{A_u} = \frac{2,64 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{37,2 \text{m}^2} = 7,1 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$$

- Superficie filtrante total:

$$A_f = \frac{Q_p}{F_p} = \frac{0,0077 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{7,1 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}} = 1085,46 \text{m}^2$$

- Número total de membranas:

$$N = \frac{A_f}{A_u} = \frac{1085,46 \text{m}^2}{37,2 \text{m}^2} = 29,18 \rightarrow 7 \text{ 30 membranas}$$

❖ EDI

Estos son los balances de materia de un equipo de EDI que se emplean para el cálculo de los flujos de las diferentes corrientes:

- *Balances de materia:*

$$\text{Recuperación} = \frac{Q_{\text{permeado}}}{Q_{\text{permeado}} + Q_{\text{purga de concentrado}} + Q_{\text{electrodo}}}$$

$$Q_{\text{purga de concentrado}} = \frac{Q_{\text{permeado}}}{\text{Recuperación}} - Q_{\text{permeado}} + Q_{\text{electrodo}}$$

❖ Consumo eléctrico anual

El consumo de los equipos de la planta en un año es el siguiente:

$$220 \text{ kW} \cdot \frac{8 \text{ h}}{\text{día}} \cdot 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 642.400 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

❖ Estudio de viabilidad económica

- *Coste de un metro cúbico de agua en las condiciones actuales de operación:*

$$\frac{447.662,82 \text{ €}}{50 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 8 \frac{\text{h}}{\text{día}} \cdot 365 \text{ días}} = 3,06 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

- Ingresos anuales con un precio de mercado 7€/m³:

$$7 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} \cdot 50 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 8 \frac{\text{h}}{\text{día}} \cdot 365 \text{ días} = 1.022.000 \text{ €}$$

- Flujos de Caja calculados para los primeros 10 años:

$$FC = \text{Beneficio neto} + \text{Amortizaciones}$$

Tabla 2.1 Beneficios, amortizaciones y flujos de caja para los primeros 10 años

Año	Beneficio neto (€)	Amortizaciones (€)	Flujo de Caja (€)
1	369.469,54	155.593,32	525.062,86
2	369.470,57	160.261,12	529.731,69
3	369.471,60	165.068,95	534.540,55
4	369.472,63	170.021,02	539.493,65
5	369.473,66	175.121,65	544.595,31
6	369.474,69	180.375,30	549.849,99
7	369.475,72	185.786,56	555.262,28
8	369.476,75	191.360,16	560.836,91
9	369.477,78	197.100,96	566.578,74
10	369.478,81	203.013,99	572.492,80
Beneficio neto promedio	369.471,60		

- VAN calculado para los primeros 10 años:

$$\begin{aligned}VAN &= -I_0 + \sum_{n=0}^N \frac{FC_n}{(1+i_r)^n} \\ &= -2.304.739,80 + \frac{525.062,86}{(1+0,013)^1} + \frac{529.731,69}{(1+0,013)^2} + \frac{534.540,55}{(1+0,013)^3} \\ &\quad + \frac{539.493,65}{(1+0,013)^4} + \frac{544.595,31}{(1+0,013)^5} + \frac{549.849,99}{(1+0,013)^6} + \frac{555.262,28}{(1+0,013)^7} \\ &\quad + \frac{560.836,91}{(1+0,013)^8} + \frac{566.578,74}{(1+0,013)^9} + \frac{572.492,80}{(1+0,013)^{10}} = 3.047.927\text{€}\end{aligned}$$

- Periodo de retorno de la inversión inicial:

$$PR = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Beneficio neto promedio}} = \frac{2.390.989,80}{369.471,60} = 6,47 \text{ años}$$

4. Catálogos y fichas técnicas

4.1. Maquinaria principal

3.1.1. Filtros de profundidad

→ Equipos Industriales → 49



FILTROS INDUSTRIALES DE LECHO

Serie FILTROS DE SILEX / ANTRACITA

Compuestos por:

- Tanques fabricados en poliamida (100% reciclable) y liner interior de copolimer (P.E.) - hasta modelo SIAN/120
- Tanques fabricados en fibra de vidrio - para modelo SIAN/140 y superiores.
- Baterías automáticas compuestas por válvulas Aquamatic serie K52 (hasta Ø 3") y serie V42 (para Ø 4").
- Baterías automáticas compuestas por válvulas neumáticas de mariposa (de Ø 5").
- Programador (DCS) ERIE-MILLENIUM con autómatas y pantalla informativa (de fácil programación y manejo), y stager de pilotaje.
- Cargas de sílex y antracita

Presión mín./máx. de trabajo: 2-6 bar

Opciones de lavado por tiempo y por presión (presostato no incluido)

Posibilidad de pilotaje hidráulico o neumático.

- Baterías manuales con válvulas de bola en PVC (para baterías hasta 2") y de mariposa para Ø superiores.

- Temperatura máxima de trabajo: 40°C



Modelo	Batería Ø	Caudal m³/h según velocidad filtración		Caudal m³/h Lavado	Carga de sílex (Kg)	Carga de Antracita (Kg)	Dimensiones mm A x B x C	MANUALES		AUTOMÁTICOS			
		10 m³/hxm²	20 m³/hxm²					Presión 6 bar	P.V.P.	Presión 4 bar	P.V.P.	Presión 6 bar	P.V.P.
SIAN/50	1"	2,1	4,3	4,3	100	100	522 x 2160 x 755	1K6500	2850,40	—	—	1K7500	4635,20
SIAN/60	1"	2,8	5,6	5,6	125	150	595 x 2400 x 736	1K6600	3361,90	—	—	1K7600	5146,80
SIAN/75	1 1/2"	4,4	8,7	8,7	200	225	746 x 2400 x 923	1K6750	4227,80	—	—	1K7750	6322,30
SIAN/90	2"	5,9	11,8	11,8	250	300	867 x 2400 x 1073	1K6900	5235,40	—	—	1K7900	7456,70
SIAN/100	2"	8,0	16,0	16,0	325	375	1010 x 2125 x 1250	1K6100	6076,20	—	—	1K7100	8935,20
SIAN/120	2 1/2"	12,5	24,9	24,9	550	650	1260 x 2300 x 1560	1K6120	9780,00	—	—	1K7120	13134,00
SIAN/150	3"	18,4	36,8	36,8	800	900	1530 x 2400 x 1830	1K6150	12775,20	1K7151	16237,20	1K7150	16237,20
SIAN/160	3"	21,1	42,2	42,2	925	1075	1640 x 2445 x 2030	1K6160	Consultar	1K7161	Consultar	1K7160	Consultar
SIAN/180	4"	26,6	53,2	53,2	975	1150	1840 x 2445 x 2275	1K6180	Consultar	1K7181	Consultar	1K7180	Consultar
SIAN/200	4"	32,7	65,4	65,4	1600	1900	2040 x 2620 x 2525	1K6200	Consultar	1K7201	Consultar	1K7200	Consultar
SIAN/230	5"	43,0	86,0	86,0	2250	2625	2340 x 2770 x 2900	1K6230	Consultar	1K7231	Consultar	1K7230	Consultar
SIAN/250	5"	51,1	102,1	102,1	2750	3200	2550 x 2850 x 3160	1K6250	Consultar	1K7251	Consultar	1K7250	Consultar

CONSULTAR PARA OTRAS PRESIONES Y COMPLEMENTOS

Todos éstos datos son con carácter orientativo. Nuestra sociedad se reserva el derecho de modificarlos sin previo aviso.

3.1.2. Equipos de OI

GE Power & Water
Water & Process Technologies

Fact Sheet

E8 Plus Series 50/60 Hz

Reverse Osmosis Machine 216,000 to 288,000 gallons per day
(34-45 m³/hr)



Figure 1: E8 Series

GE's E-series RO machines (Figure 1) are designed for durable operation, high quality product water production, easy installation and straightforward control.

General Properties

Typical Applications

- Process ingredient water
- Safe drinking water
- Boiler feed water
- Ion exchange pre-treatment

Standard Economy Features

- Energy saving 400 ft² (37.2 m²) membrane elements
- SS high-pressure piping
- 1-micron pre-filter and SS housing
- Automatic inlet shut-off valve
- Burkert mxCONTROL 8620 controller with PC Ethernet
 - Permeate and concentrate paddlewheel flow sensors
 - Permeate conductivity sensor

- Permeate tank level monitoring
- SD card for collection of operating data
- ALARMS: Low inlet pressure, high temperature, high permeate conductivity, motor fault, and fill-time exceeded
- Remote machine on/off capability
- Feed water flush on shut down
- Panel-mounted pre-filter, post-filter, primary, and final pressure gauges

Deluxe (DLX) Features – in addition to ECN features

- Inlet pH sensor
- Chemical dosing pump for antiscalant dosing or pH adjustment
- Clean-In-Place pump plumbed, wired and mounted; remote tank
- ALARMS: Same as above plus high/low inlet pH, high permeate pressure, high concentrate pressure

Table 1: Operating Parameters

Operating Pressure	200-250 psig (13.8-17.2 bar)
Maximum Recovery	75%
Nominal Rejection	95-98%
Operating Temperature	55-85 °F (13-30 °C)
Minimum Inlet Pressure	30 psig (2 bar)
Design Temperature	77 °F (25 °C)



Find a contact near you by visiting www.gewater.com and clicking on "Contact Us".
* Trademark of General Electric Company; may be registered in one or more countries.
©2013, General Electric Company. All rights reserved.

AM-FSroE8PlusSeries_EN.doc Jun-13

Table 2: Materials of Construction

Frame	Painted Carbon Steel
Membrane Elements	AK-400
Membrane Housing	FRP
Low Pressure Pipe	Schedule 80 PVC
High Pressure Pipe	Stainless Steel
Motor Starters	NEMA 4

Table 3: Pump and Motor

Pump Manufacturer	Tonkafllo
Pump Type	Multi-stage, centrifugal
Materials	SS shell/housing, Noryl® internals
Castings	SS inlet/discharge
Motor (60hz)	3-phase, TEFC, 460 VAC 60hz
	3-phase, TEFC, 380 VAC 50hz

Table 4: E8+ Specifications

Model	E8-216K-60hz	E8-288K-60hz	E8-216K-50hz	E8-288K-50hz
ECN	3061456	3061460	3061455	3061459
DLX	3061454	3061458	3061453	3061457
Recovery Range:	66-75%	66-75%	66-75%	66-75%
Permeate Rate: gpm (m ³ /h)	150 (34)	200 (45)	150 (34)	200 (45)
Concentrate Rate: gpm (m ³ /h)	77-50 (17-11)	103-67 (23-15)	77-50 (17-11)	103-67 (23-15)
RO Pump Model	SS24008KZE	AS40407KZE	SS240013-50	AS40412-50
RO Motor: HP (KW)	50 (37.3)	60 (44.7)	50 (37.3)	60 (44.7)
CIP Pump Model: (DLX only)	SS12502G	SS12503D	SS12504D-50	SS24004D-50
CIP Motor: HP (KW)	7.5 (5.6)	10 (7.5)	7.5 (5.6)	15 (11.2)
Membrane Quantity	30	36	30	36
Array	3-2	4-2	3-2	4-2
Pre-Filter Quantity RO.Z 01-40-XX, 3027255	14	21	14	21
Inlet: inch (cm)	4.0(10)	4.0(10)	4.0(10)	4.0(10)
Permeate: inch (cm)	3.0(7.6)	4.0(10)	3.0(7.6)	4.0(10)
Concentrate: inch (cm)	3.0(7.6)	3.0(7.6)	3.0(7.6)	3.0(7.6)
Height: inch (cm)	76(193)	76(193)	76(193)	76(193)
Width: inch (cm)	273(693)	273(693)	273(693)	273(693)
Depth: inch (cm) ECN	42(107)	42(107)	42(107)	42(107)
Depth: inch (cm) DLX	103(262)	103(262)	103(262)	103(262)
Shipping Weight Estimate: lb (kg)	ECN	6250(2835)	6250(2835)	6925(3141)
Shipping Weight Estimate: lb (kg)	DLX	6380(2894)	6380(2894)	7270(3298)



GE Power & Water
Water & Process Technologies

Fact Sheet

AK Series

Low Energy Brackish Water RO Elements

The A-Series, family of proprietary thin-film reverse osmosis membrane elements are characterized by high flux and high sodium chloride rejection. AK Low Pressure Brackish Water Elements are selected when high rejection and low operating pressures are desired. These elements allow significant energy savings since good rejection is achieved at operating pressures as low as 100 psi (689 kPa).

Table 1: Element Specification

Membrane	A-series, thin-film membrane (TFM*)
----------	-------------------------------------

Model	Average permeate flow gpd (m ³ /day) ^{1,2}	Average NaCl rejection ^{1,2}	Minimum NaCl rejection ^{1,2}
AK2540FM	710 (2.7)	99.0%	98.0%
AK2540TM	710 (2.7)	99.0%	98.0%
AK4040C	2,500 (9.5)	99.0%	98.0%
AK4040CM	2,400 (9.1)	99.0%	98.0%
AK4040FM	2,200 (8.3)	99.0%	98.0%
AK4040FM, WET	2,200 (8.3)	99.0%	98.0%
AK4040NM	2,200 (8.3)	98.5%	98.0%
AK4040TM	2,200 (8.3)	99.0%	98.0%
AK8040C	9,900 (37.5)	99.0%	98.0%
AK8040F	9,600 (36.3)	99.0%	98.0%
AK8040F, WET	9,600 (36.3)	99.0%	98.0%
AK8040F 400	10,500 (39.7)	99.0%	98.0%
AK8040F 400 WET	10,500 (39.7)	99.0%	98.0%
AK8040N	9,600 (36.3)	98.5%	98.0%
AK8040N 400	10,500 (39.7)	98.5%	98.0%

¹ Average salt rejection after 24 hours operation. Individual flow rate may vary +25%/-15%.

² Testing conditions: 500ppm NaCl solution at 115psi (793kPa) operating pressure, 77°F (25°C), pH7.5 and 15% recovery.

a product of
ecomagination™



Model	Membrane area ft ² (m ²)	Outer wrap	Part number U.S.	Part number Other plants ²
AK2540FM	29 (2.7)	Fiberglass	1206800	N/A
AK2540TM	27 (2.5)	Tape	1206802	N/A
AK4040C	95 (8.8)	Cage*	1223696	N/A
AK4040CM	90 (8.4)	Cage*	1227885	N/A
AK4040FM	85 (7.9)	Fiberglass	1206813	3039082
AK4040FM, WET	85 (7.9)	Fiberglass	3052307	3044157
AK4040NM	85 (7.9)	Net*	1231787	N/A
AK4040TM	85 (7.9)	Tape	1206816	N/A
AK8040C	380 (35.3)	Cage*	1206819	N/A
AK8040F	365 (33.9)	Fiberglass	1206820	3039160
AK8040F, WET	365 (33.9)	Fiberglass	N/A	3044153
AK8040F 400	400 (37.2)	Fiberglass	1206821	3039161
AK8040F 400 WET	400 (37.2)	Fiberglass	1239766	3039162
AK8040N	365 (33.9)	Net*	1231788	N/A
AK8040N 400	400 (37.2)	Net*	1231789	N/A

*These elements are rolled in China, India and Hungary.

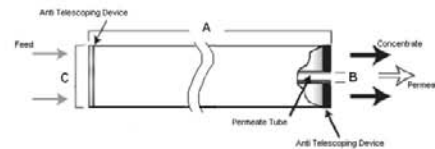


Figure 1: Element Dimensions Diagram - Female

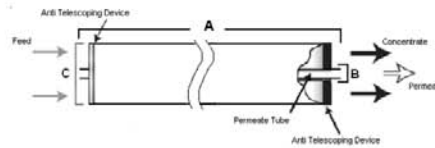


Figure 2: Element Dimensions Diagram - Male

Contact us for GE membranes, Putrex, Hytrec, Aquatrec, RO Save Zplex filters.

www.gemembranes.com
www.bigmembrane.com
www.codelinhousinas.com
www.easterro.com
 910-612-6700

Table 2: Dimensions and Weight

Model ²	Dimensions, inches (cm)			Boxed Weight lbs (kg)
	A	B ¹	C ³	
AK2540*M	40.0 (101.6)	0.75 (1.9) OD	2.4 (6.1) 3.9 (9.9)	5 (2.3) 8 (3.5)
AK4040C	40.0 (101.6)	0.625 (1.59)	3.9 (9.9)	8 (3.5)
AK4040*M	40.0 (101.6)	0.75 (1.9) OD	3.9 (9.9)	8 (3.5)
AK4040*M WET	40.0 (101.6)	0.75 (1.9) OD	7.9 (20.1)	32 (14.5)
AK8040*, AK8040* 400	40.0 (101.6)	1.125 (2.86)	7.9 (20.1)	35 (16)
AK8040*, AK8040* 400 WET	40.0 (101.6)	1.125 (2.86)		

¹ Internal diameter unless specified OD (outside diameter).

² These elements are bagged dried, unless specified WET, before shipping.

³ The element diameter (dimension C) is designed for optimum performance in CE pressure vessels. Others pressure vessel dimension and tolerance may result in excessive bypass and loss of capacity.

Table 3: Operating and CIP parameters

Typical Operating Pressure	100 psi (689 kPa)
Typical Operating Flux	10-20 GFD (15-35LMH)
Maximum Operating Pressure	400 psi (2,756 kPa)
Maximum Temperature	Continuous operation: 122°F (50°C), Clean In Place (CIP): 122°F (50°C)
pH Range	Optimum rejection: 7.0-7.5, Continuous operation: 4.0-11.0, Clean In Place (CIP): 2.0-11.5
Maximum Pressure Drop	Over an element: 12 psi (83 kPa) Per housing: 50 psi (345 kPa)
Chlorine Tolerance	1,000+ ppm-hours, dechlorination recommended
Feedwater	NTU < 1 SDI < 5

3.1.3. Equipos de EDI

GE Power & Water
Water & Process Technologies

Fact Sheet

E-Cell* EU Standard Systems

MK-3, 1 to 12 Stacks



With the combination of E-Cell* and Ionics* EDI technology, GE Water & Process Technologies is leading the way for Electrodeionization (EDI). Our E-Cell Standard Systems with MK-3 stacks are designed for reliable, long term trouble free operation, with straight forward control.

Standard Features

- MK-3 E-Cell stacks allow for a simplified system design, removing the need for concentrate recirculation as well as brine injection.
- MK-3 E-Cell stack's low energy design reduces electrical requirements and operating costs.
- Concentrate flow is in the opposite direction to the Dilute flow, thus allowing systems to operate at higher hardness concentrations for longer periods of time.
- Premium models available
- Siemens S1200 PLC and HMI
- Automatic Outlet Divert Valve
- Full Owners Operation & Maintenance Manual, Factory Acceptance Test results and Stack Performance Test results
- Direct Current Variable Freq. Drive (DC Drive)

Quality Assurance

Certification: CE Marked
Facility: ISO 9001:2000
Full Factory Acceptance Test (FAT) completed on each system before shipment.

a product of
ecomagination



Instrumentation

Flow	Dilute (Product) Outlet Concentrate Outlet Electrode Outlet
Pressure	Dilute Inlet, Dilute Outlet Concentrate Inlet, Concentrate Outlet Electrode Outlet
Resistivity	Dilute (Product) Outlet

Feed Water Requirements

Total Exchangeable Anions (TEA including CO ₂ as calculated by E-Calc)	< 25.0 ppm (as CaCO ₃)
pH	5 - 9
Hardness	< 1.0 ppm (as CaCO ₃)
Silica (Reactive)	< 1.0 ppm
SDI (15 min)	< 1
TOC	< 0.5 ppm
Total Chlorine	< 0.05 ppm
Fe, Mn, H ₂ S	< 0.01 ppm

Operating Parameters

Outlet (Dilute) Product Quality	> 16 MOhm-cm
Outlet Product Silica Guarantee	Down to < 5ppb
Recovery:	Up to 95%
Temperature:	4.4 to 40 °C (40 to 104 °F)
Feed Pressure:	4.7 to 6.9 bar (70 to 100 psi)
Dilute Pressure Drop:	1.4 to 2.4 bar (20 to 35 psi)
Input Voltage:	400 VAC/3/50Hz

Find a contact near you by visiting www.ge.com/water and clicking on "Contact Us".
* Trademark of General Electric Company; may be registered in one or more countries.
©2012, General Electric Company. All rights reserved.

E-FSpwE-Cell_MK-3_1to12_EN.doc Oct-12

Material of Construction

Welded Frame:	Painted Carbon Steel	Flanges:	DIN
Dilute Piping:	PPL	DC Drive:	IP55
Concentrate Piping:	PVC	Control Panel:	IP55
		Control Panel Power:	24VDC

E-Cell Standard Systems

Model	GEMK3-1 EU	GEMK3-3 EU	GEMK3-6 EU	GEMK3-9 EU	GEMK3-12 EU
General Information					
Number of Stacks	1	2 - 3	4 - 6	6 - 9	10 - 12
Type of stack	MK-3	MK-3	MK-3	MK-3	MK-3
Flow Rates					
Product Flow Nominal	3.4 m ³ /h	10.2 m ³ /h	20.4 m ³ /h	30.6 m ³ /h	40.8 m ³ /h
Product Flow Range	2.3-4.5 m ³ /h 10-20 gpm	6.8-13.6 m ³ /h 30-60 gpm	13.6-27.3 m ³ /h 60-120 gpm	20.4-40.9 m ³ /h 90-180 gpm	27.3-54.5 m ³ /h 120-240 gpm
Concentrate Outlet Flow (Depends on Recovery & Product Flow)	3.4-5.7 lpm 0.91-1.5 gpm	11.0-17.8 lpm 2.9-4.7 gpm	22.0-35.6 lpm 5.8-9.4 gpm	33.3-53.4 lpm 8.8-14.1 gpm	44.3-71.2 lpm 11.7-18.8 gpm
Electrode Outlet Flow	1.3 lpm 0.35 gpm	4.0 lpm 1.05 gpm	7.9 lpm 2.10 gpm	11.9 lpm 3.15 gpm	15.9 lpm 4.2 gpm
Dimensions					
Overall System Dimensions (Width x Length x Height)	0.9m x 1.4m x 1.8m 36" x 54" x 72"	1.2m x 2.2m x 2.1m 46" x 86" x 84"	1.2m x 2.7m x 2.1m 46" x 107" x 84"	1.2m x 3.4m x 2.1m 46" x 132" x 84"	1.2m x 3.7m x 2.1m 46" x 146" x 84"
Inlet Piping	DN25	DN50	DN80	DN100	DN100
Product Outlet Piping	DN25	DN50	DN80	DN100	DN100
Rinse Outlet Piping	DN25	DN50	DN80	DN100	DN100
Electrode Outlet Piping	DN15	DN15	DN15	DN15	DN15
Concentrate Outlet Piping	DN15	DN15	DN20	DN25	DN40
All piping sizes are provided for nominal flow rates at 90% recovery.					
Shipping Weight	454 kg 1000 lbs	1134 kg 2500 lbs	1588 kg 3500 lbs	1950 kg 4300 lbs	2268 kg 5000 lbs
Electrical					
Maximum Output @ 300VDC	5.2Amps	15.6Amps	31.2Amps	46.8Amps	62.4Amps
Connection Requirement	3.5 KVA	8 KVA	15 KVA	22 KVA	29 KVA
Typical Power Consumption	0.13 – 0.26 kWh/m ³ (0.5 – 1.0 kWh/1000gal)				

Standard Options:

1. Premium Model – flow & pressure transmitters, ability to connect to SCADA system.
2. Premium Model Option – removal of PLC & HMI, all wiring terminated at a IP55 Junction Box

Performance, flow rate per stack, recovery and power consumption are dependent on inlet feed water quality and temperature.
An E-Calc projection must be completed for proper system design & for any performance guarantee to be provided. Patents Pending.



GE Power & Water
Water & Process Technologies

Fact Sheet

E-Cell MK-3 Stack

Industrial Electrodeionization (EDI) Stacks



Figure 1: E-Cell MK-3 Stack

E-Cell MK-3 is designed to:

- Provide Ultrapure Water for industrial applications including Power, Semiconductor, and General Industry.
- Produce Mixed Bed quality water on a continuous basis.
- Require no caustic or acid for regeneration of ion exchange resin within the stack.
- Be leak free, guaranteed.
- Eliminate brine injection and concentrate recirculation, simplifying system design.

Description and Use

E-Cell MK-3 stacks are electrodeionization (EDI) stacks which use electrical current to deionize and polish reverse osmosis (RO) permeate water. The product water for the MK-3 is at an Ultrapure level required in today's most demanding applications.



Typical Applications

- Microelectronics
- Power Generation (NO_x, Boiler Feed)
- General Industry

Quality Assurance

- CE, UL & CSA marked
- Manufactured in a ISO 9001:2000 facility

MK-3 Stack Specifications

Nominal Flow	3.4 m ³ /hr	15 gpm
Flow Rate Range	1.7 - 4.5 m ³ /hr	7.5 - 20 gpm
Shipping Weight	92 kg	202 lbs
Dimensions (width x height x depth)	30cm x 61cm x 48cm	12" x 24" x 19"

Typical Performance

Product Quality	
Resistivity	> 16 MΩm-cm
Sodium	< 3 ppb
Silica (SiO ₂) Removal	Up to 99% or < 5 ppb
Boron Removal	> 95%
Operating Parameters	
Recovery	Up to 97%
Concentrate Flow (vs. Product Flow)	Countercurrent, hardness >0.10 ppm as CaCO ₃ Cocurrent, hardness ≤0.10 ppm as CaCO ₃
Voltage	0 - 300 VDC
Amperage	0 - 5.2 ADC
Inlet Pressure	3.1-6.9 bar 45-100 psi
Pressure Drop	1.4-2.8 bar 20-40 psi

Find a contact near you by visiting www.ge.com/water and clicking on "Contact Us".
* Trademark of General Electric Company, may be registered in one or more countries.
©2014, General Electric Company. All rights reserved.

FS1622EN.doc Jun-14

Maximum Feed Water Specifications		
Feed Water - Total Exchangeable Anions (TEA as CaCO ₃)	<25 mg/l	<25 ppm
Feed Water - Conductivity, NaHCO ₃ equivalent	< 43 µS/cm	< 43 µS/cm
Temperature	4.4-40°C	40-104°F
Total Hardness (as CaCO ₃)	< 1.0 mg/l	< 1.0 ppm
Silica (SiO ₂)	< 1.0 mg/l	< 1.0 ppm
Total Organic Carbon (TOC as C)	< 0.5 mg/l	< 0.5 ppm
Total Chlorine	< 0.05 mg/l	< 0.05 ppm

Actual performance may vary depending on site conditions.
Reference E-Calc projection software to verify actual performance.
Patents pending.

3.2. Bombas

BOMBAS VERTICALES Bombas centrífugas de eje vertical Serie PZ

La bomba de eje vertical, puede instalarse hasta una profundidad max. de 180 m.

APLICACIONES: Sector agrícola, civil e industrial.

MONTAJE: No necesita de técnico especializado, la bomba se sostiene del cabezal, con la regulación adecuada.



Componentes

1) CABEZAL DE TRANSMISIÓN:

Se fabrica en 4 versiones:

- Cabezal de polea plana o acanalada lubricado por aceite.
- Cabezal de engranaje para motor diesel en directo lubricado por aceite.
- Cabezal para tractor con multiplicador lubricado por aceite.
- Cabezal para accionamiento con motor eléctrico en directo.

2) TRAMOS DE COLUMNA, COMPUESTOS POR:

- Tubo de 3,05 m de longitud galvanizado en caliente.
- Guia en fundición gg 25 con cojinete en goma recambiable.
- Eje de transmisión en acero c-45 calibrado y equilibrado.
- Manguilla de acoplamiento de ejes en acero.

3) CUERPO DE BOMBA: Constituido por una o varias fases dependiendo de la necesidades. El difusor en fundición gg 25 con aro cierre y cojinete en goma, recambiables en caso de desgaste. Rodete en fundición gg-25, equilibrada hidráulicamente. Bajo demanda, se fabrica en bronce marino.

4) VÁLVULA de FONDO: en fundición gg-25 con rejilla galvanizada, bajo demanda en acero inox.

CUERPOS DE BOMBA 6"- 2900 RPM

6"-2900 RPM	HP	m ³ /h	9	12	18	24	30	33	36	42	Columna "PZ"	Polea acanalada "VO"	Cabezal engranajes Motor Diesel "RA"	Cabezal para Tractor "RM"	Cabezal para Motor Eléctrico "ME"
PZ-63-20/2	5		25	24	23	22	21	20	18	15	LAZ-3-20	VO-80/20	RA-80/20	RM-80/20	ME-80/20
PZ-63-20/4	10		50	48	46	44	42	40	36	30					
PZ-63-20/6	12,5		75	72	69	68	63	60	54	45					
PZ-63-20/8	20		100	96	95	89	85	80	72	60					
PZ-63-20/10	20	H[m]	125	120	116	110	107	100	90	75					
PZ-63-20/12	25		152	150	144	133	126	120	108	90					
PZ-63-24/14	25		178	175	162	154	147	140	126	105					
PZ-63-24/16	30		203	200	188	176	168	160	144	120					

6"-2900 RPM	HP	m ³ /h	24	28,8	36	42	48	54	60	64	Columna «PZ»	Polea acanalada «VO»	Cabezal engranajes Motor Diesel «RA»	Cabezal para Tractor «RM»	Cabezal para Motor Eléctrico «ME»
PZ-80L-20/2	7,5		26	26	25	24	21	18	14	10	LAZ-3-20	VO-80/20	RA-80/20	RM-80/20	ME-80/20
PZ-80L-20/4	10		53	52	50	48	42	36	28	20					
PZ-80L-20/6	15		78	76	75	72	63	54	42	30					
PZ-80L-20/8	20		104	103	100	96	84	72	56	40					
PZ-80L-20/10	25	H[m]	130	128	125	120	105	90	70	50					
PZ-80L-20/12	30		156	154	150	144	126	108	84	60					
PZ-80L-24/14	30		182	180	174	168	144	120	96	70					
PZ-80L-24/16	40		208	206	200	192	168	144	112	80					

Para mayores prestaciones a las indicadas, consulten a nuestro departamento comercial.

18 • GRUNDFOS DIGITAL DOSING™

DDI 222 – Perfect Precision from 0.019 to 39.6 gph (0.6 to 150 l/h)



The Difference is Digital

The Grundfos DDI range was created because accurate dosing demands precision. These compact units combine perfect precision with a user interface that lets you set the dosing feed rate you want directly on the pump – without spending time on complicated calculations beforehand. Available materials include PVC, PVDF, polypropylene, and 316 stainless steel.

The DDI AR: Taking Diaphragm Dosing Pumps to the Next Level

The DDI AR series is the backbone of the overall DDI range. Its innovative drive technology combines a powerful EC motor with integrated contact signal control to bring you smoother, nearly continuous, and more accurate dosing for the optimal mixing of liquids. The EC motor technology also lowers energy costs while still providing maximum efficiency.

Two Slow Mode steps and special valve combinations can be used for handling of more viscous liquids. The user interface gives you a full range of options for customizing the dosing process. Contact or analogue signal controls and batch or timer dosing are just some possibilities for specific applications.

The DDI AF: Built-In Flow Monitor

The DDI AF models have all of the overall DDI benefits: it doses, measures, and detects gases from the pump head, cavitation, and pressure changes that result from line breaks or a blocked discharge line. It eliminates the need for additional equipment by combining precision dosing and continuous flow measurement in a single unit.

With a radical reduction in variants and spare parts, you only need one motor, one gearing, and two dosing head sizes to fit the complete pump series.

Easy Input and User-Friendly Display

The DDI features easy input and display of the dosing rate in l/h or gal/h, with perfect calibration for optimum operating convenience and unparalleled levels of precision. There's also a hotkey for easy query of the dosed quantity, allowing optimal control of the consumption of chemicals. Control excess pressure of the pump by digitally inputting the maximum backpressure allowed before the pump stops.

Turndown Ratio of 800:1

The DDI range is designed to give you superior flexibility and accuracy with as few product variants as possible. That is why you can slow down the feed rate to 1/800 the pump's maximum capacity without any loss of accuracy.

The DDI series can dose additive in quantities down to 0.019 GPH (0.0029 l/h) with perfect precision. Evidence of this precision can be provided at any time while the pump is running – it runs with nearly continuous flow, with no pauses between strokes.

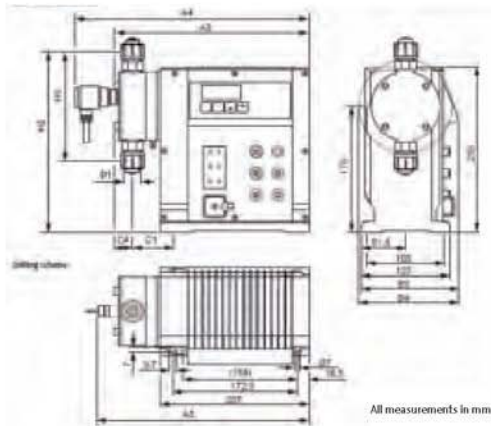
Double Diaphragm System with Diaphragm Control for Pump Protection

Double diaphragm technology comes as a standard option on DDI model 222. This option affords high process reliability. If there is a working diaphragm defect, the pump continues to dose with the robust protective diaphragm.

The diaphragm control is optional. For applications where the process must not be interrupted in the event of a diaphragm leakage, a differential pressure sensor is optionally available. In the event of a working diaphragm leakage, the sensor immediately sends out a signal, while the pump continues to dose with the protective diaphragm. (See figure at right.)



DDI 222 Dimensional Data



DDI Models	Version for high-viscosity liquids (HV)														
	A3	A4	B3	B4	C1	C4	D1	H2	H3	C1	C4	D1	H2	H3	
222-60D	272	326	137	-	58	26	G 3/4"	252	153	90	39	G 1 1/4"	246	143	
222-150D	315	372	137	139	90	39	G 1 1/4"	265	179	90	39	G 1 1/4"	265	179	

DDI 222 Technical Data

Input of the dosing capacity	Digital – by regulation of the dosing stroke speed Adjustment range: from 0.125% to 100% of the maximum dosing capacity			
Accuracy	Dosing flow \pm 1.5%, linearity \pm 1.5%			
Noise level	65 \pm 5 dB (A), tested according to DIN 45635-01-KL3			
Max. suction height: primed/dry	19.7 primed (DDI 60) / 9.8 primed (DDI 150) / 3.3 ft. Dry			
Max. viscosity (HV version) at operating temperature	DDI model 222-60D 222-150D	Normal operation 200 mPa s 500 mPa s	Slow Mode 1 1000 mPa s 800 mPa s	Slow Mode 2 2600 mPa s 2000 mPa s
Max. admission pressure	2 bar on the suction side			
Min. backpressure	1 bar (pressure difference with the suction side)			
Max. temperature	<ul style="list-style-type: none"> max. ambient and operating temperature +40°C storage temperature -10°C up to +50°C 			
Power supply	AC 110 - 240 V \pm 10%, 50/60 Hz, power consumption 50 W (including all sensors)			
Protection	IP 65			
Weight	DDI model 222-60D DDI model 222-150D	PVC, PP, PVDF: 5 kg / stainless steel: 7 kg PVC, PP, PVDF: 7.5 kg / stainless steel: 12 kg		

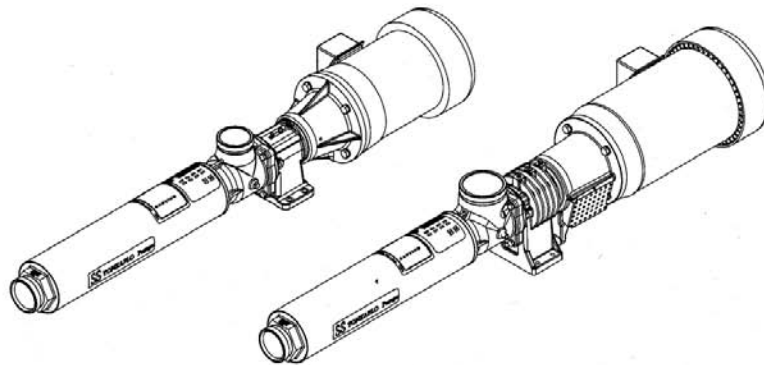
DDI 222 Flow Capacities

NORMAL OPERATION				SLOW MODE STEP 1				SLOW MODE STEP 2				Viscosity [m] (p=3 bar)	DDI MODEL
Q [l/h]	Pmax [bar]	Q [USg/h]	Pmax [psi]	Q [l/h]	Pmax [bar]	Q [USg/h]	Pmax [psi]	Q [l/h]	Pmax [bar]	Q [USg/h]	Pmax [psi]		
60	10	15.87	145	40	10	10.58	145	24.7	10	6.53	145	6.63	222-60D
150	4	39.68	58	100	4	26.46	58	6.2	4	16.40	58	13.9	222-150D

GE Power & Water
Water & Process Technologies

TONKAFLO® PUMPS SS SERIES

INSTALLATION, OPERATION, AND
MAINTENANCE MANUAL



For SS5500, SS8500, SS12500
and SS24000 Series Medium
Pressure Tonkaflo Pumps
with G and D Bearing Frames



Find a contact near you by visiting www.gewater.com and clicking on "Contact Us".
Tonkaflo is a Trademark of General Electric Company; may be registered in one or more countries.
©2004, General Electric Company. All rights reserved.

2.2 Maximum Developed Boost Pressure

Table 2.2
Maximum Developed
Boost Pressure

Series	Maximum Developed Pressure psig (bar _g)		Number of Centrifugal Stages	
	60 Hertz	50 Hertz	60 Hertz	50 Hertz
SS5500	225 (15.5)	235 (16.2)	8	12
SS8500	200 (13.8)	210 (14.9)	8	12
SS12500	115 (7.9)	120 (8.3)	4	6
SS24000	100 (6.9)	95 (6.6)	4	4

2.3 Maximum Recommended Operating Temperature

The maximum recommended operating temperature range is 125°F (52°C). The maximum operating temperature is dependent upon the operating pressure. For high temperature applications, consult the factory for available materials of construction.

The maximum recommended temperature is stated on the pump case. The temperature stated is for the design flow and pressure.

2.4 Standard Materials of Construction:

SS: Wetted castings and pump shaft are 316 stainless steel (SS). The pump casing is 316SS. Impellers and diffusers are Noryl except SS24000 Series diffusers which are 316SS. The mechanical seal has a carbon rotating face and a ceramic stationary face. The secondary sealing element of the mechanical seal is Buna-N. The O-rings and diffuser bearings are Buna-N.

2.5 Special Materials of Construction

Optional ethylene propylene (EPDM), Viton*, and Teflon* elastomers are available. Contact the factory.

* Viton and Teflon are trademarks of E.I. DuPont de Nemours and Company, Inc.

2.6 Pump Nomenclature

Model SS5504G		Model SS24004D-50	
SS	Materials of Construction	SS	Materials of Construction
55	Series 5500	240	Series 24000
04	Number of Stages	04	Number of Stages
G	Bearing Frame	D	Bearing Frame
		50	50 Hertz Operation

2.7 Special Liquids

For liquids other than water, aqueous solutions at elevated temperatures or corrosive solutes consult the factory for compatibility.



SERIE JET

BOMBA CENTRÍFUGA DE ACERO INOXIDABLE

Bomba autocebante de acero inoxidable.

La mayor parte de las piezas en contacto con el líquido son en acero inoxidable 304.

Condiciones de operación:

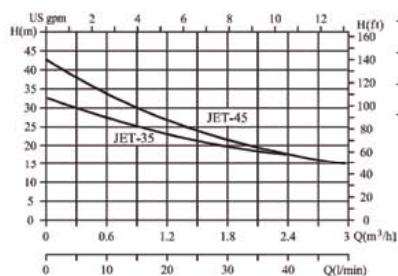
- Temperatura ambiente: 40°C

- Temperatura líquido: 45°C

- Rango de caudal: 3 m³/h

- Máxima altura de aspiración: 7m

- Conexiones de entrada/salida: G1"



CÓDIGO	MODELO	HW	H (M)	CAUDAL						FAMILIA	PRECIO PROFESIONAL
				0	0,6	1,2	1,5	1,8	2,4		
B0-JET45M	JET-45DMSC-1	0,75	43	34	27	24	22	18	15	B	278,00 €

3.3. Tanques de almacenamiento

3.3.1. Biocida, antiincrustante y agua de lavado de filtros



GRUPO ESPAÑA

Su depósito de confianza

Depósitos ecológicos, limpios y fuertes Tels.: 952 496 800 / 629 620 460 E-mail: info@delf.es

Modelos de depósito: **Domésticos hasta 4.000 Litros**

Precios con **Transporte incluido** en la provincia de **Castellón** (compra mínima: 1.000 Euros)

Especialmente indicados para contener agua potable, de riego, pluviales o contra incendios.

Color: Blanco

Conexiones/ Tomas de entrada o salida de agua: No incluidas

Todos los Depósitos de este Catálogo disponen de Registro Sanitario Nº 39.0004020/MA y Certificado  SE0900560

Depósitos **CILÍNDRICOS** en V con **TAPADERA ANCHA**



CAPACIDAD	Ø Ctsms.	Altura Ctsms.	PRECIO Desglosado		PRECIO IVA NO INCLUIDO
			DEPÓSITO	TAPADERA	
110 LTRS.	51	69	36'00	4'00	40'00 €
210 LTRS.	70	74	44'00	5'00	49'00 €
310 LTRS.	78	90	51'00	7'00	58'00 €
530 LTRS.	96	95	68'00	8'00	76'00 €
1.030 LTRS.	114	128	120'00	13'00	133'00 €
2.120 LTRS.	160	125	216'00	22'00	238'00 €
3.100 LTRS.	177	163	322'00	27'00	349'00 €
4,000 LTRS.	187	185	437'00	28'00	465'00 €

Depósitos **RECTANGULARES**



CAPACIDAD	Lados Ctsms.	Altura Ctsms.	PRECIO Desglosado		PRECIO IVA NO INCLUIDO
			DEPÓSITO	TAPADERA	
115 LTRS.	65x65	40	46'00	4'00	50'00 €
210 LTRS.	76x70	52	56'00	7'00	63'00 €
320 LTRS.	104x73	57	64'00	8'00	72'00 €
520 LTRS.	115x91	61	80'00	11'00	91'00 €
1.000 LTRS.	142x109	85	145'00	20'00	165'00 €

Depósitos **CILÍNDRICOS** en V con **TAPADERA ESTRECHA** (Diámetro 60 Ctsms.)



CAPACIDAD	Ø Ctsms.	Altura Ctsms.	Altura Boca	Alto Total	PRECIO
					IVA NO INCLUIDO
1.030 LTRS.	110	135	20	155	225'00 €
2.120 LTRS.	155	130	20	150	355'00 €
3.100 LTRS.	155	165	20	185	480'00 €
4,000 LTRS.	180	190	20	210	635'00 €

Precios Netos con descuentos ya aplicados
OFERTA DE CAMPAÑA 2011

Tarifa Válida para pedidos recibidos antes del
30 de Octubre de 2011

* Reparto incluido sólo para compras superiores a 1.000'00 € en la provincia de Castellón

DEPÓSITOS ESPAÑA
www.depositosespana.com

Su depósito de confianza

GRUPO ESPAÑA

Depósitos ecológicos, limpios y fuertes Tels.: 952 496 800 / 629 620 460 E-mail: info@delf.es

Modelo de depósito: **Vertical con Patas / Fondo Curvo**

Precios con **Transporte incluido** en la provincia de **Castellón**

Especialmente indicados para contener agua potable, de riego, pluviales o contraincendios.

Color: **Blanco o Verde -a elegir-** Conexiones: **2 Incluidas** en el precio -Ubicación y Diámetros a elegir-

Todos los Depósitos de este Catálogo disponen de Registro Sanitario Nº 39.0004020/MA y Certificado C E SE0900560

2 años de Garantía

Precios Netos con descuentos ya aplicados
OFERTA CAMPAÑA 2011
Tarifa Válida para pedidos recibidos antes del
30 de Octubre de 2011



Todos los productos de este catálogo cuentan con la garantía de la empresa líder en ventas de prefabricados en PRFV:

Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio

Delf Grupo España S.L.



Datos de su Distribuidor para la provincia de Castellón :

José Fernando Díaz Morilla
29500 Álora – MÁLAGA
Carretera Álora - El Chorro, Km 2

Teléfonos / Centralita: 952 496 800
Móvil: 629 620 460
Fax: 952 496 900
e-mail: fernandodiaz@delf.es

Horarios de Atención Comercial:
Lunes a Viernes
De 09:00 a 14:00 y de 16:00 a 20:00

CAPACIDAD Litros	Ø Diámetro Metros	Altura Total Metros	Nº de patas	PRECIO IVA NO INCLUIDO
5.000	1'70	2'85	3	1.180'00 €
6.000	1'70	3'29	3	1.230'00 €
7.000	2'12	2'73	3	1.270'00 €
8.000	2'12 2'45	3'02 2'44	3 3	1.370'00 €
10.000	2'12 2'45	3'58 2'86	3 3	1.600'00 €
12.000	2'12 2'45 3'00	4'15 3'30 2'55	3 3 3	1.800'00 €
15.000	2'45 3'00	3'93 2'97	3 3	2.230'00 €
18.000	3'00	3'40	4	2.540'00 €
20.000	2'45 3'00	4'99 3'68	4 4	2.670'00 €
25.000	2'45 3'00	6'05 4'40	5 5	3.200'00 €
30.000	2'45 3'00	7'11 5'10	6 6	3.970'00 €
35.000	3'00	5'80	6	4.620'00 €
40.000	3'00	6'52	6	4.940'00 €
45.000	3'00	7'20	6	5.980'00 €
50.000	3'00	7'90	6	7.010'00 €

La altura de las patas y de la boca Si están incluidas en este listado.

Delf Grupo España S.L.

info@delf.es

Página 4 / 6

3.3.2. Agua osmotizada y agua desmineralizada



Medidas y Capacidades de los Tanques Cilíndricos.

		ANKEROS																			
		Altura (m)																			
		1,250	1,700	2,438	2,978	3,528	4,186	4,814	5,334	6,002	6,542	7,190	7,730	8,378	8,918	9,555	10,109	10,754	11,294	11,842	
		Altura Referencia																			
		01	15	02	25	03	35	04	45	05	55	06	65	07	75	08	85	09	95	10	
Ø (m)	Radio (m)	Ø ref.	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	
3,048	1,524	04	6	10	15	18	23	27	32	38	41	44	49								
3,810	1,905	05	6	15	23	29	36	42	50	56	63	69	77	83	90						
4,572	2,286	06	13	22	33	42	52	61	72	81	91	100	111	120	130	139	150				
5,334	2,667	07	18	30	44	56	71	83	98	110	124	136	151	163	177	189	204	216	230		
6,096	3,048	08	23	39	58	74	93	108	127	143	162	178	197	212	231	247	266	282	301	316	338
6,858	3,429	09	30	49	73	93	117	137	161	181	205	225	249	269	293	313	337	357	381	401	425
7,620	3,810	10	36	61	91	115	145	169	199	224	253	278	307	332	362	386	416	440	470	495	524
8,382	4,191	11	44	74	110	139	175	205	241	271	306	336	372	402	437	467	503	533	569	598	634
9,144	4,572	12	53	88	131	168	209	244	287	322	365	400	443	478	521	556	596	634	677	712	755
9,906	4,953	13	62	103	153	195	245	286	338	378	428	470	519	561	611	653	703	744	794	836	885
10,668	5,334	14	72	120	178	226	284	332	390	438	496	545	602	651	709	757	815	863	921	969	1,027
11,430	5,715	15	82	137	204	259	326	381	448	503	570	625	692	747	813	869	935	991	1,057	1,113	1,179
12,192	6,096	16	93	156	232	296	371	434	509	573	646	711	787	850	926	988	1,064	1,127	1,203	1,268	1,342
12,954	6,477	17	105	177	262	333	415	490	575	648	732	803	888	959	1,045	1,116	1,201	1,273	1,358	1,429	1,515
13,716	6,858	18	118	198	294	374	460	549	645	725	820	900	996	1,076	1,171	1,251	1,347	1,427	1,522	1,602	1,698
14,478	7,239	19	132	221	327	416	523	612	718	807	914	1,003	1,110	1,199	1,305	1,394	1,501	1,590	1,696	1,785	1,892
15,240	7,620	20	146	244	363	461	578	678	796	895	1,013	1,111	1,229	1,328	1,446	1,545	1,663	1,761	1,880	1,978	2,096
16,002	8,001	21	161	269	400	508	630	747	878	986	1,117	1,225	1,355	1,484	1,594	1,703	1,833	1,942	2,072	2,181	2,311
16,764	8,382	22	177	296	439	558	701	820	963	1,082	1,225	1,345	1,488	1,607	1,750	1,869	2,012	2,131	2,274	2,394	2,537
17,526	8,763	23	193	323	480	610	765	896	1,053	1,183	1,339	1,470	1,626	1,756	1,913	2,043	2,199	2,329	2,480	2,616	2,772
18,288	9,144	24	210	352	522	664	834	976	1,146	1,288	1,458	1,600	1,770	1,912	2,083	2,224	2,395	2,536	2,707	2,848	3,019
19,050	9,525	25	228	382	567	721	905	1,059	1,244	1,398	1,582	1,730	1,921	2,075	2,250	2,414	2,568	2,752	2,937	3,091	3,275
19,812	9,906	26	247	413	613	779	979	1,146	1,345	1,512	1,712	1,878	2,078	2,244	2,444	2,611	2,810	2,977	3,177	3,343	3,543
20,574	10,287	27	265	445	661	840	1,056	1,235	1,451	1,630	1,846	2,025	2,241	2,420	2,636	2,815	3,031	3,210	3,426	3,605	3,821
21,336	10,668	28	286	479	711	904	1,136	1,329	1,560	1,753	1,985	2,218	2,410	2,603	2,835	3,028	3,259	3,452	3,694	3,877	4,109
22,098	11,049	29	307	514	762	970	1,218	1,425	1,674	1,881	2,129	2,336	2,585	2,792	3,041	3,248	3,456	3,703	3,952		
22,860	11,430	30	328	550	816	1,038	1,304	1,525	1,791	2,013	2,279	2,500	2,766	2,988	3,254	3,476	3,742	3,963			
23,622	11,811	31	351	587	871	1,108	1,392	1,629	1,913	2,149	2,433	2,670	2,954	3,190	3,474	3,711	3,995				
24,384	12,192	32	374	626	928	1,181	1,483	1,735	2,038	2,290	2,593	2,845	3,147	3,400	3,702	3,954					
25,146	12,573	33	397	665	987	1,255	1,577	1,845	2,167	2,435	2,757	3,025	3,347	3,615	3,937						
25,908	12,954	34	422	706	1,048	1,333	1,674	1,959	2,301	2,585	2,927	3,212	3,553	3,838							
26,670	13,335	35	447	749	1,111	1,412	1,774	2,076	2,438	2,740	3,102	3,403	3,765	4,067							
27,432	13,716	36	473	792	1,175	1,494	1,877	2,196	2,578	2,886	3,281	3,601	3,984								
28,194	14,097	37	499	837	1,241	1,578	1,983	2,320	2,725	3,062	3,468	3,803									
28,956	14,478	38	527	882	1,309	1,665	2,091	2,447	2,874	3,229	3,656	4,012									
29,718	14,859	39	555	929	1,379	1,754	2,203	2,578	3,027	3,402	3,851										
30,480	15,240	40	584	978	1,451	1,845	2,317	2,711	3,184	3,576	4,051										

fuente: Tankeros S.L.

3.4. Fichas técnicas

3.4.1. Biocida

Genesol 32
Biocida para membranas/Conservante

GENESYS
INTERNATIONAL

www.genesysro.es

Soluciones

Eficaz frente a biofouling



Conservante



- ✓ Para uso en instalaciones de Osmosis Inversa (OI) y Nanofiltración (NF)
- ✓ Efectivo frente a la mayoría de microorganismos
- ✓ Larga duración
- ✓ Compatible con membranas de poliamida
- ✓ Desactivación sencilla en subproductos inocuos
- ✓ Puede emplearse en limpieza de sistemas de pretratamiento
- ✓ Puede emplearse para la conservación y almacenaje de membranas

Características

Apariencia: líquido amarillo pálido
 pH (suministro): 3.0 - 5.0
 Densidad: 1.04 - 1.09
 P. congelación: < - 1°C

Descripción

Genesol 32 es un biocida de amplio espectro empleado en la limpieza de sistemas de Ósmosis Inversa y Nanofiltración. Puede usarse tanto en línea como fuera de línea para la eliminación del biofouling o ensuciamiento microbiológico. Genesol 32 sólo puede usarse fuera de línea en instalaciones de producción de agua para consumo. Genesol 32 puede usarse también en el pretratamiento para prevenir problemas de ensuciamiento en bombas, depósitos y tuberías. Puede desactivarse en subproductos inocuos usando bisulfito sódico.

Guía de aplicación

En la limpieza de membranas (fuera de línea), deben dosificarse a razón de 1.000-1.500 mg/L durante 6-8 horas. Posteriormente las membranas deben ser aclaradas y limpiadas con un detergente alcalino como el Genesol 36 o Genesol 40. Cuando se usa en línea, deben dosificarse 700-1.000 mg/L durante 8-12 horas cada 5-21 días (en función del ensuciamiento). Genesol 32 es un excelente bacteriostático y puede emplearse para preservar y conservar membranas. La concentración de uso dependerá de la duración prevista del almacenamiento según se especifica en la tabla siguiente:

24-36 horas:	300 mg/L (0,03%)	1-4 semanas:	800 mg/L (0,08%)
36-168 horas:	500 mg/L (0,05%)	1-6 meses:	1.000 mg/L (0,1%)

* Debe prepararse una nueva solución cada 6 meses

Genesol 32 puede dosificarse puro o diluido al ser miscible en agua en cualquier proporción.

Seguridad y uso

Genesol 32 es una solución acuosa que contiene mezcla de isotiazolonas. Es corrosivo frente a aceros al carbono y otros metales /aleaciones por lo que las bombas, tuberías y depósitos deben estar construidos con materiales resistentes a los ácidos. La ficha de seguridad del producto está disponible bajo pedido.

Clasificación

CPL: Irritante | UN: No clasificado

Envasado y caducidad

Disponible en envases de 5 Kg, 25 Kg y 200 Kg. El periodo máximo de almacenaje recomendado es de 12 meses.

Información adicional:

Genesys Membrane Products S.L.
 C/ Londres 38, Oficina 204
 28232 Las Rozas, Madrid (España)
 Tel: + 34 91 666 73 16
 E-mail: genesys@genesysro.es
www.genesysro.es

Genesys International - UK
 Genesys Latin America - Chile
 Genesys Middle East - Jordan
 Genesys North America - USA
 Genesys Pacific - Singapore

Según nuestros conocimientos la información facilitada en esta ficha técnica se considera verdadera y exacta. Genesys Membrane Products S.L. no acepta ningún tipo de responsabilidad ya que el empleo de estos productos está fuera del control de nuestra compañía.

PQ-FT-GE 32 spa Ed.4

3.4.2. *Antiincrustante*

Genesys MP


Broad Spectrum Antiscalant

www.genesysro.com


G E N E S Y S
I N T E R N A T I O N A L

The Complete Solution

Inhibits Scale formation



Prevents Iron Fouling



- ✓ Suitable for Reverse Osmosis (RO) and Nano-Filtration (NF) membranes
- ✓ Effective at LSI up to +2.3
- ✓ Excellent inhibitor for iron fouling
- ✓ Excellent silica antiscalant
- ✓ Drinking water approval from NSF.
- ✓ Compatible with all types of polyamide membrane
- ✓ Replaces acid addition
- ✓ Inhibits common scales
 - ▶ Calcium carbonate/sulphate
 - ▶ Calcium phosphate
 - ▶ Barium/Strontium sulphate
 - ▶ Silica
 - ▶ Iron/Manganese

Description

Genesys MP is a broad spectrum liquid antiscalant for municipal Reverse Osmosis and Nano-filtration systems. It is effective in brackish and sea water applications preventing inorganic scale, particularly calcium carbonate, iron and silica thus reducing the frequency of membrane replacement and cleaning. Genesys MP is effective at a Langelier Saturation Index (LSI) of +2.3 which means that systems can be designed and operated at their optimum recovery rates. By reducing the amount of feed water used and concentrate to be discharged, significant savings can be made to both capital and operational costs.

Application Guide

Genesys MP should be dosed continuously to the feed water upstream of the cartridge filters. Typical dosage rates are 1 – 5 mg/L. Under NSF listing the Genesys MP dose rate in the feed water should be less than 5 mg/L in potable water systems. The optimum dosage rate can be calculated using the Genesys Membrane Master[®] software. Genesys MP can be diluted and is fully miscible with water in all proportions.

Health and Safety

Genesys MP is an aqueous solution of neutralised phosphonic acid. It has been approved for use in potable water applications and does not contribute to assimilable organic carbon (AOC), which can act as source of nutrient for micro-organisms. Genesys MP is compatible with carbon steel and other commonly used materials of construction.

Classification


CHIP: Not Classified | UN: Non Hazardous

Typical properties

Appearance:	straw coloured liquid
pH as supplied:	9.8 - 10.2
Specific gravity:	1.28 - 1.30
Freezing point:	< - 5°C

Packaging

Available in 25 kg kegs, 250 kg drums, 1,300 kg IBCs. The 'shelf life' is two years under normal storage conditions.



THE QUEEN'S AWARDS
FOR ENTERPRISE
2008

For more information contact:

Genesys International Ltd.
3A Aston Way, Midpoint 18,
Middlewich, Cheshire, CW10 0HS, UK
E-mail: info@genesysro.com
www.genesysro.com

Genesys Latin America - Chile
Genesys North America - USA
Genesys Membrane Products - Spain

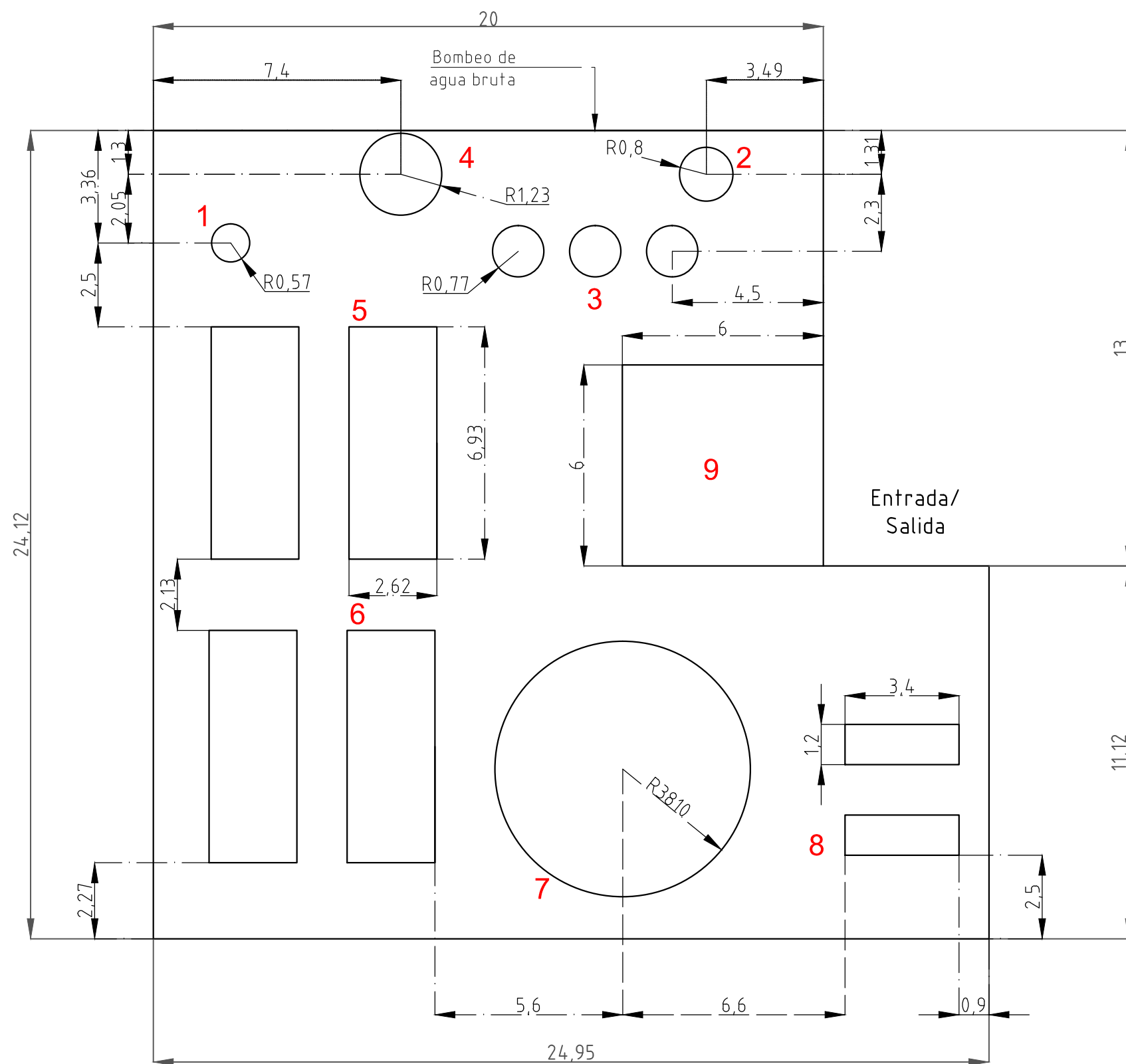
Release 03/11/2010

The information provided in this data sheet is believed to be true and accurate.
Genesys International Ltd. accepts no product liability as the use of its products are outside the company's control.

4. Planos

Índice

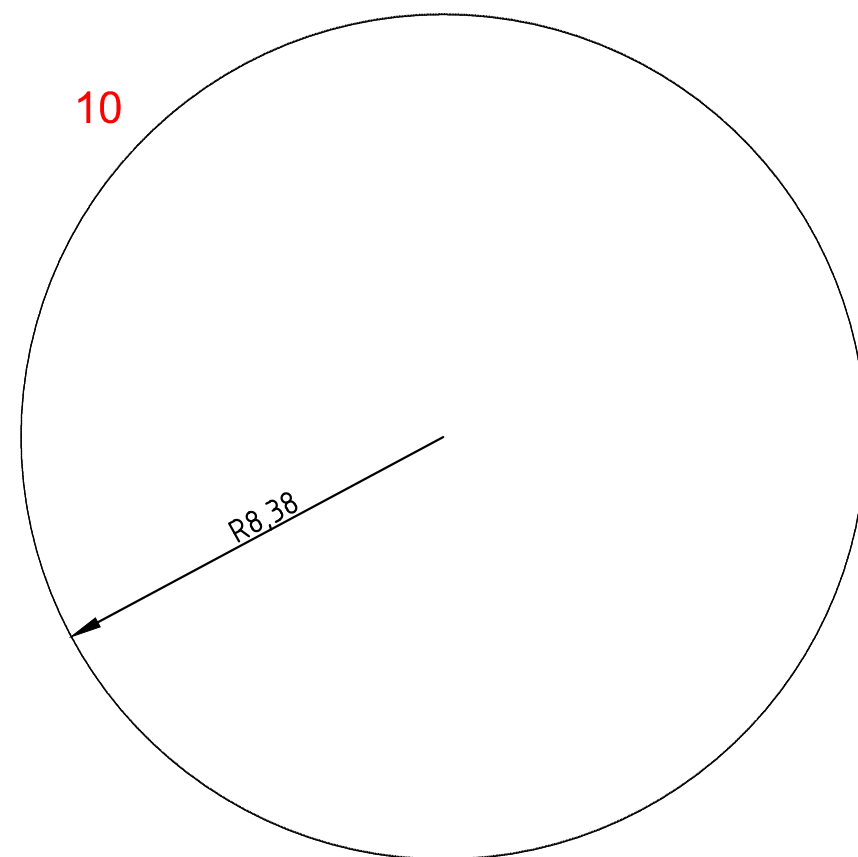
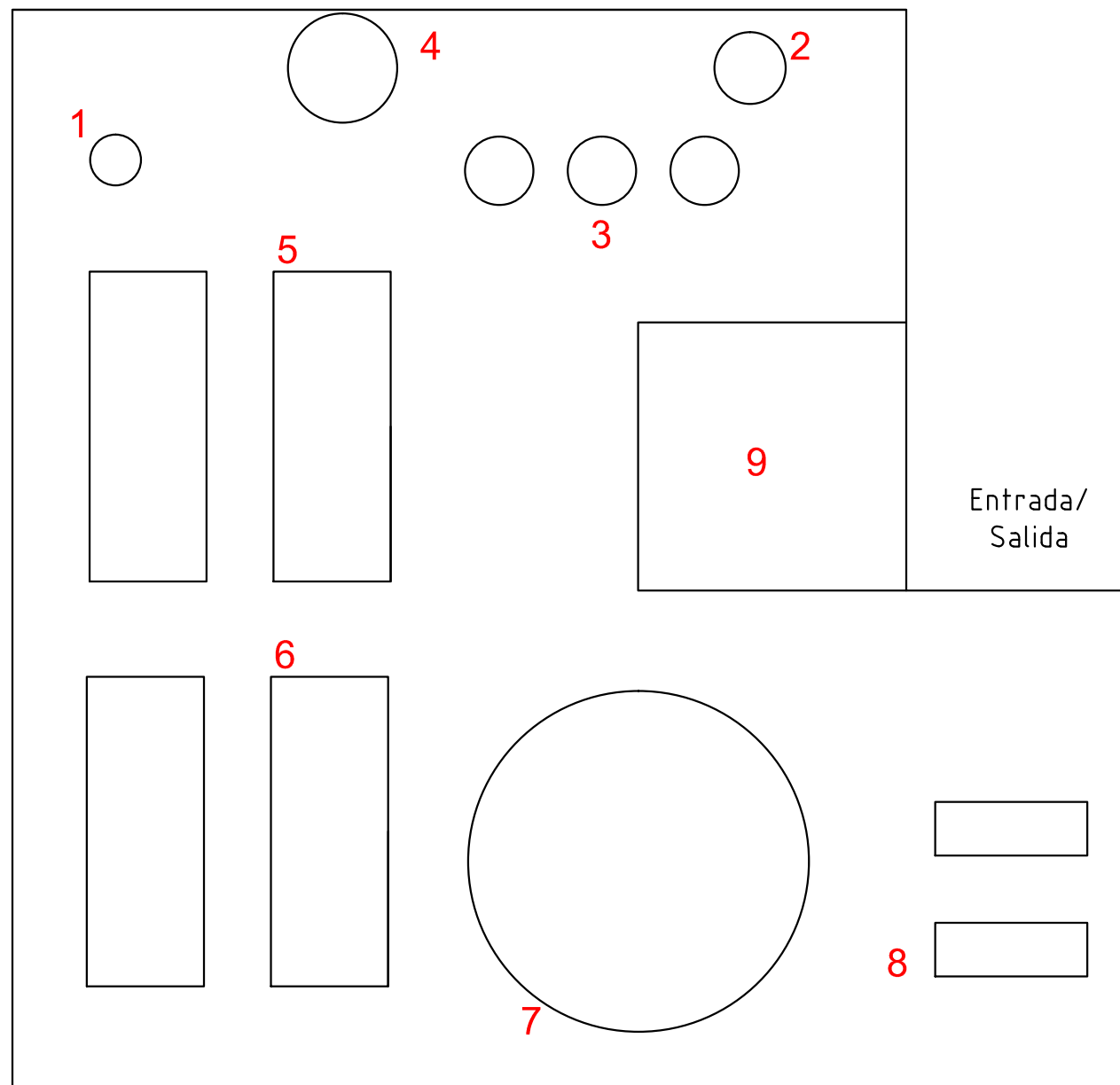
1. Plano en detalle de la planta
2. Plano con el tanque de agua desmineralizada



9	Laboratorio
8	Módulos de EDI
7	Tanque de agua osmotizada
6	Líneas de OI 2º paso
5	Líneas de OI 1º paso
4	Tanque de lavado de filtros
3	Filtros multimedia
2	Tanque de biocida
1	Tanque de antiincrustante

Código	Objeto
--------	--------

<table border="1"> <tr> <td>Escala</td> <td rowspan="2">Distribución del interior de la planta</td> <td>Unidades</td> </tr> <tr> <td>1:100</td> <td>m</td> </tr> </table>	Escala	Distribución del interior de la planta	Unidades	1:100	m	<table border="1"> <tr> <td>A3</td> <td>Autor:</td> <td>Nº plano</td> </tr> <tr> <td></td> <td>César Arnau Segarra</td> <td>1</td> </tr> </table>	A3	Autor:	Nº plano		César Arnau Segarra	1	<table border="1"> <tr> <td>Julio de 2015</td> </tr> </table>	Julio de 2015
Escala	Distribución del interior de la planta		Unidades											
1:100		m												
A3	Autor:	Nº plano												
	César Arnau Segarra	1												
Julio de 2015														



10	Tanque de agua demi
9	Laboratorio
8	Módulos de EDI
7	Tanque de agua osmotizada
6	Líneas de OI 2º paso
5	Líneas de OI 1º paso
4	Tanque de lavado de filtros
3	Filtros multimedia
2	Tanque de biocida
1	Tanque de antiincrustante

Código	Objeto
--------	--------

Escala	Distribución del exterior de la planta		Unidades
1:150			m
	A3	Autor: César Arnau Segarra	Nº plano 2
		Julio de 2015	

5. Pliego de condiciones

Índice

1. Especificaciones de los materiales e instalaciones de las obras.....	2
1.1. Instalación de fontanería.....	4
1.2. Instalación eléctrica.....	5
1.3. Especificaciones generales sobre las obras.....	6
1.4. Medidas de seguridad.....	7
2. Especificaciones sobre el contrato entre el Contratista y el Promotor.....	8
2.1. Formalización del contrato.....	8
2.2. Responsabilidad del Contratista.....	8
2.3. Rescisión del contrato.....	10
2.3.1. Causas de rescisión del contrato.....	10
2.3.2. Liquidación en caso de rescisión.....	11
2.4. Cumplimiento del contrato.....	12
3. Especificaciones de índole económico.....	14

1. Especificaciones de los materiales e instalaciones de las obras

Los elementos que se emplearán para la puesta en marcha de la planta son los siguientes:

- Depósito para el almacenamiento de antiincrustante.
- Depósito para el almacenamiento de biocida.
- Filtros de profundidad.
- Depósito de agua de lavado de filtros de profundidad.
- Equipos de Ósmosis Inversa
- Depósito para el almacenamiento de agua osmotizada
- Equipos de EDI
- Depósito de agua desmineralizada

Para la correcta manipulación de los productos químicos deberán seguirse las especificaciones que se encuentren en la ficha técnica de cada sustancia y en el apartado correspondiente de este proyecto.

En el caso del antiincrustante:

- Dosificación: aplicar el producto en la corriente especificada y en el rango de dosis recomendado por el fabricante.
- No está clasificado como material peligroso para el ser humano
- Materiales: no es corrosivo, compatible con aceros al carbono y otros materiales comunes en la construcción.

En el caso del biocida:

- Dosificación: en línea o fuera de línea según las especificaciones de concentración y tiempo de aplicación recomendadas por el fabricante.
- Clasificado como irritante, se recomienda la manipulación con elementos de protección como gafas de seguridad y guantes.

Diseño de una planta de producción de agua de proceso para una C.T.C.C.

- Materiales: corrosivo frente a aceros al carbono. Las bombas, tuberías y depósitos deben ser construidos con materiales resistentes a los ácidos

Para la correcta instalación y operación de los equipos deben seguirse las especificaciones de los catálogos y manuales de usuario redactados por el fabricante.

Todas las partes de la maquinaria que deben estar en contacto con los elementos a tratar, serán de material inalterable, con superficie lisa y fácilmente limpiable. De la misma manera, el exterior de la maquinaria deberá estar esmaltado o cubierto de material inalterable y sin ángulos entrantes que impidan una limpieza perfecta.

Los elementos móviles deberán estar provistos de los debidos dispositivos de protección para el manejo del operador. Los rendimientos de cada máquina se ajustarán a los que se han fijado en el Proyecto. Si en condiciones de trabajo normales una máquina, con fuerza de acondicionamiento suficiente y manejada de acuerdo con las instrucciones, no diera el rendimiento garantizado, se comunicará a la casa vendedora para que comunique las deficiencias y haga las modificaciones oportunas.

Si en el plazo de un mes, estas deficiencias no fueran subsanadas, la empresa se hará cargo de la maquinaria, puesta, embalada en la estación más próxima a la residencia del cliente, devolviendo el mismo importe que haya pagado, o suministrándole a elección de éste, en sustitución de la maquinaria retirada, otra de rendimiento correcto.

Todos los materiales que entren en la formación de la obra, y para los cuales existan disposiciones oficiales que reglamenten la recepción, transporte, manipulación o empleo, deberán satisfacer las que estén en vigor durante la ejecución de las obras.

Serán de cuenta de la empresa suministradora el transporte, embalaje, derechos de aduanas, riesgos, seguros e impuestos hasta que la maquinaria se encuentre en el lugar de su emplazamiento. El montaje será por cuenta de la casa vendedora, si bien el promotor proporcionará las escaleras, instalación eléctrica, herramienta gruesa y material de albañilería, carpintería y cerrajería necesaria para el montaje, así como personal auxiliar para ayudar al especializado que enviará la empresa suministradora.

El plazo que para la entrega de maquinaria pacte el promotor con el vendedor de la misma, no podrá ser ampliado más que por causa de fuerza mayor, como huelgas, lock-out, movilización del ejército, guerra o revolución. Si el retraso es imputable a la casa vendedora, el promotor tendrá derecho a un 1% de rebaja en el precio por cada semana de retraso como compensación por los perjuicios ocasionados.

Será por cuenta de la entidad vendedora suministrar los aparatos y útiles precisos para ejecutar las pruebas de las máquinas y verificar las comprobaciones necesarias, siendo de su cuenta los gastos que originen éstas.

En cada máquina o grupo de máquinas, se establecerá una fecha de prueba con el objeto de poder efectuar la recepción provisional, para el plazo mínimo de garantía de un año, en el cual su funcionamiento ha de ser perfecto, comprometiéndose la empresa suministradora a reponer por su cuenta las piezas que aparezcan deterioradas a causa de una defectuosa construcción o instalación y a subsanar por su cuenta las anomalías o irregularidades de funcionamiento que impidan su uso normal.

1.1.Instalación de fontanería

Las tuberías cumplirán las especificaciones contenidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para tuberías de abastecimiento de agua vigente.

Las piezas especiales, serán capaces de soportar presiones de prueba y trabajo iguales a las tuberías en que hayan de instalarse. El cuerpo principal de estos elementos, será del material indicado en los Planos, y si no se especificase en éstos, serán del material que garantice el fabricante de reconocida solvencia nacional, previa aprobación del Director de las Obras, quien también ha de autorizar los modelos a utilizar. En todo caso, el acabado de las piezas especiales, será perfecto y de funcionamiento, durabilidad y resistencia. Deberán acreditarse mediante los oportunos certificados oficiales.

La superficie interior de cualquier elemento, sea tubería o pieza especial, será lisa, no pudiendo admitirse otros defectos de regularidad que los de carácter accidental o local que queden dentro de las tolerancias prescritas y que no representen ninguna merma de la calidad de circulación de agua. La reparación de tales desperfectos no se realizará sin la previa autorización del Director de Obras.

Los tubos y demás elementos de las conducciones y redes, estarán bien terminados, con espesores regulares y cuidadosamente trabajados y deberán resistir sin daños todos los esfuerzos que estén llamados a soportar en servicio y durante las pruebas. Los elementos que conduzcan agua potable, no producirán en ella, ninguna alteración de las cualidades organolépticas, físicas, químicas o bacteriológicas.

1.2.Instalación eléctrica

Para el montaje eléctrico y el suministro de material, se seguirá el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, Real Decreto 842/2002, 2 de Agosto.

Las instalaciones eléctricas serán ejecutadas por la empresa especializada, en posesión de todos los requisitos que establece la legislación vigente. Toda la documentación acreditativa será presentada por el Director de las Obras para que pueda emitir la oportuna autorización de comienzo de los trabajos.

Todo el personal que intervenga en cualquier ejecución en cualquier parte de las instalaciones eléctricas, aunque sea accesoria, deberá estar en posesión de los oportunos certificados de calificación profesional. Será condición necesaria para que la dirección autorice su intervención en los trabajos, la entrega de una copia, autenticada por la empresa especializada, de los certificados mencionados, así como la justificación de estar de alta en el Libro de Matrícula.

Antes de iniciar la obra, el Contratista presentará unos planos de detalle que indiquen preferentemente una situación real de los recorridos de canalizaciones y conductores. Al finalizar la obra, presentará los mismos planos corregidos en la forma como se hizo.

El Contratista realizará, firmará y presentará el proyecto eléctrico oficial a su cargo, para su redacción usará sus propios planos, pudiendo incorporar y usar los planos y documentos restantes que le son facilitados para la licitación y para idea general de la instalación a realizar. Por tanto el Contratista considera en sus precios unitarios, el coste de la documentación y trámites que se le solicitan.

El Contratista eléctrico coordinará con los suministradores de maquinaria en relación con la situación definitiva y con los accesorios de protección y mando que están incluidos con las máquinas, para que la instalación eléctrica en lace con la propia de la maquinaria, en función de las unidades de obra consideradas en electricidad.

Se cumplirán todas las precauciones necesarias para evitar accidentes durante las pruebas parciales o totales de las instalaciones eléctricas. No se permitirá que existan conductores o elementos que puedan transmitir energía eléctrica, sin los oportunos aislamientos, aun cuando no estén conexiónados o fuentes en servicio.

1.3. Especificaciones generales sobre las obras

Los demás materiales que se emplean en las obras objeto de este Proyecto, y que no hayan sido específicamente tratados en el presente capítulo, serán de probada calidad entre los de su clase, en armonía con las aplicaciones que hayan de recibir y con las adecuadas características que exige su correcta conservación, utilización y servicio.

Deberán cumplir las exigencias que figuran en la Memoria así como las condiciones que, aún figurando explícitamente, sean necesarias para cumplir y respetar el espíritu en intención del proyecto. En todo caso, estos materiales serán sometidos al estudio y aprobación, si procede, del Director de Obras, quién podrá exigir cuantos catálogos, referencias, muestras, informes y certificados que los correspondientes fabricantes estimen necesarios. Si la información no se considerase suficiente, podrán exigirse los ensayos oficiales oportunos de los materiales a utilizar.

Todas las obras comprendidas en el presente proyecto, se ejecutarán de acuerdo con los planos y órdenes del Director de Obras, quien resolverá las cuestiones que se planteen referentes a la interpretación de aquellos y de las condiciones de ejecución. El Director de la Obra suministrará al Contratista cuanta información precise para que las obras puedan ser realizadas.

El orden de ejecución de los trabajos deberá ser aprobado por el Director de Obras y será compatible con los plazos programados. Antes de iniciar cualquier obra, deberá el contratista ponerlo en conocimiento del Director y recabar su autorización.

Independientemente de las condiciones particulares o específicas que se exijan a los equipos necesarios para ejecutar las obras en los apartados del presente Pliego, todos los equipos que se empleen en la ejecución de las obras deberán cumplir, en todo caso, las condiciones generales siguientes:

- Deberán estar disponibles con suficiente antelación al comienzo del trabajo correspondiente, para que puedan ser examinados y aprobados, en su caso, por el Director de Obras.
- Después de aprobado un equipo por el Director de Obras, deberá mantenerse en todo momento, en condiciones de trabajo satisfactorias, haciendo las sustituciones o reparaciones necesarias para ello.

- Si durante la ejecución de las obras, el Director observa, que por cambio de las condiciones de trabajo o por cualquier otro motivo, el equipo o equipos aprobados no son idóneos al fin propuesto, deberán ser sustituidos por otro u otros que lo sean.

1.4. Medidas de seguridad

El Contratista deberá atenerse a las disposiciones vigentes sobre Seguridad e Higiene en el trabajo. Como elemento primordial de seguridad se establecerá toda la señalización necesaria, tanto durante el desarrollo de las obras, como durante su explotación, haciendo referencias bien a peligros existentes o a las limitaciones de las estructuras. Para ello se utilizarán, cuando existan, las correspondientes señales vigentes establecidas por el Ministerio de Obras y Urbanismo y en su defecto, por otros Departamentos Nacionales y Organismos Internacionales.

Para todo aquello no detallado expresamente en los apartados anteriores, y en especial sobre las condiciones que deberán reunir los materiales que se empleen en la obra, así como la ejecución de cada unidad de obra y las normas para su medición y valoración, regirá el Pliego de Condiciones Técnicas de la dirección General de Arquitectura.

2. Especificaciones sobre el contrato entre el Contratista y el Promotor

2.1. Formalización del contrato

En general, los contratos se formalizarán mediante documento privado, que podrá elevarse a elección de escritura pública a petición de cualquiera de las partes y con arreglo a las disposiciones vigentes. Será de cuenta del adjudicatario todos los gastos que ocasionen la extensión del documento en que se consigne la contrata.

2.2. Responsabilidad del contratista

El director de las Obras está facultado para decidir la exclusión de un destajista por ser incompetente o no reunir las condiciones necesarias. Comunicada esta decisión al Contratista, este deberá tomar las medidas precisas e inmediatas para la rescisión de este trabajo. El contratista será siempre responsable ante el Director de las Obras de todas las actividades de los detallistas y de las obligaciones derivadas del cumplimiento de las condiciones expresadas en este Pliego.

El Director de las Obras, podrá introducir en el proyecto, antes de empezar las obras o durante su ejecución, las modificaciones que sean precisas para la normal construcción de las mismas, aunque no se hayan previsto en el proyecto, y siempre que lo sean sin separarse de su espíritu y recta interpretación. También podrá introducir aquellas modificaciones que produzcan aumento o disminución y aún supresión de las cantidades de obra, marcadas en el Presupuesto o sustitución de una cantidad de obra por otra, siempre que ésta sea de las comprendidas en el Contrato. Todas estas modificaciones serán obligatorias para el Contratista siempre que, a los precios del contrato, sin ulteriores revisiones, no alteren el Presupuesto de Adjudicación en más de los porcentajes previstos en la Ley de Contratos del Estado y su reglamento de Aplicación vigentes, tanto por exceso como por defecto. En este caso, el Contratista no tendrá derecho a ninguna variación en los precios, ni a las indemnizaciones de ningún género

Diseño de una planta de producción de agua de proceso para una C.T.C.C.

por supuestos perjuicios que le puedan ocasionar las modificaciones en el número de unidades de obra o en plazo de ejecución.

El Contratista queda comprometido a conservar por su cuenta, hasta que sean recibidas provisionalmente, todas las obras que integran el Proyecto. Así mismo, queda obligado a la conservación de las obras durante el plazo de garantía de un año, a partir de la fecha de recepción provisional. Durante este plazo deberá realizarse cuantos trabajos sean precisos para mantener las obras ejecutadas en perfecto estado.

Si el Contratista, o su representante, no compareciesen el día y hora señalados por el Director de las Obras para ejecutar las pruebas y el reconocimiento previo a una recepción, se le volverá a citar fehacientemente y, si tampoco esta segunda vez, se harán las pruebas y el reconocimiento en ausencia suya, haciéndola constar así en el Acta a la que se adjuntará el acuse de recibo de la citación.

El Contratista deberá obtener a su costa, todos los permisos y licencias necesarios para la ejecución de las obras, con excepción de los correspondientes a la obtención de los terrenos donde se ubicarán las obras.

El Contratista podrá a sus expensas, pero dentro de las oficinas del Director de las Obras, sacar copias de los documentos del proyecto, cuyos originales le será facilitados por el Director, el cual autorizará con su firma las copias, si así lo conviniese con el Contratista. También tendrá derecho a sacar copias de los perfiles de replanteo, así como de las relaciones valoradas que se formulen mensualmente y de las certificaciones expedidas.

El Contratista tendrá derecho a que se le acuse de recibo, si lo solicita, de las reclamaciones que dirija al Director de las Obras y al mismo tiempo, estará obligado a devolver al mismo, ya originales, ya copias, de todas las órdenes que de él reciba, poniendo al pie "el enterado".

En caso de accidentes ocurridos a los operarios, con motivo y en ejercicio de los trabajos para la ejecución de las obras, el Contratista se atenderá a lo dispuesto en la legislación vigente, siendo en todo caso único responsable de su incumplimiento y sin que por ningún concepto pueda quedar afectada la propiedad, por responsabilidades de cualquier aspecto.

El Contratista está obligado a adoptar las medidas de seguridad que las disposiciones vigentes preceptúan, para evitar en lo posible accidentes a obreros o a los viandantes, no

solo en los andamios, sino en todos los lugares peligrosos de la obra, huecos de escalera, etc. De los accidentes y perjuicios de todo género que, por no cumplir el Contratista lo legislado sobre la materia, pudieran acaecer o sobrevenir, será éste el único responsable, o sus representantes de la obra, ya que se considera que en los precios contratados están incluidos todos los gastos y precios para cumplimentar debidamente dichas disposiciones legales.

El Contratista será responsable de todos los accidentes que por inexperiencia o descuido sobrevinieran tanto en la edificación donde se efectúen las obras, como en las auxiliares. Será, por tanto, de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiera lugar, de todos los daños y perjuicios que puedan causar las operaciones de ejecución de las obras.

2.3. Rescisión del contrato

La rescisión, si se produjera, se regirá por el Reglamento General de Contratación para la aplicación de la Ley de Contratos del Estado, por el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales y demás disposiciones vigentes.

En caso de rescisión por incumplimiento del Contrato por parte del Contratista, los medios auxiliares de éste podrán ser utilizados gratuitamente, por la entidad a cuyo cargo se realizan las obras, para la terminación de las mismas. Todos estos medios auxiliares quedarán en poder del Contratista, una vez terminadas las obras, quien no tendrá derecho a reclamación alguna por los desperfectos a que su utilización haya dado lugar.

2.3.1. Causas de rescisión del contrato

Serán causas de rescisión las siguientes: la muerte o incapacitación del Contratista, la quiebra del Contratista, las alteraciones del contrato por las causas siguientes:

- La modificación del Proyecto en tal forma que represente alteraciones fundamentales a juicio del Director de Construcción, y en cualquier caso,

siempre que la variación del presupuesto, como consecuencia de estas modificaciones, represente en más o en menos del 25% como mínimo del importe de aquél.

- Las modificaciones de unidades de obras siempre que éstas representen variaciones en más o menos del 40% como mínimo de algunas de las unidades que figuran en las mediciones del Proyecto, o en más de un 59% de unidades de Proyecto.
- La suspensión de obra comenzada, y en todo caso, siempre que por causas ajenas a la contrata no se dé comienzo, a la obra adjudicada en el plazo de tres meses a partir de la adjudicación en este caso, la devolución de fianza será automática.
- El no dar comienzo la contrata a los trabajos dentro del plazo señalado. - El incumplimiento de las condiciones del contrato, cuando implique descuido o mala fe con perjuicio de las obras. - La terminación del plazo de la ejecución de la obra.
- El abandono de la obra sin causa justificada.
- La mala fe en la ejecución de los trabajos.

2.3.2. Liquidación en caso de rescisión

Siempre que se rescinda el contrato por causa ajena, a falta de cumplimiento del Contratista, se abonará a éste todas las obras ejecutadas con arreglo a las condiciones prescritas y todos los materiales a pie de obra pendiente de ejecución y aplicándose a éstos, los precios que fija el Ingeniero.

Cuando la rescisión de la contrata, sea por incumplimiento del Contratista se abonará la obra hecha si es de recibo, y los materiales acopiadas al pie de la misma, que reúnan las debidas condiciones y sean necesarios para la misma, sin que, mientras duren estas negociaciones pueda entorpecer la marcha de los trabajos.

Correrán por cuenta del Contratista los impuestos del timbre y Derechos Reales, que se devenguen por el contrato. Si se exigiese alguno de estos impuestos al propietario, le

será, integrados por el Contratista, así como las multas e intereses por demora en el pago.

En todo caso, lo no especificado en el presente Pliego de Condiciones y siempre que no se contradiga al mismo, se atenderá en lo estipulado en el Pliego de Condiciones Varias de la Edificación, de la Dirección General de Arquitectura, así como la vigente Ley de Contratos del Estado, que por tanto se considera forma parte del presente Pliego de Condiciones.

Todo desacuerdo sobre las cláusulas de Contrato y del presente Pliego de Condiciones, que se promoviesen entre el Contratista y el Propietario, será resuelto con arreglo a los requisitos y en la forma prevista por la vigente Ley de Enjuiciamiento Civil.

Lo mencionado en el Pliego de Condiciones y omitido en los Planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesta en ambos documentos. En caso de duda u omisión en cualquiera de los documentos del Proyecto, el Contratista se compromete a seguir en todo caso, las instrucciones de la Dirección facultativa, para que la obra se haga con arreglo a las buenas prácticas de las construcciones. El Contratista no queda eximido de la obligación de ejecutadas.

2.4. Cumplimiento del contrato

El contrato se entenderá cumplido por el contratista cuando éste haya realizado la totalidad de su objeto, de conformidad con lo establecido en los documentos contractuales y se hubiera formalizado el correspondiente acta de recepción.

3. Especificaciones de índole económico

Todas las unidades de obra se medirán y abonarán por volumen, superficie, longitud, peso o unidad, de acuerdo a como figuran especificadas en el Estado de Mediciones. Para las unidades nuevas que puedan surgir y para las que sea preciso la redacción de un precio contradictorio, se especificarán claramente al acordarse éste el modo de abono, en otro caso, se establecerá lo admitido en la práctica habitual o costumbre de la construcción.

Si el Contratista construye mayor volumen de cualquier clase de fábrica que el correspondiente a los dibujos que figuran en los Planos, o de sus reformas autorizadas (ya sea por efectuar mal la excavación, por error, por su conveniencia, por alguna causa imprevista o por cualquier otro motivo) no será de abono ese exceso de obra.

Si a juicio del Director de las Obras, ese exceso de obra resultase perjudicial, el Contratista tendrá la obligación de demoler la obra a su costa y rehacerla nuevamente con las dimensiones debidas. En caso de que se trate de un aumento excesivo de excavación, que no pueda subsanarse con la demolición de la obra ejecutada, el Contratista quedará obligado a corregir este defecto, de acuerdo con las normas que dicte el Director de Obras, sin que tenga derecho a exigir indemnización por estos trabajos.

Es obligación del Contratista la conservación de todas las obras y por consiguiente, la reparación o reconstrucción de aquellas partes que hayan sufrido daños o que se compruebe que no reúne las condiciones exigidas por este Pliego. Para estas reparaciones se atenderá estrictamente a las instrucciones que reciba del Director de las Obras.

Esta obligación del Contratista de la conservación de todas las obras, se extiende igualmente a los acopios que se hayan certificado, corresponden pues, al Contratista, el almacenaje y guardería de los acopios y reposición de aquellos que se hayan perdido, destruido o dañado, cualquiera que sea la causa. En ningún caso el Contratista tendrá derecho a reclamar fundándose en insuficiencia de precios o en falta de expresión, en la valoración de la obra o en el Pliego de Condiciones, explícita de algún material u operación necesaria para la ejecución de una unidad de obra.

6. Estado de mediciones

Índice

1. Estado de mediciones.....	2
1.1. Elementos participantes en el proceso de tratamiento de aguas.....	2
1.2. Elementos del laboratorio de control.....	3
1.3. Obra civil.....	3

1. Estado de mediciones

El Estado de Mediciones constituye el sexto documento básico del proyecto, y su objetivo es definir el conjunto de operaciones que se realizan sobre cada unidad de obra con el fin de obtener su cantidad. Recoge una serie de elementos como el número de unidades, modelos, características, dimensiones etc, de las unidades necesarias para la puesta en marcha y construcción de la planta.

1.1.Elementos participantes en el proceso de tratamiento de aguas

Tabla 1.1 Estado de mediciones para equipamiento de la planta

Elemento	Unidades
Depósito cilíndrico en V con tapadera ancha fabricado en PRFV de 2.020 litros de capacidad para el almacenamiento de biocida de 1,60m de diámetro y 1,25m de alto de Delf Grupo España S.L.	1
Depósito cilíndrico en V con tapadera ancha fabricado en PRFV de 1.030 litros de capacidad para el almacenamiento de antiincrustante de 1,14m de diámetro y 1,28m de alto de Delf Grupo España S.L.	1
Filtros de profundidad de arena-antracita fabricados en PRFV de 1,53m de diámetro y 2,4m de altura. SIAN/150 de Erie Aquatecnic	3
Equipo de Ósmosis Inversa de dimensiones en metros 6,93x2,62x1,93 Modelo E8-216K-50hz de General Electric, fabricado en acero al carbono pintado.	4
Módulo de EDI de dimensiones en metros 3,4x1,2x2,1 Modelo GEMK3-9 EU de General Electric	2
Depósito vertical con patas y fondo curvo fabricado en PRFV para almacenar agua de lavado de filtros de 3m de diámetro y 3,68m de altura y 20 m ³ de volumen de Delf Grupo España S.L.	1
Depósito cilíndrico para el almacenamiento de agua osmotizada fabricado en acero galvanizado de 7,62m de diámetro y 10,1m de altura y 440 m ³ de volumen, de Tankeros.	1
Depósito cilíndrico para el almacenamiento de agua desmineralizada fabricado en acero galvanizado de 16,76m de diámetro y 9,57m de altura y 2.012 m ³ de volumen, de Tankeros.	2
Bomba PZ-80L-20/4 de SAER con un diámetro de conducción de 6'' de 7,46 kW de potencia. Fabricada en fundición perlítica GG-25.	4
Bomba PZ-63-20/4 de SAER con un diámetro de conducción de 6'' de 7,46 kW de potencia. Fabricada en fundición perlítica GG-25.	1
Bomba DDI 150-4 de Grundfos con un diámetro de conducción de ¾ '' de 0,07 kW de potencia. Fabricada en PVC y acero inoxidable 316.	1

Continuación de la Tabla 1.1

Elemento	Unidades
Bomba DDI 60-1 de Grundfos con un diámetro de conducción de ¼” de 0,07 kW de potencia. Fabricada en PVC y acero inoxidable 316.	1
Bomba SS240013-50 de Tonkaflo con un diámetro de conducción de 3” de 37,3 kW de potencia. Fabricada en acero inoxidable 316	4
Bomba SS12504D-50 de Tonkaflo con un diámetro de conducción de 3” de 5,6 kW de potencia. Fabricada en acero inoxidable 316.	4
Bomba JET45 de Hydrowater S.L con un diámetro de conducción de 1” de 0,55 kW de potencia. Fabricada en acero inoxidable 304.	2

1.2.Elementos del laboratorio de control

Tabla 1.2 Estado de mediciones para el equipo de laboratorio

Elemento	Unidades
Medidor de SDI de Hach fabricado en plástico ABS con filtros Millipore de 47 mm de diámetro y un tamaño de poro de 0,45 µm.	1
Turbidímetro HI 93703 C de HANNA fabricado en plásticos ABS con maletín, 2 cubetas de medición con tapa, solución de calibración, solución de limpieza de cubetas, paño para limpieza de cubetas, pilas y manual de instrucciones.	1
Medidor fotométrico multifunción HI 83200-02 de PCE Instruments fabricado en plástico ABS con dos cubetas de medición y batería.	1
Medidor fotométrico de la dureza del agua HI 93735 de PCE Instruments fabricado en plástico ABS son dos cubetas y batería.	1

1.3.Obra civil

Tabla 1.3 Estado de mediciones para la obra civil

Elemento	Superficie (m ²)
Obra civil e instalaciones de la nave (cimentación, estructura, cubierta, cerramiento, instalación de agua, electricidad y aire acondicionado, red de saneamiento, pavimentación, etc)	537,55

7. Presupuesto

Índice

1. Presupuesto de equipos e instrumentación.....	2
2. Presupuesto de obra civil.....	4
3. Presupuesto de instalaciones, materiales y montaje.....	6
4. Presupuesto total.....	8

1. Presupuesto de equipos e instrumentación

En este apartado se expondrán los precios de todos los equipos que forman parte de la planta. La primera tabla hará referencia a los precios de los equipos de tratamiento de aguas y la segunda a los dispositivos del laboratorio.

Tabla 1.1 Presupuesto del equipamiento de la planta

Elemento	Unidades	Precio Unitario (€)	Importe (€)
Depósito Biocida	1	238,00	238,00
Depósito antiincrustante	1	133,00	133,00
Filtros de profundidad	3	16.237,20	48.711,60
Equipo OI	4	122.668,25	490.673,00
Módulo EDI	2	111.286,13	222.572,60
Depósito agua de lavado	1	2.670,00	2.670,00
Depósito agua osmotizada	1	171.600,00	171.600,00
Depósito agua desmineralizada	1	784.680,00	784.680,00
Bomba PZ-80L-20/4 para bombeo de agua de pozo y bombeo de agua osmotiz. a EDI	4	2,789,00	11.156,00
Bomba PZ-63-20/4 para bombeo de agua de lavado de filtros multicapa	1	2.067,00	2.067,00
Bomba DDI 222 AR150-4 para dosificación de biocida	1	385,00	385,00
Bomba DDI 222 AR 60-10 para dosificación de antiincrustante	1	385,00	385,00
Bomba SS240013-50 para bombeo a OI	4	Incluido	-
Bomba SS12504D-50 para bombeo de agua de limpieza de membranas de OI	4	Incluido	-
Bomba JET45 para bombeo de purga de concentrado de la EDI	2	278,00	556,00
Total (€)			1.735.827,20

Tabla 1.2 Presupuesto del equipo de laboratorio

Elemento	Unidades	Precio Unitario(€)	Importe (€)
Medidor de SDI	1	1.098,00	1.098,00
Turbidímetro	1	720,00	720,00
Medidor fotométrico multifunción	1	900,00	900,00
Medidor fotométrico de la dureza del agua	1	241,25	241,25
Mobiliario e instrumental de laboratorio	1	15.000	15.000
Ordenador y software	1	60.000	60.000
		Total (€)	77.959,25

El presupuesto de los equipos y la instrumentación es de 1.813.786,45 €

2. Presupuesto de obra civil

Este presupuesto reflejará el coste de construcción de la nave. Para ello se emplearán una serie de estimaciones hechas por el Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de la Comunitat Valenciana (IICV). Dichas estimaciones relacionan el coste por metro cuadrado de obra en función de la altura de la nave que se desee construir. Estos rangos van hasta los 6 metros de altura, entre 6,01 y 12, entre 12,1 y 18 y finalmente alturas mayores de 18 metros.

El equipo más alto que hay en la planta es el depósito de almacenamiento de agua osmotizada, con 10,1 metros de altura por lo que en este caso habría que calcular el precio de la obra civil teniendo en cuenta el segundo rango, que son 175,94 €/m².

Tabla 2.1 Presupuesto de obra civil

Obra civil	
Superficie total de la planta (m ²)	537,55
Precio obra civil (€/m ²)	175,94
Coste total de la obra civil (€)	93.872,79

3. Presupuesto de instalaciones, mano de obra y montaje

El coste de los equipos no solo abarca la adquisición de éstos sino además un coste extra es su montaje y la instalación de una red eléctrica que les permita funcionar con el rendimiento esperado. Para el cálculo de estos costes el IICV ofrece una serie de estimaciones.

Para la instalación de la red eléctrica establece una serie de rangos en función de la potencia eléctrica instalada. Los rangos van hasta 50kW, entre 50kW y 650kW y más de 650kW. La potencia instalada de la planta se estima en unos 220kW, por lo que el dato a emplear es el del segundo rango, el cual es 0,25 €/W. Así pues, el coste de la instalación eléctrica es de 55.000 €

Para la mano de obra necesaria establece que aumentar en un 15% el precio de los equipos principales puede dar una idea aproximada de los costes de montaje.

Tabla 3.1 Presupuesto de la instalación y montaje de los equipos

Equipo	Unidades	Precio Unitario (€)	Importe (€)
Filtros de profundidad	3	16.237,20	48.711,60
Equipo OI	4	122.668,25	490.673,00
Módulo EDI	2	111.286,13	222.572,60
Depósito agua osmotizada	1	171.600,00	171.600,00
Depósito agua desmineralizada	1	784.680,00	784.680,00
Suma del precio de los equipos (€)			1.813.786,45
15% del precio de los equipos (€)			272.067,97
Coste de instalación eléctrica (€)			55.000
Coste total de instalaciones, materiales y montaje (€)			327.067,97

La suma de ambos costes dará el presupuesto de instalaciones, materiales y montaje, que hace un total de 327.067,97 €

4. Presupuesto total

Conocido también como PEM: Presupuesto de Ejecución Material. Es la suma de los presupuestos parciales. Representa el coste del objeto del proyecto y es el precio que le cuesta al contratista ejecutar la obra.

Tabla 4.1 Suma de los presupuestos parciales

Presupuestos	Importe (€)
Presupuesto de equipos e instrumentación	1.813.786,45
Presupuesto de obra civil	93.872,79
Presupuesto de instalaciones, materiales y montaje	327.067,97
PEM (€)	2.234.727,21

Al PEM hay que sumar el 20% por gastos generales y licencias:

Tabla 4.2 Aplicación del 20% de gastos generales y licencias

Suma total de presupuestos (€)	2.234.727,21
+20% de gastos generales y licencias (€)	446.945,44
Total (€)	2.681.672,65

A este valor obtenido al aplicar los gastos generales y licencias, se le debe añadir por ley un presupuesto de seguridad y salud laboral del 3%:

Tabla 4.3 Aplicación del 3% de presupuesto de seguridad y salud laboral

Suma total de presupuestos +20%(€)	2.681.672,65
+3% de seguridad y salud laboral (€)	80.450,18
Total (€)	2.762.122,83

Diseño de una planta de producción de agua de proceso para una C.T.C.C.

Seguidamente se añade un presupuesto de tratamiento y vertido de residuos del orden del 3%:

Tabla 4.4 Aplicación del 3% de tratamiento y vertido de residuos

Suma total de presupuestos +20% + 3% (€)	2.762.122,83
+3% de seguridad y salud laboral (€)	82.863,68
Total (€)	2.844.986,51

A este valor se le conoce como el PEC parcial o Presupuesto de Ejecución por Contrata parcial.

Finalmente, se le debe sumar el valor del I.V.A, que es un 21%, y se le conoce como PEC:

Tabla 4.4 Aplicación del 21% de I.V.A

Total (€)	2.844.986,51
+21% I.V.A (€)	597.447,17
PEC (€)	3.442.433,68

El Presupuesto total del Proyecto asciende a **TRES MILLONES CUATROCIENTOS CUARENTA Y DOS MIL CUATROCIENTOS TREINTA Y TRES CON SESENTA Y OCHO EUROS.**

8. Estudios con entidad propia

Índice

1. Prevención de riesgos laborales.....	2
2. Impacto ambiental.....	6

1. Prevención de riesgos laborales

La importancia de la seguridad y la salud laboral ha experimentado un importante crecimiento en los últimos años. Ha pasado de considerarse algo trivial y responsabilidad de unos pocos cuyo único fin era evitar accidentes graves a desarrollarse la idea de que la seguridad debe estar presente en todos los puestos de trabajo y en todas las actividades, adoptando una política de actuación preventiva.

En España esta política de prevención está recogida por la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL), cuyo objetivo es determinar el cuerpo básico de garantías y responsabilidades para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a riesgos derivados de las condiciones de trabajo. Esta ley se basa en una serie de principios generales de acción preventiva:

- Principio de prevención.
- Principio de atenuación del riesgo inevitable.
- Principio de evaluación, adaptación y adecuación.
- Principio de seguridad integrada.
- Principio de preeminencia de la protección colectiva.
- Principio de la primacía de la protección.

Toda industria debe cumplir una serie de mínimos requisitos de seguridad, que quedan recogidos en el Real Decreto 486/1997, de 14 de Abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo:

- Condiciones constructivas:

Los edificios y locales de los lugares de trabajo deberán poseer la estructura y solidez apropiadas a su tipo de utilización. Los elementos estructurales deberán tener la solidez y resistencia necesarias para soportar las cargas o esfuerzos a que sean sometidos.

Las dimensiones de los locales de trabajo deberán permitir que los trabajadores realicen su trabajo sin riesgo para su seguridad y salud en condiciones ergonómicas aceptables.

Las escaleras de mano tendrán la resistencia y los elementos de apoyo y sujeción necesarios para que su utilización no suponga un riesgo de caída por rotura o deslizamiento de las mismas.

Las vías y salidas de evacuación, así como las vías de circulación y las puertas de acceso se ajustarán a lo dispuesto en su normativa específica

- Limpieza y orden:

Las zonas de paso, salidas y vías de circulación de los lugares de trabajo deberán permanecer libres de obstáculos de manera que sea posible utilizarlas sin dificultad en todo momento.

Se limpiará periódicamente los lugares de trabajo y los equipos e instalaciones para mantener unas condiciones higiénicas adecuadas.

Se eliminarán inmediatamente los desperdicios, manchas de grasa, residuos de sustancias peligrosas que puedan generar accidentes o contaminar el ambiente de trabajo.

- Iluminación:

La iluminación de cada zona o lugar de trabajo deberá adaptarse a las características de la actividad que se efectúe en ella teniendo en cuenta los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores dependientes de condiciones de visibilidad y las exigencias visuales de las tareas desarrolladas.

Siempre que sea posible, los lugares de trabajo tendrán una iluminación natural que deberá complementarse con iluminación artificial cuando la primera no sea suficiente por sí sola.

Se intentará que la distribución de los niveles de iluminación sea lo más uniforme posible, evitando variaciones bruscas de iluminación dentro de la zona de operación.

Los sistemas de iluminación utilizados no deben originar riesgos eléctricos, de incendio o de explosión, cumpliendo lo dispuesto en la normativa específica vigente.

- Instalación eléctrica:

La instalación eléctrica deberá ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica. En todo caso y salvo disposiciones específicas de dicha normativa, la instalación eléctrica no deberá entrañar riesgos de incendio o explosión.

Los trabajadores deberán estar debidamente protegidos contra los riesgos de accidente causados por contactos directos o indirectos

- Condiciones ambientales de los lugares de trabajo

La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no debe suponer un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores. En los locales de trabajo se mantendrán las condiciones atmosféricas adecuadas, evitando el exceso de calor y frío, humedad o sequía y olores desagradables.

En los puestos de trabajo cerrados deberán cumplirse una serie de condiciones:

- La temperatura de los locales donde se realicen trabajos sedentarios como el laboratorio estará ente 17 y 27°C.
- La temperatura donde se realicen trabajos ligeros estará entre 14 y 25°C.
- La humedad relativa estará comprendida entre el 30 y el 70%, excepto en locales donde exista riesgo por electricidad estática en los que el límite inferior será el 50%.

- Señalización:

La señalización es la información relativa a a seguridad que conviene que el trabajador reciba para evitar accidentes. Las señales:

- Se instalarán a una altura y posición apropiada en relación al ángulo visual teniendo en cuenta los posibles obstáculos.
- El lugar de emplazamiento de la señal deberá estar bien iluminado, ser accesible y fácilmente visible.
- Con el fin de evitar la disminución de la eficacia de la señalización no se utilizarán demasiadas señales próximas entre sí.

- Equipos de Protección Individual (EPI):

Se entiende por EPI cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que lo proteja de los riesgos que pueden amenazar su seguridad o

salud. Las protecciones deben estar homologadas por la legislación vigente, y se dividen en protecciones parciales, las cuales protegen partes o zonas concretas del cuerpo como el casco, los guantes o las gafas y en integrales, que protegen al individuo, como el cinturón de seguridad o ropa de trabajo.

Es fundamental mantener en buen estado los EPI, y en caso de notar alguna deficiencia se debe comunicar inmediatamente al jefe de planta.

2. Impacto ambiental

El impacto ambiental es uno de los aspectos más importantes que puede tener la construcción y operación de una nueva planta. Para intentar minimizar el impacto provocado se deben seguir normas de gestión ambiental tales como la ISO 14001, que especifica unos requisitos para un sistema de gestión ambiental en aquellos aspectos que la empresa puede controlar y tener influencia.

Esta planta de producción de agua desmineralizada no genera residuos ni contaminación, más que un agua de permealdo con mayor concentración de sales y mayor conductividad que la del pozo Gumbau. Esta agua puede ser vertida al Mar Mediterráneo pues el agua marítima tiene una concentración en sales y una conductividad decenas de veces superior a la producida.

Pese a producirse residuos no peligrosos, se recomienda que tanto los operarios como el jefe de planta tengan una actitud responsable con el medio ambiente durante su jornada laboral.

