



**Universitat Jaume I**

**Escola Superior de Tecnologia i Ciències Experimentals**

**Grau en Enginyeria Química**

***Diseño de una planta de tratamiento  
de aguas***

**Trabajo Fin de Grado**

Autor

Carlos Rodríguez Sáez

Tutor

Antonio Barba Juan

Castellón, septiembre de 2019



*A mis pilares más firmes,*

*“Las puertas del mundo entero se abren ante aquel que sabe hacia dónde va”.*

*Rogelio Sáez Gabaldón*



# **0. RESUMEN**



El siguiente proyecto consiste en el diseño de una planta de tratamiento de aguas para abastecer con agua desmineralizada los diferentes consumos dentro de una central de producción de energía eléctrica de ciclo combinado.

La planta de tratamiento de aguas se abastece directamente con agua procedente de un río, la cual es almacenada en un depósito de agua bruta y posteriormente, se somete a tres etapas de tratamiento (ultrafiltración, ósmosis inversa y electrodesionización) en serie.

En estas tres etapas vendrán incluidas tres filtraciones de seguridad previas a cada sistema y las dosificaciones químicas pertinentes para tratar el agua y reducir el ensuciamiento progresivo de las membranas durante el proceso. Al final de las tres etapas de filtración, se colocará un tanque de almacenamiento para el agua desmineralizada producida que se encargará de suministrar agua al proceso de generación de energía eléctrica, al sistema de enfriadores evaporativos y al sistema auxiliar de limpieza de los módulos de ultrafiltración y el banco de ósmosis inversa.

Por otra parte, el concentrado y los residuos de limpieza de cada etapa de filtración se enviarán a la balsa de efluentes existente dentro del recinto de la propia central.

Para llevar a cabo el diseño completo de la planta de tratamiento de aguas, se realizarán los cálculos necesarios para dimensionar cada etapa de filtración, las conducciones, los sistemas de impulsión de fluidos, los tanques de almacenamiento, etc. que se requieran durante el proceso de tratamiento.

Por último, también se realizará un estudio económico para evaluar los costes de puesta en marcha, los costes de operación y la rentabilidad del proceso.



# **1. ÍNDICE GENERAL**



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



# **2. MEMORIA**



<b>1. OBJETO</b> .....	3
<b>2. JUSTIFICACIÓN</b> .....	4
<b>3. ALCANCE</b> .....	5
<b>3.1. Emplazamiento y ubicación</b> .....	5
<b>3.2. Concepto de planta de tratamiento de aguas requerido</b> .....	6
<b>3.3. Implementación de la nueva planta de tratamiento de aguas</b> .....	7
<b>4. ANTECEDENTES</b> .....	9
<b>5. NORMAS Y REFERENCIAS</b> .....	22
<b>5.1. Disposiciones legales y normas aplicadas</b> .....	22
<b>5.2. Bibliografía</b> .....	22
<b>5.3. Páginas web</b> .....	23
<b>5.4. Programas informáticos empleados</b> .....	24
<b>6. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS</b> .....	25
<b>6.1. Definiciones</b> .....	25
<b>6.2. Abreviaturas</b> .....	26
<b>7. REQUISITOS DE DISEÑO</b> .....	27
<b>7.1. Condiciones del agua de entrada</b> .....	27
<b>7.2. Calidad del agua desmineralizada</b> .....	30
<b>7.3. Caudales de operación</b> .....	30
<b>8. ANÁLISIS DE SOLUCIONES</b> .....	32
<b>8.1. Pretratamiento del agua de entrada</b> .....	32
<b>8.1.1. Dosificación de hipoclorito sódico</b> .....	32
<b>8.1.2. Dosificación de coagulante</b> .....	33
<b>8.2. Etapa de ultrafiltración (UF)</b> .....	34
<b>8.2.1. Filtros de malla</b> .....	34
<b>8.2.2. Sistema de ultrafiltración</b> .....	34
<b>8.2.3. Sistema de contralavado y limpieza química</b> .....	35
<b>8.3. Etapa de ósmosis inversa (OI)</b> .....	36
<b>8.3.1. Dosificación de bisulfito sódico</b> .....	36
<b>8.3.2. Filtros de cartucho de 5 µm</b> .....	37
<b>8.3.3. Dosificación de antiincrustante</b> .....	37
<b>8.3.4. Sistema de ósmosis inversa</b> .....	38
<b>8.3.5. Desgasificador</b> .....	41
<b>8.3.6. Sistema de <i>flushing</i></b> .....	42
<b>8.4. Etapa de electrodesionización (EDI)</b> .....	43
<b>8.4.1. Filtros de cartucho de 1 µm</b> .....	45

8.4.2.	Sistema de electrodesionización.....	45
8.5.	Sistema de control (SC) .....	46
8.6.	Laboratorio.....	47
9.	RESULTADOS FINALES.....	50
9.1.	Resumen.....	50
9.2.	Diagrama de flujo del tratamiento .....	52
9.3.	Calidad del agua desmineralizada producida.....	53
9.4.	Consumos anuales de operación.....	54
9.4.1.	Consumo de reactivos .....	54
9.4.2.	Consumo eléctrico de la instalación.....	54
10.	PLANIFICACIÓN .....	55
11.	ORDEN DE PRIORIDAD DE LOS DOCUMENTOS BÁSICOS .....	57
12.	VIABILIDAD ECONÓMICA.....	58
12.1.	Resumen del presupuesto .....	58
12.2.	Presupuesto de explotación.....	59
12.2.1.	Gastos directos .....	60
12.2.2.	Gastos indirectos .....	61
12.2.3.	Gastos totales.....	63
12.3.	Beneficios .....	64
12.3.1.	Beneficio bruto .....	64
12.3.2.	Beneficio neto .....	64
12.4.	Flujo de caja (FC) .....	65
12.5.	Valor actual neto (VAN).....	65
12.6.	Tasa interna de rentabilidad (TIR) .....	66
12.7.	Período de retorno (PR).....	67
12.8.	Resumen.....	67

## **1. OBJETO**

El objetivo del siguiente proyecto consiste en el diseño y la realización de una planta de tratamiento de aguas para satisfacer la demanda de agua desmineralizada por parte de diferentes sistemas dentro de la central de ciclo combinado de Termopernamebuco de la empresa IBERDROLA S.A., en el estado de Pernambuco, Brasil.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

Actualmente la central de Pernambuco dispone de una planta de tratamiento de aguas que no está funcionando adecuadamente. Por este motivo, surge la necesidad de realizar este proyecto de carácter profesional, para poder sustituir dicha planta por una nueva.

La nueva planta de tratamiento de aguas se diseñará siguiendo los parámetros de una Especificación Técnica facilitada por la empresa, IBERDROLA S.A., y se ubicará en las instalaciones que esta empresa dispone en dicho estado brasileño.

### 3. ALCANCE

#### 3.1. Emplazamiento y ubicación

El presente proyecto se centra en la instalación emplazada en el complejo industrial de IBERDROLA S.A. en la región de Recife, en el estado de Pernambuco, Brasil.

Las *figuras M.1 - 3* muestran la localización exacta de donde se ubicará la planta de tratamiento de aguas.



*Figura M.1. Localización a nivel estatal de la planta.*



*Figura M.2. Localización a nivel regional*



*Figura M.3. Localización a nivel local de la planta.*

### **3.2. Concepto de planta de tratamiento de aguas requerido**

Como opción básica principal, la central de ciclo combinado de Termopernambuco requiere que la nueva planta de tratamiento de aguas se diseñe respetando los siguientes sistemas de filtración:

- Dos líneas de ultrafiltración (UF)
- Dos líneas de ósmosis inversa (OI)
- Dos líneas de electrodesionización (EDI).

Las líneas de cada sistema son completamente idénticas y proporcionan los mismos parámetros de operación.

La nueva planta debe ser capaz de asegurar, como requisito indispensable, un volumen de producción suficiente para abastecer cuando se requiera al proceso de generación eléctrica, al sistema de alimentación de los enfriadores evaporativos (15 m<sup>3</sup>/h, una o dos veces al año para comprobar que la planta sería capaz de reemplazar en caso de que fuera necesario la red actual de suministro) y al sistema auxiliar de limpieza de los módulos de ultrafiltración y el paso de ósmosis inversa.

Además, la construcción de la nueva planta de tratamiento no interferirá con la actual, que permanecerá en funcionamiento hasta que la conexión de la nueva planta esté completamente operativa, y estará contenida dentro de un edificio con una cubierta lateral completa y un cierre lateral.

### 3.3. Implementación de la nueva planta de tratamiento de aguas

En este apartado, se muestra tanto la ubicación exacta de la actual planta de tratamiento de aguas como de la nueva en el complejo de la central de Termoperambuco.

La *figura M.4* da muestra en detalle de las áreas involucradas en la planta actual. Dentro del marco amarillo, en la parte descubierta se ubica la etapa de agua clarificada, que contiene un equipo decantador lamelar con dos cámaras, una de floculación y una de decantación, además de filtros multimedia y un tanque de agua clarificada. En la parte cubierta se encuentran los equipos del sistema de agua desmineralizada más los tanques de lavado de la ósmosis inversa y los productos químicos.

Esta estación no dejará de funcionar hasta el día en que la nueva estación pueda reemplazarla. Además, se continuarán utilizando los tanques grandes (dos aguas tratadas, dos desmineralizadas, una reserva de condensado), así como el laboratorio al lado de la parte cubierta de la estación y la sala del sistema de control (rectángulo verde).

Por otra parte, se espera que la nueva planta de tratamiento de aguas se instale en el lado del edificio del almacén, como se muestra en el rectángulo en color rojo. Esta ubicación ha sido elegida por la compañía y no muestra interferencia con el resto de los edificios, con la entrada de suministros (gas, agua,..) ni con el almacén de la planta.



*Figura M.4. Emplazamiento de la nueva planta de tratamiento de aguas.*

En este proyecto únicamente se contempla la remodelación de la actual línea de tratamiento de aguas, que incluye el diseño de las diferentes etapas de filtración, el dimensionamiento de los nuevos depósitos y equipos involucrados, la cantidad de reactivos dosificados durante el tratamiento y la viabilidad económica del proceso.

No se contempla la adición de un diseño específico para otros sectores de la planta como el laboratorio o el sistema de control (SC), más allá de que se mencionen en este documento como elementos básicos en una planta de tratamiento de aguas.

## 4. ANTECEDENTES

Las centrales de ciclo combinado son plantas de generación de energía eléctrica en las que se transforma la energía mecánica del trabajo de una turbina mediante la combustión de gas natural en energía eléctrica a través de dos ciclos de trabajo consecutivos correspondientes a una turbina de gas convencional (ciclo de *Brayton*) y a una turbina de vapor (ciclo de *Rankine*).

Dentro de una central de ciclo combinado, la planta de tratamiento de aguas es de vital importancia, ya que produce el agua desmineralizada que se utiliza en multitud de operaciones (reposición de pérdidas dentro del ciclo agua-vapor, aporte al sistema de enfriadores evaporativos, aporte a la caldera auxiliar, lavados de turbinas, sistemas de limpieza de membranas, etc.).

Esto significa que la calidad del agua desmineralizada producida por la planta de tratamiento de aguas ha de ser alta, para garantizar rendimientos en operaciones de generación eléctrica y evitar problemas en los equipos.

Sin embargo, un aspecto a tener en cuenta es la calidad del agua bruta de entrada. El agua procedente de un efluente natural como un río presenta diversas impurezas que han de ser eliminadas a lo largo de una línea de tratamiento antes de ser utilizada como agua de alimentación en otros procesos de la central de ciclo combinado.

Algunas de las impurezas que podemos encontrar en aguas naturales son:

- Gases disueltos (dióxido de carbono, oxígeno, etc.)
- Sólidos disueltos (sales de calcio, magnesio, sílice, etc.)
- Partículas inorgánicas en suspensión
- Materia orgánica en suspensión

La acumulación de estas impurezas puede ocasionar diversos problemas como:

- Incrustaciones: se originan en las zonas de mayor transferencia de calor, debido a las sales disueltas que por calentamiento se concentran y precipitan, formando depósitos duros y térmicamente aislantes. Un ejemplo de esto, es el caso del  $\text{CaCO}_3$ , que al producirse un aumento de la temperatura disminuye su solubilidad y favorece su precipitación. Las incrustaciones reducen el coeficiente de transmisión

de calor entre las paredes de la caldera y el agua y la sección libre de paso del fluido, disminuyendo el rendimiento de la caldera. Además, disminuyen la resistencia provocando la rotura de los materiales de construcción de la caldera por sobrecalentamiento.

- Corrosión: ocasionada principalmente por el oxígeno disuelto en agua, el dióxido de carbono o por ácidos, es una reacción electroquímica entre el metal y el medio degradante, produciendo una pérdida del espesor de las paredes y de la resistencia mecánica del material. Además, genera la formación de depósitos que pueden acumularse en determinados puntos produciendo efectos perjudiciales.
- Fragilidad cáustica: agrietamiento del metal en los puntos sometidos a esfuerzos mecánicos, en los que existe una alta concentración de hidróxidos alcalinos.
- Arrastres y formación de espumas: se debe a la presencia de sólidos disueltos y suspendidos en exceso, a la alta alcalinidad o a la presencia de aceites y grasas y materia orgánica. Causan sobrecalentamiento por deposición de sustancias en zonas de vapor y deposición de productos en los álabes de las turbinas de vapor.

En este proyecto, se ha impuesto una calidad de agua desmineralizada mínima que se ha de garantizar y, para ello, es necesario someter el agua bruta de entrada a un tratamiento para reducir lo máximo posible la presencia de estas impurezas, evitando, de esta manera, los efectos perjudiciales nombrados anteriormente.

El tratamiento realizado tiene que ver con diferentes procesos de separación con membranas. Por esto, se mencionan a continuación diversos aspectos teóricos relacionados con sus características y su funcionamiento:

#### *A. Introducción a los procesos membranarios*

Una membrana podría definirse como una interfase que separa dos fases y que actúa como barrera selectiva al transporte de materia. Se caracterizan por dividir una corriente de alimento en otras dos, concentrado y permeado.

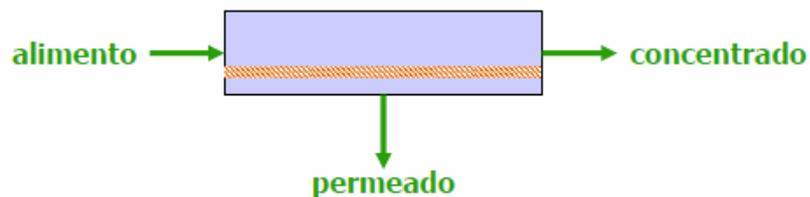


Figura M.5. Esquema genérico de una membrana.

Los procesos de membrana se diseñan para llevar a cabo separaciones físicas y físico-químicas, que en las últimas décadas están experimentando un importante desarrollo en aplicaciones para el tratamiento de agua de abastecimiento domestico e industrial y en el tratamiento de aguas residuales.

Tabla M.1. Procesos de membrana.

<b>Procesos de membrana</b>	<b>Objetivo habitual</b>	<b>Fuerza Impulsora</b>
Microfiltración (MF)	Eliminación de sólidos en suspensión, incluido microorganismos	diferencia de presión transmembrana
Ultrafiltración (UF)	Eliminación de moléculas largas disueltas y partículas coloidales	
Nanofiltración (NF)	Eliminación selectiva de iones multivalentes y ciertas moléculas cargadas o polares	
Ósmosis inversa (RO)	Eliminación de iones inorgánicos	
Pervaporación (PV)	Extracción selectiva de moléculas gaseosas y/o solutos volátiles	diferencia de potencial eléctrico transmembrana
Transferencia de gas (GT)	Transferencia de moléculas de gas en o fuera del agua	
Electrodialísis (ED) y diálisis (DIA)	Extracción selectiva de iones del agua y/o concentración de esa agua en el agua de rechazo	

El empleo de membranas presenta ventajas con respecto a otras técnicas de tratamiento:

- Pueden operar de modo continuo.
- Generalmente requieren un consumo energético bajo.
- Presentan una fácil combinación con otras operaciones de separación (procesos híbridos).
- Las condiciones de operaciones son suaves.
- El escalado de las membranas es sencillo.
- Las propiedades de las membranas pueden ajustarse al proceso.
- No requieren aditivos.

La simplicidad inherente a la tecnología de membranas, la provisión de diseños modulares que puedan gestionar volúmenes de alimentación a escala industrial, que trabajen a temperaturas moderadas sin cambios de fase, y el no precisar aditivos en el tratamiento son algunos de los aspectos positivos de las técnicas de membrana. Además, no se producen contaminantes por reacciones secundarias y los rendimientos de retención en condiciones experimentales distintas permiten escalar este tipo de soluciones en distintas operaciones industriales.

Por otra parte, la separación con membranas puede presentar aspectos negativos como problemas de ensuciamiento o *fouling*, vida reducida de las membranas o la baja selectividad. Estos aspectos negativos pueden mitigarse con una buena selección del proceso y adecuadas técnicas de mantenimiento y prácticas de limpieza.

### *B. Clasificación de las membranas*

Las membranas pueden clasificarse en función de distintos parámetros, que aportan información sobre su estructura, naturaleza, forma, composición, presión de trabajo, etc. A continuación, enumeramos algunas de ellas:

#### *- Mecanismo de separación*

- ❖ **Membranas porosas:** Producen separación por diferencias de tamaño y están compuestas por poros finos (macroporos:  $<50$  nm, mesoporos:  $2<50$  nm y microporos:  $<2$ nm) que dan lugar a las membranas de MF, UF, NF y DIA. Las membranas de NF se pueden considerar como intermedias entre membranas porosas y no porosas.
- ❖ **Membranas no porosas:** pueden considerarse como medios densos orientados a la separación por difusión de especies. La difusión tiene lugar en el volumen libre que está presente entre las cadenas macromoleculares del material de la membrana. Las membranas de PV y de OI son de este tipo.
- ❖ **Membranas de intercambio iónico:** Son un tipo especial de membranas no porosas. Son geles muy hinchados portadores de cargas positivas o negativas. Una membrana con cargas positivas fijadas (por ejemplo,  $-NR^{3+}$ ) se denomina membrana de intercambio aniónico mientras que una

membrana de intercambio catiónico es aquella que posee cargas negativas (por ejemplo,  $-\text{SO}_3^-$ ).

- Estructura

- ❖ **Membranas isótropas (simétricas):** si su sección transversal ofrece una estructura porosa uniforme a lo largo de todo su espesor, no existiendo zonas de mayor densidad en una o ambas caras de la membrana. Las membranas simétricas presentan una elevada permeabilidad al solvente y un bajo rechazo de sales.
- ❖ **Membranas anisótropas:** presentan en su parte exterior, en la cara en contacto con la solución de aporte, una capa extremadamente densa y delgada bajo la cual aparece un lecho poroso. La capa densa y delgada se llama “capa activa” y es la barrera que permite el paso del solvente e impide al paso del soluto. El resto de la membrana solo sirve de soporte a la capa activa, debiendo al mismo tiempo ofrecer la mínima resistencia posible al paso del solvente.

- Naturaleza

Las membranas anisótropas pueden a su vez clasificarse como:

- ❖ **Membranas asimétricas (integrales):** en las que el material de la capa fina externa y el material poroso soporte son del mismo material.
- ❖ **Membranas compuestas (mixtas):** constan de tres capas de distintos materiales:
  - Capa superior: Capa activa.
  - Capa intermedia: seco poroso soporte de la capa activa.
  - Capa inferior: tejido reforzado responsable de la resistencia mecánica de la membrana.

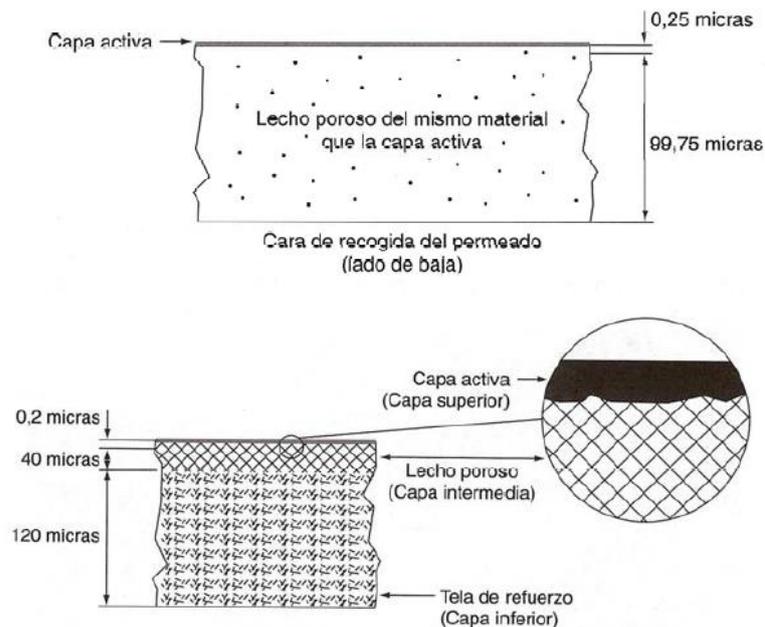


Figura M.6. Representación de una membrana asimétrica integral (arriba) y una compuesta de capa fina (abajo).

- Forma

Las membranas pueden prepararse en dos formas geométricas: *plana* y *cilíndrica*.

En base a las diferencias dimensionales, pueden distinguirse los siguientes tipos de *membranas cilíndricas*:

- Membranas tubulares con diámetro interno mayor de 3 mm.
- Membranas tubulares de fibra hueca con diámetro interno menor de 3 mm.

- Naturaleza química

Pueden realizarse a partir de un gran número de diferentes materiales: orgánicos e inorgánicos.

- ❖ **Membranas orgánicas:** Aquellas en las que la capa activa está fabricada a partir de un polímero o copolímero orgánicos. Los más ampliamente usados son la celulosa sus derivados y las poliamidas. Sin embargo, también se hallan membranas fabricadas en poliacrilonitrilo (PAN), polisulfonas (PSf), polietersulfonas (PES), etc.

- ❖ **Membranas inorgánicas:** Fundamentalmente materiales cerámicos con aplicaciones muy específicas: óxidos, nitruros, carburos de metales, etc.

- Carga superficial

Pueden ser porosas o densas, con restos aniónicos o catiónicos fijos en la estructura de la membrana. La separación es consecuencia de la carga de la membrana, siendo excluidos aquellos componentes cuya carga sea la misma que la de la membrana. La separación también depende de la carga y concentración de los iones de la solución: los iones monovalentes son excluidos menos eficazmente que los divalentes, así mismo, el proceso de separación es menos efectivo en soluciones de elevada fuerza iónica. Estas membranas se utilizan en los procesos de electrodiálisis.

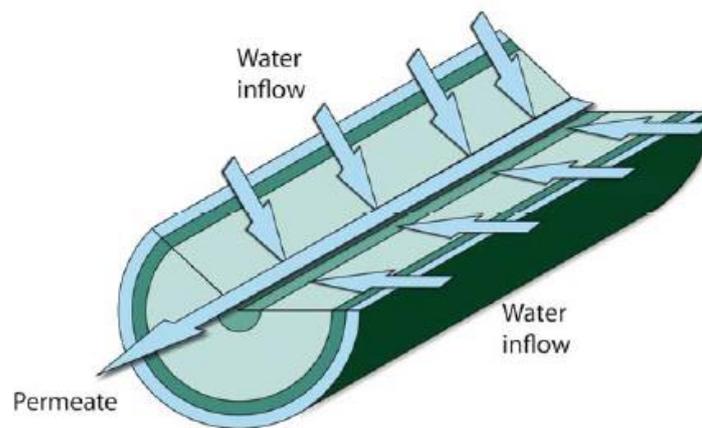
### C. Configuraciones y módulos de membrana

La unidad de operación en la que se disponen las membranas para su utilización se denomina *módulo*. Esta unidad de trabajo consta de membranas, estructuras de soporte de la presión, las puertas de entrada de alimentación y salida de concentrado y de puntos de extracción del permeado.

Las membranas pueden fabricarse en forma de láminas planas, tubulares o del tipo denominado fibra hueca (*hollow fiber*). Las fibras huecas se disponen en módulos compactos con mayor superficie filtrante que los módulos de láminas planas y de membranas tubulares, permitiendo separaciones más eficientes. El desarrollo de materiales para la fabricación de membranas que permitan separaciones eficientes y su disposición en configuraciones o módulos de fácil instalación y sustitución que puedan agruparse para conseguir superficies filtrantes de centenas o millares de m<sup>2</sup>, ocupando volúmenes aceptables, han sido los hechos que han condicionado la utilización de membranas a escala industrial. En la actualidad las configuraciones en las que se presentan las membranas se denominan:

- Cartuchos de membranas

Donde las membranas, convenientemente plegadas, se enrollan alrededor del colector de permeado, empaquetándose en una carcasa de unos 25 cm de longitud y unos 6 cm de diámetro que se disponen en línea con el flujo que se desea tratar (alimentación), quedando los contaminantes retenidos en la membrana, que finalmente genera un efluente depurado (permeado). En estas disposiciones se consiguen desarrollos superficiales del orden de  $0.3 \text{ m}^2$ . Los cartuchos de membranas son desechables.

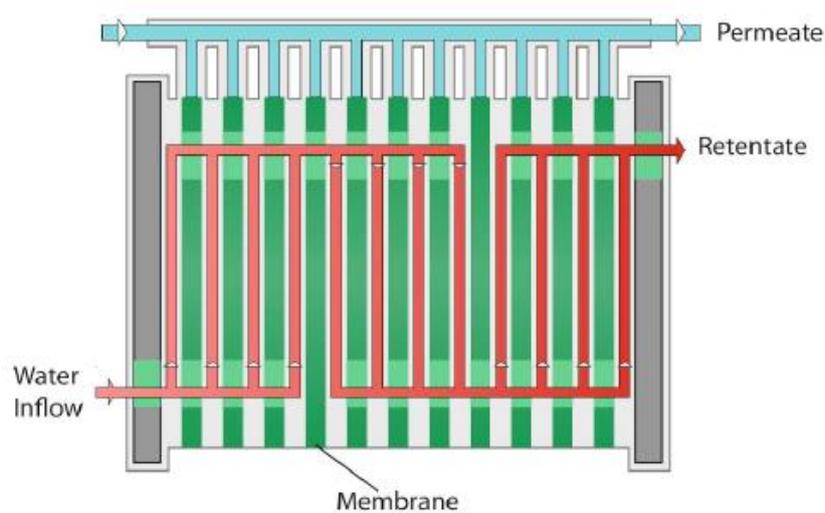


*Figura M.7. Cartucho de membrana.*

- Módulos tipo placa-bastidor

Tienen una disposición semejante a los filtros-prensa. Las membranas se disponen en bastidores separados por placas. La alimentación, impulsada por una bomba, circula entre las membranas de dos placas adyacentes, concentrándose en contaminantes conforme tiene lugar el flujo de permeado a través de las paredes de las membranas.

La densidad de compactado de las unidades de placa-bastidor es de  $100\text{-}400 \text{ m}^2/\text{m}^3$ . Las placas aseguran soporte mecánico de la membrana y, al mismo tiempo, el drenaje del permeado. Las placas deben ser corrugadas en el lado de la alimentación para aumentar la transferencia de masa. Su disposición hace posible la generación de circulación en paralelo o en serie, llegando hasta una superficie de  $100 \text{ m}^2$ . Son fácilmente desmontables para su limpieza y recambio.



*Figura M.8. Esquema de un módulo tipo placa-bastidor.*

- Módulos de membranas tubulares

Constituidos por carcasas cilíndricas de acero inoxidable o PVC, que contienen un número variable de membranas tubulares (3 a 151). La alimentación se bombea por el interior de las membranas, produciéndose un flujo lateral de permeado a través de las paredes. La carcasa tiene los dispositivos adecuados para recoger los flujos de permeado y concentrado con hasta 19 canales de flujo en paralelo. Las membranas tubulares están constituidas por un soporte poroso de papel o fibra de vidrio sobre el que se deposita la superficie filtrante. También se construyen en materiales cerámicos.

Los módulos tubulares suelen tener longitudes de 13 cm – 20 cm, con 4 – 6 membranas de 0.5 cm – 4 cm de diámetro, dispuestas en su interior. La velocidad de circulación de la alimentación por el interior de las membranas es de 2 m/s – 6 m/s, lo que se traduce en pérdidas de carga de 14 – 21 kPa por módulo. El consumo de energía de las plantas que utilizan este tipo de módulos es del orden de 0.8 – 2.5 kWh/100 L permeado. Los módulos de membranas tendrán un área superficial total de 0.2 – 7,4 m<sup>2</sup>.

Estos módulos no necesitan una prefiltración fina en la alimentación y son de fácil limpieza. Están particularmente bien adaptados para el tratamiento de fluidos muy viscosos. Su desventaja principal es que tienen una baja densidad de compactado, lo que incrementa el coste de inversión.

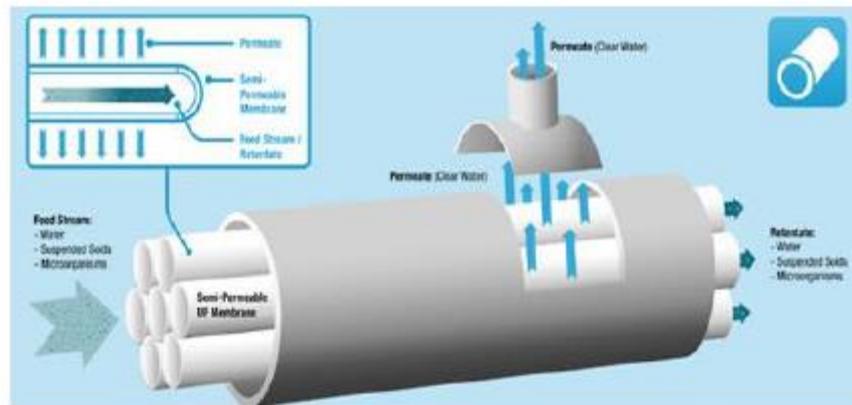


Figura M.9. Esquema de una membrana tubular

- Módulos de membranas enrolladas en espiral

Estructura de dos membranas planas encerrando una hoja flexible porosa (colector de permeado), sellada por tres de sus bordes. El borde abierto está conectado y enrollado sobre un tubo perforado que transporta el permeado. Las paredes exteriores de la membrana, que forman las espirales, se encuentran separadas por estructuras huecas (espaciadores) que permiten que la alimentación discurra a través de ellas y que el permeado fluya, lateralmente, a través de las paredes de las membranas.

Estos módulos suelen tener 20 cm de diámetro y 100 cm de largo (hasta diámetro 30 cm y longitud 150 cm) con varias membranas enrolladas que proporcionan una superficie de membrana de 1 – 2 m<sup>2</sup>. En una sola vasija cilíndrica de presión pueden insertarse varios elementos (de dos a seis). Estas son mucho más compactas (700 a 1000 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>) y producen una pérdida de carga menor que los módulos de placa-bastidor. El modulo de arrollamiento espiral es, sin embargo, sensible a la obstrucción debido al espaciador, y no pueden utilizarse directamente con agua turbia sin pretratamiento.

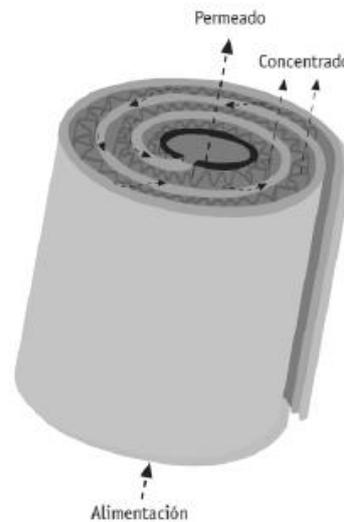


Figura M.10. Membrana enrollada en espiral.

– Módulos de membrana tipo fibra hueca

Existen en el mercado módulos de muy diferentes tamaños, con longitudes que suelen ir de 30 a 210 cm y diámetros entre 63 y 250 mm donde se pueden llegar a alojar 4.400.000 membranas del tipo fibra hueca. Las fibras huecas son estructuras tubulares con 85 y 4200 micras de diámetro externo y 40 a 900 micras de diámetro interno. La mayoría de ellas son de tipo anisótropo, donde la estructura responsable de la separación se dispone en la superficie externa o interna de la fibra. La densidad del empaquetado es inversamente proporcional al diámetro, por lo que estas unidades son muy compactas. Básicamente, existen dos configuraciones, atendiendo a que la alimentación circule por el interior o el exterior de las fibras. Las velocidades de trabajo en módulos de fibra hueca son normalmente bajas y los módulos pueden operar incluso sin recirculación (modo final ciego o *dead end*). La caída de presión en este tipo de módulos es de 0.7 bar – 70 bar, según el tipo de aplicación.

Otra ventaja que ha llevado al éxito de las fibras huecas de UF y MF en el tratamiento de agua, es la capacidad de barrido debido a que las fibras son autosoportantes. En la UF, el barrido se realiza sometiendo el permeado a una presión mayor que la de alimentación. El cambio de dirección del flujo a través de la pared de la fibra, hace posible desprender la capa de partículas (torta) depositada en la superficie. Esta torta se transporta así fuera del modulo por el flujo circulante que le atraviesa. En MF, debido a las grandes dimensiones de los poros, puede utilizarse el barrido por aire.

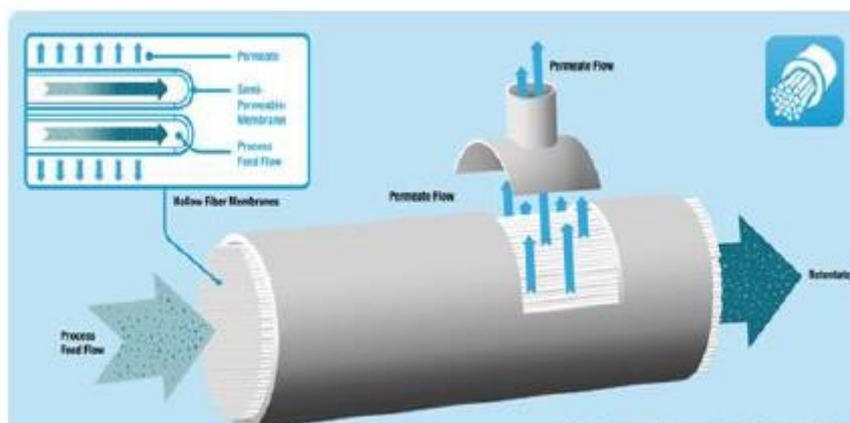


Figura M.11. Membrana tipo fibra hueca.

En la siguiente tabla se recogen algunas de las características más significativas de las configuraciones comentadas anteriormente:

Tabla M.2. Características más significativas de las configuraciones de membrana.

Parámetros	Fibra hueca	Fibras capilares	Enrollado espiral	Placa-marco	tubular
Control conc. Polarización-ensuciamiento	Pobre	Bueno	Moderado	Bueno	Muy bueno
Caída presión en zona de permeado	Alta	Moderada	Moderada	Baja	Baja
Prestaciones altas presiones de trabajo	Si	No	Si	Si	Marginal
Materiales específicos membrana	Si	Si	No	No	No

#### D. Métodos de operación

##### - Filtración en línea

Las membranas se disponen en la línea de flujo del efluente que se desea tratar (alimentación), quedando las partículas contaminantes retenidas en el interior de las membranas y generándose una corriente depurada (permeado). Las membranas utilizadas son de tipo filtro profundo, dispuestas en cartuchos.

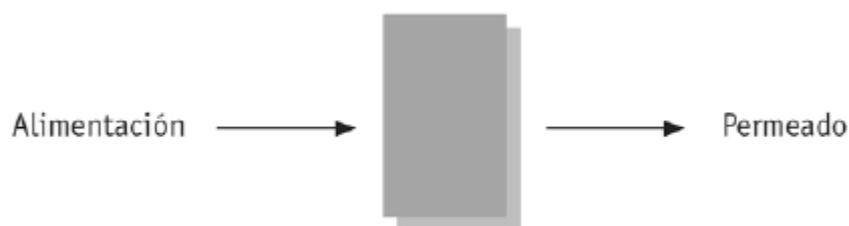


Figura M.12. Esquema de filtración en línea.

- Filtración tangencial

El efluente que se desea tratar se hace circular tangencialmente a la membrana. Los contaminantes quedaran en la superficie de la membrana, siendo arrastrados por el flujo tangencial, evitándose el ensuciamiento de la membrana.

Esta forma de operar genera a partir de la alimentación dos corrientes o flujos: concentrado, con una concentración de contaminantes mayor que en la alimentación, y permeado, con una concentración de contaminantes que hacen posible su vertido o reutilización. Las membranas utilizadas en este método de filtración son de tipo tamiz o densas.



*Figura M.13. Esquema de filtración tangencial.*

En este apartado, se realiza una introducción general hacia las membranas. En los *puntos* 8.2., 8.3., 8.4. de este documento se podrá tener una mayor apreciación de las características y el funcionamiento de los tipos de filtración empleados en el proyecto.

## 5. NORMAS Y REFERENCIAS

### 5.1. Disposiciones legales y normas aplicadas

Para realizar el presente proyecto se han seguido las siguientes normas:

- RD 1627/1997, del 14 de abril por lo que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud laboral en los lugares de trabajo.
- Ley 31/1995, del 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales
- RD 379/2001 del 6 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias.
- UNE-EN ISO 5455 – Dibujos técnicos. Escalas. (ISO 5455:/979)
- UNE-EN ISO 3098-0 – Documentación técnica de productos. Escritura.
- UNE 1032 – Dibujos técnicos. Principios generales de representación.
- UNE 157001-2014, “Criterios generales para la elaboración de los documentos que constituyen un proyecto técnico”.
- UNE-EN 13480-3:2017, Tuberías metálicas industriales. Parte 3: Diseño y cálculo.

### 5.2. Bibliografía

- Monfort, E., (2013). *EQ1027, Tecnología del medio ambiente*. Universitat Jaume I materials.
- Rodrigo, M.D., (2003). *Operaciones básicas de flujo de fluidos*. Universitat Jaume I materials.
- Monfort, E., (2007). *Seguridad e Higiene en la Industria Química*. Universitat Jaume I materials.
- Colomer, F., (2017). *Apuntes EQ1031, Proyectos de Ingeniería*. Universitat Jaume I materials.
- Monfort., E., (2016). *Apuntes EQ1027, Tecnología del medio ambiente*. Universitat Jaume I materials.

- Cayetano Moliner., R., (2018). *Apuntes EQ1039, Operaciones de Separación Especiales*. Universitat Jaume I.
- Perry, R. H., *Manual del Ingeniero Químico*, Naucalpan de Juárez: McGraw-Hill, 1992.
- Grau, M. C. (2015). *Planta de tratamiento de agua para central de turbinas de gas*. Madrid, España. Universidad ICAI ICADE Madrid.
- Universidad de A Coruña. (abril de 2015). *Filtración en membrana y ósmosis inversa (FT-TER-005)*.
- Editorial Acribia , S.A. Lavoisier (2016). *Tratamiento de aguas de refrigeración*.

### 5.3. Páginas web

- Sistemas de membrana, LENNTECH:  
[https://www.lenntech.com/products/membrane/filmtec-.htm?gclid=EAIAIQobChMihLiS7v2G4wIV2oXVCh2MogKdEAAYASAAEgIoaPD\\_BwE](https://www.lenntech.com/products/membrane/filmtec-.htm?gclid=EAIAIQobChMihLiS7v2G4wIV2oXVCh2MogKdEAAYASAAEgIoaPD_BwE)
- Conducciones PVC, MOLECOR:  
<http://molecor.com/es/canalizaciones/gama-producto>.
- Sistemas de bombas, IDEAL: <http://www.bombasideal.com/wp-content/uploads/2018/11/400-CAT-RNI-GNI-50-60-Hz-D-081018.pdf>
- Conducciones acero inoxidable,
- Universidad de A Coruña. (abril de 2015). *FILTRACIÓN EN MEMBRANA Y ÓSMOSIS INVERSA (FT-TER-005)*. Obtenido de <https://www.wateractionplan.com/documents/177327/558161/Filtraci%C3%B3n+en+membrana+y+%C3%B3smosis+inversa.pdf/c6e09095-3730-c07e-42e8-3f9db4f7e28b>

## **5.4. Programas informáticos empleados**

Los programas informáticos que han sido empleados en este proyecto son los siguientes:

- Microsoft Word 2016
- Microsoft Excel 2016
- Microsoft Project 2016
- ROSA 9 (DOW Filmtec)
- AutoCAD 2016
- CYPE
- LucidChart Online

## 6. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

### 6.1. Definiciones

A continuación, se definen diversos conceptos que pueden ser de utilidad para comprender el presente proyecto o aparecen mencionados a lo largo del mismo.

- ❖ Conductividad eléctrica: capacidad del agua para conducir corriente eléctrica, y está relacionada con la cantidad de iones que contiene.
- ❖ Turbidez: medida que hace referencia a la falta de transparencia un líquido, debido a la presencia de partículas en suspensión y material coloidal. Se considera una buena medida de la calidad del agua, a mayor turbidez menor calidad.
- ❖ Total de Sólidos Disueltos (TDS): concentración total de sustancias disueltas en un líquido.
- ❖ Sólidos en suspensión (SS): partículas que permanecen en suspensión en un líquido.
- ❖ pH: medida de la acidez o alcalinidad de una disolución, indica la concentración de iones hidrógeno presentes en ésta y se define como  $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$ .
- ❖ Demanda Química de Oxígeno (DQO): mide la cantidad de materia susceptible de ser oxidada por medios químicos en determinadas condiciones.
- ❖ Coloides: partículas con diámetros inferiores a  $10\mu\text{m}$  que no pueden ser eliminadas por sedimentación, debido a que las fuerzas electrostáticas repulsivas impiden que se aglomeren y el movimiento Browniano las mantiene en suspensión. Para su eliminación por sedimentación es necesario el proceso de coagulación-floculación.
- ❖ Cloro libre residual: cantidad de cloro remanente en el agua después de que parte del añadido reaccione en el proceso de desinfección de ésta.
- ❖ Silt Density Index (SDI): parámetro que permite determinar la capacidad de ensuciamiento de un agua sobre membranas.
- ❖ Fouling Factor (FF): factor de ensuciamiento de las membranas.

## 6.2. Abreviaturas

CTCC	<i>Central Térmica de Ciclo Combinado</i>
PTA	<i>Planta de Tratamiento de Agua</i>
OI	<i>Ósmosis Inversa</i>
EDI	<i>Electrodesionización</i>
ppb	<i>partes por billón</i>
ppm	<i>partes por millón</i>
AP	<i>Alta Presión</i>
BP	<i>Baja Presión</i>
CPU	<i>Unidad Central de Proceso</i>
PLC	<i>Controlador Lógico Programable</i>
SCADA	<i>Sistema de Supervisión y Adquisición de Datos</i>
PRFV	<i>Polímero Reforzado con Fibra de Vidrio</i>
PVC	<i>Policloruro de Vinilo</i>
PE	<i>Polietileno</i>
TOC	<i>Carbono Orgánico Total</i>
SDI	<i>Índice de Densidad de Sedimentos</i>
NTU	<i>Unidades Nefelométricas de Turbidez</i>
PC	<i>Ordenador personal</i>
SC	<i>Sala de Control</i>
PEM	<i>Presupuesto de Ejecución de Material</i>
PEC	<i>Presupuesto de Ejecución por Contrata</i>
IPC	<i>Índice de Precios de Consumo</i>
FC	<i>Flujo de Caja</i>
VAN	<i>Valor Actual Neto</i>
TIR	<i>Tasa Interna de Rentabilidad</i>
PR	<i>Periodo de Retorno</i>

## **7. REQUISITOS DE DISEÑO**

En este apartado se muestran los datos de partida empleados para diseñar y dimensionar la planta de tratamiento de aguas, los parámetros de calidad finales que se han de conseguir y los caudales de operación de la línea de tratamiento.

### **7.1. Condiciones del agua de entrada**

Como datos de partida para la realización de cálculos y el dimensionamiento se utilizan los datos facilitados por la Especificación Técnica proporcionada por la empresa.

Tabla M.3. Composición del agua bruta de entrada.

Parámetro	
Turbidez	<3 NTU
pH (15 °C)	6,2
Conductividad (15°C)	58,0 $\mu$ S/cm
Sólidos en suspensión (SS)	<5 ppm
Color	<2 $\mu$ H(Pt/Co)
Calcio (Ca)	2,38 ppm
Calcio (CaCO <sub>3</sub> )	6,00 ppm
Sodio (Na)	7,84 ppm
Sodio (CaCO <sub>3</sub> )	17,1 ppm
Cadmio (Cd)	<0,001 ppm
Boro (B)	<0,01 ppm
Berilio (Be)	<0,005 ppm
Bario (Ba)	0,025 ppm
Arsénico (As)	<0,005 ppm
Antimonio (Sb)	<0,005 ppm
Aluminio (Al)	1,40 ppm
Cromo (Cr)	<0,01 ppm
Cobalto (Co)	<0,01 ppm
Cobre (Cu)	0,023 ppm
Plomo (Pb)	<0,005 ppm
Litio (Li)	<0,001 ppm
Magnesio (Mg)	1,242 ppm
Magnesio (CaCO <sub>3</sub> )	3,11 ppm
Manganeso (Mn)	0,0055 ppm
Molibdeno (Mo)	<0,01 ppm
Níquel (Ni)	<0,01 ppm
Fósforo (P)	<0,01 ppm
Potasio (K)	2,05 ppm

Selenio (Se)	<0,005 ppm
Silicio (Si)	4,764 ppm
Sílica (SiO <sub>2</sub> )	10,2 ppm
Plata (Ag)	<0,01 ppm
Estroncio (Sr)	0,0239 ppm
Talio (Tl)	<0,01 ppm
Estaño (Sn)	<0,050 ppm
Vanadio (V)	<0,01 ppm
Zinc (Zn)	0,09 ppm
Bromo (Br)	<0,10 ppm
Bicarbonatos (CaCO <sub>3</sub> )	<20,0 ppm
Alcalinidad de fenolftaleína (CaCO <sub>3</sub> )	<20,0 ppm
Fluoruros (F)	<0,2 ppm
Cloruros (Cl)	3,90 ppm
Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	1,0 ppm
Nitratos (NO <sub>2</sub> )	<0,10 ppm
Dureza total	11,0 ppm
Alcalinidad Total (CaCO <sub>3</sub> )	20,0 ppm
Hierro total (Fe)	2,09 ppm
Nitritos (NO <sub>3</sub> )	1,50 ppm

## 7.2. Calidad del agua desmineralizada

La calidad del agua desmineralizada requerida es la siguiente:

*Tabla M.4. Calidad del agua desmineralizada requerida.*

Parámetro	
Ion Sodio (Na <sup>+</sup> )	< 3.0 ppb
Ion Cloro (Cl <sup>-</sup> )	< 3.0 ppb
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	< 3.0 ppb
Sílice (SiO <sub>2</sub> )	< 10 ppb
Conductividad catiónica	< 0,1 μS·cm <sup>-1</sup> a 15°C
Sólidos disueltos (TDS)	< 50 ppb
Carbono orgánico total (TOC)	< 200 ppb
pH	6,8 ≤ pH ≤ 7,2

## 7.3. Caudales de operación

El objetivo de la nueva planta de tratamiento de aguas es asegurar la obtención de más de 50 m<sup>3</sup>/h de agua desmineralizada a partir de un caudal de 80 m<sup>3</sup>/h de agua bruta.

Como resultado, se ha logrado diseñar una planta que tendrá un alcance de producción de 51.3 m<sup>3</sup>/h de agua desmineralizada a partir de 80 m<sup>3</sup>/h de agua bruta de entrada. Para ello, es importante considerar la recuperación de cada equipo en cada etapa.

A modo de resumen, se muestra una tabla con los caudales implicados durante toda la línea de tratamiento:

*Tabla M.5. Caudales implicados en cada etapa de filtración.*

<b>Etapa</b>	<b>Alimentación (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Permeado (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Rechazo (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Recuperación (%)</b>
Etapa de ultrafiltración (UF)	80	72	8	90
Etapa de ósmosis inversa (OI)	72	54	18	75
Etapa de electrodesionización (EDI)	54	51,3	2,7	95

Los cálculos para determinar dichos caudales se muestran detallados en el *apartado 1.2.* del documento *Anexos*.

## 8. ANÁLISIS DE SOLUCIONES

En este apartado de la *Memoria* se realiza la descripción de todos los sistemas que forman parte de la nueva planta de tratamiento de aguas.

### 8.1. Pretratamiento del agua de entrada

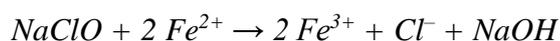
En la Especificación Técnica se solicita realizar un pretratamiento al agua bruta para disminuir el contenido de materia orgánica oxidable, reducir los microorganismos y oxidar los iones ferrosos y manganosos, asegurando así la protección de equipos y conducciones.

El pretratamiento consiste en dos dosificaciones, una de hipoclorito sódico y otra de un coagulante, en este orden.

#### 8.1.1. Dosificación de hipoclorito sódico

El hipoclorito sódico ( $\text{NaClO}$ ) es un aditivo químico común con poder oxidante y desinfectante que además posee grandes ventajas sobre otros compuestos clorados como su facilidad de manejo y almacenaje, una alta disponibilidad de mercado y un precio económico.

Mediante la dosificación de  $\text{NaClO}$  se pasa el hierro soluble que pueda encontrarse de forma reducida ( $\text{Fe}^{2+}$ ) a hierro insoluble en forma oxidada ( $\text{Fe}^{3+}$ ).



Además, sumado a su poder oxidante, se añade su carácter bactericida o desinfectante, que impide el crecimiento de algas y otros microorganismos reduciendo considerablemente el atascamiento de los sistemas que interfieren en el proceso de filtración.

La cantidad a dosificar de hipoclorito viene en función de la calidad del agua bruta y de la naturaleza de la misma. Por eso, en estas circunstancias resulta difícil dosificar una cantidad fija de hipoclorito ya que la calidad del agua de un río es variable a lo largo de un año.

A pesar de esto, si se desea establecer un rango de dosificación, ha de ser a partir de ensayos de potencial Redox y límites de concentración de cloro residual. El método

propuesto consistiría en establecer unos límites de potencial para esas reacciones e ir ajustando la cantidad de hipoclorito en función del cloro libre residual que queda sin reaccionar. Con este método, se determinarían los *setpoints* de operación en función de la calidad del agua de entrada ajustando la cantidad dosificada de hipoclorito según convenga en todo momento.

En este proyecto, no ha podido determinarse mediante ensayos en una planta piloto empleando diferentes calidades de agua por lo que, según la calidad de agua de entrada propuesta por la Especificación Técnica, se considerará a dosificar una concentración comercial del 15% como concentración de puesta en marcha.

El NaClO se dosificará de forma continua, directamente a la salida el tanque de almacenamiento de agua bruta. El motivo es porque así se consigue tener suficiente tiempo de contacto para que pueda oxidar los iones antes de llegar a los módulos de UF.

### **8.1.2. Dosificación de coagulante**

Al mismo tiempo, se solicita también una dosificación de coagulante para facilitar la agrupación de materia coloidal presente en el agua de entrada.

El coagulante provoca la desestabilización de las partículas coloidales en suspensión por medio de la neutralización de las cargas eléctricas, provocando una agrupación que da lugar a flóculos de mayor tamaño.

La dosis y el tipo de coagulante se determinan en función del volumen de lodos generados. El objetivo es agrupar la mayor cantidad posible de sólidos con la menor dosis de producto posible realizando ensayos con diversos tipos de coagulantes y polielectrolitos.

Sin ensayos realizados para esta nueva planta de tratamiento de aguas, es difícil considerar una dosificación y el tipo de coagulante o polielectrolito. A pesar de ello, dada la experiencia del personal de la actual planta de tratamiento de aguas se suministrará como dosificación de puesta en marcha provisional el coagulante orgánico ECOTAN BIO 180D de SERVYECO en una dosis óptima de 25 ppm hasta que la planta se encuentre operativa y puedan realizarse ensayos que permitan definir el tratamiento químico óptimo a seguir durante el proceso.

La dosificación se realiza entre la descarga de las bombas de la impulsión UF y la entrada de los filtros de mallas con el fin de retener los flóculos formados y mejorar la eficacia del sistema.

## **8.2. Etapa de ultrafiltración (UF)**

Tras realizar el pretratamiento del agua de entrada, el agua se bombea hasta la etapa de ultrafiltración. Esta etapa está compuesta por los siguientes equipos.

### **8.2.1. Filtros de malla**

Antes del sistema de UF se han de instalar dos filtros de malla autolimpiantes, uno por cada línea, para evitar el paso de sustancias de más de 500 micras a los módulos de ultrafiltración que los puedan dañar.

El agua se hace pasar por filtros de malla modelo FMA-1003E de STF con un soporte de malla en acero inoxidable.

### **8.2.2. Sistema de ultrafiltración**

Este tipo de proceso de filtración comprende tamaños de poro entre 1 y 100 nm, y se utiliza cuando se desea permear aguas con macromoléculas o coloides.

La mayoría de las membranas utilizadas en este proceso son poliméricas (poliacrilonitrilo, polisulfona, acetato de celulosa,...), aunque también existen membranas cerámicas ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  o  $\text{ZrO}_2$ ).

#### **8.2.2.1. Configuración de los módulos de ultrafiltración**

Para la UF se coloca un sistema de membranas encapsuladas de PVDF del modelo ZW1500 de SUEZ.

Dada la calidad del agua y la variabilidad que se puede tener, el cálculo para determinar el número de módulos necesarios, para filtrar un total de  $40 \text{ m}^3/\text{h}$  por línea, se ha realizado fijando un flujo de  $50 \text{ l/m}^2\text{h}$  como flujo de cálculo.

Siguiendo este parámetro y considerando que con este sistema se tendrá una conversión del 90%, la producción del sistema de UF será de  $36 \text{ m}^3/\text{h}$  por línea.

Los cálculos de los módulos de UF vienen detallados en el *apartado 2.1.1.* de los *Anexos*.

### **8.2.3. Sistema de contralavado y limpieza química**

- *Sistema de contralavado*

Como todo equipo de filtración, es inevitable la adhesión de partículas e incrustaciones en los módulos de UF. La ultrafiltración requiere contralavados diarios para asegurar su buen funcionamiento.

El contralavado se realiza mediante una combinación de agua, suministrada por el tanque de agua desmineralizada final, y aire, impulsado a presión por un ventilador.

En primer lugar, se vacía el módulo y empieza el lavado agua-aire. El agua circula en sentido contrario al de flujo impulsada por un sistema auxiliar de bombeo, en lo que se denomina *backwashing* o retrolavado, con el fin de mantener en suspensión los sólidos acumulados. Al mismo tiempo, se suministra aire a presión en sentido de flujo para remover dichos sólidos. Posteriormente, se realiza un lavado con agua para terminar de arrastrar la suciedad que deja el lavado agua-aire y se pasa a la fase de aclarado.

Las fases del contralavado son las siguientes y llevan con ellas un tiempo asociado por el fabricante:

- Lavado con agua y aire
- Lavado con agua
- Aclarado

Este proceso combinado tiene una duración de 5 min y se realiza a diario según la recomendación del fabricante.

El sistema auxiliar de bombeo del agua desmineralizada es el mismo que se utilizará para el sistema *flushing* de la ósmosis inversa y el modelo es MODELO de IDEAL. Para la impulsión del aire a presión, se ha seleccionado el modelo de ventilador MU-INLINE 150 de MUNDOFAN.

- Limpiezas químicas

Muchas veces no es suficiente con realizar un contralavado para lograr que las membranas queden en buen estado y puedan seguir operando de forma habitual.

Por este motivo, como medida de seguridad se han de aplicar dos limpiezas químicas, ácida y básica. Se dosifican de forma alterna un limpiador ácido y un limpiador alcalino, intercalando un aclarado con agua desmineralizada para arrastrar restos de dichos limpiadores.

La secuencia de limpieza es la siguiente:

- Limpieza ácida
- Aclarado con agua desmineralizada
- Limpieza básica
- Aclarado con agua desmineralizada

La duración total de la limpieza química es de 15 min y se realiza semanalmente según la recomendación del fabricante.

Los compuestos químicos seleccionados son el GENESOL 40 (limpiador alcalino) y el GENESOL 38 (limpiador ácido) de GENESYS INTERNATIONAL.

### **8.3. Etapa de ósmosis inversa (OI)**

#### **8.3.1. Dosificación de bisulfito sódico**

La dosificación de un químico reductor protege las membranas de OI mediante la reducción del cloro libre. Si el agua de entrada a la OI lleva cloro residual como consecuencia de la adición en exceso de hipoclorito sódico en el tanque cabecera de agua bruta, este debe ser reducido antes de su entrada a las membranas para evitar que estas se oxiden y se deterioren.

El cloro es un agente oxidante fuerte y es el principal causante de la degradación de las membranas de ósmosis.

Para esto, se incluye un sistema de dosificación de bisulfito sódico como agente reductor del cloro libre. El bisulfito se inyectará antes de la entrada de los filtros de cartucho de 5

$\mu\text{m}$  y se controlará su efectividad mediante un sensor Redox ubicado después dichos filtros.

El bisulfito sódico seleccionado es el GENESYS RED de GENESYS INTERNATIONAL, y se suministrará en dosis de 8 ppm.

### **8.3.2. Filtros de cartucho de 5 $\mu\text{m}$**

Antes de la ósmosis, al igual que sucederá con los módulos EDI, se ha de instalar una filtración de seguridad para proteger las membranas equipado con filtros de cartucho recambiables.

Estos cartuchos se emplean para retener las partículas pequeñas en suspensión que hayan podido escapar de la etapa de UF. Los cartuchos de filtración serán de 5  $\mu\text{m}$  e irán contenidos en una carcasa de acero inoxidable 316. La frecuencia con la que hay que cambiar los filtros de cartuchos es difícil de predecir, ya que depende del contenido de coloides en el agua de alimentación y el caudal.

El modelo de cartuchos seleccionados es 4 Capas de TWINPURE y serán de polipropileno expandido.

Los cálculos del número de cartuchos necesarios vienen detallados en el *apartado 2.1.2.* de los *Anexos*.

### **8.3.3. Dosificación de antiincrustante**

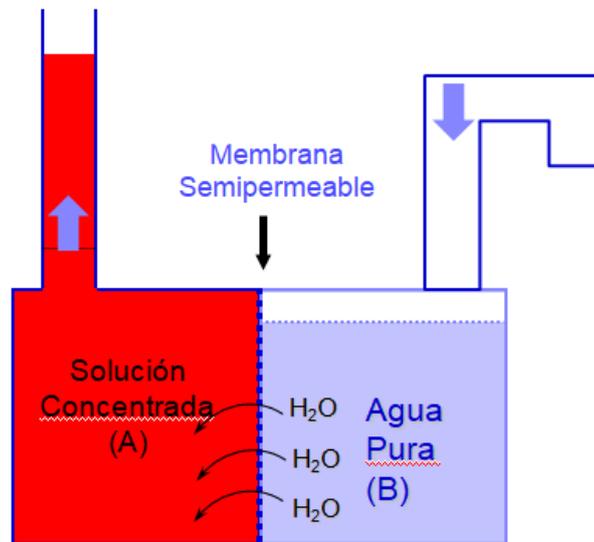
Un problema habitual en los equipos de ósmosis inversa es el ensuciamiento de las membranas debido a las incrustaciones que reducen su eficiencia durante el proceso.

Para evitar el ensuciamiento de las membranas de ósmosis inversa se recomienda dosificar productos inhibidores o antiincrustantes con el fin de evitar la precipitación de sales en las membranas y que éstas se colapsen.

La dosificación de antiincrustante se realizará a la salida de los filtros de cartucho de 5  $\mu\text{m}$ , antes del sistema de bombeo de alta presión de la OI. Se ha seleccionado un antiincrustante de uso general GENESYS LF de GENESYS INTERNATIONAL y se suministrará en dosis de 4 ppm.

### 8.3.4. Sistema de ósmosis inversa

La ósmosis inversa es un fenómeno que tiene su origen en la comprobación de la reversibilidad del fenómeno de ósmosis directa o natural. Para explicar el significado de ósmosis natural, en la *figura M.14.* se representa una solución acuosa concentrada (compartimento A) y agua pura (compartimento B).



*Figura M.14. Esquema de la ósmosis.*

La ósmosis natural o directa consiste en una transferencia del agua pura hacia la solución concentrada en sales minerales, por lo que se produce un aumento en el nivel del compartimento A hasta que la presión realizada por la columna de líquido frena el flujo de agua pura, entonces se alcanza el equilibrio osmótico (*figura M.15.*), a esta presión hidrostática se le denomina presión osmótica.

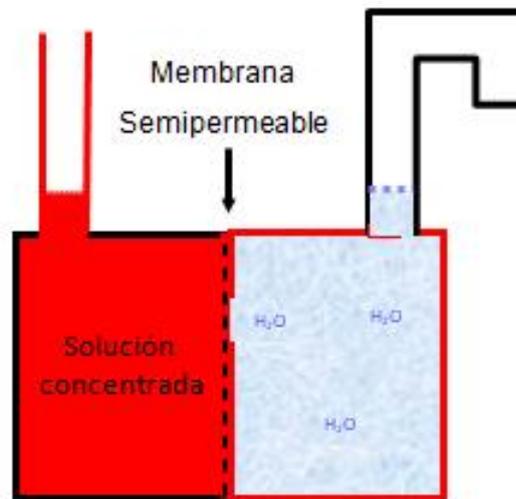


Figura M.15. Esquema del equilibrio osmótico.

El proceso de ósmosis inversa consiste en aplicar una presión mayor a la presión osmótica como se representa en la *figura M.16.*, observándose un flujo de agua pura en sentido inverso al sentido natural, quedándose las sales retenidas en las membranas.

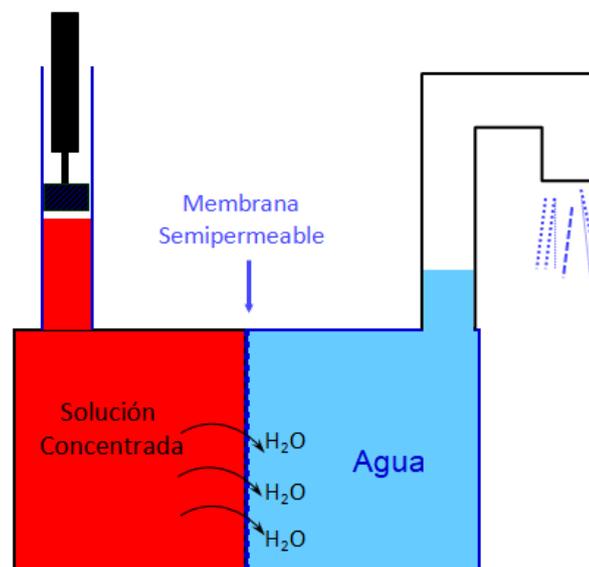


Figura M.16. Esquema de la ósmosis inversa.

En la práctica, las membranas se encuentran cada una en el interior de un recipiente de presión, denominado módulo. El agua de alimento del módulo, o la solución concentrada, se introduce a alta presión por medio de un sistema de bombeo. Una parte del caudal de alimentación atraviesa la membrana, permeado, y la otra parte rechazo, o comúnmente denominado concentrado, es evacuado por medio de una válvula reguladora.

El siguiente esquema muestra el proceso descrito en un módulo de OI:

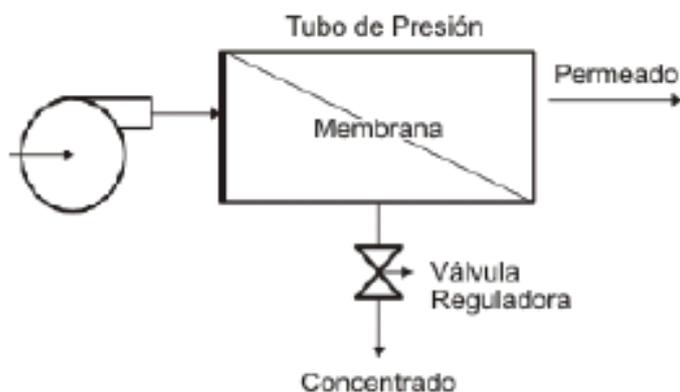


Figura M.17. Esquema simplificado del funcionamiento de una unidad de ósmosis inversa.

La relación que existe entre el caudal de permeado y el caudal de agua a tratar se denomina factor de conversión y se expresa en tanto por ciento (%).

➤ Características de las membranas de OI

Esta operación de separación se caracteriza por utilizar membranas que poseen una capa selectiva de tamaño de poro inferior a 2 nm.

Las membranas de OI son semipermeables, es decir, dejan pasar el agua a pesar de que retienen entre el 90 y el 99% de todos los elementos minerales disueltos, entre el 95 al 99 % de la mayoría de los elementos orgánicos y el 100% de los materiales más finos (bacterias, virus, sílice coloidal...).

<b>SOLUTOS</b>	<b>RETENCIÓN</b>
Iones bivalentes ( $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{CO}_3^{=}$ ...)	> 99%
Iones monovalentes ( $\text{Na}^+$ , $\text{Cl}^-$ ...)	> 98%
Microsolutos ( $\text{Pm} > 100$ )	> 90%
Microsolutos ( $\text{Pm} < 100$ )	< 99%
Virus y bacterias	> 99%

Figura M.18. Selectividad de una membrana de OI.

Normalmente se suelen utilizar membranas densas, anisótropas, en configuraciones del tipo módulos enrollados en espiral. Aunque la elección del tipo de membranas dependerá de las características del agua a tratar, ya que las configuraciones con membranas tipo fibra hueca presentan mayores problemas de ensuciamiento que las configuraciones tipo enrollamiento en espiral.

### 8.3.4.1. Configuración del paso de ósmosis inversa

Por exigencia de la Especificación Técnica, la configuración del paso de ósmosis inversa que se considera es la siguiente:

*Tabla M.6. Configuración del paso de ósmosis inversa.*

<i>Paso de OI</i>	<b>Nº de etapas</b>	<b>Elementos</b>	<b>Total membranas</b>
1 <sup>er</sup> Paso de ósmosis inversa	Etapa 1	3 Tubos	18 Membranas
		6 Membranas por tubo	
	Etapa 2	2 Tubos	12 Membranas
		6 Membranas por tubo	

Con esta configuración, para un caudal de 36 m<sup>3</sup>/h por línea y una conversión del 75%, se conseguirá obtener un caudal de 27 m<sup>3</sup>/h en cada línea de OI.

A partir de los datos de agua de entrada que aparecen en la *tabla M.3.* del *apartado 7.1.* de este documento, se realiza una simulación con el programa ROSA 9 de DOWFILMTEC para obtener las concentraciones de iones a la salida del tratamiento, el valor del caudal en cada corriente, y otros datos como la presión, el consumo energético...etc.

La simulación realizada viene detallada en el *apartado 2.1.3.* de los *Anexos.*

### 8.3.5. Desgasificador

El efecto más común en el agua desmineralizada a la salida de la ósmosis inversa es contener dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) disuelto en el agua, esto causa su acidificación y alta conductividad. La extracción de CO<sub>2</sub> después del paso de ósmosis inversa y antes de la etapa de electrodesionización reduce el uso de químicos y posibilita la optimización del funcionamiento de las pilas EDI. Además, una menor carga de CO<sub>2</sub>

mejora la extracción de sílice y boro durante la electrodesionización. Esto hace necesaria la instalación de un equipo desgasificador.

El desgasificador es un equipo compuesto por una columna de relleno con funcionamiento en contracorriente, con un electroventilador centrífugo en la zona inferior de la torre, todo ello dispuesto sobre un depósito donde se almacenará el agua desgasificada y que sirve a la vez como soporte para la torre.

En este equipo, se elimina el  $\text{CO}_2$  haciendo pasar el agua de salida de la OI por un lecho de contacto, de material plástico, en el que se fuerza a pasar un gran caudal de aire en contracorriente a baja presión. El agua y el aire circulan a contracorriente. El agua desgasificada se recoge en un depósito situado bajo la columna de contacto y el aire con  $\text{CO}_2$  es expulsado al exterior a través de una válvula de escape.

El agua desgasificada obtenida se envía directamente a la etapa de EDI para ser procesada.

### **8.3.6. Sistema de *flushing***

El mantenimiento de las dos líneas de ósmosis inversa se realizará mediante un sistema de *flushing* o enjuague.

El *flushing* consiste en hacer un barrido con agua desmineralizada en el sentido del flujo de las membranas de ósmosis inversa, con el objetivo de evitar que las sales contenidas en la fracción de rechazo se depositen sobre la superficie activa de las mismas.

Esta operación se realiza a una presión de bombeo baja (4 bar), muy inferior a la presión osmótica del agua bruta, y prácticamente todo el flujo atraviesa la zona de rechazo de las membranas sin llegar a permear, es decir, sin atravesar el poro de las membranas. El sistema encargado de bombear agua desde el tanque de agua desmineralizada será el mismo que en el caso de contralavado.

Este lavado se debe de realizar de forma automática cada vez que se produzca una parada de la planta o cuando las condiciones de operación lo obliguen. En este caso, dada la calidad del agua de entrada se estima que se realizará una o dos veces por año.

## 8.4. Etapa de electrodesionización (EDI)

La tecnología EDI emplea una combinación de membranas y resinas de intercambio iónico para eliminar iones del agua, bajo la influencia de un campo eléctrico. Al igual que ocurre con los lechos mixtos, este sistema normalmente es instalado después de la ósmosis inversa cuando se desea obtener agua desmineralizada con una conductividad en torno a los  $0.055 \mu\text{S}/\text{cm}$  o lo que se denomina “agua ultrapura”.

Un módulo de electrodesionización (EDI) consiste fundamentalmente en un número determinado de compartimentos formados alternando membranas catiónicas, aniónicas y espaciadores, que se sitúan en medio de dos electrodos a los que se aplica una corriente eléctrica.

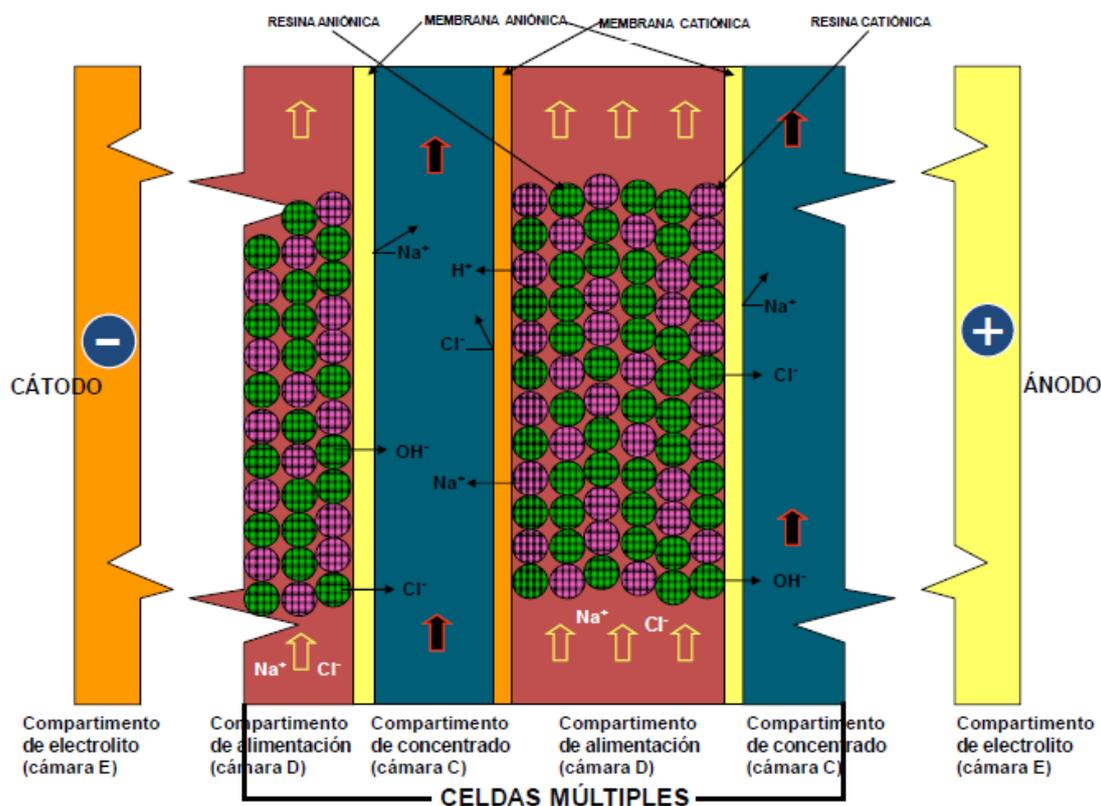


Figura M.19. Esquema de funcionamiento de módulo EDI.

Como se observa en la *figura M.19.*, los dos electrodos se encuentran en los extremos opuestos de la celda. Los electrodos proveen la corriente eléctrica al agua que fluye dentro de las celdas. Un electrodo es el cátodo, cargado negativamente y constituye una fuente de electrones. El cátodo por lo tanto atraerá cationes (iones cargados positivamente). El otro electrodo es el ánodo cuya carga positiva atraerá aniones (iones cargados negativamente). Tanto la atracción como repulsión de las cargas es debido a las cargas opuestas.

Las membranas de intercambio iónico que separan las cámaras son resinas fabricadas en forma de láminas y son de dos tipos: una membrana de intercambio catiónico, hecha a partir de resina catiónica, es permeable a los cationes, pero no a los aniones y una membrana aniónica hecha a partir de resina aniónica es permeable a los aniones, pero no a los cationes.

En la práctica las membranas empleadas en el intercambio iónico no son totalmente impermeables, los iones de signo contrario y pequeñas cantidades de agua permean.

Las membranas están colocadas de modo que se convierten en las paredes que separan las cámaras. Hay dos tipos de cámaras: la *cámara del Diluido*, lleno con resina de intercambio iónico, y la *cámara del Concentrado*. El agua proveniente de la ósmosis inversa entra en la cámara de diluido que contiene las resinas catiónicas y aniónicas confinadas entre las membranas aniónica y catiónica.

Las resinas permiten que los iones se adsorban y viajen a través de cada partícula de resina hasta llegar a las membranas.

Una vez que los iones contaminantes pasan a través de las membranas, estos se encontrarán con la cámara de concentrado. Los iones son barridos por un flujo de recirculación, del cual una parte es drenado y otra parte compensado por la reposición de agua de alimentación.

La tensión eléctrica aplicada provoca un movimiento de iones desde el compartimento de diluido al de concentrado a través de las membranas de intercambio iónico. El agua que fluye a través del compartimento de diluido, sale ya purificada, mientras que el agua de alimentación, que fluye a través del compartimento de concentrado, se emplea para arrastrar los iones previamente separados.

La transferencia de iones conducidos por la corriente eléctrica ocurre fundamentalmente a través de las resinas en vez de a través del agua. Este hecho permite al EDI producir agua con resistividad de gran calidad, que sería imposible de conseguir sin las resinas.

Al mismo tiempo, en las etapas finales del proceso, cuando el agua tiene ya una elevada pureza, la corriente eléctrica aplicada disocia el agua en iones hidrógeno e hidroxilo, que sirven para mantener las resinas permanentemente regeneradas.

Sustituyen, por lo tanto, a los  $H^+$  introducidos con el HCl o a los  $OH^-$  introducidos con la NaOH en el proceso de regeneración de las resinas de intercambio iónico convencionales.

La regeneración continua en el EDI se logra electroquímicamente, por medio de membranas conductoras de iones y por la aplicación de una corriente eléctrica. Los iones hidrógeno ( $H^+$ ) y los iones hidroxilo ( $OH^-$ ) necesarios para la regeneración son formados *in-situ*, sin adición de reactivos químicos, por medio de la conocida reacción de hidrólisis del agua.

#### **8.4.1. Filtros de cartucho de 1 $\mu$ m**

Antes de los módulos de EDI, al igual que sucede en la etapa de ósmosis, se ha de instalar una filtración de seguridad. Sin embargo, ahora los cartuchos de filtración serán de 1  $\mu$ m.

El modelo de cartuchos seleccionados es el mismo que para el caso de los cartuchos de 5  $\mu$ m, 4 Capas de TWINPURE, de polipropileno expandido e irán contenidos en una carcasa de acero inoxidable 316.

Los cálculos del número de cartuchos necesarios vienen detallados en el *apartado 2.1.4.* de los *Anexos*.

#### **8.4.2. Sistema de electrodesionización**

El caudal de alimentación de los módulos que compondrán el sistema EDI será de 27  $m^3/h$  por línea, que es el caudal de agua que es capaz de producir cada línea de OI.

Sabiendo la calidad del agua a la salida del paso de OI, el modelo seleccionado de módulo EDI es el E-Cell-3X de GE POWER&WATER. Este modelo asegura una conversión mínima del 95%, por lo que el caudal de agua desmineralizada será de 25,65 m<sup>3</sup>/h por línea.

Los módulos EDI se instaran en un bastidor de acero inoxidable, con las membranas de electrodiálisis, las resinas de intercambio iónico y los electrodos correspondientes.

Los cálculos del número de módulos que serán necesarios para tratar el caudal de entrada vienen detallados en el *apartado 2.1.5.* de los *Anexos.*

### **8.5. Sistema de control (SC)**

En una sala paralela al proceso se sitúa el sistema de control que se encargará de la supervisión y el monitoreo de la planta de tratamiento de aguas. Este sistema permite aumentar la eficiencia de toda la línea de proceso y, además, asegura un correcto funcionamiento de la planta.

El sistema de control requerido se compone de un PLC Rx3i de GENERAL ELECTRIC con tarjetas de entrada-salida conectadas con una CPU correspondiente. A su vez, para la monitorización de la planta se dispondrá de una estación de trabajo con el software ELIPSE E3 y un PC de sobremesa de 25" de LG o similar, por el cual correrá un SCADA.

Además, el sistema tendrá dos modos de funcionamiento. Modo local y modo remoto, ambos en modo manual y modo automático.

- Modo manual: dependiendo del rango del operario, las operaciones que podrán realizar serán las siguientes.
  - Operario: arranque y parada de equipos, realizar comprobaciones y pruebas.
  - Jefe de planta: programar lazos de control, realizar simulaciones, modificar parámetros y programas.
- Modo automático: no hay intervención de los usuarios, depende de las variables del sistema.

La instalación y realización del sistema de control al completo será gestionada por una subcontrata ajena a la *Memoria* de este proyecto.

## 8.6. Laboratorio

Cómo se ha comentado en apartados anteriores, la actual planta de tratamiento de aguas de Termopernambuco posee un espacio reservado para el laboratorio de análisis de aguas. Este laboratorio hace un seguimiento exhaustivo de las propiedades del agua desmineralizada, garantizando así el rendimiento y la salud de los equipos.

En este apartado, se detalla brevemente el instrumental requerido que se ha de renovar de cara a la implantación de la nueva planta de tratamiento de aguas:

- ❖ *Turbidímetro*: se trata de un instrumento que a través del análisis óptico determina la cantidad de sustancias en un líquido, se emplea en la medición de partículas en suspensión.

El modelo escogido es el HI98713 de HANNA INSTRUMENTS. Permite medir la turbidez de una muestra de agua en el rango de 0,00 a 1000 NTU. Un efectivo algoritmo calcula y convierte la salida de los detectores en NTU. Se suministra completo con 5 cubetas de medición con tapa, patrones de calibración, aceite de silicona, paño limpieza cubetas, 5 porta-tags con tags, pilas, adaptador, instrucciones y maletín de transporte.



*Figura M.20. Turbidímetro.*

- ❖ *Medidor fotométrico multifunción*: este dispositivo permite medir hasta 45 parámetros diferentes del agua, entre ellos la alcalinidad, pH, DQO, diferentes metales y sólidos.

Se elige el modelo HI 83200-02 de la empresa PCE Instruments. 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 M.21. Medidor fotométrico multifunción.*

- ❖ *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.

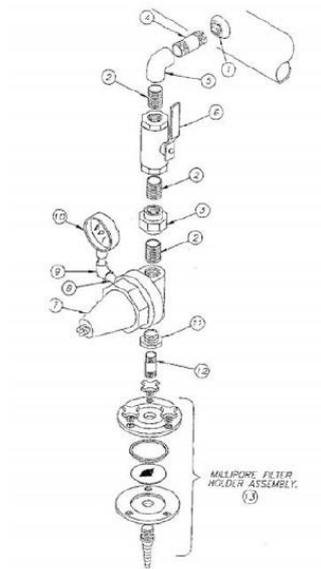


*Figura M.22. Medidor fotométrico para la dureza.*

- ❖ *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  $\mu\text{m}$ , 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. El medidor de SDI es de la empresa HACH con filtros MILLIPORE.



*Figura M.23. Medidor de SDI.*

## 9. RESULTADOS FINALES

### 9.1. Resumen

El río Ipojuca, situado en la región de Recife, en el estado brasileño de Pernambuco, abastece de agua a un tanque de almacenamiento ubicado en la CTCC de Termopernambuco. La planta de tratamiento de aguas se alimenta de este tanque con un caudal de entrada de  $80 \text{ m}^3/\text{h}$ .

En primer lugar, el agua bruta del tanque se trata con una dosificación de hipoclorito, que actúa a modo de agente químico oxidante y desinfectante.

A continuación, mediante un sistema de bombeo se impulsa el agua bruta del tanque hasta la entrada de las dos líneas de la etapa de UF. Es ahí, justo antes de la entrada a las líneas cuando se dosificará un segundo aditivo químico, en este caso, coagulante, para facilitar la agrupación de materia coloidal presente en el agua de entrada.

Cada línea de la etapa de UF se compone de dos equipos de filtración en serie: el primero, un filtro de mallas que sirve de filtración de seguridad para evitar dañar los módulos de UF, y el segundo, un sistema de módulos de UF.

En esta etapa se consigue un caudal de agua filtrada de  $36 \text{ m}^3/\text{h}$  por línea,  $72 \text{ m}^3/\text{h}$  en total. Este caudal total es enviado a través del segundo sistema de impulsión hacia la segunda etapa de OI, donde se somete a dos dosificaciones químicas previas al paso de ósmosis inversa y a una filtración de seguridad.

El agua a la salida de la bomba se trata con una dosificación de bisulfito sódico, el cual actúa como reductor del cloro libre que se arrastra de la etapa anterior y que se ha de eliminar para no dañar las membranas de la OI.

Seguidamente, en cada línea se hace pasar el agua por unos filtros de cartucho de  $5 \mu\text{m}$  para retener las partículas pequeñas en suspensión que hayan podido escapar de la etapa de UF. Este tipo de filtración actúa, una vez más, por seguridad para evitar daños en el paso de ósmosis inversa.

A la salida de los filtros de cartucho se realiza una dosificación de antiincrustante para combatir la incrustación de sales en las membranas de OI. Tras la dosificación de antiincrustante, el agua se dirige al sistema de bombeo de alta presión previo a la OI.

El agua es impulsada al sistema de ósmosis inversa para la eliminación de sales. Su configuración es de un solo paso y dos etapas, es decir, el permeado que se obtiene pasa al uso que se le quiere dar y no se vuelve a tratar, y el concentrado de la primera etapa pasa a una segunda etapa para volver a tratarlo, obteniendo una mayor conversión.

En esta etapa se consigue un caudal de agua filtrada de 27 m<sup>3</sup>/h por línea, 54 m<sup>3</sup>/h en total. Este caudal se bombea hasta un equipo desgasificador.

El agua osmotizada entra en el desgasificador para reducir su contenido en dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) disuelto, ya que esto causa su acidificación y afecta de forma negativa al funcionamiento de los módulos EDI.

Posteriormente, el agua sale del desgasificador hacia las líneas de la etapa EDI. En las líneas encontramos el mismo esquema que en la etapa de OI: una filtración de seguridad de 1 µm y los módulos de electrodesionización. A la salida de los módulos de EDI, esta etapa consigue un caudal de agua desmineralizada de 25,65 m<sup>3</sup>/h por línea, 51,3 m<sup>3</sup>/h en total.

Finalmente, el agua desmineralizada producida en la etapa EDI es enviada a un tanque de almacenamiento exterior desde el cual se suministrará agua a las operaciones de generación eléctrica de la central, al sistema de enfriadores evaporativos y al sistema auxiliar de limpieza de membranas F-R.

Los rechazos de cada etapa y la salida del agua de lavado son enviados a través de una conducción de acero inoxidable hasta la balsa de efluentes de la central para ser tratados como corresponda.

## 9.2. Diagrama de flujo del tratamiento

Siguiendo la información descrita en el *apartado 9.1.* anterior, se muestra el diagrama de flujo del proceso explicado:

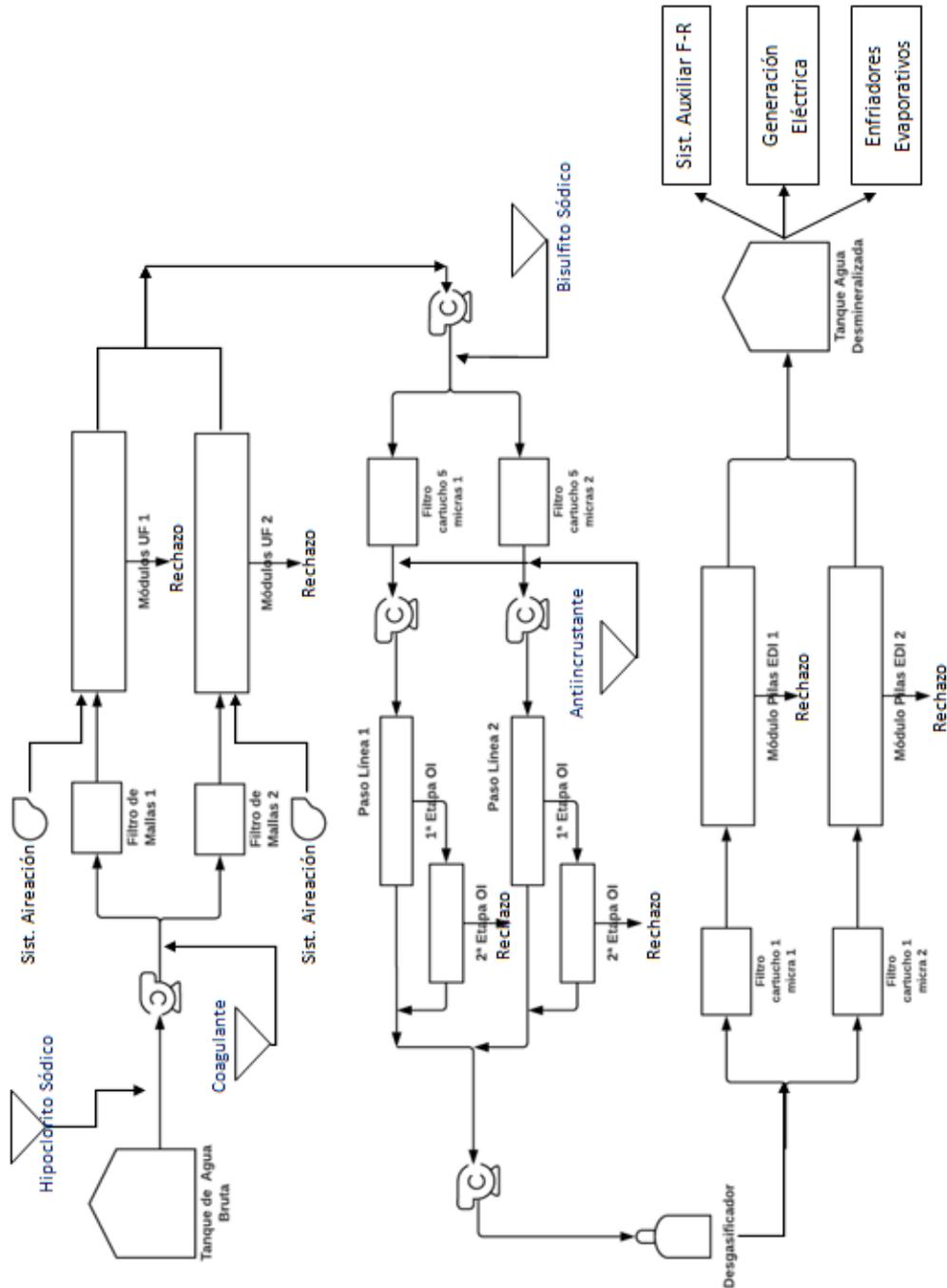


Figura M.24. Diagrama de flujo del tratamiento.

### 9.3. Calidad del agua desmineralizada producida

En este apartado, tras superar la última etapa del tratamiento se comparan los resultados obtenidos con los requeridos para comprobar que el sistema diseñado funciona correctamente.

La *tabla M.6.* muestra los valores obtenidos, además de los que la Especificación Técnica solicita cumplir.

*Tabla M.6. Resumen de los parámetros obtenidos del agua desmineralizada.*

Parámetro	Valor requerido	Resultado obtenido
Ion Sodio (Na <sup>+</sup> )	< 3.0 ppb	1,4 ppb
Ion Cloro (Cl <sup>-</sup> )	< 3.0 ppb	2,1 ppb
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	< 3.0 ppb	2,7 ppb
Sílice (SiO <sub>2</sub> )	< 10 ppb	5,2 ppb
Conductividad catiónica	< 0,1 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	0,0625 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$
Sólidos disueltos (TDS)	< 1,15 ppb	1,12 ppb
Carbono orgánico total (TOC)	< 200 ppb	193,8 ppb
pH	6,8 ≤ pH ≤ 7,2	6,9

Ante la ausencia de una planta piloto que asegure los valores obtenidos tras las 3 etapas de filtración, los datos obtenidos han sido estimados solicitando fichas técnicas de los equipos, siguiendo las recomendaciones de diversos fabricantes y consultando otras fuentes relacionadas con el proceso de tratamiento.

Por todo esto, se puede concluir con seguridad que la nueva planta de tratamiento de aguas cumplirá con los parámetros de operación requeridos y proporcionará una calidad de agua desmineralizada suficiente para que pueda ser utilizada como se requiera dentro de la central.

## 9.4. Consumos anuales de operación

Para realizar el estudio económico es importante conocer la cantidad de reactivos que se requieren para la operación de la planta en continuo y el consumo eléctrico de los equipos implicados.

### 9.4.1. Consumo de reactivos

En este apartado, se refleja el consumo de los reactivos empleados considerando que la planta opera de forma ininterrumpida 24h al día y los 365 días al año.

Tabla M.7. Consumo anual de reactivos de la planta de tratamiento de aguas.

Reactivo	kg/año
Hipoclorito Sódico	5.746,56
Coagulante	17.520
Bisulfito Sódico	5.045,76
Antiincrustante	2.522,88

### 9.4.2. Consumo eléctrico de la instalación

A continuación, se presentan los datos de los consumos de cada equipo de la instalación durante el mismo período de tiempo.

Tabla M.8. Consumo eléctrico anual de la planta de tratamiento de aguas.

Sistema	Uds.	Potencia unitaria (kW)	Potencia (kW)	Potencia anual (kW/año)
Bomba RNI 80 - 20	1	4	4	35.040
Bomba RNI 80 - 26h	1	7,5	7,5	65.700
Bomba RNI 40 - 32H	2	30	60	525.600
Bomba RNI 50 - 32H	1	7,5	7,5	65.700
Bomba RNI 50 - 32H	1	5,5	5,5	48.180
Ventilador MU-INLINE 150	2	0,63	1,26	459,9
Bomba dosificadora 204.1	6	0,03	0,18	1.576,8
Agitador	6	0,055	0,33	2.890,8
Paso de ósmosis Inversa	2	22,32	44,64	391.046,4
			<b>TOTAL</b> (kW/año)	1.136.193,90

## 10. PLANIFICACIÓN

Este apartado refleja las etapas de la planificación del proyecto que han de tenerse en cuenta, así como su duración y la relación que existe entre ellas.

La *tabla M.9.* muestra las etapas consideradas y su duración.

*Tabla M.9. Etapas del proyecto.*

Tarea	Duración (días)	Comienzo	Fin
Entrega y aceptación del proyecto	7	lun 09/9/19	mar 17/9/19
Limpieza y adecuación de la nave de emplazamiento	15	mié 18/9/19	mar 08/10/19
Instalación de sistemas de bombeo	30	mié 09/10/19	mar 19/11/19
Instalación de conducciones	50	mié 20/11/19	mar 28/1/20
Instalación de equipos y depósitos	45	mié 29/1/20	mar 31/3/20
Instalación eléctrica	15	mié 01/4/20	mar 21/4/20
Automatización	20	mié 22/04/20	mar 19/5/20
Puesta en marcha y prueba de funcionamiento	15	mié 20/5/20	mar 09/6/20

Además, la *figura M.25.* muestra el diagrama de Gantt de dicha planificación. Este diagrama se ha realizado con la herramienta informática Microsoft Project 2016 y representa la realización de las tareas según el tiempo estipulado.

Finalmente, se concluye que las tareas del presente proyecto tendrán una duración estimada de 197 días con una jornada laboral de 8 horas, 5 días a la semana y con los correspondientes días festivos. De este modo, el proyecto se iniciaría el 9 de septiembre de 2019 y finalizaría el 9 de junio de 2020.

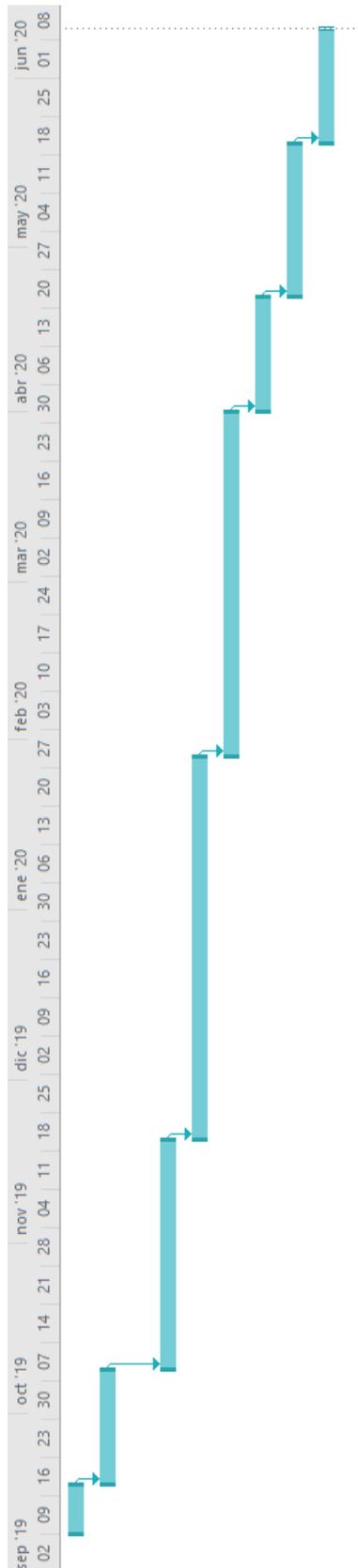


Figura M.25. Diagrama de Gantt.

## **11. ORDEN DE PRIORIDAD DE LOS DOCUMENTOS BÁSICOS**

Según recoge la norma UNE 157001 2014, el orden de prioridad de los documentos básicos que constituyen un proyecto técnico es el siguiente:

1. Planos
2. Pliego de condiciones
3. Presupuesto
4. Memoria

## 12. VIABILIDAD ECONÓMICA

La realización de un estudio de viabilidad económica es fundamental para determinar si el proyecto que se desea llevar a cabo es rentable y decidir su aceptación o su rechazo en función de los resultados obtenidos.

El estudio de viabilidad puede resumirse en los puntos descritos a continuación.

### 12.1. Resumen del presupuesto

Este apartado muestra un resumen de las partidas de presupuesto que componen el Presupuesto de Ejecución de Material (PEM). En la tabla M.10. se muestran los datos de cada partida presupuestaria y el valor del PEM total.

*Tabla M.10. Presupuesto de Ejecución de Material.*

<b>Partida</b>	<b>Coste (€)</b>
Equipos principales	160.958,60
Sistemas de impulsión	36.167,40
Depósitos y agitadores	1.266.067,75
Instrumentación	28.245,13
Conducciones y accesorios	13.810,61
Obra Civil	156.000,00
Mano de obra	24.143,79
<b>TOTAL (€)</b>	<b>1.685.393,28</b>

Para determinar el Presupuesto de Ejecución por Contrata, se debe tener en cuenta el PEM, y a partir de este, se determinan los Gastos Generales (20% del PEM) y el Beneficio Industrial (6% del PEM).

En los *Gastos Generales* se incluyen todos aquellos gastos derivados de licencias y seguridad y salud. En la *tabla M. 11.* se recoge el PEC.

Tabla M.11. Presupuesto de Ejecución por Contrata.

Elemento	Coste (€)
PEM	1.685.393,28
Gastos Generales	337.078,66
Beneficio Industrial	101.123,60
<b>PEC (€)</b>	<b>2.123.595,53</b>

El *Presupuesto Total*, equivalente a la Inversión Inicial ( $I_0$ ), se determina aplicando el IVA (21%) al Presupuesto de Ejecución por Contrata calculado en la tabla anterior.

Tabla M.12. Presupuesto Total.

Elemento	Coste (€)
PEC	2.123.595,53
IVA (21%)	445.955,06
<b>Presupuesto Total (€)</b>	<b>2.569.550,59</b>

Acorde al valor obtenido, se determina que el Presupuesto Total del proyecto *Diseño de una planta de tratamiento de aguas* asciende a **DOS MILLONES QUINIENTOS SESENTA Y NUEVE MIL QUINIENTOS CINCUENTA EUROS CON CINCUENTA Y NUEVE CÉNTIMOS**.

## 12.2. Presupuesto de explotación

El *Presupuesto de Explotación* detalla los gastos totales anuales de la instalación y se divide en gastos directos e indirectos.

Los gastos directos son los gastos que están directamente relacionados al volumen de producción y que dependen de la cantidad del mismo, mientras que los gastos indirectos son los gastos que no dependen de la producción, es decir, que tienen un valor fijo independientemente de la cantidad que se produce.

Para realizar una estimación progresiva de la explotación, se debe tener en cuenta que el valor del dinero varía con el tiempo. Por este motivo, se emplea la *ecuación M.1.* para determinar el valor característico para cada año de explotación.

Además, para realizar dicha estimación, se deben definir los siguientes parámetros:

- IPC: Índice de Precios al Consumo = 2,5%
- in: Interés nominal = 4%
- ir: Interés real =  $in/IPC = 1,6\%$

$$Característica = Característica_{año0} \cdot (1+IPC)^{año-1} \quad \text{Ecuación M.1.}$$

### 12.2.1. Gastos directos

En la nueva planta de tratamiento de aguas que se desea construir, los gastos directos son la cantidad de reactivos que se requieren para la operación de la planta en continuo y el consumo eléctrico de los equipos implicados.

A pesar de que la nueva planta está prevista que se instale en Brasil, los precios y tarifas de este apartado son los del territorio español para poder hacer ver a los inversores que en caso de exportar este proyecto a nuestras fronteras, sería posible técnicamente y viable económicamente.

El gasto anual por consumo de reactivos se refleja en la tabla siguiente.

Tabla M.13. Consumo de reactivos anual.

Reactivo	kg/año	Coste (€/kg)	Coste (€/año)
Hipoclorito Sódico	5.746,56	0,81	4.654,71
Coagulante	17.520	0,71	12.439,20
Bisulfito Sódico	5.045,76	0,63	3.178,83
Antiincrustante	103,68	8,68	899,94
<b>TOTAL (€/año)</b>			<b>21.172,68</b>

El precio de la electricidad se ha determinado a partir de una tarifa eléctrica común de 0,1194 €/kW.

El gasto anual por consumo eléctrico se refleja en la tabla siguiente.

Tabla M.14. Consumo eléctrico anual.

Sistema	Potencia anual (kW/año)	Tarifa España (€/kW)	Coste (€/año)
Bomba IDEAL RNI 80 -20	35.040	0,1194	4.183,78
Bomba IDEAL RNI 80 - 26h	65.700	0,1194	7.844,58
Bomba IDEAL RNI 40 - 32H	525.600	0,1194	62.756,64
Bomba IDEAL RNI 50 - 32H	65.700	0,1194	7.844,58
Bomba IDEAL RNI 50 - 32H	48.180	0,1194	5.752,69
Ventilador MU-INLINE 150	459,9	0,1194	54,91
Bomba dosificadora 204.1	1.576,8	0,1194	188,27
Agitador	2.890,8	0,1194	345,16
Paso de ósmosis Inversa	391.046,4	0,1194	46.690,94
<b>TOTAL (€/año)</b>			<b>47.279,28</b>

El valor del gasto directo totales la suma de ambos consumos, se refleja en la tabla siguiente.

Tabla M.15. Gasto directo total.

Gasto	Coste (€/año)
Reactivos	21.172,68
Consumo eléctrico	47.279,28
<b>TOTAL (€/año)</b>	<b>68.451,97</b>

Además de este valor para los gastos directos totales, se ha de tener en cuenta que el valor del dinero varía con el tiempo. Para determinar la variación de los gastos directos totales con el tiempo se emplea la ecuación M.1. anterior.

### 12.2.2. Gastos indirectos

En este apartado se han previsto tres gastos que no tienen que ver con el volumen de producción de la nueva planta de tratamiento. Se consideran como gastos indirectos los siguientes guiones.

- Gastos de personal

El gasto previsto en cuanto a personal se muestra en la *tabla M. 23*. Se estima que serán necesarios 1 jefe de planta y 2 operarios por turno, teniendo en cuenta que la planta trabaja en continuo 365 días al año, las 24 horas del día, se fijan 3 turnos de 8 horas. En total serán necesarios 3 jefes de planta y 6 operarios en planta.

*Tabla M.16. Gastos de personal.*

Personal	Uds.	Salario (€/año)	Coste (€/año)
Jefe de planta	3	27.500	82.500
Operarios	6	17.200	103.200
<b>TOTAL (€/año)</b>			<b>185700</b>

- Gastos ajenos al personal

Los gastos ajenos al personal que se han estimado para la nueva planta son los siguientes.

*Tabla M.17. Gastos ajenos al personal.*

Gastos ajenos al personal	Coste (€/año)
Material de oficina	1.100
Instrumental de laboratorio	4.315
Sistema de control	11.250
Limpieza y mantenimiento	10.500
Iluminación de la planta	1.200
Otros	750
<b>TOTAL (€/año)</b>	<b>29.115</b>

- Amortización

La amortización, se incluye en el apartado de gastos indirectos y se puede determinar como el cociente de la inversión inicial y el número de años que se requieren para amortizar, para el caso, se ha fijado un tiempo de amortización para todos los equipos de 15 años.

Así pues, la amortización para el primer año viene dada por la siguiente ecuación:

$$\text{Amortización} = \frac{I_0}{\text{Período de amortización}} \quad \text{Ecuación M.2.}$$

Sustituyendo los valores:

$$\text{Amortización} = \frac{2.569.550,59}{15} = 171.303,37$$

La suma de estos tres gastos no relacionados con la producción son los gastos indirectos totales, que suponen el coste que se refleja en la siguiente tabla resumen.

Tabla M.18. Gastos indirectos totales.

Gastos indirectos	Coste (€/año)
Personal en planta	185.700
Amortización	171.303,37
Gastos ajenos al personal	29.115
<b>TOTAL (€/año)</b>	<b>386.118,373</b>

Una vez determinados los gastos indirectos totales, se debe tener en cuenta que el valor del dinero varía con el tiempo. Para determinar la variación de los gastos indirectos totales con el tiempo se emplea la *ecuación M.1*.

### 12.2.3. Gastos totales

El presupuesto de explotación anual de la nueva planta de tratamiento de aguas es la suma de los dos apartados anteriores, gastos directos e indirectos. A modo de resumen, los gastos anuales previstos se reflejan en la siguiente tabla.

Tabla M.19. Gastos totales.

Gastos	Coste (€/año)
Gastos directos	68.451,97
Gastos indirectos	386.118,373
<b>TOTAL (€/año)</b>	<b>454.570,34</b>

Los gastos totales de la nueva planta de tratamiento de aguas por año son de **454.570,34 €**.

### 12.3. Beneficios

Para determinar los beneficios de la planta se ha de suponer un precio de venta. Para ello, primero ha de conocerse el coste de la producción del agua (€/m<sup>3</sup>) dividiendo los gastos anuales totales entre los metros cúbicos producidos en un año.

$$51,3 \frac{m^3}{h} \cdot 24 \frac{h}{día} \cdot 365 \frac{días}{año} = 449.388 \frac{m^3}{año}$$

$$\text{Coste de producción} = \frac{454.570,34}{449.388} = 1,011 \frac{€}{m^3}$$

Dado que el coste de producción de agua desmineralizada es de 1,011 €/m<sup>3</sup>, se ha estimado un precio de venta en torno al 1,20 €/m<sup>3</sup> que es un precio acorde a los precios de venta actuales de este tipo de agua.

A este precio de venta, los ingresos durante el primer año serán de:

$$449.388 \frac{m^3}{año} \cdot 1,20 \frac{€}{m^3} = 539.265,60 \frac{€}{año}$$

Una vez se conocen los ingresos y los gastos totales de la nueva planta, se pueden calcular el beneficio bruto y el beneficio neto.

#### 12.3.1. Beneficio bruto

El beneficio bruto se halla como la resta entre los ingresos y los gastos totales. Para su cálculo se tiene en cuenta un IPC (Índice de Precios de Consumo) anual de 2,5%.

$$\text{Beneficio bruto} = 539.265,6 - 454.570,34 = 84.695,26 \frac{€}{año}$$

#### 12.3.2. Beneficio neto

Para el cálculo del beneficio neto, se resta al beneficio bruto un 25% por el impuesto de sociedades.

$$\text{Beneficio neto} = 84.695,26 - 0,25 \cdot 84.695,26 = 63.521,44 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Una vez determinados los beneficios tanto brutos como netos, se debe tener en cuenta que el valor del dinero varía con el tiempo. Para determinar la variación de beneficios con el tiempo se emplea la *ecuación M.1*.

#### 12.4. Flujo de caja (FC)

El Flujo de caja (FC) es un indicador en el que se suman los beneficios (netos) y las amortizaciones en un periodo de tiempo dado. El flujo de caja se determina mediante la *ecuación M.3*.

$$\text{Flujo de caja (FC)} = \text{Beneficio neto} + \text{Amortización} \quad \text{Ecuación M.3.}$$

$$\text{Flujo de caja (FC)} = 63.521,44 + 171.303,37 = 234.824,82 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Una vez determinado el flujo de caja, se debe tener en cuenta que el valor del dinero varía con el tiempo. Para determinar la variación del flujo de caja con el tiempo se emplea la *ecuación M.1*.

#### 12.5. Valor actual neto (VAN)

El Valor Actual Neto (VAN) es un indicador de la rentabilidad del proyecto. Se pueden dar tres situaciones:

- ❖ VAN < 0: Indica que el proyecto no es rentable para el periodo de tiempo establecido.
- ❖ VAN = 0: Indica que el proyecto no genera ganancias, pero tampoco pérdidas.
- ❖ VAN > 0: Indica que el proyecto es rentable, las ganancias son mayores que los costes.

Para calcular el VAN se utiliza la *ecuación M.3*.

$$\text{VAN} = -I_0 + \sum_{n=1}^{n=15} \frac{\text{FC}}{(1+i_r)^n} \quad \text{Ecuación M.3.}$$

El VAN para un estudio de 15 años es de 1.179.847,74 €, visiblemente mayor que 0, de modo que el proyecto es ampliamente rentable económicamente.

Tabla M.20. Valor Actual Neto (VAN).

Año	Flujo de caja (FC)	$FC/((1+ir)^n)$
1	234.824,82	234.824,82
2	240.695,44	236.904,96
3	246.712,82	239.003,53
4	252.880,65	241.120,68
5	259.202,66	243.256,60
6	265.682,73	245.411,43
7	272.324,80	247.585,35
8	279.132,92	249.778,52
9	286.111,24	251.991,13
10	293.264,02	254.223,33
11	300.595,62	256.475,31
12	308.110,51	258.747,24
13	315.813,27	261.039,29
14	323.708,61	263.351,65
15	331.801,32	265.684,49
	<b>VAN</b>	1.179.847,74

## 12.6. Tasa interna de rentabilidad (TIR)

La Tasa interna de rentabilidad (TIR) sirve para calcular la rentabilidad de la inversión inicial realizada, es decir, el interés del dinero invertido. El TIR se calcula haciendo 0 el VAN. Interesa realizar aquellos proyectos cuyo TIR sea superior al interés nominal, y además cuanto mayor sea el TIR más viable es el proyecto.

Igualando a 0 la ecuación M.3. anterior, se obtiene un valor de TIR del 7,554%, superior al 4% del interés nominal, lo que hace indicar que el proyecto es rentable.

Tabla M.21. Tasa de Interés Real (TIR).

Año 15	
Ir (%)	VAN
4	618.492,14
7,5	7.951,27
7,55434	-0,149 ≈ 0
7,6	-6.650,18

### 12.7. Período de retorno (PR)

Por último, se calcula el Periodo de Retorno (PR), también llamado *Pay-Back* (PB). Este parámetro es el tiempo que se tarda en recuperar la inversión inicial del proyecto.

Se calcula como el cociente entre la inversión inicial y el Flujo de Caja promedio anual.

$$PR = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Flujo de caja promedio anual}} \quad \text{Ecuación M.4.}$$

$$PR = \frac{2.569.550,59}{280.724,09} = 9,15 \text{ años}$$

El valor del PR obtenido es de 9,15 años, unos 9 años y 55 días aproximadamente.

### 12.8. Resumen

La *tabla M.22.* muestra la variación de cada una de las características de los apartados anteriores en un horizonte temporal de 15 años.

Tabla M.22. Resumen del estudio de la viabilidad económica.

Año	Gastos Directos (€)	Gastos Indirectos (€)	Amortizaciones (€)	Ingresos (€)	Beneficio Bruto (BB)	Beneficio Neto (BN)	Flujo de Caja (FC)	FC/(1+ir) <sup>n</sup>
1	68451,97	386118,37	171303,37	539265,60	84695,26	63521,45	234824,82	234824,82
2	70163,27	395771,33	175585,96	552747,24	86812,64	65109,48	240695,44	236904,96
3	71917,35	405665,61	179975,61	566565,92	88982,96	66737,22	246712,82	239003,53
4	73715,28	415807,25	184475,00	580730,07	91207,53	68405,65	252880,65	241120,68
5	75558,17	426202,43	189086,87	595248,32	93487,72	70115,79	259202,66	243256,60
6	77447,12	436857,49	193814,04	610129,53	95824,91	71868,68	265682,73	245411,43
7	79383,30	447778,93	198659,39	625382,77	98220,54	73665,40	272324,80	247585,35
8	81367,88	458973,41	203625,88	641017,34	100676,05	75507,04	279132,92	249778,52
9	83402,08	470447,74	208716,53	657042,77	103192,95	77394,71	286111,24	251991,13
10	85487,13	482208,93	213934,44	673468,84	105772,77	79329,58	293264,02	254223,33
11	87624,31	494264,16	219282,80	690305,56	108417,09	81312,82	300595,62	256475,31
12	89814,92	506620,76	224764,87	707563,20	111127,52	83345,64	308110,51	258747,24
13	92060,29	519286,28	230383,99	725252,28	113905,71	85429,28	315813,27	261039,29
14	94361,80	532268,44	236143,59	743383,59	116753,35	87565,01	323708,61	263351,65
15	96720,84	545575,15	242047,18	761968,18	119672,19	89754,14	331801,32	265684,49
						<b>TOTAL</b>	<b>280724,09</b>	<b>3749398,33</b>
							<b>VAN</b>	<b>1179847,74</b>

# **3. ANEXOS**



<b>CAPÍTULO 1. DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA .....</b>	<b>2</b>
1.1. Características del agua de entrada.....	2
1.2. Caudales de operación .....	2
<b>CAPÍTULO 2. SISTEMAS IMPLICADOS.....</b>	<b>3</b>
2.1. Equipos principales.....	3
2.1.1. Módulos de ultrafiltración (UF).....	3
2.1.2. Filtros de cartucho de 5 µm.....	4
2.1.3. Paso de ósmosis inversa (OI).....	5
2.1.4. Filtros de cartucho de 1 µm.....	9
2.1.5. Módulo de electrodesionización (EDI) .....	10
2.2. Depósitos de almacenamiento .....	11
2.2.1. Depósito de agua bruta .....	11
2.2.2. Depósito de agua desmineralizada .....	12
2.2.3. Depósitos de dosificaciones químicas.....	12
<b>CAPÍTULO 3. DOSIFICACIONES QUÍMICAS .....</b>	<b>14</b>
3.1. Red principal .....	14
3.1.1. Dosificación de hipoclorito sódico.....	14
3.1.2. Dosificación de coagulante.....	15
3.1.3. Dosificación de bisulfito .....	16
3.1.4. Dosificación de antiincrustante .....	18
3.2. Sistema de limpieza química de los módulos de UF .....	19
3.2.1. Dosificación de limpiador ácido .....	19
3.2.2. Dosificación de limpiador alcalino.....	20
<b>CAPÍTULO 4. CONDUCCIONES .....</b>	<b>22</b>
<b>CAPÍTULO 5. SISTEMAS DE IMPULSIÓN DE FLUIDOS .....</b>	<b>26</b>
5.1. Sistemas de bombeo .....	26
5.2. Sistema de aireación.....	67
<b>CAPÍTULO 6. INSTRUMENTACIÓN.....</b>	<b>70</b>
<b>CAPÍTULO 7. ESTUDIOS CON ENTIDAD PROPIA .....</b>	<b>81</b>
7.1. Estudio ambiental.....	81
7.2. Ley de Prevención de Riesgos Laborales .....	85
<b>CAPÍTULO 8. CATÁLOGOS .....</b>	<b>89</b>
8.1. Filtro de malla.....	89
8.2. Módulos de ultrafiltración (UF).....	91
8.3. Filtros de cartucho de 5 µm y carcasa .....	92
8.4. Sistema de ósmosis inversa (OI).....	94

<b>8.5.</b>	<b>Desgasificador</b> .....	95
<b>8.6.</b>	<b>Filtros de cartucho de 1 <math>\mu\text{m}</math> y carcasa</b> .....	96
<b>8.7.</b>	<b>Módulo de electrodesionización (EDI)</b> .....	98
<b>8.8.</b>	<b>Conducciones y accesorios</b> .....	99
<b>8.9.</b>	<b>Depósitos de almacenamiento de agua</b> .....	104
<b>8.10.</b>	<b>Depósitos de dosificaciones químicas</b> .....	105
<b>8.11.</b>	<b>Sistemas de impulsión</b> .....	106
<b>8.11.1.</b>	<b>Bombas</b> .....	106
<b>8.11.2.</b>	<b>Ventilador</b> .....	109
<b>8.11.3.</b>	<b>Bomba dosificadora</b> .....	111
<b>CAPÍTULO 9.</b>	<b>FICHAS DE LOS REACTIVOS</b> .....	113
<b>9.1.</b>	<b>Hipoclorito sódico (<math>\text{NaClO}</math>)</b> .....	113
<b>9.2.</b>	<b>Coagulante</b> .....	115
<b>9.3.</b>	<b>Bisulfito sódico (<math>\text{NaHSO}_3</math>)</b> .....	116
<b>9.4.</b>	<b>Antiincrustante</b> .....	117
<b>9.5.</b>	<b>Limpiador ácido</b> .....	118
<b>9.6.</b>	<b>Limpiador alcalino</b> .....	119

## CAPÍTULO 1. DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA

### 1.1. Características del agua de entrada

El análisis con las características del agua bruta de entrada que se empleará para realizar los cálculos y el dimensionamiento de los equipos de la nueva planta de tratamiento aparece en el *apartado 7.1.* del documento *Memoria*.

### 1.2. Caudales de operación

El requisito principal que ha de cumplir la nueva planta de tratamiento es la producción de más de 50 m<sup>3</sup>/h de agua desmineralizada a partir de un caudal de 80 m<sup>3</sup>/h de agua bruta. Para ello, la planta se ha diseñado siguiendo los valores conversión de los equipos implicados.

Para un caudal inicial de entrada al sistema de 80 m<sup>3</sup>/h de agua bruta, la etapa de UF asegura un caudal de permeado de 72 m<sup>3</sup>/h de permeado, con una conversión del 90%. Este valor se ha calculado considerando únicamente el sistema de UF, ya que el filtro de malla tiene una conversión del 100% puesto que solo retiene sólidos de más de 500 micras.

$$40 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \text{ de agua bruta} \cdot \frac{90}{100} = 36 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \text{ de agua filtrada} \quad (\text{Total por línea})$$

$$80 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \text{ de agua bruta} \cdot \frac{90}{100} = 72 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \text{ de agua filtrada} \quad (\text{Total etapa UF})$$

El caudal de agua filtrada de la etapa de UF sirve de alimentación a la etapa de OI. En esta etapa, se considera lo mismo que la anterior. Sólo se tiene en cuenta la conversión del paso de OI (75%), ya que resulta complejo determinar con exactitud la conversión real de los cartuchos de 5 micras. Esta etapa asegura un caudal total de 54 m<sup>3</sup>/h totales y 27 m<sup>3</sup>/h por línea.

$$36 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \text{ de agua filtrada} \cdot \frac{75}{100} = 27 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \text{ de agua osmotizada} \quad (\text{Total por línea})$$

$$72 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \text{ de agua filtrada} \cdot \frac{75}{100} = 54 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \text{ de agua osmotizada} \quad (\text{Total etapa OI})$$

El caudal de la etapa de OI sirve de alimento a la tercera, y última, etapa de EDI. En esta ocasión, dado que el equipo desgasificador sirve para eliminar el CO<sub>2</sub> presente en el agua y que los cartuchos de filtración de 1 micra tienen características idénticas, salvo el tamaño de poro, a los de 5 micras de la etapa anterior, se considera únicamente la conversión de los módulos EDI. Por esto, para una conversión del 95% de los módulos, se obtiene un caudal total de 51,3 m<sup>3</sup>/h totales y 25,65 m<sup>3</sup>/h por línea.

$$27 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \text{ de agua osmotizada} \cdot \frac{95}{100} = 25,65 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \text{ de agua desmineralizada (Total por línea)}$$

$$54 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \text{ de agua osmotizada} \cdot \frac{95}{100} = 51,3 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \text{ de agua desmineralizada (Total etapa EDI)}$$

## CAPÍTULO 2. SISTEMAS IMPLICADOS

### 2.1. Equipos principales

En este apartado se reflejan los cálculos que se han realizado para dimensionar los equipos de la nueva planta de tratamiento de aguas.

#### 2.1.1. Módulos de ultrafiltración (UF)

Sabiendo las características del equipo seleccionado, la *tabla A.1.*, y el caudal de alimentación de entrada a los módulos de 40 m<sup>3</sup>/h por línea, se determina el número de módulos que son necesarios en cada línea de ultrafiltración.

*Tabla A.1. Características de los módulos de UF.*

Módulos UF	
Marca	SUEZ
Modelo	Módulo Filtración ZW1500
Área nominal de membrana (m <sup>2</sup> )	55,7
Tamaño de poro (μm)	0,02
Flujo o velocidad de filtración (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h)	0,05
Caudal de filtración (m <sup>3</sup> /h)	40
Altura (mm)	1.919
Diámetro (mm)	180

En primer lugar, se calcula el área total de filtración ( $A_F$ ) mediante la *ecuación A2.1.*

$$A_F = \frac{Q_L}{J} \quad \text{Ecuación A2.1.}$$

Siendo

- $A_F$ , la superficie total de filtración (m<sup>2</sup>).
- $Q_L$ , el caudal de agua a tratar (m<sup>3</sup>/h).
- $J$ , es el flujo de membrana (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h), fijado en 50 l/m<sup>2</sup>h ó 0,05 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h.

$$A_F = \frac{40}{0,05} = 800 \text{ m}^2$$

Con este valor obtenemos mediante la *ecuación A2.2.*, el número de módulos por línea.

$$\text{N}^\circ \text{ de módulos} = \frac{A_F}{A_m} \quad \text{Ecuación A2.2.}$$

Siendo

- $A_F$ , la superficie unitaria de un módulo de UF (55,7 m<sup>2</sup>).

$$\text{N}^\circ \text{ de módulos} = \frac{800}{55,7} = 14,36 \cong 15 \text{ módulos}$$

Finalmente, se obtiene un total de 15 módulos por línea y un total de **30 módulos de UF**.

### 2.1.2. Filtros de cartucho de 5 µm

Se instalarán filtros de cartucho de 40” con un tamaño de poro de 5 µm, cuyas características son las siguientes:

*Tabla A.2. Características de los cartuchos de 5 µm.*

Filtros de cartucho (5 µm)	
Marca	TwinPure
Modelo	Polipropileno Expandido 4 capas
Tamaño de poro (µm)	5
Longitud (mm)	1.016
Dint (mm)	28
Dext (mm)	63
Caudal máx (m <sup>3</sup> /h)	0,6 - 3,2
Carcasa Portacartuchos	TwinPure INOX 316

Para determinar el número de cartuchos necesarios para filtrar 36 m<sup>3</sup>/h, se emplea la *ecuación A2.3.*

$$\text{N}^\circ \text{ de cartuchos} = \frac{Q_L}{Q_c} \quad \text{Ecuación A2.3.}$$

Siendo

- $Q_L$ , el caudal de agua a tratar (m<sup>3</sup>/h).
- $Q_c$ , el caudal unitario por cartucho (m<sup>3</sup>/h).

$$\text{N}^\circ \text{ de módulos} = \frac{36}{3,2} = 11,25 \cong 12 \text{ cartuchos}$$

Finalmente, se obtiene un total de 12 cartuchos de filtración por línea, un total de **24 cartuchos de 5 µm**.

Sabiendo que son necesarios 12 cartuchos por línea, se instalará una carcasa con capacidad de hasta 18 cartuchos de acero inoxidable 316 de TWINPURE PN5.

### **2.1.3. Paso de ósmosis inversa (OI)**

A partir de la configuración del paso de ósmosis inversa que detalla la Especificación Técnica, se realiza una simulación con el fin de determinar parámetros a la salida del tratamiento que nos sirvan de ayuda para el dimensionamiento y realización de los cálculos en la etapa de OI.

La simulación se realiza a una temperatura de 15°C, que es la temperatura que posee el agua bruta de entrada, mediante el programa ROSA 9 de DOWFILMTEC.

Para la simulación se ha tenido en cuenta un factor de ensuciamiento (FF) igual a 0,85, un caudal de permeado deseado de 27 m<sup>3</sup>/h y una conversión del 75%.

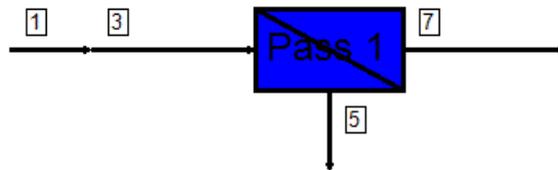
Los resultados de la simulación se muestran a continuación.

*Resultados de la simulación*

Raw Water TDS	61.21 mg/l	% System Recovery (7/1)	75.00 %
Water Classification	Surface Water with DOW Ultrafiltration, SDI<2.5	Flow Factor (Pass 1)	0.85
Feed Temperature	15.0 C		

Pass #	Pass 1	
	1	2
Stage #		
Element Type	BW30-440i	BW30-440i
Pressure Vessels per Stage	3	2
Elements per Pressure Vessel	6	6
Total Number of Elements	18	12
Pass Average Flux	22.02 lmh	
Stage Average Flux	23.38 lmh	19.98 lmh
Permeate Back Pressure	0.00 bar	0.00 bar
Booster Pressure	0.00 bar	0.00 bar
Chemical Dose	-	
Energy Consumption	0.62 kWh/m <sup>3</sup>	

Pass 1			
Stream #	Flow (m <sup>3</sup> /h)	Pressure (bar)	TDS (mg/l)
1	36.00	0.00	61.21
3	36.00	13.36	61.21
5	9.00	9.43	243.92
7	27.00	-	1.12
7/1	% Recovery	75.00	



**Project Information:** TFG Simulación a 15 °C

**Case-specific:**

**System Details**

Feed Flow to Stage 1	36.00 m <sup>3</sup> /h	Pass 1 Permeate Flow	27.00 m <sup>3</sup> /h	Osmotic Pressure:	
Raw Water Flow to System	36.00 m <sup>3</sup> /h	Pass 1 Recovery	75.00 %	Feed	0.03 bar
Feed Pressure	13.36 bar	Feed Temperature	15.0 C	Concentrate	0.14 bar
Flow Factor	0.85	Feed TDS	61.21 mg/l	Average	0.09 bar
Chem. Dose	None	Number of Elements	30	Average NDP	11.19 bar
Total Active Area	1226.28 M <sup>2</sup>	Average Pass 1 Flux	22.02 lmh	Power	16.70 kW
Water Classification: Surface Water with DOW Ultrafiltration, SDI<2.5		Specific Energy	0.62 kWh/m <sup>3</sup>		

Stage	Element	#PV	#Ele	Feed Flow (m <sup>3</sup> /h)	Feed Press (bar)	Recirc Flow (m <sup>3</sup> /h)	Conc Flow (m <sup>3</sup> /h)	Conc Press (bar)	Perm Flow (m <sup>3</sup> /h)	Avg Flux (lmh)	Perm Press (bar)	Boost Press (bar)	Perm TDS (mg/l)
1	BW30-440i	3	6	36.00	13.01	0.00	18.80	11.09	17.20	23.38	0.00	0.00	1.04
2	BW30-440i	2	6	18.80	10.74	0.00	9.00	9.43	9.80	19.98	0.00	0.00	1.26

Pass Streams (mg/l as Ion)							
Name	Feed	Adjusted Feed	Concentrate		Permeate		Total
			Stage 1	Stage 2	Stage 1	Stage 2	
NH4+ + NH3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	2.05	2.05	3.93	8.18	0.01	0.02	0.01
Na	12.03	12.03	23.00	47.97	0.03	0.08	0.05
Mg	1.24	1.24	2.38	4.96	0.00	0.00	0.00
Ca	2.38	2.38	4.56	9.52	0.00	0.01	0.01
Sr	0.02	0.02	0.04	0.09	0.00	0.00	0.00
Ba	0.03	0.03	0.06	0.12	0.00	0.00	0.00
CO3	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00
HCO3	24.35	24.35	46.53	96.98	0.92	0.99	0.95
NO3	0.10	0.10	0.19	0.38	0.01	0.01	0.01
Cl	12.97	12.97	24.82	51.78	0.02	0.06	0.04
F	0.20	0.20	0.38	0.79	0.00	0.00	0.00
SO4	1.00	1.00	1.91	3.99	0.00	0.00	0.00
SiO2	4.77	4.77	9.12	19.00	0.02	0.05	0.03
Boron	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01
CO2	27.48	27.48	27.50	27.52	26.87	26.91	26.88
TDS	61.21	61.21	117.01	243.92	1.04	1.26	1.12
pH	6.20	6.20	6.47	6.76	4.84	4.86	4.85

#### Design Warnings

-None-

#### Solubility Warnings

-None-

#### Stage Details

Stage 1 Element Recovery		Perm Flow (m <sup>3</sup> /h)	Perm TDS (mg/l)	Feed Flow (m <sup>3</sup> /h)	Feed TDS (mg/l)	Feed Press (bar)
1	0.08	1.02	0.99	12.00	61.21	13.01
2	0.09	0.99	1.01	10.98	66.85	12.57
3	0.10	0.96	1.03	10.00	73.42	12.18
4	0.10	0.94	1.05	9.04	81.21	11.84
5	0.11	0.92	1.07	8.10	90.61	11.54
6	0.13	0.91	1.10	7.18	102.22	11.29
Stage 2 Element Recovery		Perm Flow (m <sup>3</sup> /h)	Perm TDS (mg/l)	Feed Flow (m <sup>3</sup> /h)	Feed TDS (mg/l)	Feed Press (bar)
1	0.09	0.87	1.13	9.40	117.01	10.74
2	0.10	0.84	1.17	8.53	128.87	10.43
3	0.11	0.82	1.21	7.69	142.98	10.16
4	0.12	0.81	1.27	6.86	160.09	9.93
5	0.13	0.79	1.34	6.06	181.29	9.73
6	0.15	0.77	1.44	5.27	208.31	9.57

**Scaling Calculations**

	Raw Water	Adjusted Feed	Concentrate
pH	6.20	6.20	6.76
Langelier Saturation Index	-3.74	-3.74	-2.04
Stiff & Davis Stability Index	-2.23	-2.23	-1.02
Ionic Strength (Molal)	0.00	0.00	0.00
TDS (mg/l)	61.21	61.21	243.92
HCO <sub>3</sub>	24.35	24.35	96.98
CO <sub>2</sub>	27.48	27.48	27.51
CO <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.03
CaSO <sub>4</sub> (% Saturation)	0.00	0.00	0.01
BaSO <sub>4</sub> (% Saturation)	1.00	1.00	15.90
SrSO <sub>4</sub> (% Saturation)	0.00	0.00	0.01
CaF <sub>2</sub> (% Saturation)	0.01	0.01	0.80
SiO <sub>2</sub> (% Saturation)	4.13	4.13	17.57
Mg(OH) <sub>2</sub> (% Saturation)	0.00	0.00	0.00

To balance: 0.00 mg/l Na added to feed.

De esta simulación, se obtiene el valor del consumo energético por m<sup>3</sup> a tratar, que es de 0,62 kWh/m<sup>3</sup>, la presión de entrada en el sistema de OI, de 13,36 bar, y el caudal de cada corriente del tratamiento.

Además, de acuerdo con los resultados de la simulación, se utilizarán, en total, 30 membranas del modelo BW30-440i de DOW FILMTEC con la configuración de un paso/dos etapas estipulada.

Las características de las membranas son las siguientes.

Tabla A.3. Membrana BW30-440i.

Características	
Marca	DOW FILMTEC Membranes
Modelo	BW30-440i
Material	Polyamide Thin-Film Composite
Presión de trabajo máxima (bar)	41
Temperatura de trabajo máxima (°C)	45
SDI máximo (alimento)	5
Superficie Activa (m <sup>2</sup> )	41
Rechazo de sales (%)	99,5
Longitud (mm)	1.029
Diámetro (mm)	201

El motivo de seleccionar este modelo de membranas es porque permite obtener agua con un contenido en sólidos disueltos menor a 1,2 ppm, que es el valor que requiere el agua desmineralizada final según dicta la Especificación Técnica.

Por último, para las 30 membranas se necesitarán 5 tubos de presión, 3 tubos para la primera etapa y 2 tubos para la segunda etapa, cada uno de ellos con 6 membranas. Las características de dichos tubos vienen reflejadas en la siguiente tabla.

Tabla A.4. Tubos de presión del sistema de OI.

Tubos de presión	
Marca	CODELINE
Modelo	80S30
Material	Fiberglass Outer Wrap (PRFV)
Presión de trabajo máxima (bar)	41
Nº tubos de presión	5

#### 2.1.4. Filtros de cartucho de 1 µm

Se instalarán filtros de cartucho de 40” con un tamaño de poro de 1 µm, cuyas características son las siguientes.

Tabla A.5. Características de los cartuchos de 1 µm.

Filtros de cartucho (1 µm)	
Marca	TwinPure
Modelo	4 capas
Tamaño de poro (µm)	1
Longitud (")	40
Dint (mm)	28
Dext (mm)	63
Caudal máx (m <sup>3</sup> /h)	0,6 - 3,2
Carcasa Portacartuchos	TwinPure INOX 316

Para determinar el número de cartuchos necesarios para filtrar 27 m<sup>3</sup>/h, se emplea la ecuación A2.4.

$$N^{\circ} \text{ de cartuchos} = \frac{Q_L}{Q_c} \quad \text{Ecuación A2.4.}$$

Siendo

- $Q_L$ , el caudal de agua a tratar ( $m^3/h$ ).
- $Q_c$ , el caudal unitario por cartucho ( $m^3/h$ ).

$$N^{\circ} \text{ de cartuchos} = \frac{27}{3,2} = 8,44 \cong 9 \text{ cartuchos}$$

Finalmente, se obtiene un total de 9 cartuchos de filtración por línea, un total de **18 cartuchos de 1  $\mu m$** .

Sabiendo que son necesarios 9 cartuchos por línea, se instalará una carcasa con capacidad de hasta 18 cartuchos de acero inoxidable 316 de TWINPURE PN5.

### 2.1.5. Módulo de electrodesionización (EDI)

El caudal de alimentación de los módulos que componen el sistema de electrodesionización es de  $54 m^3/h$  y se desea producir un caudal de agua desmineralizada final mayor de  $50 m^3/h$ .

Dadas las circunstancias y sabiendo la calidad del agua de salida del sistema de OI, se ha escogido el modelo E-Cell-3X de GE POWER&WATER.

Tabla A.6. Características de los módulos EDI.

Módulos EDI	
Marca	GE Power & Water
Modelo	E-Cell-3X
Caudal nominal por pila ( $m^3/h$ )	5
Recuperación (%)	> 95
Presión de trabajo máxima (bar)	4,1 - 6,9
Temperatura de alimento ( $^{\circ}C$ )	5 - 40
Dimensiones (cm)	31 x 61 x 66

Este modelo asegura una conversión mínima del 95% y permite obtener  $51,3 m^3/h$  de agua desmineralizada.

Para determinar el número de módulos que son necesarios para producir dicho caudal se han empleado la siguiente *ecuación A2.5*.

$$\text{N}^\circ \text{ de módulos EDI} = \frac{Q_R}{Q_m} \quad \text{Ecuación 2.5.}$$

Siendo

- $Q_R$ , el caudal de agua asegurado para una recuperación del 95% ( $\text{m}^3/\text{h}$ ).
- $Q_m$ , el caudal unitario por módulo ( $\text{m}^3/\text{h}$ ).

$$\text{N}^\circ \text{ de módulos} = \frac{25,65}{5} = 5,13 \cong 6 \text{ módulos}$$

Finalmente, se obtiene un total de 6 módulos EDI por línea, un total de **12 módulos**.

## 2.2. Depósitos de almacenamiento

### 2.2.1. Depósito de agua bruta

Para el dimensionamiento, se supone que el tanque de almacenamiento de agua bruta recibe  $80 \text{ m}^3/\text{h}$  de agua de río de forma continua e ininterrumpida durante todo el año. Por esto, se decide que el tanque tendrá una capacidad de un solo día.

En caso de que fuera necesaria una mayor cantidad de aporte, se estudiaría la opción de instalar un segundo tanque de alimentación de agua bruta.

Para determinar el volumen total que tendría el tanque bajo estas condiciones diarias, se determina el caudal diario de aporte a la nueva planta de tratamiento de aguas.

$$80 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 24 \frac{\text{h}}{\text{día}} = 1.920 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Por tanto, se obtiene un valor de  $1.920 \text{ m}^3$  diarios como volumen calculado. Sin embargo, el volumen real según el catálogo de la empresa TANKEROS sería de  $2.038 \text{ m}^3$  para el depósito de agua bruta.

El depósito es de acero galvanizado y las características de dicho depósito son las siguientes.

*Tabla A.7. Depósito de agua bruta.*

V Real (m <sup>3</sup> )	D (m)	h (m)	r (m)
2.038	24,38	6,00	12,19

### 2.2.2. Depósito de agua desmineralizada

Lo mismo ocurre con el tanque de agua desmineralizada final. Se supone que el tanque recibe 51,3 m<sup>3</sup>/h de agua desmineralizada procedente de la línea de tratamiento de forma continua e ininterrumpida durante todo el año. Por esto, se decide que el tanque tendrá una capacidad de un solo día.

Para determinar el volumen total que tendría el tanque bajo estas condiciones diarias, se determina el caudal diario de aporte a la nueva planta de tratamiento de aguas.

$$51,3 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 24 \frac{\text{h}}{\text{día}} = 1.231,2 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Por tanto, se obtiene un valor de 1.231,2 m<sup>3</sup> diarios como volumen calculado. Sin embargo, el volumen real según el catálogo de la empresa TANKEROS sería de 1.244 m<sup>3</sup> para el depósito de agua desmineralizada.

El depósito es de acero galvanizado y las características de dicho depósito son las siguientes.

*Tabla A.8. Depósito de agua desmineralizada.*

V Real (m <sup>3</sup> )	D (m)	h (m)	r (m)
1.244	19,05	4,81	9,53

### 2.2.3. Depósitos de dosificaciones químicas

El volumen real de los tanques de las dosificaciones químicas se obtiene según el tiempo de almacenamiento que se desee para cada reactivo.

En el caso de los reactivos dosificados a la línea principal de tratamiento, el tiempo de almacenamiento se ha estimado en 15 días ya que si no se consume en ese tiempo hay agentes que podrían degradarse o perder propiedades.

Por otra parte, los limpiadores ácido y básico aplicados a los módulos de UF tienen un tiempo de almacenamiento de 6 meses debido a que son usados semanalmente y no a diario como sucede con los otros reactivos.

La siguiente tabla muestra los volúmenes y características de los tanques seleccionados.

*Tabla A.9. Depósitos de almacenamiento de reactivos de las dosificaciones químicas.*

Reactivo	V calc (l)	V real (l)	Modelo	Material	D (m)	H (m)	Empresa
Hipoclorito Sódico	192	230	D - 230	PE anti-uv	0,56	0,95	DOSIM
Coagulante	679,25	1.000	D -1000	PE anti-uv	1	1,45	DOSIM
Bisulfito	173	230	D - 230	PE anti-uv	0,56	0,95	DOSIM
Antiincrustante	78,55	120	D - 120	PE anti-uv	0,5	0,715	DOSIM
Limpiador Ácido	176,92	230	D - 230	PE anti-uv	0,56	0,95	DOSIM
Limpiador Alcalino	92,41	120	D - 120	PE anti-uv	0,5	0,715	DOSIM

## CAPÍTULO 3. DOSIFICACIONES QUÍMICAS

### 3.1. Red principal

Las dosificaciones de reactivos químicos en la línea principal de tratamiento se describen a continuación.

#### 3.1.1. Dosificación de hipoclorito sódico

Se dosifica hipoclorito sódico con una concentración del 15%, es decir, una concentración de 150 g/l de cloro activo, en dosis de 1 ppm. La dosificación se calcula con la *ecuación A3.1*.

$$Q_D = \frac{Q_R \cdot Q_L}{C} \quad \text{Ecuación A3.1.}$$

Siendo

- $Q_D$ , el caudal de reactivo que se dosifica (l/h).
- $Q_R$ , la dosis óptima de reactivo (mg/l).
- $Q_L$ , el caudal de agua a tratar (l/h).
- $C$ , es la concentración de cloro activo (mg/l).

$$Q_D = \frac{1 \cdot 80.000}{150 \cdot 10^3} = 0,533 \text{ l/h}$$

A diario se necesitan

$$0,533 \frac{\text{l}}{\text{h}} \cdot 24 \frac{\text{h}}{\text{día}} = 12,8 \text{ l/día}$$

Y anualmente

$$12,8 \frac{\text{l}}{\text{día}} \cdot 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 4.672 \frac{\text{l}}{\text{año}}$$

Sabiendo que para esta concentración la densidad del hipoclorito está en 1,23 kg/l, los kg/año que se consumen de hipoclorito sódico son.

$$4.672 \frac{l}{año} \cdot 1,23 \frac{kg}{l} = 5.746,56 \frac{kg}{año}$$

El reactivo se dosificará directamente en la conducción mediante una bomba dosificadora de la marca SERA que posee las siguientes características.

Tabla A.10. Características de la bomba dosificadora.

Bomba dosificadora	
Marca	SERA
Modelo	R /C 204.1 – 10e
Caudal de dosificación	0 - 10
Presión máxima (bar)	6
Potencia (kW)	0,03

El depósito dosificador de hipoclorito es de la marca DOSIM, fabricado en polietileno anti-uv, de 230 l de capacidad. El agitador que se utilizará, acorde al tamaño del depósito dosificador, es el modelo DAG 600/55/360/I/12V de la misma marca.

### 3.1.2. Dosificación de coagulante

El coagulante seleccionado es un polímero orgánico catiónico de origen vegetal que no altera la alcalinidad del medio, por lo que, no modifica el pH del agua a tratar, y que se dosifica puro. La dosis óptima considerada es de 25 ppm.

La dosificación se calcula con la *ecuación A3.2*.

$$Q_D = \frac{Q_R \cdot Q_L}{\rho} \quad \text{Ecuación A3.2.}$$

Siendo

- $Q_D$ , el caudal de reactivo que se dosifica (l/h).
- $Q_R$ , la dosis óptima de reactivo (mg/l).
- $Q_L$ , el caudal de agua a tratar (l/h).
- $\rho$ , es la densidad del reactivo (mg/l) =  $1,06 \cdot 10^6$

$$Q_D = \frac{25 \cdot 80.000}{1,06 \cdot 10^6} = 1,89 \text{ l/h}$$

A diario se necesitan

$$1,89 \frac{\text{l}}{\text{h}} \cdot 24 \frac{\text{h}}{\text{día}} = 45,28 \text{ l/día}$$

Y anualmente

$$45,28 \frac{\text{l}}{\text{día}} \cdot 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 16.528,30 \frac{\text{l}}{\text{año}}$$

Por lo tanto, los kg/año que se consumen de coagulante son.

$$16.528,30 \frac{\text{l}}{\text{año}} \cdot 1,06 \frac{\text{kg}}{\text{l}} = 17.520 \frac{\text{kg}}{\text{año}}$$

El reactivo se dosificará directamente en la conducción mediante una bomba dosificadora de la marca SERA que posee las mismas características que en el caso del reactivo anterior.

El depósito dosificador de coagulante es de la marca DOSIM, fabricado en polietileno anti-uv, de 1.000 l de capacidad. Para el caso del agitador, se escoge el modelo DAG 1000/55/360/I/12V de la misma marca.

### 3.1.3. Dosificación de bisulfito

La dosificación de un químico reductor protege las membranas de OI. Para ello, el bisulfito sódico se suministrará en dosis de 8 ppm.

La dosificación de bisulfito se calcula con la *ecuación A3.3*.

$$Q_D = \frac{Q_R \cdot Q_L}{\rho} \quad \text{Ecuación A3.3.}$$

Siendo

- $Q_D$ , el caudal de reactivo que se dosifica (l/h).
- $Q_R$ , la dosis óptima de reactivo (mg/l).
- $Q_L$ , el caudal de agua a tratar (l/h).
- $\rho$ , es la densidad del reactivo (mg/l) =  $1,20 \cdot 10^6$

$$Q_D = \frac{8 \cdot 72.000}{1,20 \cdot 10^6} = 0,48 \text{ l/h}$$

A diario se necesitan

$$0,48 \frac{\text{l}}{\text{h}} \cdot 24 \frac{\text{h}}{\text{día}} = 11,52 \text{ l/día}$$

Y anualmente

$$11,52 \frac{\text{l}}{\text{día}} \cdot 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 4.205 \frac{\text{l}}{\text{año}}$$

Por lo tanto, los kg/año que se consumen de bisulfito son

$$4.205 \frac{\text{l}}{\text{año}} \cdot 1,20 \frac{\text{kg}}{\text{l}} = 5.045,76 \frac{\text{kg}}{\text{año}}$$

El reactivo se dosificará directamente en la conducción mediante una bomba dosificadora de la marca SERA que posee las mismas características que en el caso del reactivo anterior.

El depósito dosificador de bisulfito es de la marca DOSIM, fabricado en polietileno anti-uv, de 230 l de capacidad. Para el caso del agitador, se escoge el modelo DAG 600/55/360/I/12V de la misma marca.

### 3.1.4. Dosificación de antiincrustante

Para evitar el ensuciamiento de las membranas de ósmosis inversa, se ha seleccionado un antiincrustante de uso general que se suministrará en dosis de 4 ppm.

La dosificación del antiincrustante se calcula con la *ecuación A3.4*.

$$Q_D = \frac{Q_R \cdot Q_L}{\rho} \quad \text{Ecuación A3.4.}$$

Siendo

- $Q_D$ , el caudal de reactivo que se dosifica (l/h).
- $Q_R$ , la dosis óptima de reactivo (mg/l).
- $Q_L$ , el caudal de agua a tratar (l/h).
- $\rho$ , es la densidad del reactivo (mg/l) =  $1,32 \cdot 10^6$

$$Q_D = \frac{8 \cdot 72.000}{1,32 \cdot 10^6} = 0,22 \text{ l/h}$$

A diario se necesitan

$$0,22 \frac{\text{l}}{\text{h}} \cdot 24 \frac{\text{h}}{\text{día}} = 5,24 \text{ l/día}$$

Y anualmente

$$5,24 \frac{\text{l}}{\text{día}} \cdot 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 1.911,27 \frac{\text{l}}{\text{año}}$$

Por lo tanto, los kg/año que se consumen de antiincrustante son

$$4.205 \frac{\text{l}}{\text{año}} \cdot 1,32 \frac{\text{kg}}{\text{l}} = 2.522,88 \frac{\text{kg}}{\text{año}}$$

El reactivo se dosificará directamente en la conducción mediante una bomba dosificadora de la marca SERA que posee las mismas características que en el caso del reactivo anterior.

El depósito dosificador de antiincrustante es de la marca DOSIM, fabricado en polietileno anti-uv, de 120 l de capacidad. Para el caso del agitador, se escoge el modelo DAG 600/55/360/I/12V de la misma marca.

### 3.2. Sistema de limpieza química de los módulos de UF

En el proceso de limpieza con reactivos químicos aplicado a los módulos de ultrafiltración se dosificarán las cantidades descritas a continuación.

#### 3.2.1. Dosificación de limpiador ácido

A modo de limpieza ácida, se emplea el limpiador de membranas ácido GENESOL 38 en dosis de 500 ppm según la ficha técnica facilitada por el fabricante SUEZ.

El caudal que recorre un módulo durante la limpieza ácida es de 1,15 m<sup>3</sup>/h, si multiplicamos por 15 módulos de cada línea, nos da un caudal de 17,25 m<sup>3</sup>/h a tratar.

Sabiendo esto, la dosificación de limpiador ácido se calcula con la *ecuación A3.5*.

$$Q_D = \frac{Q_R \cdot Q_L}{\rho} \quad \text{Ecuación A3.5.}$$

Siendo

- $Q_D$ , el caudal de reactivo que se dosifica (l/h).
- $Q_R$ , la dosis óptima de reactivo (mg/l).
- $Q_L$ , el caudal de agua a tratar (l/h).
- $\rho$ , es la densidad del reactivo (mg/l) =  $1,17 \cdot 10^6$

$$Q_D = \frac{500 \cdot 17.250}{1,17 \cdot 10^6} = 7,37 \text{ l/h}$$

El limpiador ácido se emplea semanalmente durante una hora de aplicación. Por tanto, el caudal de 7,37 l/h es el mismo para una vez por semana.

Y como un año tiene 48 semanas

$$7,37 \frac{\text{l}}{\text{semana}} \cdot 48 \frac{\text{semanas}}{\text{año}} = 353,85 \frac{\text{l}}{\text{año}}$$

Por lo tanto, los kg/año que se consumen de limpiador son

$$353,85 \frac{l}{año} \cdot 1,17 \frac{kg}{l} = 414 \frac{kg}{año}$$

El limpiador se dosificará directamente en la conducción mediante una bomba dosificadora de la marca SERA que posee las mismas características que en el caso de los reactivos de la red principal.

El depósito dosificador de limpiador ácido es de la marca DOSIM, fabricado en polietileno anti-uv, de 230 l de capacidad. Para el caso del agitador, se escoge el modelo DAG 600/55/360/I/12V de la misma marca.

### 3.2.2. Dosificación de limpiador alcalino

A modo de limpieza alcalina, se emplea el limpiador de membranas básico GENESOL 40 en dosis de 250 ppm según la ficha técnica facilitada por el fabricante SUEZ.

El caudal que recorre un módulo durante la limpieza ácida es de 1,15 m<sup>3</sup>/h, si multiplicamos por 15 módulos de cada línea, nos da un caudal de 17,25 m<sup>3</sup>/h a tratar.

Sabiendo esto, la dosificación de limpiador alcalino se calcula con la *ecuación A3.6*.

$$Q_D = \frac{Q_R \cdot Q_L}{\rho} \quad \text{Ecuación A3.6.}$$

Siendo

- $Q_D$ , el caudal de reactivo que se dosifica (l/h).
- $Q_R$ , la dosis óptima de reactivo (mg/l).
- $Q_L$ , el caudal de agua a tratar (l/h).
- $\rho$ , es la densidad del reactivo (mg/l) =  $1,12 \cdot 10^6$

$$Q_D = \frac{250 \cdot 17.250}{1,12 \cdot 10^6} = 3,85 \text{ l/h}$$

El limpiador alcalino se emplea semanalmente durante una hora de aplicación. Por tanto, el caudal de 3,85 l/h es el mismo para una vez por semana.

Y como un año tiene 48 semanas

$$3,85 \frac{l}{semana} \cdot 48 \frac{semanas}{año} = 184,82 \frac{l}{año}$$

Por lo tanto, los kg/año que se consumen de limpiador son

$$184,82 \frac{l}{año} \cdot 1,12 \frac{kg}{l} = 207 \frac{kg}{año}$$

El limpiador se dosificará directamente en la conducción mediante una bomba dosificadora de la marca SERA que posee las mismas características que en el caso de los reactivos de la red principal.

El depósito dosificador de limpiador alcalino es de la marca DOSIM, fabricado en polietileno anti-uv, de 120 l de capacidad. Para el caso del agitador, se escoge el modelo DAG 600/55/360/I/12V de la misma marca.

## CAPÍTULO 4. CONDUCCIONES

Para el cálculo de los parámetros de las conducciones, se opta por dividir la instalación en los siguientes tramos:

- *Tramo 1*: Salida del tanque de agua bruta a la entrada de la bomba de la etapa UF.
- *Tramo 2*: Salida de la bomba hasta el nodo común de las líneas antes de los filtros de malla.
- *Tramo 3*: Nodo común de las líneas hasta la entrada al filtro de malla.
- *Tramo 4*: Salida del filtro de malla hasta la entrada a los módulos de UF.
- *Tramo 5*: Salida agua filtrada de los módulos de UF a nodo común de las líneas.
- *Tramo 6*: Salida rechazos a la red directa a la balsa de efluentes.
- *Tramo 7*: Nodo común salida de etapa UF a entrada de la bomba de BP de la etapa OI.
- *Tramo 8*: Salida de la bomba de BP de la etapa OI al nodo común de las líneas antes de los filtros de cartuchos de 5  $\mu\text{m}$ .
- *Tramo 9*: Nodo común de las líneas hasta la entrada al filtro de cartuchos.
- *Tramo 10*: Salida del filtro de cartuchos hasta la entrada de la bomba de AP de la OI.
- *Tramo 11*: Salida de la bomba de AP hasta la entrada del paso de OI.
- *Tramo 12*: Salida de la primera etapa OI hasta la segunda etapa OI.
- *Tramo 13*: Salida del paso de OI hasta el nodo común de las dos líneas.
- *Tramo 14*: Salida del concentrado del paso de OI a la red directa a la balsa de efluentes.
- *Tramo 15*: Nodo común de las líneas a la salida del paso OI hasta la entrada de la bomba de la etapa EDI.
- *Tramo 16*: Salida bomba EDI hasta equipo desgasificador.
- *Tramo 17*: Salida del equipo desgasificador hasta el nodo común las líneas antes de de los filtros de cartuchos de 1  $\mu\text{m}$ .
- *Tramo 18*: Nodo común de las líneas hasta la entrada al filtro de cartuchos.

- Tramo 19: Salida del filtro de cartuchos hasta la entrada del sistema EDI.
- Tramo 20: Salida del sistema EDI hasta el nodo común de salida de las líneas.
- Tramo 21: Salida del concentrado del sistema EDI a la red directa a la balsa de efluentes.
- Tramo 22: Nodo común de las líneas a la salida del sistema EDI hasta la entrada del tanque de almacenamiento de agua desmineralizada.
- Tramo 23: Tubería común de la red directa a la balsa de efluentes.
- Tramo 24: Tuberías para el sistema *flushing* del paso de OI.
- Tramo 25: Tuberías para el sistema contralavado de los módulos de UF.

Debe tenerse en cuenta el material de las tuberías, ya que no todos los tramos son del mismo material. Todos los tramos serán de acero inoxidable AISI 316 y seguirán la norma DIN 2463, excepto de los tramos 1, 5, 7, 20 y 22, que serán de PVC y seguirán la norma ISO 16422.

Para el dimensionamiento de las conducciones se sigue el siguiente procedimiento:

- 1) Suponer una velocidad máxima de circulación del agua.
- 2) Calcular el diámetro interno de la conducción.
- 3) Elegir el diámetro nominal y el espesor según fabricantes o normas, a partir del diámetro interno calculado.
- 4) Una vez elegido el diámetro nominal y el espesor, se obtiene el diámetro interno real, y, a partir de éste, el valor de la velocidad real.

Así, empleando las siguientes ecuaciones y en este orden,

$$D_{\text{calc}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_L}{\pi \cdot v_{\text{sup}}}} \quad \text{Ecuación A4.1.}$$

$$D_{\text{real}} = D_{\text{eN}} - 2 \cdot e_{\text{N}} \quad \text{Ecuación A4.2.}$$

$$v_{\text{real}} = \frac{4 \cdot Q_L}{\pi \cdot D_{\text{real}}^2} \quad \text{Ecuación A4.3.}$$

Donde

- $Q_L$  es el caudal de agua a tratar ( $m^3/s$ ).
- $v_{sup}$  es la velocidad de circulación del agua (supuesta) a través de la conducción ( $m/s$ ).
- $D_{calc}$  es el diámetro interno calculado de la conducción ( $m$ ).
- $D_i$  es el diámetro interno normalizado de la conducción (“).
- $D_{eN}$  es el diámetro nominal externo de la conducción ( $m$ ).
- $e_N$  es el espesor nominal de la conducción ( $m$ ).
- $D_{iReal}$  es el diámetro interno real de la conducción ( $m$ ).
- $v_{Real}$  es la velocidad (calculada) a la que circula el agua ( $m/s$ ).

A continuación, se realiza el cálculo para el *Tramo 1* como ejemplo;

El caudal en este tramo son  $0,022 m^3/s$  y la velocidad de circulación del agua se considera de  $1,5 m/s$ . Con estos parámetros aplicamos la *ecuación A4.1*.

$$D_{calc} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,022}{\pi \cdot 1,5}} = 0,137 m$$

La tubería es de PVC, por lo que, según la norma ISO 16422 se escoge un diámetro externo nominal de  $0,1605 m$  y un espesor nominal de  $0,0032 m$ . Con estos datos y la *ecuación A4.2.*, se calcula el diámetro interno real de la conducción.

$$D_{i real} = 0,1605 - 2 \cdot 0,0032 = 0,1541 m$$

Una vez conocido el  $D_{iReal}$ , se obtiene la velocidad real a la que circulará el agua por la conducción aplicando la *ecuación A4.3*.

$$v_{real} = \frac{4 \cdot 0,022}{\pi \cdot 0,1541^2} = 1,18 m/s$$

A continuación, se muestra una tabla resumen con todos los datos y los parámetros calculados.

Tabla A.11. Parámetros calculados de las conducciones del sistema.

TRAMO	MATERIAL	Q <sub>L</sub> (m <sup>3</sup> /h) - (m <sup>3</sup> /s)	v <sub>sup</sub> (m/s)	D <sub>l<sub>calc</sub></sub> (m) - (mm)	DN (")	De <sub>N</sub> (m)	e <sub>N</sub> (m)	D <sub>l<sub>real</sub></sub> (m)	v <sub>real</sub> (m/s)
1	PVC	80,00	0,022	137,34	DN - 160	0,1605	0,0032	0,1541	1,191
2	ACERO INOX	80,00	0,022	137,34	DN - 150	0,1683	0,002	0,1643	1,048
3	ACERO INOX	40,00	0,011	97,12	DN - 90	0,1016	0,002	0,0976	1,485
4	ACERO INOX	40,00	0,011	97,12	DN - 90	0,1016	0,002	0,0976	1,485
5	PVC	36,00	0,01	92,13	DN - 110	0,1104	0,0022	0,106	1,133
6	ACERO INOX	4,00	0,0011	30,71	DN - 32	0,0424	0,002	0,0384	0,959
7	PVC	72,00	0,02	130,29	DN - 140	0,1405	0,0028	0,1349	1,399
8	ACERO INOX	72,00	0,02	130,29	DN - 125	0,1397	0,002	0,1357	1,383
9	ACERO INOX	36,00	0,01	92,13	DN - 90	0,1016	0,002	0,0976	1,337
10	ACERO INOX	36,00	0,01	92,13	DN - 90	0,1016	0,002	0,0976	1,337
11	ACERO INOX	36,00	0,01	92,13	DN - 90	0,1016	0,002	0,0976	1,337
12	ACERO INOX	18,80	0,0052	50,80	DN - 50	0,0603	0,002	0,0563	2,098
13	ACERO INOX	27,00	0,0075	79,79	DN - 80	0,0889	0,002	0,0849	1,325
14	ACERO INOX	9,00	0,0025	46,07	DN - 50	0,0603	0,002	0,0563	1,004
15	ACERO INOX	54,00	0,015	112,84	DN - 125	0,1397	0,002	0,1357	1,037
16	ACERO INOX	54,00	0,015	112,84	DN - 125	0,1397	0,002	0,1357	1,037
17	ACERO INOX	54,00	0,015	112,84	DN - 125	0,1397	0,002	0,1357	1,037
18	ACERO INOX	27,00	0,0075	79,79	DN - 80	0,0889	0,002	0,0849	1,325
19	ACERO INOX	27,00	0,0075	79,79	DN - 80	0,0889	0,002	0,0849	1,325
20	PVC	25,65	0,0071	77,77	DN - 90	0,0903	0,002	0,0863	1,218
21	ACERO INOX	1,95	0,0004	17,84	DN - 20	0,0269	0,002	0,0229	0,910
22	PVC	51,30	0,0143	109,98	DN - 125	0,1254	0,0025	0,1204	1,252
23	ACERO INOX	28,70	0,008	82,26	DN - 80	0,0889	0,002	0,0849	1,408
24	ACERO INOX	30	0,0083	84,10	DN - 80	0,0889	0,002	0,0849	1,472
25	ACERO INOX	27	0,0075	79,79	DN - 80	0,0889	0,002	0,0849	1,325

## CAPÍTULO 5. SISTEMAS DE IMPULSIÓN DE FLUIDOS

### 5.1. Sistemas de bombeo

Este apartado muestra los cálculos para dimensionar las bombas de impulsión de agua de la nueva planta de tratamiento de aguas. Para ello, se calculan las pérdidas de carga de los tramos rectos y de los accidentes, las presiones en los puntos de aspiración e impulsión, la carga y la potencia de las bombas y el NPSH disponible.

En primer lugar, para determinar el valor de la carga de la bomba se emplea la siguiente ecuación A5.1.

$$h = (z_2 - z_1) + \left( \frac{V_2^2}{2g\alpha_2} - \frac{V_1^2}{2g\alpha_1} \right) + \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + \frac{\Delta F}{g} = \frac{\dot{W}}{g} \quad \text{Ecuación A5.1.}$$

Donde

- h es la carga de la bomba (m).
- $z_2$  es la altura en el punto final de impulsión (m).
- $z_1$  es la altura en el punto inicial de aspiración (m).
- g es la gravedad ( $9,81\text{m/s}^2$ ).
- $v_2$  es la velocidad en el punto final de impulsión (m/s).
- $v_1$  es la velocidad en el punto inicial de aspiración (m/s).
- $P_2$  es la presión en el punto final de impulsión (Pa).
- $P_1$  es la presión en el punto inicial de aspiración (Pa).
- $\rho$  es la densidad del agua ( $\text{kg/m}^3$ ).
- $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$ , en régimen turbulento.
- $\Delta F$  es la pérdida de carga total o pérdida de energía mecánica por unidad de masa (J/kg).

Dado que no existen desniveles en toda la línea de producción, es decir, todos los equipos implicados en el proceso de tratamiento de aguas están a la misma altura, se considera el parámetro  $z_1 = z_2 = 0$ .

La pérdida de carga total ( $\Delta F$ ) se calcula mediante la *ecuación A5.2*.

$$\Delta F = \Delta F_r + \Delta F_a + \Delta F_f \quad \text{Ecuación A5.2.}$$

Donde

- $\Delta F_r$  es la pérdida de carga en los tramos rectos debido al rozamiento y turbulencias (J/kg).
- $\Delta F_a$  es la pérdida de carga total por rozamiento y turbulencias en los accidentes del sistema (J/kg).
- $\Delta F_f$  es la pérdida de carga total en los equipos de filtración (J/kg).

Par el caso de las pérdidas de carga en los tramos rectos, su valor se determina con la *ecuación A5.3*.

$$\Delta F_r = 2fv^2 \frac{L}{D} \quad \text{Ecuación A5.3.}$$

Donde

- $f$  es el factor de Fanning, que se obtiene a partir del gráfico de Moody en función del número de Reynolds y la rugosidad relativa ( $\epsilon/D$ ) de la superficie del tubo.
- $v$  es la velocidad media a lo largo de la conducción (m/s).
- $L$  es la longitud del tramo recto (m).
- $D$  es el diámetro de la conducción (m).

Para emplear el gráfico de Moody, primero debe calcularse el número de Reynolds mediante la *ecuación A5.4*.

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \quad \text{Ecuación A5.4.}$$

Donde

- Re es el número de Reynolds (adimensional). En el caso de régimen turbulento  $Re \geq 10000$ .
- $\rho$  es la densidad del agua ( $\text{kg/m}^3$ ) = 999,1  $\text{kg/m}^3$  (para condiciones de 15°C).
- v es la velocidad media de la conducción (m/s).
- D es el diámetro de la conducción (m).
- $\mu$  es la viscosidad dinámica del agua ( $\text{N}\cdot\text{s/m}^2$ ) =  $1,15 \cdot 10^{-3}$   $\text{N}\cdot\text{s/m}^2$  (para condiciones de 15°C).

Con la *ecuación A5.5.*, se calcula la pérdida de carga en los accidentes.

$$\Delta F_a = \sum K \frac{v^2}{2} \quad \text{Ecuación A5.5.}$$

Donde

- K es una constante característica de cada accidente.
- v es la velocidad media de la conducción (m/s).

En la *figura A.1.*, se observa el gráfico de Moody, necesario para llevar a cabo los cálculos mencionados anteriormente.

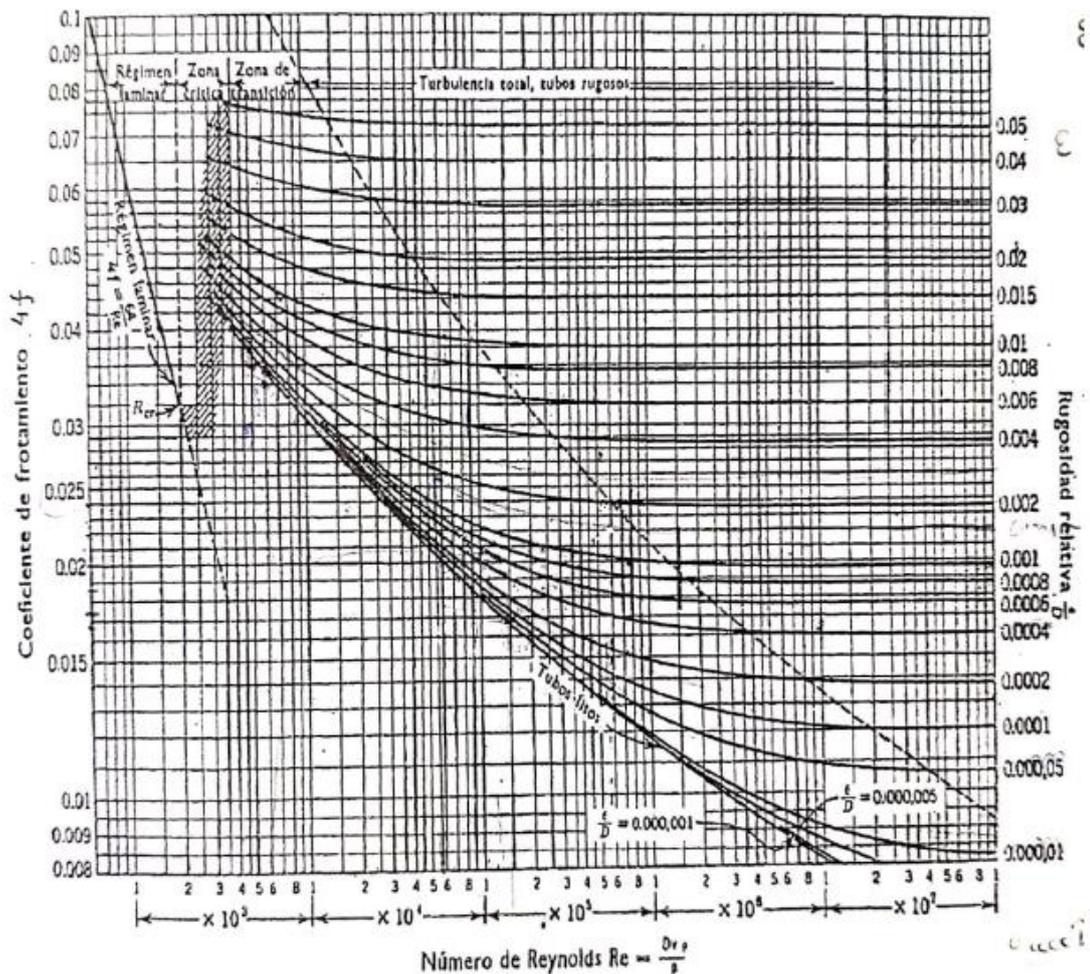


Figura A.1. Gráfico de Moody

Una vez determinado el valor de la carga, ésta se emplea en el cálculo de la potencia real de la bomba mediante la ecuación A5.6.

$$P_r = \frac{hgm}{\eta} \quad \text{Ecuación A5.6.}$$

Donde

- $h$  es la carga de la bomba (m).
- $g$  es la gravedad ( $9,81\text{m/s}^2$ ).
- $m$  es el caudal másico (kg/s).
- $\eta$  es el rendimiento de la bomba.

Tras realizar el cálculo de la carga de la bomba y la potencia, se calcula el NPSH disponible, mediante la *ecuación A5.7*, para compararlo con el NPSH requerido.

$$NPSH_{disp} = (z_1 - z_3) + \frac{1}{g} \left( \frac{P_1 - P_v}{\rho} + \frac{V_1^2}{2\alpha_1} - \Delta F_{asp} \right) \quad \text{Ecuación A5.7.}$$

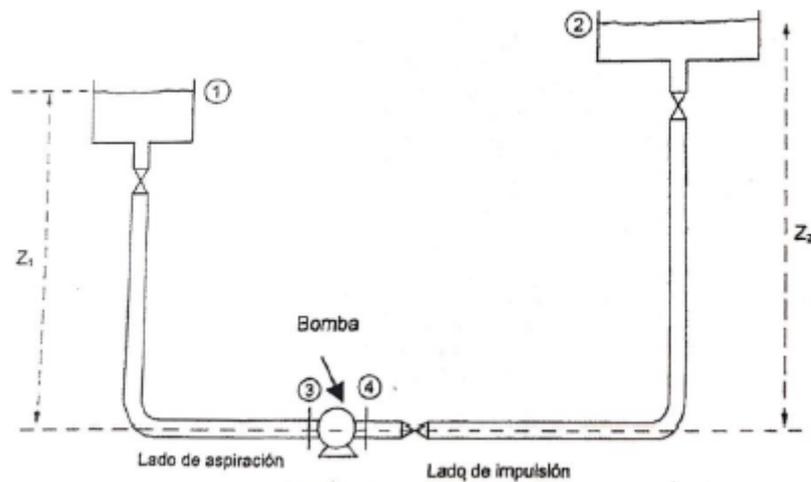
Donde

- NPSH<sub>disp</sub> es el disponible en el sistema (m).
- $z_1$  es la altura en el punto inicial de aspiración (m).
- $z_3$  es la altura en el punto final de aspiración (m).
- $g$  es la gravedad (9,81m/s<sup>2</sup>).
- $P_1$  es la presión en el punto inicial de aspiración (Pa).
- $P_v$  es la presión de vapor del agua, a 15°C su valor es de 1705,8 Pa.
- $\rho$  es la densidad del agua (kg/m<sup>3</sup>).
- $v_1$  es la velocidad en el punto inicial de aspiración (m/s).
- $\alpha_1 = 1$  en régimen turbulento.
- $\Delta F_{asp}$  es la pérdida de carga total en el tramo de aspiración. Se calcula de la misma forma que la pérdida de carga total, teniendo en cuenta únicamente el tramo recto y los accidentes en el tramo de aspiración (J/kg).

El NPSH disponible es el que se dispone en el sistema para mantener el caudal deseado de líquido en la tubería de aspiración, mientras que el requerido depende del fabricante y se muestra en los catálogos. Este último representa la carga mínima de aspiración para que no se produzca la cavitación de la bomba para un caudal dado. Para que una bomba tenga un funcionamiento correcto el NPSH disponible debe ser mayor al NPSH requerido. En caso contrario, se producirá la vaporización parcial del líquido originando bolsas de gas, fenómeno conocido como cavitación.

$$NPSH_{disp} > NPSH_{req} \text{ bomba}$$

Para el cálculo del  $NPSH_{disp}$ , utilizando la *ecuación A5.7* se ha considerado el sistema que aparece en la *figura A.2*.



*Figura A.2. Esquema del sistema para el cálculo de  $NPSH_{disp}$ .*

Las ecuaciones anteriores se aplican en los tramos de impulsión sobre los que se han realizado los cálculos para los sistemas de bombeo. En cada tramo existen conducciones que, ó bien poseen diferente sección, ó bien son de diferente material, por tanto, se han de determinar las presiones  $P_1$  y  $P_2$  de la bomba, según las condiciones del lado de aspiración y del lado de impulsión.

Se consideran cuatro tramos principales y un tramo auxiliar empleado para la limpieza.

**TRAMO AB:** Bombeo de agua bruta desde el tanque de almacenamiento hasta la entrada a la etapa de UF.

**TRAMO AF:** Bombeo de agua desde salida de la etapa de UF hasta la entrada de los filtros de cartucho de la etapa de OI.

**TRAMO AP:** Bombeo de agua desde la salida de los filtros de cartucho de 5  $\mu m$  hasta la entrada del sistema de ósmosis inversa

**TRAMO AO:** Bombeo de permeado de los sistemas de OI hasta el tanque de agua desmineralizada.

**TRAMO AUX:** Bombeo de agua desmineralizada del tanque de almacenamiento hasta los sistemas de UF y OI, para el lavado de éstos.

- I. **TRAMO AB:** Bombeo de agua bruta desde el tanque de almacenamiento hasta la entrada a la etapa de UF.

LADO DE ASPIRACIÓN – Tanque de agua bruta hasta entrada bomba.

La velocidad  $v_2$  se considera la misma que  $v_1$ , con un valor de 1,191 m/s. Las presiones son las siguientes.

$P_2$  = presión de aspiración de la bomba (Pa).

$$P_1 = P_{atm} + \rho \cdot g \cdot h_{tanque} = 1,01325 \cdot 10^5 + 999,1 \cdot 9,81 \cdot 6 = 160.132,03 \text{ Pa}$$

Para la realización del cálculo de las pérdidas de carga en el tramo recto y accidentes se emplearan las ecuaciones anteriores y los siguientes datos.

Tabla A.12. Parámetros para el cálculo de las pérdidas de carga.

$D_{i_{real}}$ (m)	$v_{real}$ (m/s)	$\epsilon$ (PVC)	$\epsilon/D$	Re	$4f - f$	$L_{tr}$ (m)	
0,1541	1,191	1,50E-06	9,7E-06	160.213,25	0,017	0,0041	20

Este tramo de aspiración es de PVC, por lo que la rugosidad es de  $1,5 \cdot 10^{-6}$  m.

Con este valor de rugosidad y el diámetro, obtenemos el número de Reynolds y la rugosidad relativa. Por último, mediante el gráfico de *Moody* se obtiene el factor de *Fanning*  $f = 0,0041$ .

Sustituyendo estos valores, se calcula la pérdida de carga en el tramo recto con la ecuación A5.3.

$$\Delta F_r = 2 \cdot 0,0041 \cdot 1,191^2 \frac{20}{0,1541} = 1,51 \frac{J}{kg}$$

Para el cálculo de la pérdida de carga en los accidentes, el valor de K se muestra como,

Tabla A.13. Accidentes en el lado de aspiración.

Accidente	Uds.	K
Válvula de mariposa	1	0,52
	$\sum K$	0,52

Con este valor de K, a partir de la *ecuación A5.5*, se calcula la pérdida de carga.

$$\Delta F_a = 0,52 \frac{1,191^2}{2} = 0,368 \frac{J}{kg}$$

Con estos valores de pérdida de carga, sin contar filtros ( $\Delta F_f = 0$ ), se determina la pérdida de carga total con la *ecuación A5.2*.

$$\Delta F = 1,51 + 0,368 = 1,88 \frac{J}{kg}$$

Finalmente la  $P_2$ , que es la presión de aspiración de la bomba, se determina con B.E.M general para líquidos que circulan por conducciones sin sistema de bombeo reflejado en la siguiente *ecuación A5.8*.

$$g(z_2 - z_1) + \left( \frac{V_2^2}{2\alpha_2} - \frac{V_1^2}{2\alpha_1} \right) + \frac{p_2 - p_1}{\rho} = -\Delta F \quad \text{Ecuación A5.8.}$$

Donde

- $z_1 = z_2 = 0$
- $v_2 = v_1$

Por tanto nos queda

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho} = -\Delta F$$

Despejando con los datos obtenidos en los cálculos anteriores y con los datos que se poseen, se obtiene un valor de presión en la aspiración de la bomba de  $P_{asp} = 158.244,54$  Pa.

LADO DE IMPULSIÓN

En el caso del lado de impulsión se han de considerar diferentes etapas, ya que el tramo abarca diferentes secciones y diferentes materiales de conducción. Por ello, es difícil estimar la presión de impulsión sin antes hacer los balances pertinentes en cada etapa.

El proceso de cálculo para estas etapas imita al del apartado anterior.

*ETAPA 1:* Tramo nodo salida UF hasta la entrada de la siguiente bomba.

- $v_1 = v_2$
- $z_1 = z_2 = 0$
- $P_1$  = presión del nodo de salida de los módulos de UF.
- $P_2$  = presión con la que el agua filtrada por la UF llega a la bomba, se estima una presión  $P_{atm} = 1,01325 \cdot 10^5$  Pa.

Tabla A.14. Parámetros para el cálculo de las pérdidas de carga.

$D_{i_{real}}$ (m)	$v_{real}$ (m/s)	$\epsilon$ (PVC)	$\epsilon/D$	Re	4f - f	$L_{tr}$ (m)
0,1349	1,399	1,50E-06	1,1E-05	164.714,43	0,017   0,0042	29

Este tramo de aspiración es de PVC, por lo que la rugosidad es de  $1,5 \cdot 10^{-6}$  m.

Con este valor de rugosidad y el diámetro, obtenemos el número de Reynolds y la rugosidad relativa. Por último, mediante el gráfico de *Moody* se obtiene el factor de *Fanning*  $f = 0,0042$ .

Sustituyendo estos valores, se calcula la pérdida de carga en el tramo recto con la *ecuación* A5.3.

$$\Delta F_r = 3,54 \frac{J}{kg}$$

Para el cálculo de la pérdida de carga en los accidentes, el valor de K se muestra como,

Tabla A.15. Accidentes en la etapa 1.

Accidente	Uds.	K
Codo 90°	2	0,75
Válvula de mariposa	1	0,52
Empalme T	1	1
	$\Sigma K$	3,02

Con este valor de K, a partir de la ecuación A5.5. se calcula la pérdida de carga.

$$\Delta F_a = 2,95 \frac{J}{kg}$$

Con estos valores de pérdida de carga, sin contar filtros ( $\Delta F_f = 0$ ), se determina la pérdida de carga total con la ecuación A5.2.

$$\Delta F = 3,54 + 2,95 = 6,49 \frac{J}{kg}$$

Finalmente la  $P_1$  se determina con la ecuación A5.8. simplificada.

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho} = -\Delta F$$

Despejando con los datos obtenidos en los cálculos anteriores y con los datos que se poseen, se obtiene un valor de presión  $P_1 = 107.811,75$  Pa.

ETAPA 2: Tramo desde la salida de los módulos de UF hasta el nodo común de las líneas.

- $v_1 = v_2$
- $z_1 = z_2 = 0$
- $P_1$  = presión de salida de los módulos de UF.
- $P_2 = P_1$  calculada en el apartado anterior = 107.811,75 Pa.

Tabla A.16. Parámetros para el cálculo de las pérdidas de carga.

$D_{i_{real}}$ (m)	$v_{real}$ (m/s)	$\epsilon$ (PVC)	$\epsilon/D$	Re	4f - f	$L_{tr}$ (m)
0,106	1,133	1,50E-06	1,4E-05	104.811,21	0,017   0,0043	5

Este tramo de aspiración es de PVC, por lo que la rugosidad es de  $1,5 \cdot 10^{-6}$  m.

Con este valor de rugosidad y el diámetro, obtenemos el número de Reynolds y la rugosidad relativa. Por último, mediante el gráfico de *Moody* se obtiene el factor de *Fanning*  $f = 0,0043$ .

Sustituyendo estos valores, se calcula la pérdida de carga en el tramo recto con la ecuación A5.3.

$$\Delta F_r = 0,51 \frac{J}{kg}$$

Para el cálculo de la pérdida de carga en los accidentes, el valor de K se muestra como,4

Tabla A.17. Accidentes en la etapa 2.

Accidente	Uds.	K
Codo 90°	1	0,75
Válvula de retención	1	2
	$\Sigma K$	2,75

Con este valor de K, a partir de la ecuación A5.5. se calcula la pérdida de carga.

$$\Delta F_a = 1,765 \frac{J}{kg}$$

Con estos valores de pérdida de carga, sin contar filtros ( $\Delta F_f = 0$ ), se determina la pérdida de carga total con la *ecuación A5.2*.

$$\Delta F = 2,28 \frac{J}{kg}$$

Finalmente la  $P_1$ , se determina con la *ecuación A5.8*. simplificada.

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho} = -\Delta F$$

Despejando con los datos obtenidos en los cálculos anteriores y con los datos que se poseen, se obtiene un valor de presión  $P_1 = 110.090,18$  Pa.

*ETAPA 3:* Desde el nodo común antes de la entrada a los filtros de malla hasta la entrada de los módulos de UF.

Se calculará un balance para cualquiera de las dos líneas ya que son idénticas.

- $v_1 = v_2$
- $z_1 = z_2 = 0$
- $P_1 =$  presión en el nodo común.
- $P_2 = P_1$  calculada en el apartado anterior.

En este apartado se conoce que la caída de presión en los módulos de UF es de  $1,5 \cdot 10^5 Pa$  y en el filtro de malla es de  $3 \cdot 10^4 Pa$ .

Por tanto, la pérdida de carga total de los filtros se puede determinar como

$$\Delta F_f = \Delta F_{UF} + \Delta F_{FM} = \frac{1,5 \cdot 10^5}{999,1} + \frac{3 \cdot 10^4}{999,1} = 180,16 \frac{J}{kg}$$

Por otra parte, las otras pérdidas de carga se calculan con el procedimiento de apartados anteriores.

*Tabla A.18. Parámetros para el cálculo de las pérdidas de carga.*

$v_{real}$ (m/s)	$\epsilon$ (Acero Inox)	$\epsilon/D$	Re	4f - f	$L_{tr}$ (m)
1,485	4,57E-05	4,7E-04	126.479,83	0,020	0,0050
					11

Este tramo de aspiración es de acero inoxidable, por lo que la rugosidad es de  $4,57 \cdot 10^{-5} m$ .

Con este valor de rugosidad y el diámetro, obtenemos el número de Reynolds y la rugosidad relativa. Por último, mediante el gráfico de *Moody* se obtiene el factor de *Fanning*  $f=0,005$ .

Sustituyendo estos valores, se calcula la pérdida de carga en el tramo recto con la *ecuación* A5.3.

$$\Delta F_r = 2,49 \frac{J}{kg}$$

Para el cálculo de la pérdida de carga en los accidentes, el valor de K se muestra como,

Tabla A.19. Accidentes en la etapa 3.

Accidente	Uds.	K
Codo 90°	1	0,75
Válvula de retención	1	2
Válvula de mariposa	2	1,04
Empalme T	1	1
	$\Sigma K$	4,79

Con este valor de K, a partir de la ecuación A5.5. se calcula la pérdida de carga.

$$\Delta F_a = 5,28 \frac{J}{kg}$$

Con estos valores de pérdida de carga, se determina la pérdida de carga total con la ecuación A5.2.

$$\Delta F = 187,93 \frac{J}{kg}$$

Finalmente la  $P_1$ , se determina con la ecuación A5.8. simplificada.

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho} = -\Delta F$$

Despejando con los datos obtenidos en los cálculos anteriores y con los datos que se poseen, se obtiene un valor de presión  $P_1 = 297.851,58$  Pa.

*ETAPA 4:* Tramo recto desde la salida de la bomba hasta el nodo común de las líneas antes de los filtros de malla.

- $v_1 = v_2$
- $z_1 = z_2 = 0$
- $P_1 =$  presión de impulsión de la bomba.
- $P_2 = P_1$  calculada en el apartado anterior = 297.851,58 Pa.

Tabla A.20. Parámetros para el cálculo de las pérdidas de carga.

$D_{\text{real}}$ (m)	$v_{\text{real}}$ (m/s)	$\epsilon$ (Acero Inox)	$\epsilon/D$	Re	4f - f	$L_{\text{tr}}$ (m)
0,1643	1,048	4,57E-05	2,8E-04	150.266,96	0,019   0,0048	3

Este tramo de aspiración es de acero inoxidable, por lo que la rugosidad es de  $4,57 \cdot 10^{-5}$  m.

Con este valor de rugosidad y el diámetro, obtenemos el número de Reynolds y la rugosidad relativa. Por último, mediante el gráfico de *Moody* se obtiene el factor de *Fanning*  $f=0,0048$ .

Sustituyendo estos valores, se calcula la pérdida de carga en el tramo recto con la *ecuación* A5.3.

$$\Delta F_r = 0,19 \frac{J}{kg}$$

Para el cálculo de la pérdida de carga en los accidentes, el valor de K se muestra como,

Tabla A.21. Accidentes en la etapa 4.

Accidente	Uds.	K
Válvula de retención	1	2
	$\Sigma K$	2

Con este valor de K, a partir de la *ecuación* A5.5. se calcula la pérdida de carga.

$$\Delta F_a = 1,09 \frac{J}{kg}$$

Con estos valores de pérdida de carga, sin contar filtros ( $\Delta F_f = 0$ ), se determina la pérdida de carga total con la *ecuación A5.2*.

$$\Delta F = 1,29 \frac{J}{kg}$$

Finalmente la  $P_1$ , se determina con la *ecuación A5.8*. simplificada.

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho} = -\Delta F$$

Despejando con los datos obtenidos en los cálculos anteriores y con los datos que se poseen, se obtiene un valor de presión  $P_{imp} = 299.139,61$  Pa.

Una vez se conocen los valores de presión de aspiración e impulsión se recurre a la *ecuación A5.1*.simplificada

$$h = \frac{P_{imp} - P_{asp}}{\rho g}$$

Se obtiene el valor de la carga de la bomba

$$h = \frac{299.139,61 - 158.244,54}{999,1 \cdot 9,81} = 14,37 \text{ m}$$

El siguiente cálculo se realiza para determinar el *NPSHdisp* de la bomba. Se calcula mediante la *ecuación A5.7*. simplificada y con los datos de aspiración de la bomba.

$$NPSHdisp = \frac{1}{g} \left( \frac{P_1 - P_v}{\rho} + \frac{V_1^2}{2\alpha_1} - \Delta F_{asp} \right)$$

- $v_1 = 1,191 \text{ m/s}$
- $z_1 = z_3 = 0$
- $P_1 = P_{atm} + \rho \cdot g \cdot h_{tanque} = 1,01325 \cdot 10^5 + 999,1 \cdot 9,81 \cdot 6 = 160.132,03 \text{ Pa}$
- $P_v = 1705,8 \text{ Pa.}$
- $\alpha_1 = 1$
- $\Delta F_{asp} =$  es el valor de la pérdida de carga en el lado de aspiración anterior = 1,88 J/kg.

Sustituyendo valores, nos da un valor de  $NPSH_{disp} = 16,04 \text{ m.}$

Para calcular la potencia se necesita el valor del caudal másico. El cálculo es el siguiente,

$$m = Q_L \cdot \rho = 0,022 \cdot 999,1 = 22 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Sin embargo, no se conoce el valor del rendimiento. Es ahí, cuando con el valor de la carga y el caudal acudimos a un fabricante de bombas para que nos suministre una bomba acorde a nuestras necesidades.

La bomba es de la empresa IDEAL y las características del modelo seleccionado son.

*Tabla A.22. Características de la bomba del Tramo AB.*

Modelo	Potencia (kW)	Diámetro	$\eta$ (%)	NPSH (m)
RNI 80 -20	4	205	80	2,1

Como se puede observar el valor de NPSH requerido por el fabricante es mucho menor que el disponible. Eso quiere decir que la bomba funcionará correctamente y no dará fallo por cavitación.

Con el valor del rendimiento de la bomba seleccionada, se calcula potencia real de la bomba con la *ecuación A5.6.*

$$P_r = \frac{14,37 \cdot 9,81 \cdot 22}{0,8} = 3.876,67 \text{ W} = 3,9 \text{ kW}$$

- II. **TRAMO AF:** Bombeo de agua desde salida de la etapa de UF hasta la entrada de los filtros de cartucho de la etapa de OI.

LADO DE ASPIRACIÓN

El lado de aspiración es la ETAPA 1 del lado de impulsión del Tramo AB anterior.

Por tanto, la presión con la que el agua filtrada por la UF llega a la bomba, se estima una presión  $P_{atm} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa} = P_{asp}$ .

LADO DE IMPULSIÓN

En el lado de impulsión, según la calidad del agua y el tipo de cartucho empleado, se estima una  $P_{imp} = 3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ .

Una vez se conocen los valores de presión de aspiración e impulsión ( $P_1$  y  $P_2$ ) se recurre a la ecuación A5.1. simplificada

$$h = \frac{P_{imp} - P_{asp}}{\rho g}$$

Se obtiene el valor de la carga de la bomba

$$h = \frac{3 \cdot 10^5 - 1,01325 \cdot 10^5}{999,1 \cdot 9,81} = 20,27 \text{ m}$$

El siguiente cálculo se realiza para determinar el  $NPSH_{disp}$  de la bomba. Se calcula mediante la ecuación A5.7. simplificada y con los datos de aspiración de la bomba.

$$NPSH_{disp} = \frac{1}{g} \left( \frac{P_1 - P_v}{\rho} + \frac{V_1^2}{2\alpha_1} - \Delta F_{asp} \right)$$

- $v_1 = 1,399 \text{ m/s}$
- $z_1 = z_3 = 0$
- $P_1 = 107811,75 \text{ Pa}$
- $P_v = 1705,8 \text{ Pa}$ .
- $\alpha_1 = 1$

- $\Delta F_{asp}$  = es el valor de la pérdida de carga en el lado de aspiración anterior = 6,49 J/kg.

Sustituyendo valores, nos da un valor de  $NPSH_{disp} = 10,3 \text{ m}$ .

Para calcular la potencia se necesita el valor del caudal másico. El cálculo es el siguiente,

$$m = Q_L \cdot \rho = 0,02 \cdot 999,1 = 19,98 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Sin embargo, no se conoce el valor del rendimiento. Es ahí, cuando con el valor de la carga y el caudal acudimos a un fabricante de bombas para que nos suministre una bomba acorde a nuestras necesidades.

La bomba es de la empresa IDEAL y las características del modelo seleccionado son

Tabla A.23. Características de la bomba del Tramo AF.

Modelo	Potencia (kW)	Diámetro	$\eta$ (%)	NPSH (m)
RNI 80 - 26h	7,5	255	70,5	1,4

Como se puede observar el valor de NPSH requerido por el fabricante es mucho menor que el disponible. Eso quiere decir que la bomba funcionará correctamente y no dará fallo por cavitación.

Con el valor del rendimiento de la bomba seleccionada, se calcula potencia real de la bomba con la *ecuación A5.6*.

$$P_r = \frac{20,27 \cdot 9,81 \cdot 19,98}{0,705} = 5.636,1 \text{ W} = 5,63 \text{ kW}$$

- III. **TRAMO AP:** Bombeo de agua desde la salida de los filtros de cartucho de 5  $\mu\text{m}$  hasta la entrada del sistema de ósmosis inversa.

LADO DE ASPIRACIÓN

Para determinar la presión de aspiración de la bomba debemos remontar a la presión de impulsión de la bomba del apartado anterior, para saber qué presión llega a la bomba. Así, pueden distinguirse dos etapas en el lado de aspiración.

*ETAPA 1:* Tramo recto desde la salida de la bomba hasta el nodo común de las líneas antes de los filtros de cartucho de 5  $\mu\text{m}$ .

- $v_1 = v_2$
- $z_1 = z_2 = 0$
- $P_1$  = presión de impulsión de la bomba =  $3 \cdot 10^5$  Pa.
- $P_2$  = presión en el nodo común de las líneas.

Tabla A.24. Parámetros para el cálculo de las pérdidas de carga.

$D_{\text{real}}$ (m)	$v_{\text{real}}$ (m/s)	$\varepsilon$ (Acero Inox)	$\varepsilon/D$	Re	4f - f		$L_{\text{tr}}$ (m)
0,1357	1,383	4,57E-05	3,4E-04	163.743,38	0,019	0,0046	4

Este tramo de aspiración es de acero inoxidable, por lo que la rugosidad es de  $4,57 \cdot 10^{-5}$  m.

Con este valor de rugosidad y el diámetro, obtenemos el número de Reynolds y la rugosidad relativa. Por último, mediante el gráfico de *Moody* se obtiene el factor de *Fanning*  $f = 0,0046$ .

Sustituyendo estos valores, se calcula la pérdida de carga en el tramo recto con la *ecuación* A5.3.

$$\Delta F_r = 0,52 \frac{J}{kg}$$

Para el cálculo de la pérdida de carga en los accidentes, el valor de K se muestra como,

Tabla A.25. Accidentes en la etapa 1.

Accidente	Uds.	K
Válvula de retención	1	2
	$\Sigma K$	2

Con este valor de K, a partir de la ecuación A5.5., se calcula la pérdida de carga.

$$\Delta F_a = 1,91 \frac{J}{kg}$$

Con estos valores de pérdida de carga, sin contar filtros ( $\Delta F_f = 0$ ), se determina la pérdida de carga total con la ecuación A5.2.

$$\Delta F = 2,43 \frac{J}{kg}$$

Finalmente la  $P_2$ , se determina con la ecuación A5.8. simplificada.

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho} = -\Delta F$$

Despejando con los datos obtenidos en los cálculos anteriores y con los datos que se poseen, se obtiene un valor de presión  $P_2 = 297.568,46$  Pa.

*ETAPA 2:* Tramo desde el nodo común de las líneas antes de los filtros de cartucho hasta la entrada de la bomba de alta presión para la OI.

Se calculará un balance para cualquiera de las dos líneas ya que son idénticas.

- $v_1 = v_2$
- $z_1 = z_2 = 0$
- $P_1$  = presión calculada en el apartado anterior,  $2,98 \cdot 10^5$  Pa
- $P_2$  = presión de aspiración de la bomba de alta presión.

En este apartado se conoce que la caída de presión en los filtros de cartucho es de  $5 \cdot 10^4$  Pa.

Por tanto, la pérdida de carga total de los filtros de cartucho se puede determinar como

$$\Delta F_f = \Delta F_{Fc} = \frac{5 \cdot 10^4}{999,1} = 50,04 \frac{J}{kg}$$

Por otra parte, las otras pérdidas de carga se calculan con el procedimiento de apartados anteriores.

*Tabla A.26. Parámetros para el cálculo de las pérdidas de carga.*

$D_{real}$ (m)	$v_{real}$ (m/s)	E (Acero Inox)	$\epsilon/D$	Re	4f - f		$L_{tr}$ (m)
0,0976	1,3366	4,57E-05	4,7E-04	113.831,84	0,020	0,0050	9

Este tramo de aspiración es de acero inoxidable, por lo que la rugosidad es de  $4,57 \cdot 10^{-5}$  m.

Con este valor de rugosidad y el diámetro, obtenemos el número de Reynolds y la rugosidad relativa. Por último, mediante el gráfico de *Moody* se obtiene el factor de *Fanning*  $f=0,005$ .

Sustituyendo estos valores, se calcula la pérdida de carga en el tramo recto con la *ecuación* A5.3.

$$\Delta F_r = 1,63 \frac{J}{kg}$$

Para el cálculo de la pérdida de carga en los accidentes, el valor de K se muestra como,

Tabla A.27. Accidentes en la etapa 2.

Accidente	Uds.	K
Válvula de mariposa	2	1,04
Empalme T	1	1
	$\Sigma K$	2,04

Con este valor de K, a partir de la ecuación A5.5., se calcula la pérdida de carga.

$$\Delta F_a = 1,82 \frac{J}{kg}$$

Con estos valores de pérdida de carga, se determina la pérdida de carga total con la ecuación A5.2.

$$\Delta F = 53,5 \frac{J}{kg}$$

Finalmente la  $P_1$ , se determina con la ecuación A5.8. simplificada.

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho} = -\Delta F$$

Despejando con los datos obtenidos en los cálculos anteriores y con los datos que se poseen, se obtiene un valor de presión de aspiración  $P_{asp} = 244.118,28 \text{ Pa}$ .

LADO DE IMPULSIÓN

La bomba de alta presión que alimenta el sistema de OI, tendrá una  $P_{imp} = 13,36 \cdot 10^5$  Pa obtenida como resultado de la simulación con el programa ROSA.

Una vez se conocen los valores de presión de aspiración e impulsión ( $P_1$  y  $P_2$ ) se recurre a la *ecuación A5.1*. simplificada

$$h = \frac{P_{imp} - P_{asp}}{\rho g}$$

Se obtiene el valor de la carga de la bomba

$$h = \frac{13,36 \cdot 10^5 - 2,44 \cdot 10^5}{999,1 \cdot 9,81} = 111,41 \text{ m}$$

El siguiente cálculo se realiza para determinar el  $NPSH_{disp}$  de la bomba. Se calcula mediante la *ecuación A5.7*. simplificada y con los datos de aspiración de la bomba.

$$NPSH_{disp} = \frac{1}{g} \left( \frac{P_1 - P_v}{\rho} + \frac{V_1^2}{2\alpha_1} - \Delta F_{asp} \right)$$

- $v_1 = 1,336$  m/s
- $z_1 = z_3 = 0$
- $P_1 = 2,98 \cdot 10^5$  Pa
- $P_v = 1705,8$  Pa.
- $\alpha_1 = 1$
- $\Delta F_{asp}$  = es el valor de la pérdida de carga en el lado de aspiración anterior = 53,5 J/kg.

Sustituyendo valores, nos da un valor de  $NPSH_{disp} = 24,8$  m.

Para calcular la potencia se necesita el valor del caudal másico. El cálculo es el siguiente,

$$m = Q_L \cdot \rho = 0,01 \cdot 999,1 = 9,991 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Sin embargo, no se conoce el valor del rendimiento. Es ahí, cuando con el valor de la carga y el caudal acudimos a un fabricante de bombas para que nos suministre una bomba acorde a nuestras necesidades.

La bomba es de la empresa IDEAL y las características del modelo seleccionado son,

*Tabla A.28. Características de la bomba del Tramo AP.*

Modelo	Potencia (kW)	Diámetro	$\eta$ (%)	NPSH (m)
RNI 40 - 32H	30	300	43	2,75

Como se puede observar el valor de NPSH requerido por el fabricante es mucho menor que el disponible. Eso quiere decir que la bomba funcionará correctamente y no dará fallo por cavitación.

Con el valor del rendimiento de la bomba seleccionada, se calcula potencia real de la bomba con la *ecuación A5.6*.

$$P_r = \frac{111,41 \cdot 9,81 \cdot 9,991}{0,43} = 25.394,15 \text{ W} = 25,39 \text{ kW}$$

- IV. **TRAMO AO:** Bombeo de permeado de los sistemas de OI hasta el tanque de agua desmineralizada.

LADO DE ASPIRACIÓN

Para determinar la presión de aspiración de la bomba debemos remontar a la presión de salida del sistema de ósmosis inversa. Así, se estima que la presión en el nodo común de las líneas es igual a la  $P_{atm} = 101.325 \text{ Pa}$ .

*ETAPA 1:* Tramo recto desde la salida del sistema de OI hasta el nodo común de las líneas.

- $v_1 = v_2$
- $z_1 = z_2 = 0$
- $P_1$  = presión en el nodo común de las líneas a la salida de la OI =  $1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ .
- $P_2$  = presión de aspiración de la bomba de permeado de la OI.

Tabla A.29. Parámetros para el cálculo de las pérdidas de carga.

$D_{i_{real}} \text{ (m)}$	$v_{real} \text{ (m/s)}$	$\epsilon \text{ (Acero Inox)}$	$\epsilon/D$	Re	4f - f	$L_{tr} \text{ (m)}$
0,1357	1,0372	4,57E-05	3,4E-04	122.807,53	0,019   0,0048	3

Este tramo de aspiración es de acero inoxidable, por lo que la rugosidad es de  $4,57 \cdot 10^{-5} \text{ m}$ .

Con este valor de rugosidad y el diámetro, obtenemos el número de Reynolds y la rugosidad relativa. Por último, mediante el gráfico de *Moody* se obtiene el factor de *Fanning*  $f=0,0048$ .

Sustituyendo estos valores, calcula la pérdida de carga en el tramo recto con la *ecuación* A5.3.

$$\Delta F_r = 0,23 \frac{J}{kg}$$

Para el cálculo de la pérdida de carga en los accidentes, el valor de K se muestra como,

Tabla A.30. Accidentes en la etapa 1.

Accidente	Uds.	K
Válvula de mariposa	1	0,52
	$\Sigma K$	0,52

Con este valor de K, a partir de la ecuación A5.5., se calcula la pérdida de carga.

$$\Delta F_a = 0,27 \frac{J}{kg}$$

Con estos valores de pérdida de carga, sin contar filtros ( $\Delta F_f = 0$ ), se determina la pérdida de carga total con la ecuación A5.2.

$$\Delta F = 0,5 \frac{J}{kg}$$

Finalmente la  $P_2$ , se determina con la ecuación A5.8. simplificada.

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho} = -\Delta F$$

Despejando con los datos obtenidos en los cálculos anteriores y con los datos que se poseen, se obtiene un valor de presión de aspiración  $P_{asp} = 100.819,86$  Pa.

### LADO DE IMPULSIÓN

En el caso del lado de impulsión se han de considerar diferentes etapas, ya que el tramo abarca diferentes secciones y diferentes materiales de conducción. Por ello, es difícil estimar la presión de impulsión sin antes hacer los balances pertinentes en cada etapa.

*ETAPA 1:* Tramo desde el nodo común de las líneas de salida de los módulos EDI hasta la entrada al tanque de agua desmineralizada.

- $v_1 = v_2$
- $z_1 = z_2 = 0$
- $P_1$  = presión del nodo común de las líneas a la salida de los módulos de EDI
- $P_2$  = presión con la que el agua desmineralizada llega al tanque de agua desmineralizada =  $P_{atm} = 101.325 \text{ Pa}$ .

Tabla A.31. Parámetros para el cálculo de las pérdidas de carga.

$D_{i\text{real}} \text{ (m)}$	$v_{\text{real}} \text{ (m/s)}$	$\epsilon \text{ (PVC)}$	$\epsilon/D$	$Re$	$4f - f$		$L_{tr} \text{ (m)}$
0,1204	1,2516	1,50E-06	1,2E-05	131.492,80	0,017	0,0041	20

Este tramo de aspiración es de PVC, por lo que la rugosidad es de  $1,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ .

Con este valor de rugosidad y el diámetro, obtenemos el número de Reynolds y la rugosidad relativa. Por último, mediante el gráfico de *Moody* se obtiene el factor de *Fanning*  $f = 0,0041$ .

Sustituyendo estos valores, calcula la pérdida de carga en el tramo recto con la *ecuación* A5.3.

$$\Delta F_r = 2,15 \frac{J}{kg}$$

Para el cálculo de la pérdida de carga en los accidentes, el valor de  $K$  se muestra como,

Tabla A.32. Accidentes en la etapa 1.

Accidente	Uds.	K
Válvula de mariposa	1	0,52
	$\sum K$	0,52

Con este valor de K, a partir de la *ecuación A5.5.*, se calcula la pérdida de carga.

$$\Delta F_a = 0,407 \frac{J}{kg}$$

Con estos valores de pérdida de carga, sin contar filtros ( $\Delta F_f = 0$ ), se determina la pérdida de carga total con la *ecuación A5.2.*

$$\Delta F = 2,55 \frac{J}{kg}$$

Finalmente la  $P_1$  se determina con la *ecuación A5.8.* simplificada.

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho} = -\Delta F$$

Despejando con los datos obtenidos en los cálculos anteriores y con los datos que se poseen, se obtiene un valor de presión  $P_1 = 103.876,85$  Pa.

ETAPA 2: Tramo desde la salida de los módulos de EDI hasta el nodo común de las líneas.

- $v_1 = v_2$
- $z_1 = z_2 = 0$
- $P_1$  = presión de salida de los módulos de EDI.
- $P_2 = P_1$  calculada en el apartado anterior = 103.876,85 Pa.

Tabla A.33. Parámetros para el cálculo de las pérdidas de carga.

$D_{\text{real}}$ (m)	$v_{\text{real}}$ (m/s)	$\epsilon$ (PVC)	$\epsilon/D$	Re	4f - f	$L_{\text{tr}}$ (m)
0,0863	1,2181	1,50E-06	1,7E-05	91.724,99	0,018   0,0046	3

Este tramo de aspiración es de PVC, por lo que la rugosidad es de  $1,5 \cdot 10^{-6}$  m.

Con este valor de rugosidad y el diámetro, obtenemos el número de Reynolds y la rugosidad relativa. Por último, mediante el gráfico de *Moody* se obtiene el factor de *Fanning*  $f=0,0046$ .

Sustituyendo estos valores, calcula la pérdida de carga en el tramo recto con la ecuación A5.3.

$$\Delta F_r = 0,47 \frac{J}{kg}$$

Para el cálculo de la pérdida de carga en los accidentes, el valor de K se muestra como,

Tabla A.34. Accidentes en la etapa 2.

Accidente	Uds.	K
Empalme T	1	1
Codo 90°	1	0,75
Válvula de retención	1	2
Válvula de diafragma	1	2,3
	$\Sigma K$	6,05

Con este valor de K, a partir de la ecuación A5.5. se calcula la pérdida de carga.

$$\Delta F_a = 4,49 \frac{J}{kg}$$

Con estos valores de pérdida de carga, sin contar filtros ( $\Delta F_f = 0$ ), se determina la pérdida de carga total con la *ecuación A5.2*.

$$\Delta F = 4,96 \frac{J}{kg}$$

Finalmente la  $P_1$ , se determina con la *ecuación A5.8*. simplificada.

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho} = -\Delta F$$

Despejando con los datos obtenidos en los cálculos anteriores y con los datos que se poseen, se obtiene un valor de presión  $P_1 = 108.829,94$  Pa.

*ETAPA 3:* Desde el nodo común antes de la entrada a los filtros de cartucho hasta la entrada de los módulos de EDI.

Se calculará un balance para cualquiera de las dos líneas ya que son idénticas.

- $v_1 = v_2$
- $z_1 = z_2 = 0$
- $P_1$  = presión en el nodo común previo a los filtros de cartucho de 1  $\mu\text{m}$ .
- $P_2 = P_1$  calculada en el apartado anterior = 108.829,94 Pa.

En este apartado se conoce que la caída de presión en los módulos de EDI es de  $1,4 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  y en el filtro de cartucho es de  $7,5 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ .

Por tanto, la pérdida de carga total de los filtros se puede determinar como,

$$\Delta F_f = \Delta F_{EDI} + \Delta F_{Fc} = \frac{1,4 \cdot 10^5}{999,1} + \frac{7,5 \cdot 10^4}{999,1} = 215,19 \frac{J}{kg}$$

Por otra parte, las otras pérdidas de carga se calculan con el procedimiento de apartados anteriores.

*Tabla A.35. Parámetros para el cálculo de las pérdidas de carga.*

$D_{\text{real}}$ (m)	$v_{\text{real}}$ (m/s)	$\epsilon$ (Acero Inox)	$\epsilon/D$	Re	4f - f		$L_{\text{tr}}$ (m)
0,0849	1,3248	4,57E-05	5,4E-04	98.144,77	0,021	0,0051	9

Este tramo de aspiración es de acero inoxidable, por lo que la rugosidad es de  $4,57 \cdot 10^{-5}$  m.

Con este valor de rugosidad y el diámetro, obtenemos el número de Reynolds y la rugosidad relativa. Por último, mediante el gráfico de *Moody* se obtiene el factor de *Fanning*  $f=0,0051$ .

Sustituyendo estos valores, calcula la pérdida de carga en el tramo recto con la *ecuación A5.3*.

$$\Delta F_r = 1,91 \frac{J}{kg}$$

Para el cálculo de la pérdida de carga en los accidentes, el valor de K se muestra como,

Tabla A.36. Accidentes en la etapa 3.

Accidente	Uds.	K
Codo 90°	1	0,75
Válvula de mariposa	2	1,04
	$\Sigma K$	1,79

Con este valor de K, a partir de la ecuación A5.5. se calcula la pérdida de carga.

$$\Delta F_a = 1,57 \frac{J}{kg}$$

Con estos valores de pérdida de carga, se determina la pérdida de carga total con la ecuación A5.2.

$$\Delta F = 218,67 \frac{J}{kg}$$

Finalmente la  $P_1$ , se determina con la ecuación A5.8. simplificada.

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho} = -\Delta F$$

Despejando con los datos obtenidos en los cálculos anteriores y con los datos que se poseen, se obtiene un valor de presión  $P_1 = 327.304,75$  Pa.

*ETAPA 4:* Tramo recto desde la impulsión de la bomba hasta el nodo común de las líneas antes de los filtros de cartucho del sistema EDI.

- $v_1 = v_2$
- $z_1 = z_2 = 0$
- $P_1 =$  presión de impulsión de la bomba.
- $P_2 = P_1$  calculada en el apartado anterior = 327.304,75 Pa.

En este apartado se conoce que la caída de presión en el equipo desgasificador es de  $2 \cdot 10^4$  Pa.

Por tanto, la pérdida de carga total de los filtros se puede determinar como

$$\Delta F_f = \Delta F_{Desg} = \frac{2 \cdot 10^4}{999,1} = 20,02 \frac{J}{kg}$$

Por otra parte, las otras pérdidas de carga se calculan con el procedimiento de apartados anteriores.

*Tabla A.37. Parámetros para el cálculo de las pérdidas de carga.*

$D_{i\text{real}}$ (m)	$v_{\text{real}}$ (m/s)	$\epsilon$	$\epsilon/D$	Re	4f - f	$L_{tr}$ (m)
0,1357	1,0372	4,57E-05	3,4E-04	122.807,53	0,019 0,0048	44

Este tramo de aspiración es de acero inoxidable, por lo que la rugosidad es de  $4,57 \cdot 10^{-5}$  m.

Con este valor de rugosidad y el diámetro, obtenemos el número de Reynolds y la rugosidad relativa. Por último, mediante el gráfico de *Moody* se obtiene el factor de *Fanning*  $f=0,0048$ .

Sustituyendo estos valores, calcula la pérdida de carga en el tramo recto con la *ecuación* A5.3.

$$\Delta F_r = 3,31 \frac{J}{kg}$$

Para el cálculo de la pérdida de carga en los accidentes, el valor de K se muestra como,

Tabla A.38. Accidentes en la etapa 4.

Accidente	Uds.	K
Codo 90°	2	1,5
Válvula de retención	1	2
	$\Sigma K$	3,5

Con este valor de K, a partir de la *ecuación A5.5*, se calcula la pérdida de carga.

$$\Delta F_a = 1,88 \frac{J}{kg}$$

Con estos valores de pérdida de carga, sin contar filtros ( $\Delta F_f = 0$ ), se determina la pérdida de carga total con la *ecuación A5.2*.

$$\Delta F = 25,21 \frac{J}{kg}$$

Finalmente la  $P_1$ , se determina con la *ecuación A5.8*, simplificada.

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho} = -\Delta F$$

Despejando con los datos obtenidos en los cálculos anteriores y con los datos que se poseen, se obtiene un valor de presión  $P_{imp} = 352.495,96$  Pa.

Una vez se conocen los valores de presión de aspiración e impulsión ( $P_1$  y  $P_2$ ) se recurre a la *ecuación A5.1*, simplificada

$$h = \frac{P_{imp} - P_{asp}}{\rho g}$$

Se obtiene el valor de la carga de la bomba

$$h = \frac{3,52 \cdot 10^5 - 1,01 \cdot 10^5}{999,1 \cdot 9,81} = 25,61 \text{ m}$$

El siguiente cálculo se realiza para determinar el  $NPSH_{disp}$  de la bomba. Se calcula mediante la ecuación A5.7. simplificada y con los datos de aspiración de la bomba.

$$NPSH_{disp} = \frac{1}{g} \left( \frac{P_1 - P_v}{\rho} + \frac{V_1^2}{2\alpha_1} - \Delta F_{asp} \right)$$

- $v_1 = 1,037 \text{ m/s}$
- $z_1 = z_3 = 0$
- $P_1 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
- $P_v = 1705,8 \text{ Pa.}$
- $\alpha_1 = 1$
- $\Delta F_{asp} =$  es el valor de la pérdida de carga en el lado de aspiración anterior = 0,506 J/kg.

Sustituyendo valores, nos da un valor de  $NPSH_{disp} = 10,2 \text{ m.}$

Para calcular la potencia se necesita el valor del caudal másico. El cálculo es el siguiente,

$$m = Q_L \cdot \rho = 0,015 \cdot 999,1 = 14,98 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Sin embargo, no se conoce el valor del rendimiento. Es ahí, cuando con el valor de la carga y el caudal acudimos a un fabricante de bombas para que nos suministre una bomba acorde a nuestras necesidades.

La bomba es de la empresa IDEAL y las características del modelo seleccionado son:

Tabla A.39. Características de la bomba del Tramo AO.

Modelo	Potencia (kW)	Diámetro	$\eta$ (%)	NPSH (m)
RNI 50 - 32H	7,5	315	56	2,45

Como se puede observar el valor de NPSH requerido por el fabricante es mucho menor que el disponible. Eso quiere decir que la bomba funcionará correctamente y no dará fallo por cavitación.

Con el valor del rendimiento de la bomba seleccionada, se calcula potencia real de la bomba con la *ecuación A5.6*.

$$P_r = \frac{25,61 \cdot 9,81 \cdot 14,98}{0,56} = 6.720,51 \text{ W} = 6,72 \text{ kW}$$

V. **TRAMO AUX:** Bombeo de agua desmineralizada del tanque de almacenamiento hasta los sistemas de UF y OI, para el lavado de éstos.

En este apartado, dado que se conoce la presión de impulsión de la bomba  $P_2 = 4 \cdot 10^5$  Pa, únicamente se determina la presión de aspiración  $P_1$ .

LADO DE ASPIRACIÓN - Tanque de agua desmineralizada hasta entrada bomba auxiliar.

- $v_1 = v_2$
- $z_1 = z_2 = 0$
- $P_1 = P_{atm} + \rho \cdot g \cdot h_{tanque} = 1,01325 \cdot 10^5 + 999,1 \cdot 9,81 \cdot 4,81 = 148.468,63$  Pa
- $P_2 =$  presión de aspiración de la bomba auxiliar F-R.

Las pérdidas de carga se calculan con el procedimiento de apartados anteriores.

Tabla A.40. Parámetros para el cálculo de las pérdidas de carga.

$D_{real}$ (m)	$v_{real}$ (m/s)	$\epsilon$ (Acero Inox)	$\epsilon/D$	Re	4f - f		$L_{tr}$ (m)
0,0849	1,4720	4,57E-05	5,4E-04	109.049,75	0,021	0,0051	20

Este tramo de aspiración es de acero inoxidable, por lo que la rugosidad es de  $4,57 \cdot 10^{-5}$  m.

Con este valor de rugosidad y el diámetro, obtenemos el número de Reynolds y la rugosidad relativa. Por último, mediante el gráfico de *Moody* se obtiene el factor de *Fanning*  $f = 0,0051$ .

Sustituyendo estos valores, calcula la pérdida de carga en el tramo recto con la ecuación A5.3.

$$\Delta F_r = 5,23 \frac{J}{kg}$$

Para el cálculo de la pérdida de carga en los accidentes, el valor de K se muestra como,

Tabla A.41. Accidentes en el lado de aspiración.

Accidente	Uds.	K
Válvula de mariposa	1	0,52
	$\Sigma K$	0,52

Con este valor de K, a partir de la ecuación A5.5. se calcula la pérdida de carga.

$$\Delta F_a = 0,56 \frac{J}{kg}$$

Con estos valores de pérdida de carga, se determina la pérdida de carga total con la ecuación A5.2.

$$\Delta F = 5,79 \frac{J}{kg}$$

Finalmente la  $P_1$ , se determina con la ecuación A5.8. simplificada.

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho} = -\Delta F$$

Despejando con los datos obtenidos en los cálculos anteriores y con los datos que se poseen, se obtiene un valor de presión de aspiración  $P_{asp} = 142.678,40$  Pa.

Una vez se conocen los valores de presión de aspiración e impulsión ( $P_1$  y  $P_2$ ) se recurre a la ecuación A5.1. simplificada

$$h = \frac{P_{imp} - P_{asp}}{\rho g}$$

Se obtiene el valor de la carga de la bomba

$$h = \frac{4 \cdot 10^5 - 1,43 \cdot 10^5}{999,1 \cdot 9,81} = 26,25 \text{ m}$$

El siguiente cálculo se realiza para determinar el  $NPSH_{disp}$  de la bomba. Se calcula mediante la ecuación A5.7. simplificada y con los datos de aspiración de la bomba.

$$NPSH_{disp} = \frac{1}{g} \left( \frac{P_1 - P_v}{\rho} + \frac{V_1^2}{2\alpha_1} - \Delta F_{asp} \right)$$

- $v_1 = 1,472$  m/s
- $z_1 = z_3 = 0$
- $P_1 = 1,48 \cdot 10^5$  Pa, presión de salida del tanque de agua desmineralizada.
- $P_v = 1705,8$  Pa.
- $\alpha_1 = 1$
- $\Delta F_{asp}$  = es el valor de la pérdida de carga en el lado de aspiración anterior = 5,79 J/kg.

Sustituyendo valores, nos da un valor de  $NPSH_{disp} = 14,5$  m.

Para calcular la potencia se necesita el valor del caudal másico. El cálculo es el siguiente,

$$m = Q_L \cdot \rho = 0,0083 \cdot 999,1 = 8,29 \frac{kg}{s}$$

Sin embargo, no se conoce el valor del rendimiento. Es ahí, cuando con el valor de la carga y el caudal acudimos a un fabricante de bombas para que nos suministre una bomba acorde a nuestras necesidades.

La bomba es de la empresa IDEAL y las características del modelo seleccionado son,

Tabla A.42. Características de la bomba del Tramo AUX.

Modelo	Potencia (kW)	Diámetro	$\eta$ (%)	NPSH (m)
RNI 50 - 32H	5,5	285	53	2,1

Como se puede observar el valor de NPSH requerido por el fabricante es mucho menor que el disponible. Eso quiere decir que la bomba funcionará correctamente y no dará fallo por cavitación.

Con el valor del rendimiento de la bomba seleccionada, se calcula potencia real de la bomba con la *ecuación A5.6*.

$$P_r = \frac{26,25 \cdot 9,81 \cdot 8,29}{0,53} = 4.027 \text{ W} = 4,03 \text{ kW}$$

A modo de resumen, se muestra la *tabla A.43*. con los parámetros más importantes de cada sistema de bombeo.

*Tabla A.42. Características de los sistemas de bombeo.*

Bomba	Modelo	P1 (Pa)	P2 (Pa)	NPSHdisp (m)	h <sub>b</sub> (m)	NPSHreq (m)	η (%)	w real (kW)
Tramo AO	RNI 80 -20	158.244,54	299.139,61	16,04	14,38	2,1	80	4
Tramo AF	RNI 80 - 26h	101.325	300.000	10,26	20,27	1,4	70,5	7,5
Tramo AP	RNI 40 - 32H	244.118,28	1.336.000,00	24,82	111,40	2,75	43	30
Tramo AO	RNI 50 - 32H	100.819,86	352.495,96	10,2	25,7	2,45	56	7,5
Tramo AUX	RNI 50 - 32H	142.678,40	400.000	14,5	26,25	2,1	53	5,5

## 5.2. Sistema de aireación

El sistema de aireación se encuentra compuesto por dos ventiladores (idénticos, una por cada línea) que se encargarán de suministrar aire cuando se realice la operación de contralavado de los módulos de UF.

El caudal de aire que ha de suministrar cada ventilador es de 76,5 Nm<sup>3</sup>/h. Este caudal está normalizado y ha de transformarse en estándar de acuerdo a la siguiente *ecuación A5.9*.

$$Q_{std} = Q_N \cdot Z \cdot \left( \frac{T_{20^{\circ}C}}{T_{0^{\circ}C}} \right) \cdot \left( \frac{P_{0^{\circ}C}}{P_{20^{\circ}C}} \right) \quad \text{Ecuación A5.9.}$$

Donde

- $Q_{std}$  el caudal de aire para condiciones estándar (Nm<sup>3</sup>/h).
- $Q_N$  el caudal de aire para condiciones normales (m<sup>3</sup>/h).
- $T_{20^{\circ}C}$  valor de la temperatura (K).
- $T_{0^{\circ}C}$  en (K) y  $P_{20^{\circ}C} = Patm$  para condiciones normales.
- $T_{20^{\circ}C}$  en (K) y  $P_{0^{\circ}C} = Patm$  para condiciones estándar.
- $Z$  es el factor de compresibilidad = 1

El caudal para condiciones estándar después de aplicar dicho cálculo es

$$Q_{std} = 76,5 \cdot 1 \cdot \left( \frac{293,15}{273,15} \right) \cdot \left( \frac{101.325}{101.325} \right) = 82,1 \frac{m^3}{h} = 0,023 \frac{m^3}{s}$$

Los cálculos para seleccionar el ventilador se describen a continuación.

En primer lugar, se calcula la sección de la tubería para después calcular la velocidad másica (G).

$$S = \frac{Q_{std}}{v} \quad \text{Ecuación A5.10.}$$

$$G = \frac{Q_{std} \cdot \rho}{S} \quad \text{Ecuación A5.11.}$$

Donde

- $\rho$  es la densidad del aire en condiciones estándar (kg/m<sup>3</sup>) = 1,204
- $v$  es la velocidad del aire (m/s).

Cuando se obtiene la velocidad másica, se aplica el Reynols con la *ecuación A.5.12.*

$$Re = \frac{G \cdot D}{\mu} \quad \text{Ecuación A5.12.}$$

Donde

- D es la densidad del aire en condiciones estándar (kg/m<sup>3</sup>) = 1,204
- $\mu$  es la viscosidad del aire en condiciones estándar (N·s/m<sup>2</sup>) = 1,81 · 10<sup>-5</sup>

Dado que las conducciones son de acero inoxidable para el caso del aire, la rugosidad es de 4,57 · 10<sup>-5</sup> m.

Una vez se determina el Reynols, con el valor de rugosidad y el diámetro, obtenemos la rugosidad relativa y mediante el gráfico de *Moody* se obtiene el factor de *Fanning*.

Por último, para determinar la presión de impulsión del ventilador, se aplica la *Ecuación de Weymouth (ecuación A5.13.)*, ya que puede emplearse en circulaciones menores a 35 m/s.

$$P_1^2 - P_2^2 = \frac{4fZRTL G^2}{MD} \quad \text{Ecuación A5.13.}$$

Donde

- P<sub>2</sub> es la presión calculada en el punto final (Pa) = Patm + P<sub>H</sub>(del módulo UF)
- P<sub>1</sub> es la presión calculada en el punto inicial (Pa).
- R es una constante (J/kmol) = 8.314
- M es el peso molecular del aire (g/mol) = 28,9
- L es la longitud de tramo recto (m).
- T es la temperatura en condiciones estándar (K) = 293,15

A continuación, se aplica la *ecuación A5.14.* del B.E.M. simplificado para un ventiladores y obtenemos la potencia.

$$w = Q_v \cdot \Delta P \quad \text{Ecuación A5.14.}$$

Donde

- Q<sub>v</sub> es el caudal normalizado de aire del ventilador en m<sup>3</sup>/s = 0,023
- $\Delta P$  es la diferencia de presión en N/m<sup>2</sup> ó Pa.

Por último, con los valores de presión y potencia, acudimos a un fabricante especializado para seleccionar el modelo más óptimo para el proceso.

Aplicando esta secuencia de ecuaciones y los datos conocidos, se obtienen los siguientes parámetros para seleccionar el ventilador.

Tabla A.44. Parámetros para seleccionar el ventilador.

$D_{i_{real}}$ (m)	$v_{real}$ (m/s)	$S_N$ (m <sup>2</sup> )	$G$ (kg/s·m <sup>2</sup> )	Re	$\epsilon$ (acero inox)	$\epsilon/D$	4f	L (m)
0,0364	21,92	1,04E-03	26,39	53.064,52	4,57E-05	1,26E-03	0,0245	15

Tabla A.44. Resultados obtenidos aplicando las Ec. de Weymouth y el B.E.M.

EC. WEYMOUTH ( $v < 35$ m/s)		
P1 (Pa)	P2 (Pa)	$\Delta P$ (Pa)
122.621,40	120.179,82	2.441,58

B.E.M. Ventilador	
w (W ó J/s)	w (kW)
55,68	0,06

Una vez conocidos estos parámetros, el modelo de ventilador seleccionado es el MU-INLINE 150 de MUNDOFAN con una potencia unitaria de 60 W.

## CAPÍTULO 6. INSTRUMENTACIÓN

La Especificación Técnica solicita implantar instrumentación básica en la línea de tratamiento de agua. Los instrumentos de medida con los que contará la nueva planta de tratamientos son los siguientes:

*Tabla A.45. Instrumentación de la nueva planta de tratamiento de aguas.*

Elemento	Uds.
Manómetro diferencial 266DSH	11
Rotámetro electromagnético 2051CFC	11
Transmisor de pH 1066	4
Conductivímetro ENDURANCE	3
Transmisor de temperatura TTH200	7
Analizador de sílice Navigator 600	1
Transmisor de nivel de los tanques LST300	2
Turbidímetro 4690 Series	3
Sensor REDOX 499 ACL-01	1

A continuación, se muestran las fichas de cada instrumental.

➤ Manómetro diferencial 266DSH

Ficha técnica DS/266 DSH-ES Rev. F

## Modelo 266DSH Diferencial

Soluciones técnicas para todas las aplicaciones

Measurement Made Easy



### Precisión básica

- de 0.06% del alcance calibrado (opcional 0.04%)

### Sistema de detección confiable asociado con la últimas tecnologías digitales

- proporciona gran relación de reducción de hasta 100:1

### Amplia selección de sensores

- optimiza el desempeño y la estabilidad totales en uso

### Estabilidad de 10 años

- 0.15% de UPL

### Características de configuración flexibles

- proporcionadas localmente a través de teclado LCD local

### Nueva tecnología de teclado TTG (a través del vidrio)

- permite la configuración local rápida y fácil sin abrir la cubierta, incluso en ambientes a prueba de explosión

### Certificación IEC 61508

- versión para aplicaciones SIL2 (1oo1) y SIL3 (1oo2)

### Conformidad PED

- Categoría III para PS > 21 MPa, 210 bar
- Buenas prácticas de Ingeniería (SEP) para PS ≤ 21 MPa, 210 bar

### Versión WirelessHART

- la solución alimentada por batería de conformidad con IEC 62591

### Vida de la batería la mejor en su clase

- hasta 10 años a tiempo de actualización de 32 s
- reemplazable en el campo

# SEITA

Soluciones en Instrumentación,  
Automatización y Control Industrial

[www.seita.com.co](http://www.seita.com.co)

Power and productivity  
for a better world™

# ABB

➤ Rotámetro electromagnético 2051CFC

**Hoja de datos del producto**

00813-0109-4485, Rev. CA  
Diciembre 2011

**Caudal de presión diferencial Rosemount**

**Serie de caudalímetros Rosemount 2051CF**



Los caudalímetros Rosemount 2051CF combinan el transmisor de presión 2051C con la última tecnología de elementos primarios: Tubería Pitot de promedios Annubar, Placa de orificios acondicionadora compacta, y Placa de orificios integral.

**Información adicional**

- Especificaciones: página 88
- Certificaciones del producto: página 93
- Planos dimensionales: página 153
- Instalación y orientación del caudalímetro: página 177



**Caudalímetro Annubar modelo 2051CFA de Rosemount**

Tabla 21. Información para hacer un pedido del caudalímetro Annubar Rosemount modelo 2051CFA

★ El paquete estándar incluye las opciones más comunes. Las opciones con estrella (★) deben seleccionarse para la más rápida entrega. La oferta ampliada está sujeta a un tiempo de entrega superior.

Modelo	Descripción del producto	
2051CFA	Caudalímetro Annubar	
<b>Tipo de medición</b>		
<b>Estándar</b>		<b>Estándar</b>
D	Presión diferencial	★
<b>Tipo de fluido</b>		
<b>Estándar</b>		<b>Estándar</b>
L	Líquido	★
G	Gas	★
S	Vapor	★
<b>Tamaño de la tubería</b>		
<b>Estándar</b>		<b>Estándar</b>
020	50 mm (2 pulg)	★
025	63,5 mm (2 1/2 pulg)	★
030	80 mm (3 pulg)	★
035	89 mm (3 1/2 pulg)	★
040	100 mm (4 pulg)	★
050	125 mm (5 pulg)	★
060	150 mm (6 pulg)	★
070	175 mm (7 pulg)	★
080	200 mm (8 pulg)	★
100	250 mm (10 pulg)	★
120	300 mm (12 pulg)	★
<b>Rango del D.J. de la tubería (Ver Código del rango del diámetro interno de la tubería en la página 176)</b>		
<b>Estándar</b>		<b>Estándar</b>
C	Rango C de la tabla del diámetro interno de la tubería	★
D	Rango D de la tabla del diámetro interno de la tubería	★
<b>Ampliado</b>		
A	Rango A de la tabla del diámetro interno de la tubería	
B	Rango B de la tabla del diámetro interno de la tubería	
E	Rango E de la tabla del diámetro interno de la tubería	

## Caudal de presión diferencial Rosemount

### Especificaciones del 2051CF

#### ESPECIFICACIONES DEL FUNCIONAMIENTO DEL 2051CF

La propuesta de funcionamiento incluye: D.I. de la tubería medida, el transmisor es ajustado para una óptima precisión de caudal, y el funcionamiento depende de los parámetros de la aplicación.

Tabla 2.4. Funcionamiento del caudal - Precisión de referencia del caudal<sup>(1)</sup>

Caudalímetro 2051CFA Annubar		
Rangos 2-3		±2,30 % del caudal en un rango de tumdown de flujo de 5:1
Caudalímetro de orificio compacto 2051CFC - Opción de acondicionamiento C		
Rangos 2-3	$\beta \leq 0,4$	±2,25 % del caudal en un rango de tumdown de flujo de 5:1
	$\beta \leq 0,65$	±2,45 % del caudal en un rango de tumdown de flujo de 5:1
Caudalímetro de orificio compacto 2051CFC - Orificio opción P <sup>(2)</sup>		
Rangos 2-3	$\beta \leq 0,4$	±2,50 % del caudal en un rango de tumdown de flujo de 5:1
	$\beta \leq 0,65$	±2,50 % del caudal en un rango de tumdown de flujo de 5:1
Caudalímetro de orificio integral 2051CFP		
Rangos 2-3	$\beta < 0,1$	±3,10 % del caudal en un rango de tumdown de flujo de 5:1
	$0,1 < \beta < 0,2$	±2,75 % del caudal en un rango de tumdown de flujo de 5:1
	$0,2 < \beta < 0,6$	±2,25 % del caudal en un rango de tumdown de flujo de 5:1
	$0,6 < \beta < 0,8$	±3,00 % del caudal en un rango de tumdown de flujo de 5:1

(1) Los caudalímetros de rango 1 podrían experimentar una incertidumbre adicional de hasta un 0,9 %. Consultar con su representante de Emerson Process Management para las especificaciones exactas.

(2) Para tamaños de tubería más pequeños, ver los orificios compactos de Rosemount (Rosemount Compact Orifices).

#### ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO DEL 2051CF

##### Límites de rango y sensor

Rango	Span mínimo del 2051CF	Límites de rango y sensor
1	1,2 mbar (0,5 puig H <sub>2</sub> O)	0 a 62,3 mbar (0 a 25 puig H <sub>2</sub> O)
2	6,2 mbar (2,5 puig H <sub>2</sub> O)	0 a 0,62 bar (0 a 250 puig H <sub>2</sub> O)
3	24,9 mbar (10 puig H <sub>2</sub> O)	0 a 2,49 bar (0 a 1000 puig H <sub>2</sub> O)

##### Servicio

Aplicaciones de líquido, gas y vapor

##### Protocolos

##### 4-20 mA HART (salida código A)

###### Salida

La señal de 4-20 mA de dos conductores puede ser seleccionada por el usuario para salida lineal o de raíz cuadrada. Variable digital del proceso superpuesta a la señal de 4-20 mA, disponible para cualquier receptor que cumpla con el protocolo HART.

##### Fuente de alimentación

Se requiere una fuente de alimentación externa. Cuando no está bajo carga, el transmisor estándar funciona con una tensión entre 10,5 y 42,4 Vcc.

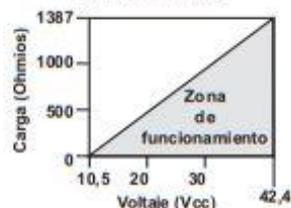
##### Tiempo de activación

Funcionamiento dentro de las especificaciones por debajo de 2,0 segundos después de aplicar alimentación al transmisor.

##### Limitaciones de carga

La resistencia máxima del circuito se determina con el nivel de voltaje de la fuente de alimentación externa, como se describe en:

Resistencia máxima del circuito =  $43,5 \cdot (\text{Voltaje de fuente de alimentación} - 10,5)$



El comunicador de campo requiere una resistencia mínima de lazo de 250Ω para la comunicación.

## ➤ Transmisor de pH 1066

Hoja de instrucciones  
LIQ\_MAN\_ABR\_1066-PA-HT-FF-FI

1066  
Julio de 2013

## Transmisor analítico 1066 para líquidos

### INSTRUCCIONES ESENCIALES ¡Lea esta página antes de proceder!

Emerson diseña, fabrica y prueba sus productos de Rosemount Analytical de modo que cumplan con muchas normas nacionales e internacionales. Debido a que estos instrumentos son productos técnicos sofisticados, usted debe instalarlos, utilizarlos y darles mantenimiento adecuadamente para garantizar que continúen funcionando dentro de sus especificaciones normales. Se deben seguir las instrucciones que se indican a continuación y se les debe integrar en su programa de seguridad al instalar, utilizar y dar mantenimiento a productos de Rosemount Analytical. Si no se siguen las instrucciones adecuadas puede ocurrir una de las siguientes situaciones: pérdida de la vida, lesiones personales, daños materiales, daños a este instrumento y anulación de la garantía.

- Lea las instrucciones antes de instalar, operar y dar mantenimiento al instrumento. Si este no es el manual de instrucciones adecuado, llame al 1-800-854-8257 y solicite que le envíen el manual correcto. Guarde este manual de instrucciones para consulta futura.
- Si usted no comprende alguna de las instrucciones, contacte con su representante de Emerson para que le expliquen.
- Siga todas las advertencias, precauciones e instrucciones marcadas en el instrumento y suministradas con éste.
- Informe y capacite a su personal en la instalación, operación y mantenimiento adecuados del instrumento.
- Instale su equipo de acuerdo con las instrucciones de instalación indicadas en el manual de instrucciones y de acuerdo con los códigos locales y nacionales correspondientes. Conecte todos los instrumentos a las fuentes de alimentación eléctrica y de presión adecuadas.
- Para garantizar un funcionamiento adecuado, solo personal cualificado debe instalar, operar, actualizar, programar y dar mantenimiento al producto.
- Cuando se requieran piezas de reemplazo, asegúrese de que el personal cualificado utilice las piezas de reemplazo especificadas por Rosemount. Las piezas y los procedimientos no autorizados pueden afectar el funcionamiento del equipo y ponen en riesgo el funcionamiento seguro de su proceso. Las piezas de reemplazo similares pueden ocasionar incendios, riesgos eléctricos o un funcionamiento no adecuado.
- Para evitar descargas eléctricas y lesiones personales, asegúrese de que todas las puertas del equipo estén cerradas y de que todas las cubiertas protectoras estén en su lugar, excepto cuando el personal cualificado esté realizando mantenimiento a los instrumentos.



#### ⚠ ADVERTENCIA: RIESGO DE EXPLOSIÓN

NO ABRA MIENTRAS EL CIRCUITO ESTÁ ENERGIZADO, LIMPIE SOLO CON UN PAÑO HÚMEDO.

#### AVISO

Si se utiliza un comunicador de campo modelo 475 Universal HART® con estos transmisores, es posible que el software del modelo 475 requiera modificación. Si se requiere una modificación del software, por favor contacte a su Grupo de Servicio local de Emerson Process Management o al Centro Nacional de Respuesta al 1-800-654-7768.

**ROSEMOUNT**  
Analytical

**EMERSON**  
Process Management

➤ Conductivímetro ENDURANCE

June 2017

Rosemount 404 Contacting Conductivity Sensors

## Ordering Information



The Rosemount 404 Contacting Conductivity sensor features an integrated flow cell design. The flow through sensor design has a small holdup volume allowing for rapid response to sudden changes in process conductivity and temperature. The sensor must be used in a sidestream sample. Rosemount 404 sensors are available with either a PVC or stainless steel body. The stainless steel version can be disassembled for cleaning, whereas the PVC version cannot be taken apart.

**Additional Information**

Specifications: see "Specifications" on page 4

Dimensional drawings: see "Dimensional Drawings" on page 5

Accessories: see "Accessories" on page 6

Engineering Specifications: see "Engineering Specifications" on page 7

**Table 1. Rosemount 404 Contacting Conductivity Sensor ordering information**

Model	Sensor type
404	Contacting Conductivity Sensor
<b>Cell constant</b>	
11	0.01/cm
12	0.1/cm
<b>Flow cell type</b>	
16	PVC
17	Stainless Steel
<b>Temperature Compensation</b>	
--	Pt-1000 <sup>(1)</sup>
54	Pt-100
<b>Options</b>	
--	No selection
50	Extended Integral Cable Length (50 ft; 15 m)
<b>Typical Model Number: 404-12-17_-50</b>	

1. Recommended for use with Rosemount transmitters 1056, 56, 1057, 1066, and 5081.

➤ Transmisor de temperatura TTH200

Especificación Técnica  
DS/TTH200-ES

**Transmisor Temperatura  
Montaje en Cabeza  
TTH200**

HART,  
Pt100 (RTD), termoelementos,  
separación galvánica

- **Entrada**
  - Termómetro de resistencia
  - Termoelementos
  - Teletransmisor por resistencia
  - Tensiones, tensiones mV
- **Salida**
  - técnica de dos conductores
  - 4 ... 20 mA, proporcional a la temperatura
  - Señal HART
- **Precisión**
  - 0,1 K
- **Compensación de errores de sensor**
- **Control continuo de sensores y autocontrol**
  - Control de la tensión de alimentación
  - Control de roturas de cable / de corrosión (NE 89)
- **Software del equipo (según NE 53)**
- **Homologaciones Ex**
  - ATEX
  - Ex ia (Zona 0), Ex nA
  - IECEx
  - Ex ia (Zona 0)
  - FM / CSA
- **Configuración**
  - FDT / DTM
  - SMART VISION DSV401
  - EDD



**HART**  
COMMUNICATION PROTOCOL

**ABB**

➤ Analizador de sílice Navigator 600

Ficha técnica DS/NAV6S-ES Rev. H

## Navigator 600 sílice Analizador de sílice

Control del sílice automático y económico para una gran variedad de aplicaciones



### Menor coste de propiedad

- consumo de reactivo hasta un 90 % inferior al de otros analizadores de la competencia
- mantenimiento que sólo requiere 5 minutos anuales; hasta 6 meses de funcionamiento sin supervisión, lo que reduce la mano de obra necesaria
- actualizable en el lugar de trabajo de 1 a 2, 4 o 6 muestras

### Fácil de usar

- sistema de menús compatible con Windows™
- ayuda contextual incorporada

### Plenas comunicaciones

- configuración, visualización remota y acceso fácil a archivos de datos a través de Internet y servidores ftp
- Profibus DP V1.0 (opcional)

### Rápido, preciso y fiable

- control de la temperatura de reacción y sección de medida para una respuesta óptima
- limpieza, calibración y calibración cero automáticas que garantizan mediciones más precisas
- un exhaustivo diagnóstico del mantenimiento, la medida y el sistema electrónico, que garantiza una gran disponibilidad
- calibración cero automática que compensa el color de la muestra, la turbidez y el sílice de fondo en los reactivos

Power and productivity  
for a better world™ **ABB**

➤ Transmisor de nivel de los tanques LST300

Operation instructions OI/LST300-EN Rev. B

## LST300 Compact ultrasonic level transmitter

The most powerful ultrasonic level transmitter in a compact form

Measurement made easy



### Introduction

Liquid level measurement has never been easier.

LST300 is the most advanced compact level instrument available. With class leading accuracy and specification typically only found in expensive remote sensor units, LST300 changes the way the world looks at compact ultrasonic transmitters.

LST300 features high temperature range, corrosion resistant design, metal housing, intrinsic safety, advanced diagnostics, false echo filtering and even real time on-screen graphic echo view. The LST300 can be installed in areas where compact instruments were never an option.

LST300 solves many liquid level challenges in liquid storage tanks and liquid processes in a wide range of industries, including:

- Water and wastewater
- Chemical and petrochemical
- Power
- Paper and pulp
- Mining and metals
- Food and beverage

Power and productivity  
for a better world™



➤ Turbidímetro 4690 Series



ABB MEASUREMENT & ANALYTICS | INSTRUCCIONES DE FUNCIONAMIENTO

## Serie 4690

### Sistemas de turbidez



Medición de turbidez precisa y fiable

Measurement made easy

—  
Analizador 4690 / 4695 y  
sensor de turbidez 7998

#### Introducción

El sistema de turbidez de ABB está compuesto por un analizador 4690 / 4695 y un sensor de turbidez 7998.

El analizador proporciona al operador una interfaz y la comunicación con otros dispositivos.

El analizador convierte la señal procedente del sensor de turbidez y muestra esta información en una amplia pantalla de cristal líquido (LCD), de fácil lectura y diseño personalizado.

El analizador puede programarse para que funcione con cualquiera de los sensores 7998. También puede configurarse el intervalo de funcionamiento en función de los requisitos del usuario.

El analizador está disponible en versiones para montaje en pared/sobre tubería o para montaje en panel de 1/4 DIN, con un grado de protección IP66 que garantiza un funcionamiento seguro en las situaciones más exigentes. Se mantiene el mismo nivel de protección durante la programación y calibración.

#### Para obtener más información

Hay otras publicaciones de sistemas de turbidez 4690 disponibles para su descarga gratuita en: <http://new.abb.com/products/measurement-products>

➤ Sensor REDOX 499 ACL-01

July 2017

**Rosemount 499ACL-01 Free Chlorine Sensor**

**Ordering Information**



Rosemount 499ACL-01 free chlorine sensors are available with either a 25 ft integral cable or a Variopol (VP6) interconnecting cable (sold separately). These sensors are generally mounted in a flow cell installed in a sidestream sample. Three replacement membrane assemblies, three O-rings, and a 4 oz (125 mL) bottle of electrolyte solution are provided with each sensor.

**Table 1. Rosemount 499ACL-01 Free Chlorine Sensor ordering information**

Model	Sensor type
499ACL	Chlorine Sensor
Sensor Type	
01	Free Chlorine
Transmitter compatibility	
54	For use with Rosemount 1056, 56, 1066, and 5081 transmitters

**Options**

Cable options	
-	No selection - standard 25 ft cable
60	Optimum EMI/RFI protected 25 ft cable
VP	Variopol (VP6) cable connection
Typical model number: 499A CL-01-54-VP	

## CAPÍTULO 7. ESTUDIOS CON ENTIDAD PROPIA

Dado que la empresa que solicita el diseño del presente proyecto, IBERDROLA S.A., es de origen español, el apartado de *Estudios con entidad propia* se realizará siguiendo las normativas vigentes en España.

Una vez el proyecto esté aprobado por la junta de accionistas, se buscarán alternativas aplicadas para dicho proyecto según dicte la normativa vigente actual de la República Federativa de Brasil.

### 7.1. Estudio ambiental

A la hora de diseñar y construir una nueva instalación, uno de los aspectos más importantes es el impacto ambiental que puede causar la nueva planta. Para ello se deben seguir las normas de gestión ambiental establecidas, como la norma ISO 14001, con la que se pretende llevar a cabo el menor impacto ambiental posible.

El estudio específico de impacto ambiental será responsabilidad de la empresa que contrate la construcción de la planta en consonancia con lo establecido en el *Pliego de Condiciones*.

Sin embargo, en los siguientes párrafos se indican las principales emisiones contaminantes de la instalación.

- Emisiones atmosféricas

Se pueden generar emisiones atmosféricas en el momento en el que se produzca cualquier clase de fuga en la central donde se encuentra ubicada la planta. Aunque, en el caso particular de el proyecto no se considera ninguna emisión especialmente peligrosa.

- Generación de residuos y emisiones acuosas

En la planta se generan residuos durante el proceso de tratamiento de aguas y el período de limpieza de equipos. Tanto en el proceso de tratamiento como durante la limpieza de equipos los residuos son rechazos de las etapas de filtración o soluciones acuosas con pequeñas dosis químicas y una alta concentración de sales disueltas.

- Generación de ruido

La planta genera ruido debido al funcionamiento de los equipos, principalmente los sistemas de impulsión de aire y el sistema de ósmosis inversa.

Para combatir las emisiones contaminantes de la planta se debe:

- A. Gestionar los rechazos en una planta de tratamiento de efluentes adecuada, en el caso del presente proyecto, se enviarán a la balsa de efluentes que se encuentra dentro del recinto de la central de ciclo combinado.
- B. Trasladar posibles los residuos químicos generados en bidones específicos y correctamente etiquetados para ser tratados en otras partes de la planta o retirados por una empresa especializada.
- C. Utilizar los aislantes adecuados, así como los EPI necesarios con tal de reducir los niveles de ruido a niveles permitidos por la legislación.

Toda industria debe cumplir una serie de mínimos requisitos de seguridad, que quedan recogidos en el Real Decreto 486/1997 del 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. Además, 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.

- Señalización

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

- A. Se instalarán a una altura y posición apropiada en relación al ángulo visual teniendo en cuenta los posibles obstáculos.

- B. El lugar de emplazamiento de la señal deberá estar bien iluminado, ser accesible y fácilmente visible.
- C. 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.

## 7.2. Ley de Prevención de Riesgos Laborales

La importancia de la Seguridad y Salud laboral en los últimos años ha aumentado de forma considerable en todos los ámbitos, a nivel legislativo, de formación, de publicaciones, etc.

Se ha pasado de considerar los temas de seguridad como algo marginal, algo de lo que deben ocuparse solo unas pocas personas, a toda una filosofía en la que la seguridad es cosa de todos y de cada uno de los trabajadores, de las actividades y algo sobre lo que se debe actuar a priori, es decir, actuaciones basadas en una política preventiva.

Por otra parte, el concepto de Salud Laboral se ha ampliado, desde el concepto inicial de salud física u orgánica, hasta considerar la salud psíquica y la salud social o el bienestar en la vida relacional del individuo.

El cambio de filosofía en España se inició con la publicación de la Ley 31/1995, del 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, donde se establecen una serie de obligaciones en materia de seguridad y salud laboral para un gran número de actividades.

Así, se definen varios conceptos básicos:

- ❖ Accidente de trabajo: Se define como las agresiones sufridas con ocasión o a consecuencia del trabajo, que, actuando una sola vez, producen lesiones perfectamente identificables, de carácter leve, grave o mortal. Pueden ser *in itinere* o *in mision*.
- ❖ Enfermedades Profesionales: Se entiende por enfermedad profesional a aquella enfermedad contraída como consecuencia del trabajo efectuado por cuenta ajena en las actividades que se especifican en el cuadro que se aprueba por las disposiciones de aplicación y desarrollo de la Ley General de la Seguridad Social, y que haya sido provocada por las acciones de los elementos o sustancias que en el mencionado cuadro se indican para cada enfermedad.
- ❖ Seguridad en el trabajo: Se define como el conjunto de técnicas y procedimientos que tienen por objeto eliminar o disminuir el riesgo de que se produzcan los accidentes de trabajo. Su aplicación es multidisciplinar.
- ❖ Higiene en el trabajo: Se define como el conjunto de técnicas y procedimientos para prevenir las enfermedades profesionales.

La ley tiene el objetivo de determinar el cuerpo básico de garantías y responsabilidades para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

A continuación, se resumen algunos aspectos del contenido de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales:

– *Principios básicos*

- I. Principio de prevención.
- II. Principio de atenuación del riesgo inevitable.
- III. Principio de evaluación, adaptación y adecuación.
- IV. Principio de seguridad integrada.
- V. Principio de preeminencia de la protección colectiva.
- VI. Principio de primacía de la prevención.

– *Evaluación de riesgos*

El empresario efectuará una evaluación inicial de los riesgos con la finalidad de planificar la acción preventiva de la empresa. Esta evaluación de riesgos es obligatoria, y se recoge como un pilar básico de la estructura de prevención.

– *Formación*

El empresario debe garantizar que el trabajador reciba una formación teórica y práctica adecuada en materia de prevención. El coste correrá siempre a cargo de la empresa, y la formación se realizará preferentemente en horario laboral.

– *Vigilancia de la salud*

El empresario debe garantizar la vigilancia periódica del estado de salud de los trabajadores, aunque esta vigilancia solo se efectuará cuando el trabajador preste su consentimiento, con las excepciones contempladas en la ley.

– *Protección de determinados colectivos*

Se contemplan una serie de obligaciones empresariales tendentes a proteger a determinados colectivos de trabajadores.

- A. Trabajadores especialmente sensibles a determinados riesgos.
- B. Mujeres en situación de maternidad.
- C. Menores de 18 años.
- D. Trabajadores temporales y en Empresas de Trabajo Temporal (ETT).

– *Coordinación de actividades empresariales*

Cuando en un mismo centro de trabajo se desarrollen actividades de dos o más empresas, éstas deben cooperar en la aplicación de la normativa de Prevención de Riesgos Laborales.

– *Obligación de los fabricantes y suministradores*

Los fabricantes o suministradores de EPI (Equipos de Protección Individual) están obligados a suministrar la información que especifique la forma correcta de utilización.

– *Derechos del trabajador*

Un derecho genérico de todo trabajador es el de tener una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo.

– *Obligaciones del trabajador*

Corresponde a cada trabajador velar, en virtud de sus posibilidades, por su propia seguridad y salud en el trabajo y para la de aquellas otras personas a las que pueda afectar su actividad profesional.

Por ello es obligado el uso de los elementos de protección personal que la empresa le entregue al trabajador a tal fin.

– *Representación de los trabajadores en prevención de riesgos laborales*

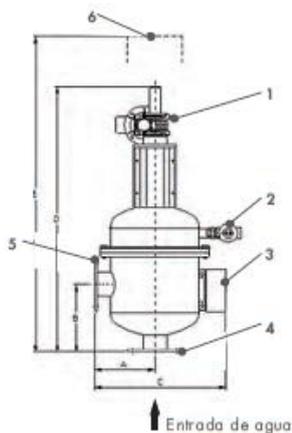
Los Delegados de Prevención son los representantes de los trabajadores con funciones específicas en materia de prevención de riesgos laborales. El número de Delegados de Prevención en una empresa depende del número de trabajadores de la misma.

El Comité de Seguridad y Salud debe formarse en todas las empresas que cuenten con 50 o más trabajadores, y en él están representados de forma paritaria la empresa y los trabajadores. Además, está destinado a la consulta regular y periódica de las actuaciones de la empresa en materia de prevención de riesgos.

## CAPÍTULO 8. CATÁLOGOS

### 8.1. Filtro de malla

#### Filtro de malla autolimpiante eléctrico FMA 1000 E



- Motor eléctrico 1
- Válvula desagüe 2
- Cuadro programador 3
- Conexión de entrada 4
- Conexión de salida 5
- Zona de mantenimiento 6

Modelo	Dimensiones (mm)					Superficie filtrante (cm <sup>2</sup> )		Consumo de agua por limpieza (l)		Peso (kg.)	
	A	B	C	D	E	PVC	INOX	PVC	INOX	PVC	INOX
FMA-1002-F	220	220	480	900	1150	910	1000	8	8	40	42
FMA-1003-E	220	250	480	980	1230	1600	1760	12,5	12,5	45	52
FMA-1004-E	260	320	590	1100	1340	2400	2650	15,5	15,5	60	67
FMA-1006-E	260	470	590	1375	1615	4800	5300	53	53	86	88

Modelo PVC	Caudales (m <sup>3</sup> /h)			
	Caudal máx.	Calidad Alta	Calidad Media	Calidad Baja
FMA-1002-E	50	30	20	10
FMA-1003-E	90	55	35	20
FMA-1004-E	150	75	55	30
FMA-1006-E	280	100	75	50

Modelo INOX	Caudales (m <sup>3</sup> /h)			
	Caudal máx.	Calidad Alta	Calidad Media	Calidad Baja
FMA-1002-E	70	35	25	10
FMA-1003-E	140	60	40	20
FMA-1004-E	200	80	60	30
FMA-1006-E	350	120	100	60

Nota: Valores para mallas de 125 micras. Otros grados de filtración consultar.





ESPECIFICACIONES TÉCNICAS – FMA 1000 E

MODELO	1002 E	1003 E	1004 E	1006 E
<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>				
Diámetro Entrada/Salida <sup>(1)</sup>	DN-50 (2")	DN-80 (3")	DN-100 (4")	DN-150 (6")
Presión de trabajo máx./min.	2 bar / 10 bar (Otras consultar)			
Temperatura máx. del fluido	50 °C (Hasta 95 °C bajo pedido)			
<b>SOPORTE MALLA PVC</b>				
Caudal Máximo (m³/h)	50	90	150	280
Superficie filtrante bruta (cm²)	910	1.600	2.400	4.800
Superficie filtrante neta (cm²)	460	1.000	1.600	3.200
Peso en vacío (kg)	40	45	60	86
Tamaños de filtración	1.000, 500, 300, 200, 125, 100 micras			
<b>SOPORTE MALLA ACERO INOXIDABLE</b>				
Caudal Máximo (m³/h)	70	140	200	350
Superficie filtrante bruta (cm²)	1.000	1.760	2.650	5.300
Superficie filtrante neta (cm²)	711	1.400	2.200	4.390
Peso en vacío (kg)	42	52	67	88
Tamaños de filtración	De 1.000 a 100 mic.	1.000, 500, 300, 200, 125, 100, 80, 50, 25 micras		
<b>CONTRALAVADO</b>				
Válvula de contralavado	Rosca G-1"			
Duración del ciclo de lavado	13 segundos	16 segundos	18 segundos	20 segundos
Caudal de lavado (m³/h)	2,4	3,7	3,7	9
Consumo de agua por lavado (litros)	9	16,4	18,5	50
<b>DATOS ELÉCTRICOS</b>				
Tensión de alimentación	220 V AC 50 Hz Monofásico (Opcional 400 V AC Trifásico)			
Tensión de control	24 V DC			
Potencia del motor eléctrico	0,18 kW			
Consumo del motor eléctrico	0,72 A			
<b>MATERIALES ESTÁNDAR</b>				
Cuerpo del filtro y tapas	Acero al carbono S-235-JR			
Tratamiento de acabado	Recubrimiento con pintura en polvo epoxy-poliéster polimerizada en horno.			
Escáner aspiración	Acero inoxidable AISI-304			
Mallas filtrante	Acero inoxidable AISI-316			
Boquilla de succión	PVC con anillo en acero inoxidable AIS 316 y cerdas de nylon			
Válvulas de limpieza	Polipropileno			
Disco separador	Aluminio			
Tornillería	Acero inoxidable A2			
Juntas	NBR – EPDM - Viton			
<b>MATERIALES ESPECIALES (OPCIONALES)</b>				
Cuerpo del filtro y tapas	Acero al carbono A-516 / Acero inox. AISI 304 / AISI 316 / SuperDuplex			
Tratamiento de acabado	Recubrimiento interior apto para agua de mar y exterior para ambiente marino.			
Escáner aspiración	Acero inoxidable Duplex o Superduplex			
Mallas filtrante	Acero inoxidable Avesta 254 SMO			
Boquilla de succión	Completa en acero inoxidable Duplex o Superduplex y cerdas de nylon			
Válvulas de limpieza	De accionamiento hidráulico, eléctrico o neumático "Consultar opciones de materiales"			
Disco separador	Acero inoxidable A2 o A4			
Tornillería	Acero inoxidable A4			
Juntas	Consultar			

## 8.2. Módulos de ultrafiltración (UF)

### product specifications

Model	ZeeWeed 1500-600
Nominal membrane surface area	55.7 m <sup>2</sup> (600 ft <sup>2</sup> )
Max shipping weight <sup>1</sup>	32 kg (70 lb)
Lifting weight <sup>2</sup>	30 - 36 kg (65 - 80 lb)
Membrane material	PVDF
Nominal pore size	0.02 micron
Nominal fiber diameter	OD: 1.1 mm, ID: 0.66 mm
Flow path	Outside-In
Housing material	PVC housing with Noryl caps

<sup>1</sup> Packaged

<sup>2</sup> Varies with solids accumulation

Module Dimensions & Connections	
Height	1919 mm (75.6 in)
Diameter	180 mm (7")
Feed & Permeate	2" (DN50) Victaulic
Reject	1 1/2" (DN40) Victaulic <sup>3</sup>

<sup>3</sup> Module available with compression permeate and/or threaded reject connection(s)

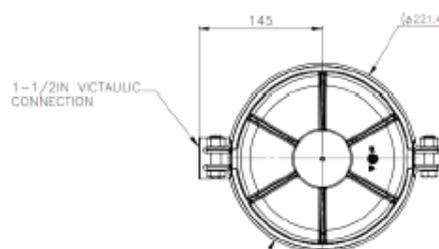
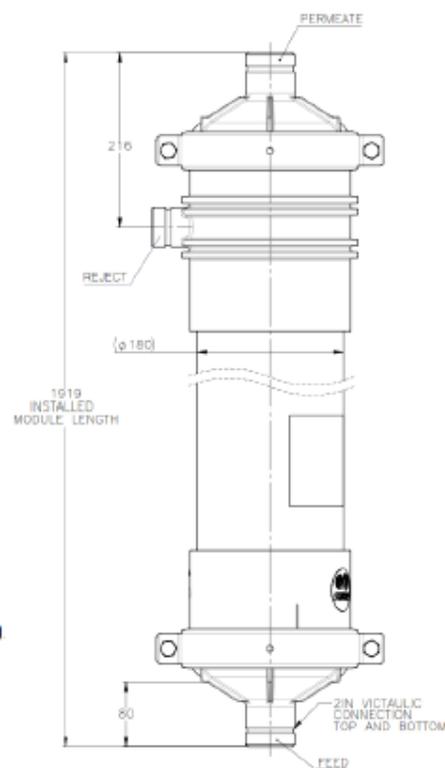
### operating parameters

<b>Performance</b>	
Flow range	45 - 180 m <sup>3</sup> /day (8 - 33 gpm)
<b>Operating conditions</b>	
Max shell inlet pressure	379 kPa (55 psil)
TMP range	0 - 276 kPa (0 - 40 psil)
Max temperature	40°C (104°F)
Operating pH	5.0 - 10.0
Air scour flow	5.1 m <sup>3</sup> /h (3 dcfm)
Backwash flow	1.8 m <sup>3</sup> /hr (8 gpm)
<b>Cleaning</b>	
Cleaning pH range	2.0 - 12.0
Max chlorine concentration	1,000 mg/L (as NaOCl) <sup>4</sup>

<sup>4</sup> NOTE: Higher concentrations are possible depending on feedwater and pH.

### contact us

If you would like more information about SUEZ's Ultrafiltration products, please contact your SUEZ account representative or visit our website [www.suezwatertechnologies.com](http://www.suezwatertechnologies.com).

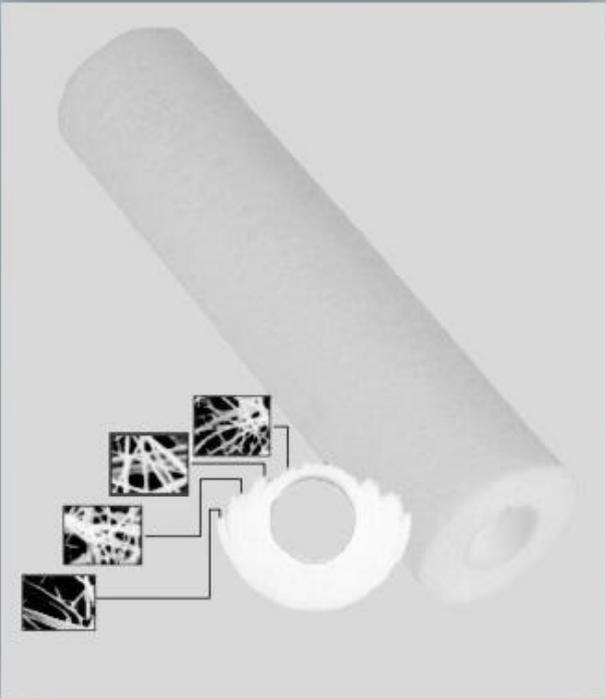


All dimensions in mm

### 8.3. Filtros de cartucho de 5 µm y carcasa

# NEW TwinPure

## 4 Capas



Nuevo filtro de profundidad en 4 capas de filtración. El TWINPURE está fabricado con cuatro diámetros de poro diferentes según las correspondientes patentes MULTI-CAPAS.

El elemento filtrante dispone de 4 Capas que se estructuran en fibras de Polipropileno, de profundidad y gran volumen vacío. Funciona con micrajes de poros finos en sus capas internas y con micrajes de más grosor en sus capas externas.

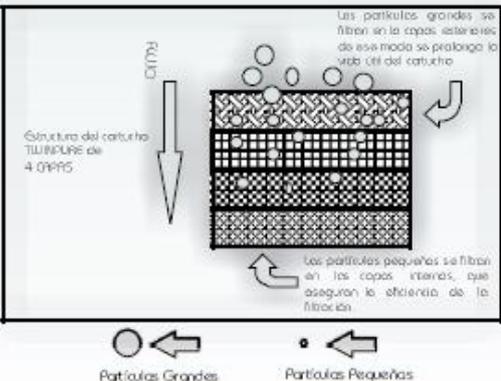
Se componen de 4 diámetros de poro diferentes en cada una de sus Capas para garantizar un filtrado SELECTIVO. El elemento obtiene una vida de servicio más duradera y una optimización de la filtración en cada una de sus capas de filtrado.

**Beneficios de la MULTI-CAPA**

- Retención de alto nivel contaminante SELECTIVO.
- Durabilidad elevada en servicio
- Gran volumen vacío en la estructura del medio filtrante.
- Cuatro micrajes diferentes en el mismo elemento filtrante

**Características**

- 100 % Polipropileno
- Ofrece una compatibilidad con una gran gama de fluidos en diferentes procesos
- Libre de pegamento y adhesivos
- Fabricado según normas NSF40 / FDA, CFR
- Libre de migración del medio filtrante
- Microfusión de las fibras de Polipropileno
- Termosellado por calor de la estructura filtrante
- Gran densidad en las fibras dan un soporte muy rígido sin tubo interno
- Resistentes a presión diferencial de 3.2 Kg/cm<sup>2</sup>
- Libre de sustancias epoxy en la fabricación
- Terminaciones del cartucho termosoldadas
- Filtración con resultados fiables y reproducibles



Las partículas grandes se filtran en la capa exterior de ese modo se prolonga la vida útil del cartucho

Las partículas pequeñas se filtran en las capas internas, que aseguran la eficiencia de la filtración

Flujo

Partículas Grandes

Partículas Pequeñas

## TwinPure Inox Carcasas



Inoxidable 304 o 316 – Cierre clamp

- Presión máxima 5 Bar.
- Temperatura máxima 150°C
- Superficie pulida mecánicamente
- 1-18 cartuchos de 10 a 50 pulgadas
- Venteo BSP 1/4"



## 8.4. Sistema de ósmosis inversa (OI)

### DOW™ FILMTEC™ Membranes

DOW FILMTEC BW30-440i High Surface Area, High Rejection Brackish Water RO Element with *i*LEC™ Interlocking Endcaps

#### Features

The DOW™ FILMTEC™ BW30-440i element is a high-productivity element combining the highest active membrane area in the industry with the high rejection BW30 membrane. It is designed to minimize capital expenses in high-purity industrial water applications without increasing operating flux.

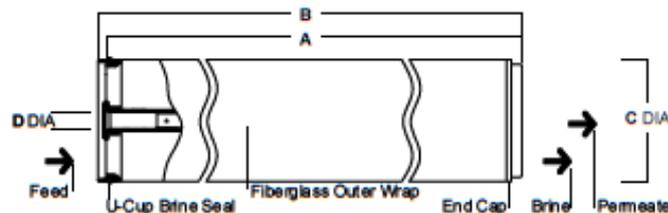
- Produces 10% more water compared to the DOW FILMTEC BW30-400 element at the same operating pressure and high rejection, enabling lower capital expense for new systems, or increased water production in an existing system.
- Includes *i*LEC™ interlocking endcaps, which reduce system operating costs and the risk of o-ring leaks that can cause poor water quality.
- Designed using an industry standard 1.125 inch ID permeate tube for interchangeability with other brackish water elements.

#### Product Specifications

Product	Part number	Active area ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	Feed spacer thickness (mil)	Permeate flow rate gpd (m <sup>3</sup> /d)	Stabilized salt rejection (%)	Minimum salt rejection (%)
BW30-440i	249107	440 (41)	28	11,500 (43)	99.5%	99.0%

1. Permeate flow and salt rejection based on the following standard conditions: 2,000 ppm NaCl, 225 psi (15.5 bar), 77°F (25°C), pH 8 and 15% recovery.
2. Flow rates for individual elements may vary but will be no more than 15% below the value shown.
3. Sales specifications may vary as design revisions take place.
4. Active area guaranteed  $\pm$ 3%. Active area as stated by Dow is not comparable to nominal membrane area often stated by some manufacturers. Measurement method described in Form No. 809-00434.

Figure 1



Product	Dimensions – inches (mm)			
	A	B	C	D
BW30-440i	40.0 (1,016)	40.5 (1,029)	7.9 (201)	1.125 ID (29)

1. Refer to Dow FilmTec Design Guidelines for multiple-element applications and recommended element recovery rates for various feed sources. 1 inch = 25.4 mm
2. Element to fit nominal 8.6-inch (203 mm) I.D. pressure vessel.
3. Individual elements with *i*LEC endcaps measure 40.5 inches (1,029 mm) in length (B). The net length (A) of the elements when connected is 40.0 inches (1,016 mm).

## 8.5. Desgasificador

SERIE  
**DEG**

**HIDRO**  
DIVISIÓN  
**WATER**  
**INDUSTRIAL**  
**DESGASIFICADORES**  
Equipos

### DESGASIFICADORES ATMOSFERICOS



Adecuados para la eliminación del anhídrido carbónico libre presente en las aguas. En el pretratamiento de instalaciones de O.I. se usa la acidificación para la corrección del pH produciéndose anhídrido carbónico que pasa a través de las membranas. En la descarbonatación con resinas de intercambio iónico se produce anhídrido carbónico el confiere al agua un pH ácido. En la desmineralización el anhídrido carbónico producido por la columna catiónica hace que sobredimensionen las columnas aniónicas fuertes con el consiguiente aumento del consumo de regenerante. La presencia de anhídrido carbónico en el agua afecta negativamente a procesos de obtención de agua de alta calidad, como los Lechos Mixtos ó EDI.

El anhídrido carbónico se elimina haciendo pasar el agua a través de un lecho de contacto, de material plástico y gran superficie específica, en el que se fuerza a pasar en contracorriente un gran caudal de aire a baja presión

#### ESPECIFICACIONES

- Material PRFV
- Montaje: sobre depósito
- Temperatura de trabajo: 5 + 40 °C
- Tensión de alimentación: 220/380-III- VAC

#### Material Incluido

- ♦ Columna DEG en PRFV
- ♦ Relleno de anillos en PP
- ♦ Electro ventilador
- ♦ Cierre hidráulico para montaje en depósito

#### Opcionales

- ♦ Depósito de acumulación
- ♦ Quadro de mando y protección electro ventilador
- ♦ Filtro de aire
- ♦ Controles de nivel

#### Características

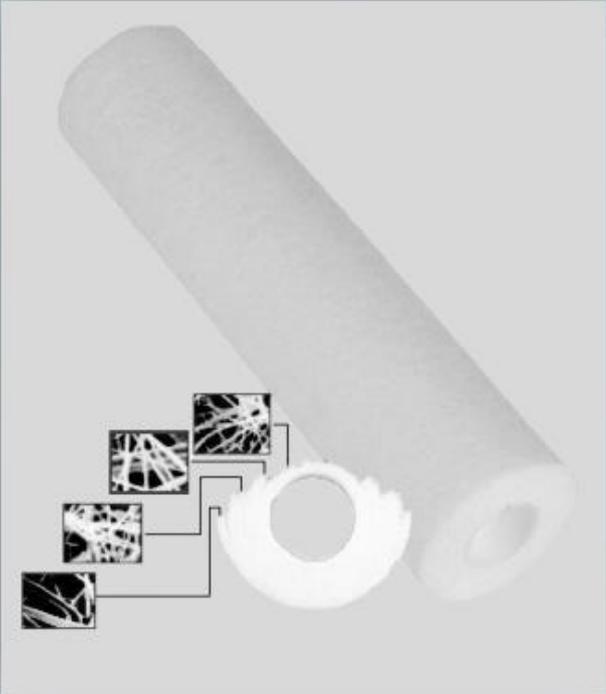
REF.	MODELO	DIAMETRO mm	ALTURA mm	CAUDAL m <sup>3</sup> /h	RELLENO litros	AIRE Nm <sup>3</sup> /h	SOPLANTE KW	CONEXIÓN "
	DEG-40	415	2355	3,68 - 6,13	250	245	0,25	R-1,5
	DEG-46	460	2370	4,56 - 7,60	300	304	0,37	R-1,5
	DEG-52	520	2385	5,89 - 9,62	400	393	0,37	R-1,5
	DEG-64	640	2435	9,06 - 15,10	600	604	0,55	R-1,5
	DEG-72	720	2460	11,55 - 19,24	770	770	0,55	R-2
	DEG-84	840	2580	15,84 - 26,41	1050	1056	0,75	R-2
	DEG-96	960	2700	20,82 - 34,70	1350	1388	1,1	R-2,5
	DEG-101	1010	2800	23,09 - 38,49	1550	1540	1,1	B-3
	DEG-116	1160	2900	30,62 - 51,04	2050	2041	1,5	B-4
	DEG-126	1260	2950	36,23 - 60,38	2400	2415	2,2	B-4
	DEG-144	1440	3070	47,51 - 79,18	3150	3167	3	B-4

MUY IMPORTANTE PARA EL UTILIZADOR: Los datos adjuntos son a título indicativo y deben ser empleados por personal técnico cualificado no estando sujetos a garantía salvo modelo recomendado de forma explícita por HW.

## 8.6. Filtros de cartucho de 1 µm y carcasa

# NEW TwinPure

## 4 Capas



Nuevo filtro de profundidad en 4 capas de filtración. El TWINPURE está fabricado con cuatro diámetros de poro diferentes según las correspondientes patentes MULTI-CAPAS.

El elemento filtrante dispone de 4 Capas que se estructuran en fibras de Polipropileno, de profundidad y gran volumen vacío. Funciona con micrajes de poros finos en sus capas internas y con micrajes de más grosor en sus capas externas.

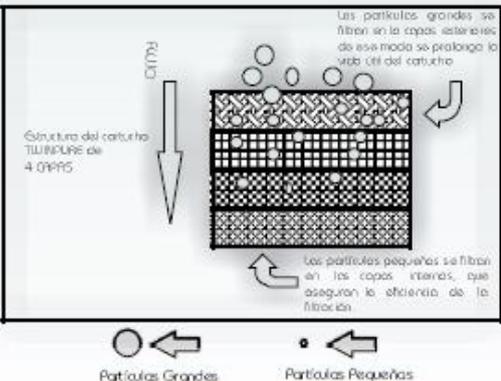
Se componen de 4 diámetros de poro diferentes en cada una de sus Capas para garantizar un filtrado SELECTIVO. El elemento obtiene una vida de servicio más duradera y una optimización de la filtración en cada una de sus capas de filtrado.

**Beneficios de la MULTI-CAPA**

- Retención de alto nivel contaminante SELECTIVO.
- Durabilidad elevada en servicio
- Gran volumen vacío en la estructura del medio filtrante.
- Cuatro micrajes diferentes en el mismo elemento filtrante

**Características**

- 100 % Polipropileno
- Ofrece una compatibilidad con una gran gama de fluidos en diferentes procesos
- Libre de pegamento y adhesivos
- Fabricado según normas NSF40 / FDA, CFR
- Libre de migración del medio filtrante
- Microfusión de las fibras de Polipropileno
- Termosellado por calor de la estructura filtrante
- Gran densidad en las fibras dan un soporte muy rígido sin tubo interno
- Resistentes a presión diferencial de 3.2 Kg/cm<sup>2</sup>
- Libre de sustancias epoxy en la fabricación
- Terminaciones del cartucho termosoldadas
- Filtración con resultados fiables y reproducibles



Las partículas grandes se filtran en la capa exterior de ese modo se prolonga la vida útil del cartucho

Las partículas pequeñas se filtran en las capas internas, que aseguran la eficiencia de la filtración

Flujo

Partículas Grandes

Partículas Pequeñas

## TwinPure Inox Carcasas



Inoxidable 304 o 316 – Cierre clamp

- Presión máxima 5 Bar.
- Temperatura máxima 150°C
- Superficie pulida mecánicamente
- 1-18 cartuchos de 10 a 50 pulgadas
- Venteo BSP 1/4"



## 8.7. Módulo de electrodesionización (EDI)

# E-Cell-3X Stack

## Industrial Electrodeionization (EDI) Stacks



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

### Typical Applications

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

### Quality Assurance

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

E-Cell-3X Stack Specifications		
Nominal Flow	5.0 m <sup>3</sup> /hr	22.0 gpm
Flow Rate Range	2.27 – 6.36 m <sup>3</sup> /hr	10 – 28 gpm
Shipping Weight	135 kg	298 lbs
Dimensions (width x height x depth)	31cm x 61cm x 66cm	12" x 24" x 26"



### Typical Performance

Typical Performance		
<b>Product Quality</b>		
Resistivity	> 16 MOhm-cm	
Sodium	< 3 ppb	
Silica(SiO <sub>2</sub> ) Removal	Up to 99% or < 5 ppb	
Baron Removal	> 95%	
<b>Operating Parameters</b>		
Recovery	Up to 95%	
Concentrate Flow	Counter current to Product Flow <sup>1</sup>	
Voltage	0–400 VDC	
Amperage	0–5.2 ADC	
Inlet Pressure at Nominal Flow	4.1–6.9 bar	60–100 psi
Pressure Drop at Nominal Flow	1.4–2.8 bar	20–40 psi

### Maximum Feed Water Specifications

Feed Water – Total Exchangeable Anions (TEA as CaCO <sub>3</sub> )	<25 mg/l	<25 ppm
Feed Water – Conductivity, NaHCO <sub>3</sub> equivalent	< 43 µS/cm	< 43 µS/cm
Temperature	5–40 °C	40–104 °F
Total Hardness (as CaCO <sub>3</sub> )	< 1.0 mg/l	< 1.0 ppm
Silica(SiO <sub>2</sub> )	< 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-Cell projection software to verify actual performance. Patents pending.

<sup>1</sup> Co-flow operation is acceptable when feed hardness concentrations are <0.1 ppm as CaCO<sub>3</sub>.

## 8.8. Conducciones y accesorios



### • • • TUBERÍA DE PVC ORIENTADO (PVC-O)

#### Normativa aplicable

- UNE-ISO 16422:2015 (España) "Tubos y Uniones de polícloruro de vinilo orientado (PVC-O) para conducción de agua a presión".
- NF T54-948:2010 (Francia) "Tubes en poly(chlorure de vinyle) orienté biaxial (PVC-BO) et leurs assemblages".
- SANS 16422:2007 (Sudáfrica) "Pipes and joints made of oriented unplasticized poly(vinyl) chloride (PVC-O) for the conveyance of water under pressure".
- NOM-001-CONAGUA-2011 (Méjico) "Sistema de agua potable, toma domiciliaria y alcantarillado sanitario – Hermeticidad – Especificaciones y métodos de prueba", norma de referencia ISO 16422.



#### Gama y dimensiones

Tubería		TOM*										
Clase de Material		PVC-O 500										
Presión Nominal (bar)		PN12,5		PN16		PN20		PN25				
Diámetro Nominal (DN)	Diámetro Exterior (DE)		Diámetro Interior (DI)	Espesor Nominal (e)								
	min.	max.										
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
90	90,0	90,3	-	-	84,0	2,0	84,0	2,5	82,2	3,1		
110	110,0	110,4	104,4	2,2	104,0	2,4	103,2	3,1	101,4	3,8		
125	125,0	125,4	118,8	2,5	117,8	2,8	117,0	3,5	115,2	4,3		
140	140,0	140,5	133,0	2,8	132,4	3,1	131,2	3,9	129,2	4,8		
160	160,0	160,5	152,0	3,2	151,4	3,5	150,0	4,4	147,6	5,5		
200	200,0	200,6	190,0	4,0	189,2	4,4	187,4	5,5	184,4	6,9		
225	225,0	225,7	213,6	4,5	212,8	5,0	210,8	6,2	207,4	7,7		
250	250,0	250,8	237,4	5,0	236,4	5,5	234,2	6,9	230,6	8,6		
315	315,0	316,0	299,2	6,3	298,0	6,9	295,2	8,7	290,6	10,8		
355	355,0	356,1	337,4	7,1	336,0	7,8	332,4	9,8	327,2	12,2		
400	400,0	401,2	379,8	8,0	378,4	8,8	374,8	11,0	369,0	13,7		
450	450,0	451,4	427,6	8,9	426,0	9,9	421,4	12,4	415,0	15,4		
500	500,0	501,5	474,6	9,9	472,8	11,0	468,6	13,7	461,2	17,1		
630	630,0	631,9	597,8	12,6	595,8	13,8	590,4	17,3	581,0	21,6		
710	710,0	712,0	674,8	14,2	671,4	15,4	665,6	19,2	654,6	24,4		
800	800,0	802,0	760,4	16,3	757,8	17,4	750,4	21,6	-	-		

Las tuberías de PVC-O TOM\* se suministran en longitudes totales (incluyendo la longitud marcada tope) de 5,95 metros. Para otros diámetros y presiones nominales, consultar. Los diámetros interiores pueden estar sujetos a variación según tolerancias de fabricación.

Disponible en color azul (abastecimiento), morado (reutilización) y blanco (resistente a los rayos UV). Otros colores, consultar.

#### Embalaje

DN	Tubos/ Palet	Palet/ Camión	Tubos/ Camión	Metros <sup>(1)</sup> / Camión	Anchura Palet	Altura Palet	Longitud Palet	Kg/Palet			
								PN12,5	PN16	PN20	PN25
mm	tubos	palet	tubos	m	mm	mm	mm	kg	kg	kg	kg
90	81	16	1296	7711	1220	670	6110	-	590	590	750
110	76	12	912	5426	1220	850	6130	715	775	775	940
125	60	12	720	4284	1220	850	6135	630	725	790	960
140	45	12	540	3213	1220	850	6140	590	690	745	905
160	33	12	396	2356	1220	800	6150	570	650	715	870
200	24	12	288	1714	1220	870	6185	630	695	800	970
225	14	16	224	1333	1220	700	6190	480	525	605	730
250	11	12	132	785	1100	800	6215	465	510	585	705
315	13	8	104	619	2200	700	6260	860	950	1090	1320
355	11	6	66	393	2200	800	6295	925	1020	1165	1410
400	11	6	66	393	2400	850	6325	1165	1285	1475	1785
450	5	10	50	298	2200	550	6330	685	755	860	1060
500	4	8	32	190	1950	600	6335	675	740	850	1025
630	3	6	18	107	1950	730	6410	795	875	1005	1220
710	3	6	18	107	2200	810	6425	1005	1105	1270	1535
800	3	6	18	107	2200	900	6425	1270	1400	1605	-

(1) Metros nominales (5,95 metros por tubo). Para obtener los metros efectivos se debe restar la longitud marcada tope. Otros embalajes o longitudes, consultar.

## TUBERÍA ISO

Calidades: AISI-304L Y AISI-316L.

Tubo norma: dimensiones ISO- 1127 (DIN 2463) fabricados según DIN-17458 EN 10217-7 Soldados con procedimientos de soldadura TIG (Tungsten Inert Gas)

DN pulgadas		Tubos	
		Medidas (mm)	Peso (kg/m)
3/8"	DN-10	17,2 x 1,6	0,646
		17,2 x 2,0	0,766
1/2"	DN-15	21,3 x 1,6	0,817
		21,3 x 2,0	0,973
		21,3 x 2,6	1,285
3/4"	DN-20	26,9 x 1,6	1,049
		26,9 x 2,0	1,255
		26,9 x 2,6	1,600
1	DN-25	33,7 x 1,6	1,332
		33,7 x 2,0	1,598
		33,7 x 2,6	2,050
		42,4 x 1,6	1,694
1 - 1/4"	DN-32	42,4 x 2,0	2,036
		42,4 x 2,6	2,600
		42,4 x 3,0	2,979
1 - 1/2"	DN-40	48,3 x 1,6	1,939
		48,3 x 2,0	2,333
		48,3 x 2,6	3,040
		48,3 x 3,0	3,424
2"	DN-50	60,3 x 1,6	2,438
		60,3 x 2,0	2,938
		60,3 x 2,6	3,770
		60,3 x 3,0	4,331
2 - 1/2"	DN-65	76,1 x 1,6	3,095
		76,1 x 2,0	3,734
		76,1 x 2,6	4,820
3"	DN-80	76,1 x 3,0	5,526
		88,9 x 1,6	3,627
		88,9 x 2,0	4,379
3 - 1/2"	DN-90	88,9 x 2,6	5,650
		88,9 x 3,0	6,494
		101,6 x 2,0	5,019
4"	DN-100	101,6 x 2,6	6,492
		101,6 x 3,0	7,454
		114,3 x 1,6	4,683
		114,3 x 2,0	5,659
5"	DN-125	114,3 x 2,6	7,324
		114,3 x 3,0	7,730
		139,7 x 2,0	6,940
6"	DN-150	139,7 x 2,6	8,980
		139,7 x 3,0	10,334
6"	DN-150	168,3 x 2,0	8,381



BURGOS	Tel. +34 947 484 111	Fax. +34 947 486 569	acinesgon.bur@acinesgon.com
VALLADOLID	Tel. +34 983 208 211	Fax. +34 983 297 826	acinesgon.val@acinesgon.com
TUDELA	Tel. +34 948 403 266	Fax. +34 948 826 898	acinesgon.tud@acinesgon.com
MADRID	Tel. +34 918 753 291	Fax. +34 918 753 230	acinesgon.mad@acinesgon.com
PAIS VASCO	Tel. +34 943 058 602	Fax. +34 947 486 569	acinesgon.pva@acinesgon.com
GALICIA	Tel. +34 986 091 510	Fax. +34 986 070 463	acinesgon.gal@acinesgon.com
FRANCIA	Tel. +33 (0) 6782 66087	Fax. +33 (0) 5569 85655	acinesgon.frn@acinesgon.com

		168,3 x 2,6	10,860
		168,3 x 3,0	12,496
8"	DN-200	219,1 x 2,0	10,936
		219,1 x 2,6	14,180
		219,1 x 3,0	16,329
10"	DN-250	273,1 x 2,0	13,658
		273,1 x 2,6	17,722
		273,1 x 3,0	20,412
12"	DN-300	323,9 x 2,0	16,223
		323,9 x 2,6	21,057
		323,9 x 3,0	24,260

## TUBERÍA SCHEDULE ASTM

Calidades: AISI-304 Y AISI-316 / Norma ASTM-A-312 ANSI-B-36-19.  
Calidades: ASTM-A-530, AISI-304-L, AISI-316-L

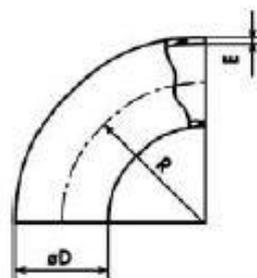
Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro exterior (mm)	Espesor de pared y peso por metro					
		SCHEDULE 10 S		SCHEDULE 40 S		SCHEDULE 80 S	
		mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m
1/4"	13,71	1,65	0,50	2,24	0,64	3,02	0,81
3/8"	17,15	1,65	0,64	2,31	0,86	3,20	1,12
1/2"	21,34	2,11	1,02	2,77	1,29	3,73	1,64
3/4"	26,67	2,11	1,30	2,87	1,71	3,91	2,23
1"	33,40	2,77	2,12	3,38	2,54	4,55	3,29
1 1/4"	42,16	2,77	2,73	3,56	3,44	4,85	4,53
1 1/2"	48,26	2,77	3,15	3,68	4,11	5,08	5,49
2"	60,33	2,77	3,99	3,91	5,52	5,54	7,60
2 1/2"	73,03	3,05	5,34	5,16	8,77	7,01	11,59
3"	88,90	3,05	6,56	5,49	11,45	7,62	15,51
4"	114,30	3,05	8,50	6,02	16,32	8,56	22,62
6"	168,28	3,40	14,04	7,11	28,69	10,97	43,16
8"	219,08	3,76	20,24	8,18	43,13	12,70	64,54
10"	273,05	4,20	28,17	9,27	60,31	12,70	81,55
12"	323,85	4,57	36,51	9,53	73,88	12,70	97,46

<b>ACINESGON</b>	BURGOS	Tel. +34 947 484 111	Fax. +34 947 486 569	acinesgon.bur@acinesgon.co
	VALLADOLID	Tel. +34 983 208 211	Fax. +34 983 297 826	acinesgon.val@acinesgon.co
	TUDELA	Tel. +34 948 403 266	Fax. +34 948 826 898	acinesgon.tud@acinesgon.co
	MADRID	Tel. +34 91 8 753 291	Fax. +34 91 8 753 230	acinesgon.mad@acinesgon.co
	PAIS VASCO	Tel. +34 943 058 602	Fax. +34 947 486 569	acinesgon.pvl@acinesgon.co
	GALICIA	Tel. +34 986 091 510	Fax. +34 986 070 463	acinesgon.gal@acinesgon.co
FRANCIA	Tel. +33 (0) 6782 66087	Fax. +33 (0) 5569 85655	acinesgon.fr@acinesgon.co	

## CODOS ISO

Codos acero inoxidable / R=1,5 Y=90°. Calidades AISI-304 y AISI-316.

MEDIDAS (mm)			MEDIDAS (mm)		
D	E	R	D	E	R
17.2	1,6	25	76.1	2,6	95
17.2	2	25	76.1	3	95
21.3	1,6	27	76.1	3,6	95
21.3	1,6	38	88.9	2	114
21.3	2	27	88.9	2,6	114
21.3	2	38	88.9	3	114
21.3	2,6	27	88.9	3,2	114
29.9	1,6	28	88.9	4	114
26.9	2	28	101.6	2	133
26.9	2,6	28	101.6	3	133
33.7	1,6	38	104.3	2	152
33.7	2	38	104.3	2,6	152
33.7	2,6	38	104.3	3	152
33.7	3	38	139.7	2	190
42.4	1,6	48	139.7	2,6	190
42.4	2	48	139.7	3	190
42.4	2,6	48	168.3	2	229
42.4	3	48	168.3	2,6	229
42.4	3,2	48	168.3	3	229
48.3	1,6	57	219.1	2	305
48.3	2	57	219.1	2,6	305
48.3	2,6	57	219.1	3	305
48.3	3	57	256	3	350
48.3	2	57	256	3	375
60.3	1,6	76	273.1	2	381
60.3	2	76	273.1	3	381
60.3	2,6	76	273.1	4	381
60.3	3	76	273.1	3	450
60.3	3,6	76	356	3	
76.1	1,6	95	406	3	
76.1	2	95	506	3	

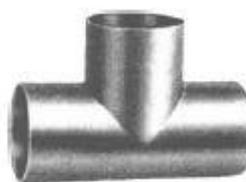
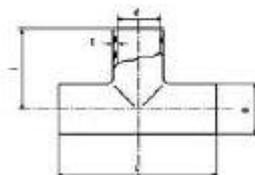


<b>ACINESGON</b>	BURGOS	Tel. +34 947 484 111	Fax +34 947 486 569	acinesgonbu@acinesgon.com
	VALLADOLID	Tel. +34 981 208 211	Fax +34 981 297 826	acinesgonvlla@acinesgon.com
	TUDELA	Tel. +34 948 403 266	Fax +34 948 826 898	acinesgonma@acinesgon.com
	MADRID	Tel. +34 918 753 291	Fax +34 918 753 230	acinesgonma@acinesgon.com
	PAIS VASCO	Tel. +34 943 058 602	Fax +34 947 486 569	acinesgonpv@acinesgon.com
	GALICIA	Tel. +34 986 098 510	Fax +34 986 070 463	acinesgonga@acinesgon.com
FRANCIA	Tel. +33 (0) 678260871	Fax +33 (0) 336980655	acinesgonfr@acinesgon.com	

## TES

Tes acero inoxidable. Calidad AISI-316.

MEDIDAS (mm)				
D	d	L	I	E
18	15	65	32,5	1,5
20	17	75	37,5	1,5
21,3	17,3	50	25	2
23	20	75	37,5	1,5
25	22	75	37,5	1,5
26,9	22,9	58	29	2
28	25	75	37,5	1,5
30	27	80	40	1,5
33	30	90	45	1,5
33,7	29,7	76	38	2
38	35	95	47,5	1,5
42,4	38,4	96	48	2
43	40	100	50	1,5
48,3	44,3	114	57	2
50,8	47,8	115	57,5	1,5
53	50	115	57,5	1,5
60,3	56,3	128	64	2
63,5	60,5	152	76	1,5
73	70	152	76	1,5
76	73	152	76	1,5
76,1	72,1	152	76	2
84	80	172	86	2
88,9	84,9	172	86	2
104	100	210	105	2
114,3	110,3	210	105	2
129	125	248	124	2
139,7	135,7	248	124	2
154	150	286	143	2
168,3	164,3	286	143	2
204	200	356	178	2
219,1	215,1	356	178	2
254	250	432	216	2
273,1	269,1	432	216	2
304	300	508	254	2
323,9	319,9	508	254	2
354	350	558	279	2



# ACINESGON

BURGOS	Tel. +34 947 494 111	Fax. +34 947 486 569	acinesgonbu@acinesgon.com
VALLADOLID	Tel. +34 983 208 211	Fax. +34 983 297 826	acinesgonva@acinesgon.com
TUDELA	Tel. +34 948 403 266	Fax. +34 948 828 898	acinesgonna@acinesgon.com
MADRID	Tel. +34 918 733 291	Fax. +34 918 753 230	acinesgonma@acinesgon.com
PAIS VASCO	Tel. +34 943 038 602	Fax. +34 947 486 569	acinesgonpv@acinesgon.com
GALICIA	Tel. +34 986 091 510	Fax. +34 986 070 461	acinesgonga@acinesgon.com
FRANCIA	Tel. +33 (0) 678266087	Fax. +33 (0) 556980655	acinesgonfr@acinesgon.com

## 8.9. Depósitos de almacenamiento de agua



Medidas y Capacidades de los Tanques Cilíndricos.

Altura (m):	1,250	1,790	2,438	2,978	3,626	4,166	4,814	5,354	6,002	6,542	7,190	7,730	8,378	8,918	9,566	10,106	10,754	11,294	11,942	
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.	m³	m³	m³	m³	m³													
3,048	1,524	04	6	10	15	18	23	27	32	36	41	44	49							
3,810	1,905	05	9	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
6,858	3,429	09	30	49	73	93	117	137	161	181	205	225	249	269	293	313	337	357	381	401
7,620	3,810	10	36	61	91	115	145	169	199	224	253	278	307	332	362	386	416	440	470	495
8,382	4,191	11	44	74	110	139	175	205	241	271	306	336	372	402	437	467	503	533	569	598
9,144	4,572	12	53	88	131	166	209	244	287	322	365	400	443	478	521	556	599	634	677	712
9,906	4,953	13	62	103	153	195	245	286	336	378	428	470	519	561	611	653	703	744	794	836
10,668	5,334	14	72	120	178	226	284	332	390	438	496	545	602	651	709	757	815	863	921	969
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
12,192	6,096	16	93	156	232	295	371	434	509	573	648	711	787	850	926	989	1,064	1,127	1,203	1,266
12,954	6,477	17	105	177	262	333	419	490	575	646	732	803	888	959	1,045	1,116	1,201	1,273	1,358	1,429
13,716	6,858	18	118	198	294	374	469	549	645	725	820	900	996	1,076	1,171	1,251	1,347	1,427	1,522	1,602
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	1,802
15,240	7,620	20	146	244	363	461	579	678	796	895	1,013	1,111	1,229	1,328	1,446	1,545	1,663	1,761	1,880	1,978
16,002	8,001	21	161	269	400	508	639	747	878	986	1,117	1,225	1,355	1,464	1,594	1,703	1,833	1,942	2,072	2,181
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
17,526	8,763	23	193	323	480	610	766	896	1,053	1,183	1,339	1,470	1,626	1,756	1,913	2,043	2,199	2,329	2,486	2,616
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
19,050	9,525	25	228	382	567	721	905	1,059	1,244	1,398	1,582	1,736	1,921	2,075	2,260	2,414	2,598	2,752	2,937	3,091
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
20,574	10,287	27	266	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
21,336	10,668	28	286	479	711	904	1,136	1,328	1,560	1,753	1,985	2,178	2,410	2,603	2,835	3,028	3,259	3,452	3,684	3,877
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	3,496	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	2,280	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	2,579	2,888	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	3,466	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	3,578	4,051									

fuentes: Tankeros S.L.

## 8.10. Depósitos de dosificaciones químicas

### DEPOSITOS DOSIFICADORES

#### CARACTERÍSTICAS

- Depósitos dosificadores cilíndricos
- Fabricados en polietileno lineal anti-uv
- Gran resistencia química
- Permiten el montaje compacto de agitador, bombas dosificadoras, cañas de aspiración, sondas de nivel, válvulas de vaciado, resistencias calefactoras,...
- Color: blanco translucido en todos los modelos.
- Azul en modelos D-120 y D-210. Bajo pedido otros colores.
- Tapa grande roscada y con juntas de estanqueidad.
- Indicador de nivel grabado en la superficie exterior.
- Material de calidad alimentaria.
- Superficie exterior lisa de fácil limpieza.



MODELO	CAPACIDAD (l)	DIMENSIONES (mm)		
		D	H	B
D-50	50	380	520	170
D-120	120	500	715	280
D-230	230	560	950	280
D-300	300	610	1190	280
D-580	580	790	1255	275
D-1050	1050	995	1470	275

DEPOSITOS DE 580 A 1050 L



DEPOSITOS HASTA 300 L



## 8.11. Sistemas de impulsión

### 8.11.1. Bombas

#### Electrobombas centrífugas sobre bancada normalizadas DIN 24255 a 1450 RPM "RNI".

Motores trifásicos hasta 0,55 kw IEC, 0,75 y mayores IEC.

PÁG. CATÁLOGO Nº 34



Tipo	Ref.	Motor P2		Eje libre		Bomba+bancada+manguito +protección+motor		
		CV	KW	Código	P.V.P.	230/400V	400/690V	P.V.P.
RNI 32-13	4ND 32/13	0,33	0,25	P0000037	816	P0019281	P0019588	2.243
RNI 32-13	4ND 32/13	0,5	0,37	P0000037	816	P0019282	P0019589	2.267
RNI 32-13	4ND 32/13	0,75	0,55	P0000037	816	P0019283	P0019590	2.300
RNI 32-13	4ND 32/13	1	0,75	P0000037	816	P0019284	P0019591	2.304
RNI 32-16	4ND 32/16	0,33	0,25	P0000061	859	P0019289	P0019592	2.352
RNI 32-16	4ND 32/16	0,5	0,37	P0000061	859	P0019290	P0019593	2.382
RNI 32-16	4ND 32/16	0,75	0,55	P0000061	859	P0019291	P0019594	2.442
RNI 32-16	4ND 32/16	1	0,75	P0000061	859	P0032193	P0019595	2.440
RNI 32-20	4ND 32/20	0,75	0,55	P0000098	1.022	P0019299	P0019596	2.496
RNI 32-20	4ND 32/20	1	0,75	P0000098	1.022	P0019300	P0019597	2.494
RNI 32-20	4ND 32/20	1,5	1,1	P0000098	1.022	P0017085	P0019598	2.532
RNI 32-26	4ND 32/26	1,5	1,1	P0000967	1.183	P0019308	P0019599	2.652
RNI 32-26	4ND 32/26	2	1,5	P0000967	1.183	P0019309	P0019600	2.678
RNI 32-26	4ND 32/26	3	2,2	P0000967	1.183	P0019310	P0019601	2.892
RNI 32-26	4ND 32/26	4	3	P0000967	1.183	P0019311	P0019602	2.958
RNI 40-13	4ND 40/13	0,5	0,37	P0000128	990	P0019318	P0019628	2.330
RNI 40-13	4ND 40/13	0,75	0,55	P0000128	990	P0017090	P0019629	2.357
RNI 40-13	4ND 40/13	1	0,75	P0000128	990	P0019319	P0019630	2.369
RNI 40-16	4ND 40/16	0,75	0,55	P0000150	1.089	P0019324	P0019631	2.565
RNI 40-16	4ND 40/16	1	0,75	P0000150	1.089	P0019325	P0019632	2.561
RNI 40-16	4ND 40/16	1,5	1,1	P0000150	1.089	P0019326	P0019633	2.599
RNI 40-20	4ND 40/20	1,5	1,1	P0000181	1.106	P0019330	P0019634	2.699
RNI 40-20	4ND 40/20	2	1,5	P0000181	1.106	P0019331	P0019635	2.712
RNI 40-20	4ND 40/20	3	2,2	P0000181	1.106	P0019332	P0019636	2.949
RNI 40-26h	4ND 40/26	2	1,5	P0000217	1.245	P0019338	P0019637	2.910
RNI 40-26h	4ND 40/26	3	2,2	P0000217	1.245	P0019339	P0019638	2.993
RNI 40-26h	4ND 40/26	4	3	P0000217	1.245	P0019340	P0019639	3.211
RNI 40-32H	4ND 40/32	3	2,2	P0000986	2.266	P0019346	P0019640	4.401
RNI 40-32H	4ND 40/32	4	3	P0000986	2.266	P0019347	P0019641	4.485
RNI 40-32H	4ND 40/32	5,5	4	P0000986	2.266	P0019348	P0019642	4.570
RNI 40-32H	4ND 40/32	7,5	5,5	P0000986	2.266	P0019349	P0017105	4.690
RNI 50-13	4ND 50/13	0,75	0,55	P0000250	1.127	P0019354	P0019662	2.403
RNI 50-13	4ND 50/13	1	0,75	P0000250	1.127	P0019355	P0019663	2.399
RNI 50-16	4ND 50/16	0,75	0,55	P0000275	1.153	P0019361	P0019664	2.525
RNI 50-16	4ND 50/16	1	0,75	P0000275	1.153	P0019362	P0019665	2.523
RNI 50-16	4ND 50/16	1,5	1,1	P0000275	1.153	P0019363	P0019666	2.560
RNI 50-16	4ND 50/16	2	1,5	P0000275	1.153	P0017097	P0019667	2.582
RNI 50-20	4ND 50/20	1,5	1,1	P0000311	1.148	P0019368	P0019668	2.704
RNI 50-20	4ND 50/20	2	1,5	P0000311	1.148	P0019369	P0019669	2.717
RNI 50-20	4ND 50/20	3	2,2	P0000311	1.148	P0019370	P0019670	2.969
RNI 50-20	4ND 50/20	4	3	P0000311	1.148	P0019371	P0019671	3.006
RNI 50-26h	4ND 50/26	3	2,2	P0000346	1.700	P0019377	P0019672	3.060
RNI 50-26h	4ND 50/26	4	3	P0000346	1.700	P0019378	P0019673	3.096
RNI 50-26h	4ND 50/26	5,5	4	P0000346	1.700	P0019379	P0019674	3.205
RNI 50-32H	4ND 50/32	5,5	4	P0000999	2.205	P0019385	P0019675	4.707
RNI 50-32H	4ND 50/32	7,5	5,5	P0000999	2.205	P0019386	P0019676	5.266
RNI 50-32H	4ND 50/32	10	7,5	P0000999	2.205	P0019387	P0019677	5.612
RNI 50/32H	4ND 50/32	15	11	P0000999	2.205	P0019388	P0019678	6.172

**Electrobombas centrífugas sobre bancada normalizadas DIN 24255 a 1450 RPM "RNI".**

Motores trifásicos  
hasta 0,55 kw IE2.  
0,75 y mayores IE3.

PÁG. CATALOGO Nº 34



Tipo	Ref	Motor P2		Eje libre		Bomba+bancada+manjuito +protección+motor		
		CV	KW	Código	P.V.P.	230/400V	400/690V	P.V.P.
RNI 65/13	4ND 65/13	0,75	0,55	P0000368	1.118	P0019394	P0019699	2.601
RNI 65/13	4ND 65/13	1	0,75	P0000368	1.118	P0019395	P0019700	2.600
RNI 65/13	4ND 65/13	1,5	1,1	P0000368	1.118	P0019396	P0019701	2.637
RNI 65/16	4ND 65/16	1,5	1,1	P0000369	1.218	P0017099	P0019702	2.855
RNI 65/16	4ND 65/16	2	1,5	P0000369	1.218	P0019401	P0019703	2.869
RNI 65/16	4ND 65/16	3	2,2	P0000369	1.218	P0019402	P0019704	3.132
RNI 65/16	4ND 65/16	4	3	P0000369	1.218	P0019403	P0019705	3.175
RNI 65/20	4ND 65/20	3	2,2	P0000422	1.390	P0019409	P0019706	2.937
RNI 65/20	4ND 65/20	4	3	P0000422	1.390	P0019410	P0017116	2.974
RNI 65/20	4ND 65/20	5,5	4	P0000422	1.390	P0019411	P0019707	3.082
RNI 65/26h	4ND 65/26	5,5	4	P0000500	1.540	P0019417	P0019708	3.796
RNI 65/26h	4ND 65/26	7,5	5,5	P0000500	1.540	P0019418	P0019709	4.403
RNI 65/26h	4ND 65/26	10	7,5	P0000500	1.540	P0019419	P0017117	4.574
RNI 65/32H	4ND 65/32	7,5	5,5	P0000525	2.321	P0019425	P0019710	4.919
RNI 65/32H	4ND 65/32	10	7,5	P0000525	2.321	P0019426	P0019711	5.090
RNI 65/32H	4ND 65/32	15	11	P0000525	2.321	P0019427	P0017118	5.825
RNI 65/32H	4ND 65/32	20	15	P0000525	2.321	P0019428	P0019712	6.155
RNI 80/16	4ND 80/16	3	2,2	P0000547	1.193	P0017100	P0019734	2.999
RNI 80/16	4ND 80/16	4	3	P0000547	1.193	P0019434	P0019735	3.036
RNI 80/16	4ND 80/16	5,5	4	P0000547	1.193	P0019435	P0019736	3.094
RNI 80/20	4ND 80/20	4	3	P0000579	1.495	P0019441	P0019737	3.488
RNI 80/20	4ND 80/20	5,5	4	P0000579	1.495	P0019442	P0017122	3.594
RNI 80/20	4ND 80/20	7,5	5,5	P0000579	1.495	P0019443	P0019738	4.175
RNI 80/26h	4ND 80/26	5,5	4	P0000607	2.161	P0019449	P0019739	3.920
RNI 80/26h	4ND 80/26	7,5	5,5	P0000607	2.161	P0019450	P0019740	4.274
RNI 80/26h	4ND 80/26	10	7,5	P0000607	2.161	P0019451	P0019741	4.454
RNI 80/26h	4ND 80/26	15	11	P0000607	2.161	P0019452	P0019742	5.250
RNI 80/32H	4ND 80/32	10	7,5	P0000635	2.418	P0019460	P0019743	5.484
RNI 80/32H	4ND 80/32	15	11	P0000635	2.418	P0019461	P0019744	5.970
RNI 80/32H	4ND 80/32	20	15	P0000635	2.418	P0019462	P0017123	6.185
RNI 80/32H	4ND 80/32	25	18,5	P0000635	2.418	P0019463	P0032197	7.065
RNI 80/40	4ND 80/40	15	11	P0000653	2.621	P0019468	P0019746	7.788
RNI 80/40	4ND 80/40	20	15	P0000653	2.621	P0019469	P0017124	8.007
RNI 80/40	4ND 80/40	25	18,5	P0000653	2.621	P0019470	P0032198	8.893
RNI 80/40	4ND 80/40	30	22	P0000653	2.621	P0019471	P0017125	8.963
RNI 80/40	4ND 80/40	40	30	P0000653	2.621	P0019472	P0019748	10.153
RNI 80/40	4ND 80/40	50	37	P0000653	2.621	P0019473	P0019749	11.083
RNI 100/20	4ND 100/20	5,5	4	P0000670	2.067	P0019474	P0019763	4.070
RNI 100/20	4ND 100/20	7,5	5,5	P0000670	2.067	P0019475	P0019764	4.440
RNI 100/20	4ND 100/20	10	7,5	P0000670	2.067	P0019476	P0017134	4.619
RNI 100/20	4ND 100/20	15	11	P0000670	2.067	P0019477	P0017135	5.101
RNI 100/26H	4ND 100/26	7,5	5,5	P0000702	2.355	P0019484	P0032199	4.910
RNI 100/26H	4ND 100/26	10	7,5	P0000702	2.355	P0019485	P0032200	5.110
RNI 100/26H	4ND 100/26	15	11	P0000702	2.355	P0019486	P0017136	5.588
RNI 100/26H	4ND 100/26	20	15	P0000702	2.355	P0019487	P0019765	5.804
RNI 100/32	4ND 100/32	15	11	P0000726	2.848	P0019493	P0019766	6.588
RNI 100/32	4ND 100/32	20	15	P0000726	2.848	P0019494	P0019767	6.807
RNI 100/32	4ND 100/32	25	18,5	P0000726	2.848	P0019495	P0019768	7.690
RNI 100/32	4ND 100/32	30	22	P0000726	2.848	P0019496	P0019769	7.761

**Electrobombas centrífugas sobre bancada normalizadas DIN 24255 a 2.900 rpm. "RNI".**

Motores trifásicos hasta 0,55 kw IE2, 0,75 y mayores IE3

PÁG. CATÁLOGO N° 34



Tipo	Ref.	Motor P2		Eje libre		Bomba + bancada + mango + protección + motor		
		CV	KW	Código	P.V.P.	230/400V	400/690V	P.V.P.
RNI 32-13	2ND 32/13	1	0,75	P000037	816	P0019285	P0019603	2.424
RNI 32-13	2ND 32/13	1,5	1,1	P000037	816	P0032192	P0019604	2.446
RNI 32-13	2ND 32/13	2	1,5	P000037	816	P0019286	P0019605	2.480
RNI 32-13	2ND 32/13	3	2,2	P000037	816	P0019287	P0019606	2.496
RNI 32-13	2ND 32/13	4	3	P000037	816	P0019288	P0019607	2.581
RNI 32-16	2ND 32/16	1	0,75	P000061	859	P0019293	P0019608	2.544
RNI 32-16	2ND 32/16	1,5	1,1	P000061	859	P0019294	P0019609	2.566
RNI 32-16	2ND 32/16	2	1,5	P000061	859	P0019295	P0019610	2.599
RNI 32-16	2ND 32/16	3	2,2	P000061	859	P0019296	P0019611	2.618
RNI 32-16	2ND 32/16	4	3	P000061	859	P0017083	P0019612	2.727
RNI 32-16	2ND 32/16	5,5	4	P000061	859	P0017084	P0019613	2.840
RNI 32-16	2ND 32/16	7,5	5,5	P000061	859	P0019297	P0019614	2.992
RNI 32-16	2ND 32/16	10	7,5	P000061	859	P0019298	P0019615	3.376
RNI 32-20	2ND 32/20	3	2,2	P000098	1.022	P0019301	P0019616	2.708
RNI 32-20	2ND 32/20	4	3	P000098	1.022	P0019302	P0019617	2.766
RNI 32-20	2ND 32/20	5,5	4	P000098	1.022	P0019303	P0019618	2.898
RNI 32-20	2ND 32/20	7,5	5,5	P000098	1.022	P0019304	P0017104	3.048
RNI 32-20	2ND 32/20	10	7,5	P000098	1.022	P0019305	P0019619	3.374
RNI 32-20	2ND 32/20	15	11	P000098	1.022	P0019306	P0019620	4.186
RNI 32-20	2ND 32/20	20	15	P000098	1.022	P0019307	P0019621	4.571
RNI 32-26	2ND 32/26	5,5	4	P000067	1.183	P0019312	P0019622	3.131
RNI 32-26	2ND 32/26	7,5	5,5	P000067	1.183	P0019313	P0019623	3.437
RNI 32-26	2ND 32/26	10	7,5	P000067	1.183	P0019314	P0019624	3.646
RNI 32-26	2ND 32/26	15	11	P000067	1.183	P0019315	P0019625	4.484
RNI 32-26	2ND 32/26	20	15	P000067	1.183	P0019316	P0019626	4.842
RNI 32-26	2ND 32/26	25	18,5	P000067	1.183	P0019317	P0019627	5.122
RNI 40-13	2ND 40/13	2	1,5	P0000128	990	P0019320	P0019643	2.540
RNI 40-13	2ND 40/13	3	2,2	P0000128	990	P0019321	P0019644	2.596
RNI 40-13	2ND 40/13	4	3	P0000128	990	P0019322	P0019645	2.666
RNI 40-13	2ND 40/13	5,5	4	P0000128	990	P0019323	P0019646	2.712
RNI 40-16	2ND 40/16	4	3	P0000150	1.089	P0019327	P0019647	2.864
RNI 40-16	2ND 40/16	5,5	4	P0000150	1.089	P0032194	P0017106	2.992
RNI 40-16	2ND 40/16	7,5	5,5	P0000150	1.089	P0019328	P0017107	3.130
RNI 40-16	2ND 40/16	10	7,5	P0000150	1.089	P0019329	P0019649	3.476
RNI 40-20	2ND 40/20	5,5	4	P0000181	1.106	P0019333	P0019650	3.086
RNI 40-20	2ND 40/20	7,5	5,5	P0000181	1.106	P0019334	P0019651	3.242
RNI 40-20	2ND 40/20	10	7,5	P0000181	1.106	P0019335	P0019652	3.584
RNI 40-20	2ND 40/20	15	11	P0000181	1.106	P0019336	P0017108	4.353
RNI 40-20	2ND 40/20	20	15	P0000181	1.106	P0019337	P0019653	4.540
RNI 40-26h	2ND 40/26	7,5	5,5	P0000217	1.245	P0019341	P0019654	3.521
RNI 40-26h	2ND 40/26	10	7,5	P0000217	1.245	P0019342	P0019655	3.818
RNI 40-26h	2ND 40/26	15	11	P0000217	1.245	P0019343	P0019656	4.599
RNI 40-26h	2ND 40/26	20	15	P0000217	1.245	P0019344	P0019657	5.186
RNI 40-26h	2ND 40/26	25	18,5	P0000217	1.245	P0017092	P0019658	5.296
RNI 40-26h	2ND 40/26	30	22	P0000217	1.245	P0019345	P0019659	6.060
RNI 40-32	2ND 40/32	25	18,5	P0000986	2.266	P0019350	P0019660	6.663
RNI 40-32	2ND 40/32	30	22	P0000986	2.266	P0019351	P0017109	7.438
<b>RNI 40-32</b>	2ND 40/32	40	30	P0000986	2.266	P0019352	P0019661	8.143

## 8.11.2. Ventilador



**SALVADOR ESCODA S.A.**  
www.salvadorescoda.com

**TARIFA DE PRECIOS**  
I.V.A. no incl. Consulte posibles actualizaciones

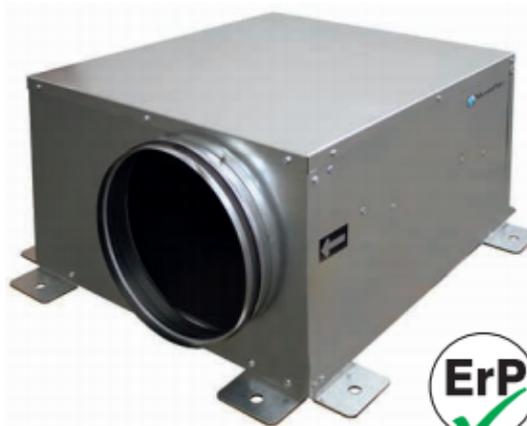
### VENTILADORES EN LÍNEA



#### Serie MU-INLINE

##### CARACTERÍSTICAS:

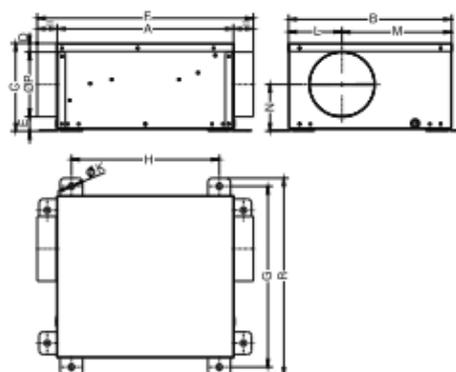
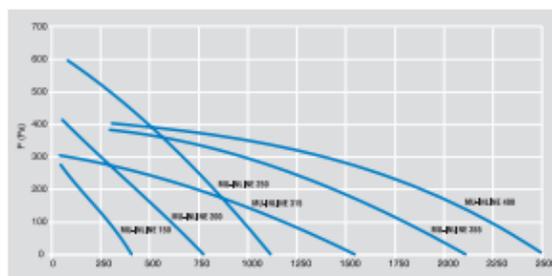
- Caja construida en chapa galvanizada.
- Bridas de conexión rectangulares.
- Motor asíncrono de rotor exterior, que incluye protector térmico y rodamientos a bolas de engrase permanente.
- Protección IP-44 y aislamientos clase B según DIN 40.050 h1.
- Voltaje estándar 230 V 50 Hz.



##### APLICACIONES:

- Diseñados para la instalación en conductos son indicados para:
  - Renovación de aire en baños y locales pequeños.
  - Perfectos para montaje en falso techo o en intemperie.
  - Temperatura máxima de trabajo en continuo: 50°C.

##### CURVAS DE RENDIMIENTO:



##### DIMENSIONES (mm)

Modelo	A	B	C	D	E	F (aprox.)	G	H	ØK	L	M	N	ØP	R
MU-INLINE 150	432	400	217	21,5	35,5	530	447	362,5	15	131	269	115,5	160	487
MU-INLINE 200	501	453	255,5	23	32,5	609	500	431,5	15	151	302	132,5	200	540
MU-INLINE 250	567	497	305,5	23	32,5	685	554	467,5	15	176	321	157,5	250	604
MU-INLINE 315	714	618	375,5	23	37,5	837	675	614,5	15	208,5	409,5	195	315	725
MU-INLINE 355	804	692	445,5	37,5	53	962	749	704,5	15	228,5	463,5	230,5	355	799
MU-INLINE 400	908	777	475,5	38	37,5	1066	834	808,5	15	251	526	237,5	400	884

##### DATOS TÉCNICOS:

Código	Modelo	R.P.M.	L nominal (A) 230 V	Potencia (W)	Q máximo (m³/h)	Sonido (dBA)*	Peso (Kg)	€
VE 10 010	MU-INLINE 150	2.290	0,27	61	410	39	10	232,00
VE 10 011	MU-INLINE 200	2.480	0,42	100	770	43	13,5	267,00
VE 10 012	MU-INLINE 250	2.530	0,82	190	1.120	48	17,5	283,00
VE 10 013	MU-INLINE 315	1.400	0,6	135	1.550	36	26	465,00
VE 10 014	MU-INLINE 355	1.400	0,75	165	2.120	36	35	593,00
VE 10 015	MU-INLINE 400	1.400	1,2	260	2.490	39	51	769,00

### 8.11.3. Bomba dosificadora



#### Functions of the control electronics



R 204.1



C 204.1

Function	R 204.1	C 204.1
Manual operation	●	●
Manual stroke frequency adjustment	●	●
PROFIBUS DP - Interface		●
External START		●
External STOP	●	●
Pulse operation	●	●
Fractionation		●
Cycle delay		●
Analogue operation (PROFIBUS)		●
Analogue operation 0 – 20 mA <sup>1)</sup>		●
Analogue operation 4 – 20 mA <sup>1)</sup>	●	●
Analogue operation standardization <sup>1)</sup>		●
Charge manual <sup>1)</sup>		●
External charge START		●
Charge with timer <sup>1)</sup>		●
3 LEDs for status indication	●	●
Multiline illuminated text display		●
Operating messages in plain text		●
Fault indication in plain text		●
Menu - driven parameterization		●
Flow indication		●
Calibration		●
Working hour meter		●
Password protection		●
4 - key operation		●
2 - key operation	●	
2 digital outputs (PLC) <sup>1)</sup>		●
1 digital input (PLC or contact signal) <sup>1)</sup>		●
2 digital inputs (PLC or contact signal)	●	
1 analogue input (0/4 – 20 mA)	●	
2 analogue / digital inputs (optionally reversible) <sup>1)</sup>		●
Programmable input/output functions <sup>1)</sup>		●
Connection / evaluation 2-stage level monitoring	●	●
Connection / evaluation diaphragm rupture monitoring		●
Connection / evaluation flow monitoring		●
Connection / evaluation flow metering		●

<sup>1)</sup> inapplicable when supplied with PROFIBUS DP-interface

## Technical data

### Serie 204.1

Pump type	Nominal capacity		max. counter-pressure	max. suction <sup>2)</sup> height	Inlet/Outlet size	Driving power (solenoid)	Nominal stroke frequency
	Q <sub>N</sub> 50/60 Hz [l/h]	Q <sub>stroke</sub> [ml/Stroke]	p <sub>2</sub> max. [bar]	[mWC]	DN [mm]	P <sub>M</sub> [W]	n <sub>N</sub> 50/60 Hz [min <sup>-1</sup> ]
R / C 204.1 – 0,4e	0 – 0,4	0,04	10	2	4	20	150
R / C 204.1 – 1,2e	0 – 1,2	0,13	10	3	5	20	150
R / C 204.1 – 2,4e	0 – 2,4	0,22	10	3	5	26	150
R / C 204.1 – 7,0e	0 – 7,0	0,77	10	3	5	33	150
R / C 204.1 – 10e	0 – 10	1,1	6	3	5	33	150
R / C 204.1 – 14e	0 – 14	1,5	3	3	5	26	150
R / C 204.1 – 25e	0 – 25	2,7	3	3	10	33	150
R / C 204.1 – 30e	0 – 30	3,3	2,5	3	10	33	150
R / C 204.1 – 35e	0 – 35	3,8	1,5	3	10	33	150

<sup>2)</sup> with filled suction line

## Electrical data

- Operating voltage: 100 – 240 V (50/60 Hz)
- Inlet voltage control input<sup>3)</sup>: 5...30 V DC
- Middle power draw with 150 strokes/min: 30 W
- Current consumption during stroke (230 V): max. 1,5 A
- Minimal contact signal time<sup>3)</sup>: 55 ms
- Analogue input resistance<sup>3)</sup>: 100 Ω
- Digital Output<sup>3)</sup>: PNP, internal supply: max. 15V DC, 50 mA external supply: max. 30V DC, 350 mA
- Pump protection type: IP 65
- Insulation class: F

- Permitted ambient temperature: +2°C to +40°C
- Permitted humidity: approx. 90%

## Option PROFIBUS

- PROFIBUS DP-V0 Slave interface
- Transmission rate: 9,6 kbit/s ... 12 Mbit/s
- Connection socket M12x1, 5-pole, B-coded

<sup>3)</sup> inapplicable when supplied with PROFIBUS DP interface

## CAPÍTULO 9. FICHAS DE LOS REACTIVOS

### 9.1. Hipoclorito sódico (NaClO)



Ficha de datos de seguridad  
según 1907/2006/CE (REACH), 453/2010/EC

**HIPOCLORITO SODICO 15%**



#### SECCIÓN 1: IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O LA MEZCLA Y DE LA SOCIEDAD O EMPRESA

<b>1.1 Identificador del producto:</b>	HIPOCLORITO SODICO 15%
	Hipoclorito de sodio, solución 10 % < Cl < 20 %
CAS:	7681-52-9
CE:	231-668-3
Index:	No determinado
REACH:	01-2119488154-34-XXXX
<b>1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados:</b>	Desinfectante. Uso exclusivo profesional.
<b>1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad:</b>	URTEAGA QUIMICA, S.L. Ctra. de Bergara, nº 27 01013 Vitoria-Gasteiz - Alava - España Tfno.: 945 262 517 - Fax: 945 120 871 urteaga@urteagaquimica.com www.urteagaquimica.com
<b>1.4 Teléfono de emergencia:</b>	945 262 517 Horario de 8 a 13 h y de 15 a 18 h (Lunes a Viernes)

#### SECCIÓN 2: IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

<b>2.1 Clasificación:</b>	
<b>Directiva 67/548/CE y Directiva 1999/45/CE:</b>	La clasificación del producto se ha realizado conforme con el R.D. 363/1995 (Directiva 67/548/CE) y el R.D.255/2003 (Directiva 1999/45/CE), adaptando sus disposiciones al Reglamento (CE) nº1907/2006 (Reglamento REACH) de acuerdo al R.D. 1802/2008. C: R34 - Provoca quemaduras R31 - En contacto con ácidos libera gases tóxicos
<b>Reglamento nº1272/ 2008 (CLP):</b>	La clasificación de este producto se ha realizado conforme el Reglamento nº1272/2008 (CLP). Aquatic Acute 1: Peligrosidad aguda para el medio ambiente acuático, Categoría 1 Eye Dam. 1: Lesiones oculares graves, Categoría 1 Met. Corr. 1: Corrosivo para los metales, Categoría 1 Skin Corr. 1B: Corrosión cutánea, Categoría 1B
<b>2.2 Elementos de la etiqueta:</b>	
<b>Directiva 67/548/CE y Directiva 1999/45/CE:</b>	De acuerdo a la legislación los elementos del etiquetado son los siguientes:
	 Corrosivo
<b>Frases R:</b>	R31: En contacto con ácidos libera gases tóxicos R34: Provoca quemaduras
<b>Frases S:</b>	S1/2: Conservarse bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños S26: En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico S28: En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con agua y jabón neutro S45: En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrele la etiqueta) S50: No mezclar con materiales incompatibles
<b>Información suplementaria:</b>	No relevante
<b>Sustancias que contribuyen a la clasificación:</b>	Hipoclorito de sodio, solución 10 % < Cl < 20 %
<b>Reglamento nº1272/ 2008 (CLP):</b>	



**SECCIÓN 2: IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS (continúa)**

**Peligro**



**Indicaciones de peligro:**

Aquatic Acute 1: H400 - Muy tóxico para los organismos acuáticos.  
Met. Corr. 1: H290 - Puede ser corrosivo para los metales.  
Skin Corr. 1B: H314 - Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

**Consejos de prudencia:**

P273: Evitar su liberación al medio ambiente.  
P301+P330+P331: EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito.  
P303+P361+P353: EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitarse inmediatamente las prendas contaminadas. Aclararse la piel con agua o ducharse.  
P304+P340: EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.  
P310: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico.  
P363: Lavar las prendas contaminadas antes de volver a usarlas.

**Información suplementaria:**

EUH031: En contacto con ácidos libera gases tóxicos.

**2.3 Otros peligros:**

No relevante

**SECCIÓN 3: COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES**

**Descripción química:** No definida

**Componentes:**

De acuerdo al Anexo II del Reglamento (CE) nº1907/2006 (punto 3), el producto presenta:

Identificación	Nombre químico/clasificación	Concentración
CAS: 7681-52-9 CE: 231-668-3 Index: REACH:01-2119468154-34-0000	<b>Hipoclorito de sodio, solución 10 % &lt; Cl &lt; 20 %</b> Directiva 67/548/CE C: R14; R31 Reglamento 1272/2008 Aquatic Acute 1: H400; Eye Dam. 1: H318; Met. Corr. 1: H290; Skin Corr. 1B: H314 - Peligro	Autodasificada <b>100 %</b>

Para ampliar información sobre la peligrosidad de las sustancias consultar los epígrafes 8, 11, 12 y 16.

**SECCIÓN 4: PRIMEROS AUXILIOS**

**4.1 Descripción de los primeros auxilios:**

Requerir asistencia médica inmediata, mostrándole la FDS de este producto

**Por inhalación:**

Sacar al afectado del lugar de exposición, suministrarle aire limpio y mantenerlo en reposo. En casos graves como parada cardiorespiratoria, se aplicarán técnicas de respiración artificial (respiración boca a boca, masaje cardíaco, suministro de oxígeno, etc.) requiriendo asistencia médica inmediata.

**Por contacto con la piel:**

Quitar la ropa y los zapatos contaminados, aclarar la piel o duchar al afectado si procede con abundante agua fría y jabón neutro. En caso de afección importante acudir al médico. Si la mezcla produce quemaduras o congelación, no se debe quitar la ropa debido a que podría empeorar la lesión producida si esta se encuentra pegada a la piel. En el caso de formarse ampollas en la piel, éstas nunca deben reventarse ya que aumentaría el riesgo de infección.

**Por contacto con los ojos:**

Enjuagar los ojos con abundante agua a temperatura ambiente al menos durante 15 minutos. Evitar que el afectado se frote o cierre los ojos. En el caso de que el accidentado use lentes de contacto, éstas deben retirarse siempre que no estén pegadas a los ojos, de otro modo podría producirse un daño adicional. En todos los casos, después del lavado, se debe acudir al médico lo más rápidamente posible con la FDS del producto.

**Por ingestión:**

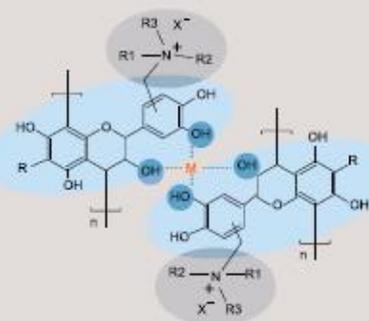
## 9.2. Coagulante



### Antecedentes

- Polimero orgánico natural con carácter catiónico.
- Se extrae de la corteza de la acacia negra (*Acacia mearnsii* de wild).
- Acción coagulante que trata sistemas coloidales neutralizando las cargas y aglomerando las partículas en suspensión.
- No afecta al pH del sistema y presenta un rango efectivo de 4.5 a 9.0.
- No consume la alcalinidad del medio. La eficiencia coagulante es siempre óptima porque no sufre hidrólisis en solución acuosa.
- Polimero orgánico a base de vegetales con carácter catiónico utilizado como coagulante para el agua potable y tratamiento de aguas residuales, incluyendo las plantas industriales y urbanas.
- Producto alternativo contra coagulantes inorgánicos utilizados actualmente tales como cloruro férrico, policloruro de aluminio o sulfato de aluminio.
- Deshidratación de lodos optimizada para filtro prensa, sustituyendo productos inorgánicos como cloruro férrico.

PRODUCTOS	ECOTAN BIO 100 D	ECOTAN BIO 100	ECOTAN BIO 200	ECOTAN BIO GS	ECOTAN BIO GP
ASPECTO	LÍQUIDO MARRÓN	LÍQUIDO MARRÓN	LÍQUIDO MARRÓN	LÍQUIDO MARRÓN	LÍQUIDO MARRÓN
DENSIDAD	1,06 - 1,12	1,07 - 1,17	1,06 - 1,12	-	-
VISCOSIDAD	1 - 100	1 - 100	1 - 100	1 - 100 (25%)	1 - 100 (25%)
PH	2,1- 2,9	2,1- 2,9	2,1- 2,9	2,1- 2,9	2,1- 2,9
CATIONICIDAD	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	ALTO	ALTO



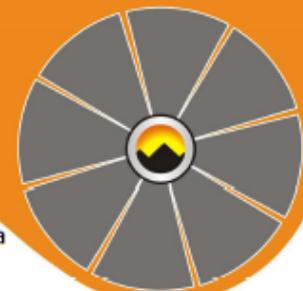
### 9.3. Bisulfito sódico ( $\text{NaHSO}_3$ )



## Genesys RED

Reductor de Cloro

GENESYS
www.genesysro.com

INTERNATIONAL


**Previene los daños por contacto con cloro**



- ✓ Para uso en instalaciones de Ósmosis Inversa (OI) y Nanofiltración (NF)
- ✓ Compatible con membranas de poliamida
- ✓ Elimina el cloro residual del agua de alimentación a membranas.
- ✓ Puede emplearse en sistemas de agua potable e industria alimentaria

**Descripción**  
 Genesys RED es un agente reductor adecuado para la eliminación de oxígeno disuelto y cloro residual en el agua de aporte a membranas. Genesys RED se emplea en sistemas de ósmosis inversa y nanofiltración con membranas de poliamida donde concentraciones residuales de cloro podrían provocar daños irreversibles. Genesys RED reacciona de forma rápida con el cloro si bien su reacción con el oxígeno es más lenta.

**Guía de aplicación**  
 Genesys RED debe dosificarse de forma continua en el agua de alimentación, antes de los filtros de seguridad. La dosis recomendada es de 8-12 mg/L por cada 1 mg/L de cloro activo. Se recomienda control redox para prevenir daños en las membranas. Genesys RED es miscible en agua en cualquier proporción, pero si se diluye, debe emplearse agua libre de cloro.

**Seguridad y uso**  
 Genesys RED es una solución de metabisulfito. Es compatible con aceros inoxidables AISI, polietileno, polipropileno, PVC, vidrio y caucho. Tómense todas las precauciones necesarias cuando se maneje este producto y obsérvense todas las recomendaciones de seguridad que aparecen en la etiqueta del producto y/o la ficha de datos de seguridad. La ficha de seguridad del producto está disponible bajo pedido.

**Clasificación**  
 CPL: Nocivo | UN: No clasificado

**Características**

Apariencia:	Líquido transparente-amarillo
pH (al que se suministra):	3 - 4
Densidad (20°C):	1.20 - 1.23
Punto de congelación:	<-5 °C

**Envasado y caducidad**  
 Disponible en envases de 25 Kg.  
 El periodo máximo de almacenaje recomendado es de 12 meses. El envase debe mantenerse cerrado mientras no se emplee el producto. Mantener alejado de productos oxidantes.



ISO 9001 / FS 079330

**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.com](mailto:genesys@genesysro.com)  
[www.genesysro.com](http://www.genesysro.com)

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

## 9.4. Antiincrustante



# Genesis LF

## Antiincrustante – uso general

GENESYS
www.genesysro.es

INTERNATIONAL


**Previene las incrustaciones**



**Efectivo frente al hierro**



- ✓ Para uso en instalaciones de Ósmosis Inversa (OI) y Nanofiltración (NF)
- ✓ Probado en aguas con LSI superiores a +2.6
- ✓ Excelente inhibidor de depósitos de hierro
- ✓ Excelente antiincrustante para sílice
- ✓ Aprobaciones NSF, KIWA y UKDWI para aguas de consumo.
- ✓ Compatible con membranas de poliamida
- ✓ Evita la dosificación de ácido
- ✓ Previene las incrustaciones más frecuentes;
  - ▶ Carbonato/sulfato cálcico
  - ▶ Sulfato de bario/estroncio
  - ▶ Sílice
  - ▶ Hierro/Manganeso
  - ▶ Fosfato cálcico

**Descripción**  
 Genesis LF se ha formulado como antiincrustante de amplio espectro para empleo en sistemas de osmosis inversa y nanofiltración. Es altamente efectivo en la prevención de incrustaciones y depósitos inorgánicos, concretamente carbonato cálcico, hierro y sílice, reduciendo la frecuencia de limpieza y sustitución de las membranas.

La efectividad de Genesis LF ha sido probada en aguas con un Índice de Langelier (LSI) de +2.6, permitiendo el diseño y operación de estos sistemas con valores de recuperación óptimos. Reduciendo el volumen de agua de aporte y el rechazo para vertido, pueden alcanzarse reducciones significativas tanto en los costes de inversión como de operación.

**Guía de aplicación**  
 Genesis LF debe dosificarse de forma continua en el agua de alimentación, antes de los filtros de seguridad. La dosis típica varía entre 2 – 4 mg/L. La dosificación óptima para cada aplicación puede calcularse usando el programa Genesis Membrane Master®. Genesis LF puede dosificarse puro o diluido en agua producto al ser miscible en agua en cualquier proporción.

**Seguridad y uso**  
 Genesis LF es una solución acuosa de un ácido fosfónico neutralizado, que cuenta con aprobaciones para su uso en aplicaciones de tratamiento de aguas destinadas a consumo. Tiene un impacto nulo en los niveles de carbono orgánico asimilable (AOC), que puede actuar como nutriente para los microorganismos. Genesis LF es compatible con aceros al carbono y los materiales de construcción habituales. La ficha de seguridad del producto está disponible bajo pedido.

**Clasificación**  
 CPL: Sin clasificar | UN: No peligroso

**Características**

Apariencia:	líquido amarillento
pH (al que se suministra)	9.8 - 10.2
Densidad (a 20°C):	1.32 - 1.34
Punto de congelación:	< - 5°C

**Envasado y caducidad**  
 Disponible en envases de 25 Kg, 250 Kg y 1.300 Kg (IBC).  
 El periodo máximo de almacenaje recomendado es de 2 años.



ISO 9001 / 15 5 9900

**Información adicional:**  
**Genesis 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](mailto:genesys@genesysro.es)  
[www.genesysro.es](http://www.genesysro.es)

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

## 9.5. Limpiador ácido



# Genesys

INTERNATIONAL

## Genesol 38

Limpiador ácido

[www.genesysro.es](http://www.genesysro.es)

**Elimina incrustaciones**



**Limpiador de depósitos de hierro**



- ✓ Para uso en instalaciones de Ósmosis Inversa (OI) y Nanofiltración (NF).
- ✓ Efectivo frente depósitos inorgánicos.
- ✓ Producto más adecuado para depósitos de hierro.
- ✓ Capacidad autorreguladora del pH que asegura la máxima solubilidad de los compuestos férricos.
- ✓ Compatible con membranas de poliamida y acetato de celulosa.
- ✓ Efectivo frente a ensuciamientos de aluminio.

**Características:**

Apariencia: Líquido amarillo/transparente

pH (suministro): 3.5 - 4.0

Densidad (20°C): 1.17 - 1.20

Punto congelación: 0 °C

**Descripción**

Genesol 38 ha sido desarrollado como un limpiador inorgánico para eliminar depósitos de hierro así como incrustaciones en instalaciones de Ósmosis Inversa y Nanofiltración.

La capacidad tampón de este producto garantiza que se alcance el punto de máxima solubilidad de los compuestos férricos. Genesol 38 cuenta con aprobaciones a nivel internacional para empleo en instalaciones de producción de agua de consumo.

**Guía de aplicación**

Genesol 38 es altamente efectivo cuando se emplea en soluciones al 3-4% y se alternan periodos de recirculación-remojado del sistema de membranas durante 1-2 horas. Cuando se emplea Genesol 38, el valor de pH de la solución de limpieza se estabilizará en valores próximos a 3.7. Si este valor aumentara (>4.2), la solución deberá reemplazarse por una nueva. Es recomendable realizar la operación de limpieza en valores de temperatura en torno a 25-30°C. En cualquier caso deben respetarse las condiciones establecidas por el fabricante de las membranas.

Después de la limpieza, las soluciones de Genesol 38 deben neutralizarse hasta pH 6-8 previo a su vertido con una solución alcalina para prevenir daños en las conducciones de cemento y hormigón. Antes de poner la planta en producción, los elementos de membrana deben aclararse con abundante agua, hasta los valores de pH en alimentación y vertido (rechazo) se igualen. Tras la limpieza, la conductividad del agua producto puede ser inicialmente elevada, si bien volverá a valores normales tras unas horas de operación.

Genesol 38 es fácilmente miscible en agua en cualquier proporción.

**Seguridad y uso**

Genesol 38 es una solución acuosa ácido cítrico combinado con un biodispersante no iónico clasificado como no tóxico. Este producto es corrosivo frente a aceros al carbono por lo que bombas dosificadoras, tanques de almacenamiento y tuberías deben estar construidas con materiales resistentes a los ácidos.

La ficha de seguridad del producto está disponible bajo pedido.

**Clasificación**

CPL: No clasificado | UN: No Peligroso

**Envasado y caducidad**

Disponible en envases de 5 Kg, 25 Kg y 250 Kg.

El periodo máximo de almacenaje recomendado es de 2 años.





ISO 9001 / FS 579930

**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](mailto:genesys@genesysro.es)  
[www.genesysro.es](http://www.genesysro.es)

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

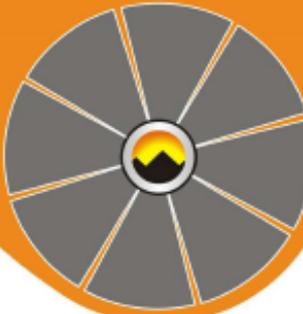
## 9.6.Limpiador alcalino



# Genesol 40

## Limpiador Alcalino

**GENESYS**
[www.genesysro.es](http://www.genesysro.es)

**INTERNATIONAL**


**Elimina depósitos orgánicos**



**Descripción**

Genesol 40 ha sido desarrollado como un limpiador de uso general con efectividad frente a los depósitos de naturaleza orgánica encontrados comúnmente en sistemas de membranas de Ósmosis Inversa y Nanofiltración.

**Limpia sílice/arcillas**



**Guía de aplicación**

Genesol 40 es altamente efectivo cuando se utiliza en soluciones al 2-3% al máximo pH permitido por el fabricante de las membranas. Se deben alternar periodos de recirculación y remojo de las membranas con la solución de limpieza durante al menos 4-6 horas. La operación con altas temperaturas mejorará la eficiencia de las limpiezas. Después de cada limpieza, las membranas deberán aclararse con abundante agua hasta que el pH en alimentación y vertido (rechazo) se igualen. Las soluciones de limpieza que contienen Genesol 40 presentan tendencia a la formación de espumas.

Genesol 40 cuenta con aprobaciones a nivel internacional para uso en instalaciones de agua de consumo.

Genesol 40 puede diluirse y es totalmente miscible en agua en cualquier proporción.

**Seguridad y uso**

Genesol 40 es una mezcla acuosa de limpiadores, incluyendo un agente surfactante, un quelante biodegradable y fosfatos inorgánicos. Es compatible con aceros al carbono y los materiales de construcción habituales. La ficha de datos de seguridad está disponible bajo pedido.

**Clasificación**

CPL: Corrosivo | UN: Corrosivo

**Envasado y caducidad**

Disponible en envases de 5 Kg, 25 Kg y 250 Kg. El periodo máximo de almacenaje recomendado es de 2 años. Genesol 40 debe almacenarse a temperaturas superiores a 10°C, ya que el producto puede precipitar a temperaturas inferiores. Los precipitados se disolverían al calentar el producto.

**Características**

Apariencia: líquido pálido amarillento

pH (suministro): >13.0

Densidad (20°C): 1.12 - 1.24

P. congelación: 0°C

**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](mailto:genesys@genesysro.es)  
[www.genesysro.es](http://www.genesysro.es)

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



ISO 9001 / FS 579330

# **4. PLANOS**

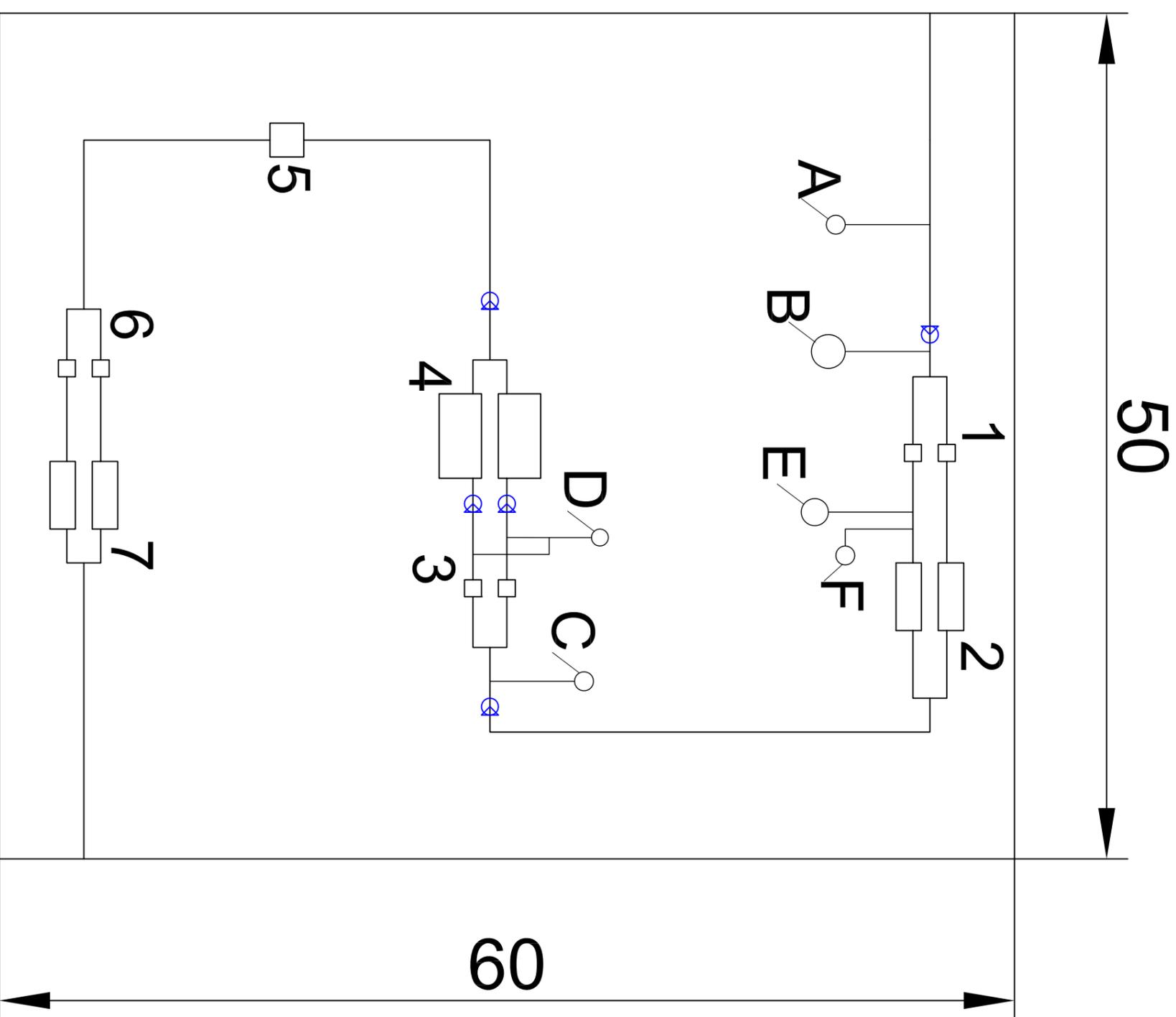


<b>PLANO 1. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA</b> .....	2
<b>PLANO 2. DISTRIBUCIÓN GENERAL</b> .....	3



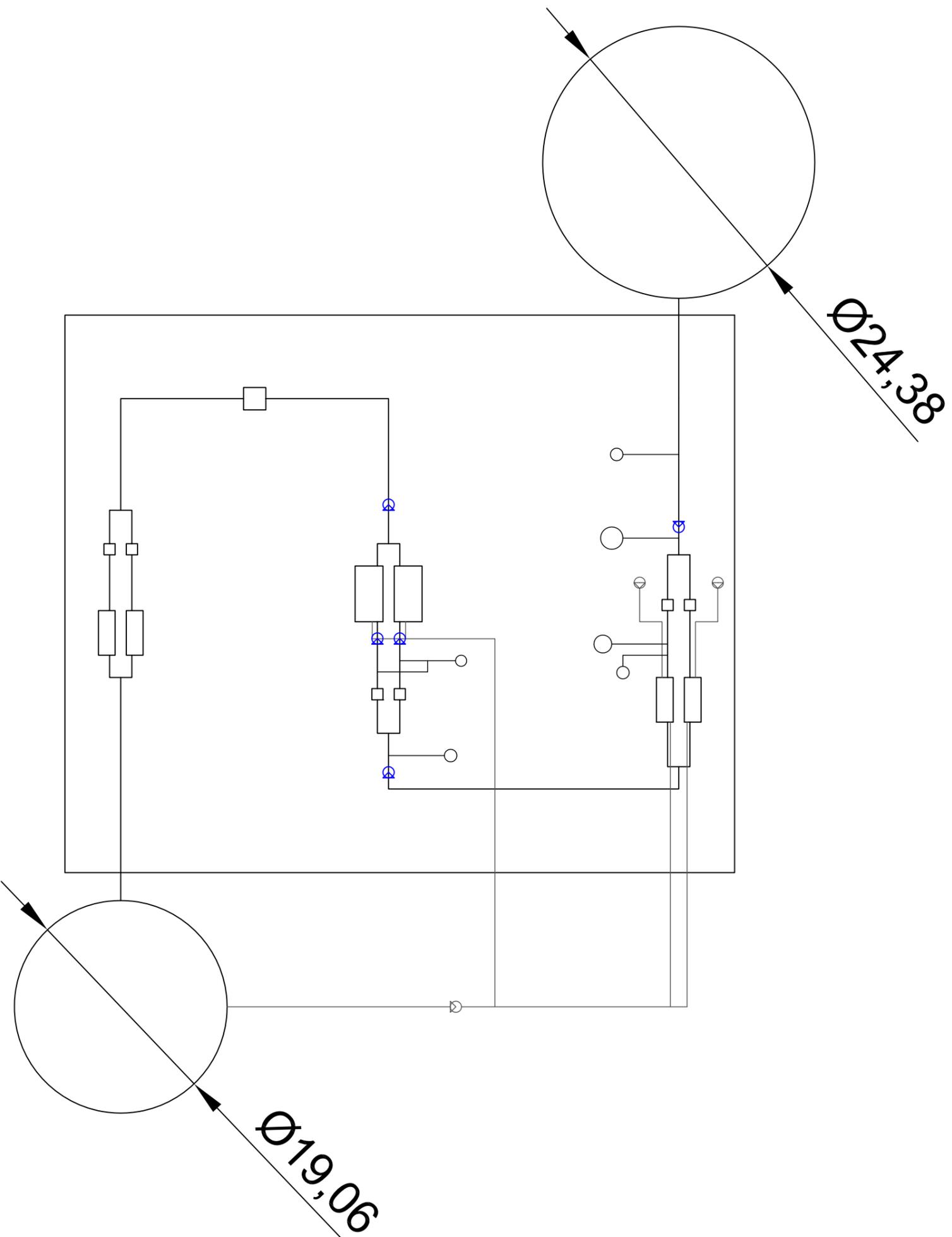
Equipos	I x a
1. Filtro malla	1x1
2. Módulos UF	4x1.5
3. Filtros 5 micra	1x1
4. Ósmosis Inv	5x2.5
5. Desgasific.	2x2
6. Filtros 1 micra	1x1
7. Módulos EDI	4x1.5

Reactivos	Ø
A. Hipoclorito	0.56
B. Coagulante	1
C. Bisulfito	0.56
D. Antiincrustante	0.5
E. Limpiador ácido	0.56
F. Limpiador alcalino	0.5



	Carrera	EQ	Escala	E=1:300	Título	<b>Distribución en planta</b>
	Razón	TFG	Unid. dimensional	m	Autor	
					Sistema	Nº plano
						1





		<b>EQ</b> <small>Razón</small>		<small>Carretera</small>	
<b>m</b> <small>Unid. dimensional</small>		<b>TFG</b> <small>Sistema</small>		<small>Escala</small> <b>E=1:400</b>	
<b>Distribución general</b>		<small>Título</small>		<small>Autor</small>	
<b>Rodríguez Sáez, Carlos</b>				<small>Nº plano</small> <b>2</b>	



# **5. PLIEGO DE CONDICIONES**



<b>CAPÍTULO 1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1. Disposiciones generales .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. Contrato de obra .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2.1. Documentación del contrato de obra.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2.2. Formalización del contrato de obra.....</b>	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO 2. PLIEGO DE CONDICIONES FACULTATIVAS .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1. Promotor .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1.1. Responsabilidad del promotor .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2. Proyectista.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2.1. Responsabilidades del proyectista .....</b>	<b>6</b>
<b>2.3. Contratista .....</b>	<b>7</b>
<b>2.3.1. Responsabilidades del contratista.....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO 3. PLIEGO DE CONDICIONES ECONÓMICAS.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1. Contrato de obra .....</b>	<b>10</b>
<b>3.2. Criterio general .....</b>	<b>11</b>
<b>3.3. Precios .....</b>	<b>11</b>
<b>3.4. Fianzas.....</b>	<b>11</b>
<b>3.5. Indemnizaciones .....</b>	<b>12</b>
<b>3.6. Seguro y conservación de la obra.....</b>	<b>12</b>
<b>3.7. Retención en concepto de garantía .....</b>	<b>12</b>
<b>3.8. Plazos de la ejecución de la obra .....</b>	<b>13</b>
<b>3.9. Liquidación final de la obra .....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO 4. PLIEGO DE CONDICIONES LEGALES.....</b>	<b>14</b>
<b>4.1. Contrato de obra .....</b>	<b>14</b>
<b>4.2. Rescisión del contrato .....</b>	<b>14</b>
<b>4.3. Formalización del contrato.....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO 5. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS .....</b>	<b>15</b>
<b>5.1. Condiciones técnicas generales.....</b>	<b>15</b>
<b>5.2. Condiciones técnicas particulares.....</b>	<b>16</b>
<b>5.2.1. Conducciones.....</b>	<b>16</b>
<b>5.2.2. Accesorios .....</b>	<b>16</b>
<b>5.2.3. Bombas.....</b>	<b>17</b>
<b>5.2.4. Filtros .....</b>	<b>17</b>
<b>5.2.5. Sistema de ultrafiltración (UF) .....</b>	<b>17</b>
<b>5.2.6. Sistema de ósmosis inversa (OI) .....</b>	<b>17</b>
<b>5.2.7. Sistema de electrodesionización (EDI) .....</b>	<b>17</b>



## **CAPÍTULO 1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES**

### **1.1. Disposiciones generales**

El presente Pliego de Condiciones tiene por finalidad regular la ejecución de la obra fijando los niveles técnicos y de calidad exigibles, definiendo las intervenciones que corresponden, según el contrato y de acuerdo a la legislación aplicable, al promotor, al contratista, sus técnicos y encargados, así como las relaciones entre ellos y sus correspondientes obligaciones en concordancia al cumplimiento del contrato de obra.

### **1.2. Contrato de obra**

El presente contrato tiene por objetivo el diseño y construcción de una planta de tratamiento de aguas superficiales para su posterior alimentación a una caldera. Se recomienda la contratación de la ejecución de las obras por unidades de obra, con arreglo a los documentos del proyecto y en cifras fijas. El Director de Obra ofrecerá la documentación necesaria para su realización.

#### **1.2.1. Documentación del contrato de obra**

Integran el contrato de obra los siguientes documentos, relacionados por orden de prelación atendiendo al valor de sus especificaciones, en el caso de posibles interpretaciones, omisiones o contradicciones:

- I. Las condiciones fijadas en el contrato de obra.
- II. El presente Pliego de Condiciones.
- III. La documentación gráfica y escrita del proyecto: *Planos, Memoria, Anexos, Estado de Mediciones y Presupuesto.*

En caso de interpretación prevalecen las especificaciones literales sobre las gráficas y las cotas sobre las medidas a escala tomadas de los planos.

### 1.2.2. Formalización del contrato de obra

Los Contratos se formalizarán, en general, mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública, a petición de cualquiera de las partes.

El cuerpo de estos documentos contendrá:

- I. La comunicación de la adjudicación.
- II. La copia del recibo de depósito de la fianza (en caso de que se haya exigido).
- III. La cláusula en la que se exprese, de forma categórica, que el Contratista se obliga al cumplimiento estricto del contrato de obra, conforme a lo previsto en el Pliego de Condiciones, junto con la *Memoria y Anexos*, el *Estado de Mediciones*, *Presupuesto*, *Planos* y todos los documentos que han de servir de base para la realización de las obras definidas en el presente Proyecto.

## **CAPÍTULO 2. PLIEGO DE CONDICIONES FACULTATIVAS**

### **2.1. Promotor**

Es la persona física o jurídica, pública o privada, que individual o colectivamente decide, impulsa, programa y financia, con recursos propios o ajenos, las obras para sí mismo o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Asume la iniciativa de todo el proceso de la obra, impulsando la gestión necesaria para llevar a cabo la obra inicialmente proyectada, y se hace cargo de todos los costes necesarios. Según la legislación vigente, a la figura del promotor se añadirán también las de gestor de sociedades cooperativas, comunidades de propietarios, u otras análogas que asumen la gestión económica de la obra.

Cuando las Administraciones Públicas y los organismos sujetos a la legislación de contratos de las Administraciones Públicas actúen como promotores, se regirán por la legislación de contratos de las Administraciones Públicas y, en lo no contemplado en la misma, por las disposiciones de la LOE.

#### **2.1.1. Responsabilidad del promotor**

- A. Ostentar sobre la propiedad la titularidad de un permiso que le faculte para construir en él.
- B. Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto correspondiente, así como autorizar al director de obra, al director de la ejecución de la obra y al contratista posteriores modificaciones del mismo que fueran imprescindibles para llevar a buen fin el proyecto.
- C. Elegir y contratar a los distintos agentes, con la titulación y capacitación profesional necesaria, que garanticen el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para realizar en su globalidad y realizar el objeto de lo promovido, en los plazos estipulados y en las condiciones de calidad mínima exigibles mediante el cumplimiento de los requisitos básicos estipulados para las instalaciones.

- D. Gestionar y hacerse cargo de las preceptivas licencias y demás autorizaciones administrativas procedentes, de conformidad con la normativa aplicable.
- E. Garantizar los daños materiales que la instalación pueda sufrir, para la adecuada protección de los intereses de los usuarios finales, en las condiciones legalmente establecidas, asumiendo la responsabilidad civil de forma personal e individualizada, tanto por actos propios como por actos de otros agentes por los que, con arreglo a la legislación vigente, se deba responder.
- F. Contratar a los técnicos redactores del preceptivo estudio de seguridad y salud o estudio básico, en su caso, al igual que a los técnicos coordinadores en la materia en la fase que corresponda, todo ello según lo establecido en el R.D. 1627/97, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud en las obras de construcción.
- G. El Promotor no podrá dar orden de inicio de las obras hasta que el contratista haya redactado su plan de seguridad y, además, este haya sido aprobado por el coordinador en materia de seguridad y salud en fase de ejecución de la obra, dejando constancia expresa en el acta de aprobación realizada al efecto.
- H. Efectuar el denominado aviso previo a la autoridad laboral competente, haciendo constar los datos de la obra, redactándolo de acuerdo a lo especificado en el Anexo III del R.D.1627/97. Una copia del mismo deberá exponerse en la obra de forma visible, actualizándolo si fuese necesario.
- I. Suscribir el acta de recepción final de las obras, una vez concluidas éstas, haciendo constar la aceptación de las obras, que podrá efectuarse con o sin reservas y que deberá abarcar la totalidad de las obras o fases completas. En el caso de hacer mención expresa a reservas para la recepción, deberán mencionarse de manera detallada las deficiencias y se deberá hacer constar el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados.
- J. Entregar al adquirente y usuario inicial, en su caso, el manual de uso y mantenimiento del mismo y demás documentación de obra ejecutada, o cualquier otro documento exigible por las administraciones competentes.

## **2.2. Projectista**

Es el agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto.

Podrán redactar proyectos parciales del proyecto, o partes que lo complementen, otros técnicos, de forma coordinada con el autor de éste.

Cuando el proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales u otros documentos técnicos según lo previsto en el apartado 2 del artículo 4 de la LOE, cada proyectista asumirá la titularidad de su proyecto.

### **2.2.1. Responsabilidades del proyectista**

- A. Redactar el proyecto por encargo del Promotor, con sujeción a la normativa técnica en vigor y conteniendo la documentación necesaria para tramitar tanto la licencia de obras y demás permisos administrativos como para ser interpretada y poder ejecutar totalmente la obra, entregando al promotor las copias autorizadas correspondientes, debidamente visadas por su colegio profesional.
- B. Definir el concepto global del proyecto de ejecución con el nivel de detalle gráfico y escrito suficiente y calcular los elementos fundamentales de la instalación.
- C. Concretar en el proyecto el emplazamiento de cuartos de máquinas, de contadores, hornacinas, espacios asignados para subida de conductos, reservas de huecos de ventilación, alojamiento de sistemas de telecomunicación y, en general, de aquellos elementos necesarios en la instalación para facilitar las determinaciones concretas y especificaciones detalladas que son cometido de los proyectos parciales, debiendo estos adaptarse al proyecto de ejecución, y no pudiendo contravenirlo en modo alguno.
- D. Deberá entregarse necesariamente un ejemplar del proyecto complementario al arquitecto antes del inicio de las obras o instalaciones correspondientes.
- E. Acordar con el promotor la contratación de colaboraciones parciales de otros técnicos profesionales.

- F. Facilitar la colaboración necesaria para que se produzca la adecuada coordinación con los proyectos parciales exigibles por la legislación o la normativa vigente y que sea necesario incluir para el desarrollo adecuado del proceso, que deberán ser redactados por técnicos competentes, bajo su responsabilidad y suscritos por persona física. Los proyectos parciales serán aquellos redactados por otros técnicos cuya competencia puede ser distinta e incompatible con las competencias del ingeniero y, por tanto, de exclusiva responsabilidad de estos. Elaborar aquellos proyectos parciales o estudios complementarios exigidos por la legislación vigente en los que es legalmente competente para su redacción, excepto declinación expresa del ingeniero y previo acuerdo con el promotor, pudiendo exigir la compensación económica en concepto de cesión de derechos de autor y de la propiedad intelectual si se tuviera que entregar a otros técnicos, igualmente competentes para realizar el trabajo, documentos o planos del proyecto por él redactado, en soporte papel o informático.
- G. Ostentar la propiedad intelectual de su trabajo, tanto de la documentación escrita como de los cálculos de cualquier tipo, así como de los planos contenidos en la totalidad del proyecto y cualquiera de sus documentos complementarios.

### **2.3. Contratista**

Es el agente que asume, contractualmente ante el promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de las mismas con sujeción al Proyecto y al Contrato de obra.

Cabe efectuar especial mención de que la ley señala como responsable explícito de los vicios o defectos constructivos al contratista general de la obra, sin perjuicio del derecho de repetición de éste hacia los subcontratistas.

### **2.3.1. Responsabilidades del contratista**

- A. Tener la capacitación profesional o titulación que habilita para el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para actuar como constructor.
- B. Organizar los trabajos de construcción, redactando los planes de obra que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
- C. Examinar la documentación aportada por los técnicos redactores correspondientes, tanto del Proyecto de Ejecución como de los proyectos complementarios, así como del Estudio de Seguridad y Salud, verificando que le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitando las aclaraciones pertinentes.
- D. Elaborar, antes del comienzo de las obras, el plan de seguridad y salud de la obra en aplicación del estudio correspondiente, y disponer, en todo caso, la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad e higiene en el trabajo.
- E. Ostentar la Jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordinar las intervenciones de los subcontratistas y trabajadores autónomos.
- F. Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparados en obra y rechazando los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- G. Disponer de los medios materiales y humanos que la naturaleza y entidad de la obra impongan, disponiendo del número adecuado de oficiales, suboficiales y peones que la obra requiera en cada momento, bien por personal propio o mediante subcontratistas al efecto, procediendo a solapar aquellos oficios en la obra que sean compatibles entre sí y que permitan acometer distintos trabajos a la vez sin provocar interferencias, contribuyendo con ello a la agilización y finalización de la obra dentro de los plazos previstos.

- H. Llevar a cabo la ejecución material de las obras de acuerdo con el proyecto, las normas técnicas de obligado cumplimiento y las reglas de la buena construcción.
- I. Custodiar el Libro de órdenes y seguimiento de la obra, y dar el enterado a las anotaciones que se practiquen en el mismo. - Facilitar al Aparejador o Arquitecto Técnico, con antelación suficiente, los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
- J. Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final. Así como suscribir con el Promotor el acta de recepción de la obra.
- K. Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.
- L. Suscribir las garantías de obra que se señalan en el Artículo 19 de la Ley de Ordenación de la Edificación y que, en función de su naturaleza, alcanzan períodos de 1 año (daños por defectos de terminación o acabado de las obras), 3 años (daños por defectos o vicios de elementos constructivos o de instalaciones que afecten a la habitabilidad) o 10 años (daños en cimentación o estructura que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad de la instalación).
- M. El Constructor dará comienzo a las obras en el plazo marcado en el Pliego de Condiciones particulares, desarrollándolas en la forma necesaria para que dentro de los periodos parciales en aquel ejecutados los trabajos correspondientes y, en consecuencia, la ejecución total se lleve a efecto dentro del plazo exigido en el Contrato. Obligatoria y por escrito deberá el contratista dar cuenta al Director de Obra del comienzo de los trabajos al menos con tres días de antelación.

## **CAPÍTULO 3. PLIEGO DE CONDICIONES ECONÓMICAS**

Las condiciones económicas fijan el marco de relaciones económicas para el abono y recepción de la obra. Tienen un carácter subsidiario respecto al contrato de obra, establecido entre las partes que intervienen, Promotor y Contratista, que es en definitiva el que tiene validez.

### **3.1. Contrato de obra**

Se aconseja que se firme el contrato de obra, entre el Promotor y el Contratista, antes de iniciarse las obras, evitando en lo posible la realización de la obra por administración. A la Dirección Facultativa se le facilitará una copia del contrato de obra, para poder certificar los términos pactados. Sólo se aconseja contratar por administración aquellas partidas de obra irrelevantes y de difícil cuantificación, o cuando se desee un acabado muy esmerado.

El contrato de obra deberá prever las posibles interpretaciones y discrepancias que pudieran surgir entre las partes, así como garantizar que la Dirección Facultativa pueda, de hecho, COORDINAR, DIRIGIR y CONTROLAR la obra, por lo que es conveniente que se especifiquen y determinen con claridad, como mínimo, los siguientes puntos:

- Documentos a aportar por el Contratista
- Condiciones de ocupación del edificio e inicio de las obras
- Determinación de los gastos de enganches y consumos
- Responsabilidades y obligaciones del Contratista: Legislación laboral
- Responsabilidades y obligaciones del Promotor
- Presupuesto del Contratista
- Revisión de precios
- Forma de pago: Certificaciones
- Retenciones en concepto de garantía (nunca menos del 5%).

- Plazos de ejecución: *Planning*
- Retraso de la obra: Penalizaciones
- Recepción de la obra: Provisional y definitiva
- Litigio entre las partes

Dado que este *Pliego de Condiciones Económicas* es complemento del contrato de obra, en caso de que no exista contrato de obra alguno entre las partes se le comunicará a la Dirección Facultativa, que pondrá a disposición de las partes el presente *Pliego de Condiciones Económicas* que podrá ser usado como base para la redacción del correspondiente contrato de obra.

### **3.2. Criterio general**

Todos los agentes que intervienen en el proceso de la construcción, definidos en la Ley 38/1999 de Ordenación de la Edificación (L.O.E.), tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas, pudiendo exigirse recíprocamente las garantías suficientes para el cumplimiento diligente de sus obligaciones de pago.

### **3.3. Precios**

Si el Contratista, antes de la firma del contrato de obra, no hubiese realizado la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del *Presupuesto* que sirva de base para la ejecución de las obras.

### **3.4. Fianzas**

En el caso de que el Contratista presente una fianza, si se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el arquitecto-director, en nombre y representación del promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o, podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza o garantía, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el promotor, en el caso de que el importe de la fianza o garantía no bastare para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

La fianza recibida será devuelta al Contratista en un plazo establecido en el contrato de obra, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra.

### **3.5. Indemnizaciones**

La indemnización por retraso en la terminación se establecerá en un porcentaje del importe total de los trabajos contratados o cantidad fija, que deberá indicarse en el Contrato suscrito entre Contratista y Promotor, por cada día natural de retraso, contados a partir del día de terminación fijado en el Calendario de obra. Las sumas resultantes se descontarán y retendrán con cargo a la fianza o a la retención.

### **3.6. Seguro y conservación de la obra**

El Contratista está obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva.

El Contratista está obligado a conservar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva.

### **3.7. Retención en concepto de garantía**

Del importe total de las certificaciones se descontará un porcentaje, que se retendrá en concepto de garantía. Este valor no deberá ser nunca menor del 5% y responderá de los trabajos mal ejecutados y de los perjuicios que puedan ocasionarle al Promotor.

Esta retención en concepto de garantía quedará en poder del Promotor durante el tiempo designado como periodo de garantía, pudiendo ser dicha retención, "en metálico" o mediante un aval bancario que garantice el importe total de la retención.

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el Director de Obra, en representación del Promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el Promotor, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

La fianza retenida en concepto de garantía será devuelta al Contratista en el plazo estipulado en el contrato, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. El promotor podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas atribuibles a la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros o subcontratos.

### **3.8. Plazos de la ejecución de la obra**

En el contrato de obra deberán figurar los plazos de ejecución y entregas, tanto totales como parciales. Además, será conveniente adjuntar al respectivo contrato un *Planning* de la ejecución de la obra donde figuren de forma gráfica y detallada la duración de las distintas partidas de obra que deberán conformar las partes contratantes.

### **3.9. Liquidación final de la obra**

Entre el Promotor y Contratista, la liquidación de la obra deberá hacerse de acuerdo con las certificaciones conformadas por la Dirección de Obra. Si la liquidación se realizara sin el visto bueno de la Dirección de Obra, ésta sólo mediará en caso de desavenencia o desacuerdo, en el recurso ante los Tribunales.

Si el Promotor no efectuase el pago de las obras ejecutadas, dentro del mes siguiente al que se hubiere comprometido, el Contratista tendrá el derecho de percibir la cantidad pactada en el Contrato suscrito con el Promotor, en concepto de intereses de demora, durante el espacio de tiempo del retraso y sobre el importe de la mencionada certificación. Si aún transcurrieran dos meses a partir del término de dicho plazo de un mes sin realizarse dicho pago, tendrá derecho el Contratista a la resolución del contrato, procediéndose a la liquidación correspondiente de las obras ejecutadas y de los materiales acopiados, siempre que éstos reúnan las condiciones preestablecidas y que su cantidad no exceda de la necesaria para la terminación de la obra contratada o adjudicada.

## **CAPÍTULO 4. PLIEGO DE CONDICIONES LEGALES**

### **4.1. Contrato de obra**

El Contratista, con carácter general, está obligado a ejecutar esmeradamente todas las obras que se le asignan, así como a cumplir rigurosamente todas las condiciones estipuladas en este Pliego o en el Contrato.

De la calidad y buena ejecución de las obras contratadas, el Contratista será el único responsable, no teniendo derecho a indemnizaciones en el caso de mayor precio que pudiese costarle la obra, ni por las erradas maniobras que cometiera durante la construcción, siendo a su cuenta y riesgo independientemente de la inspección que de ellas haya podido haber hecho el Técnico Director de obra.

### **4.2. Rescisión del contrato**

La rescisión, si se produjera, se regirá por el Reglamento General de Contratación para Aplicación de la Ley de Contratos de Estado, por el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales y demás disposiciones vigentes. Serán causas suficientes de rescisión las siguientes:

- I. Muerte o incapacitación del Contratista.
- II. Quiebra del Contratista.
- III. Alteraciones del contrato por modificación del proyecto, variación en las unidades de obra, incumplimiento de contrato o abandono o suspensión de la obra sin causa justificada.

### **4.3. Formalización del contrato**

La formalización del contrato se verificará por documento privado con el compromiso por ambas partes, Propiedad y Contratista de elevarlo a Documento Público a petición de cualquiera de ellos, como complemento del Contrato, los Planos y demás documentos del Proyecto irán firmados por ambos.

## **CAPÍTULO 5. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS**

### **5.1. Condiciones técnicas generales**

Los productos, equipos y sistemas suministrados deberán cumplir las condiciones que sobre ellos se especifican en los distintos documentos que componen el Proyecto. Asimismo, sus calidades serán acordes con las distintas normas que sobre ellos estén publicadas y que tendrán un carácter de complementariedad a este apartado del pliego. Tendrán preferencia en cuanto a su aceptabilidad aquellos materiales que estén en posesión de documento de idoneidad técnica que avale sus calidades, emitido por organismos técnicos reconocidos.

El contratista será responsable de que los materiales empleados cumplan con las condiciones exigidas, independientemente del nivel de control de calidad que se establezca para la aceptación de los mismos.

El contratista notificará al director de ejecución de la obra, con suficiente antelación, la procedencia de los materiales que se proponga utilizar, aportando, cuando así lo solicite el director de ejecución de la obra, las muestras y datos necesarios para decidir acerca de su aceptación.

Estos materiales serán reconocidos por el director de ejecución de la obra antes de su empleo en obra, sin cuya aprobación no podrán ser acopiados en obra ni se podrá proceder a su colocación. Así mismo, aún después de colocados en obra, aquellos materiales que presenten defectos no percibidos en el primer reconocimiento, siempre que vaya en perjuicio del buen acabado de la obra, serán retirados de la obra. Todos los gastos que ello ocasionase serán a cargo del Contratista.

En los materiales y equipos con garantía propia, se trasladará la garantía que concede el fabricante.

## **5.2. Condiciones técnicas particulares**

### **5.2.1. Conducciones**

#### PVC

Las conducciones de PVC que se utilizarán en la instalación son diseñadas de acuerdo con la norma ISO 16422, de diferentes diámetros nominales:

- DN 90
- DN 110
- DN 125
- DN 140
- DN 160

#### ACERO INOXIDABLE

Las tuberías de acero inoxidable AISI 316 se diseñaron de acuerdo con la norma DIN 2463. Los diámetros nominales a utilizar son los siguientes:

- DN 20 (0,75")
- DN 32 (1,25")
- DN 50 (2")
- DN 80 (3")
- DN 90 (3,5")
- DN 125 (5")
- DN 150 (6")

La longitud de cada tubería será medida según los cálculos y documentos gráficos del Proyecto y se comprobará que su situación y recorrido se corresponden con éstos, y que hay espacio suficiente para su instalación.

También se realizarán pruebas de resistencia mecánica y estanqueidad según la norma CTE.DB-HS y según las normas indicadas por la compañía suministradora.

Para su conservación y mantenimiento se deberán proteger de los golpes.

### **5.2.2. Accesorios**

Los accesorios, como válvulas y codos, se instalarán en cada tramo del material que corresponda a éste y teniendo en cuenta el diámetro nominal, para asegurar la compatibilidad entre los diferentes elementos.

### **5.2.3. Bombas**

Los sistemas de bombeo a utilizar y sus características se indican en el documento *Anexos*.

### **5.2.4. Filtros**

Los filtros a utilizar, como media de seguridad previa a los equipos principales de UF, OI y EDI, y sus características se indican en el documento *Anexos*.

### **5.2.5. Sistema de ultrafiltración (UF)**

El sistema de ultrafiltración a utilizar y sus características se indican en el documento *Anexos*.

### **5.2.6. Sistema de ósmosis inversa (OI)**

El sistema de ósmosis inversa a utilizar y sus características se indican en el documento *Anexos*.

### **5.2.7. Sistema de electrodesionización (EDI)**

El sistema de electrodesionización a utilizar y sus características se indican en el documento *Anexos*.

# **6. ESTADO DE MEDICIONES**



<b>PARTIDA 1.</b>	<b>EQUIPOS PRINCIPALES .....</b>	<b>3</b>
<b>PARTIDA 2.</b>	<b>SISTEMAS DE IMPULSIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>PARTIDA 3.</b>	<b>DEPÓSITOS Y AGITADORES .....</b>	<b>4</b>
<b>PARTIDA 4.</b>	<b>INSTRUMENTACIÓN.....</b>	<b>4</b>
<b>PARTIDA 5.</b>	<b>CONDUCCIONES Y ACCESORIOS .....</b>	<b>5</b>
<b>PARTIDA 6.</b>	<b>OBRA CIVIL .....</b>	<b>6</b>



## **ESTADO DE MEDICIONES**

En este documento se muestran todas las partidas que se han de considerar para realizar el presupuesto final del presente proyecto, con las unidades y cantidades necesarias en cada uno de los apartados.

Las partidas consideradas son las siguientes:

- Equipos principales
- Sistemas de impulsión
- Depósitos y agitadores
- Instrumentación
- Conducciones y accesorios
- Obra civil

## **PARTIDA 1. EQUIPOS PRINCIPALES**

En la *tabla EM. 1* se muestra el estado de mediciones de los equipos que componen la instalación.

*Tabla EM.1. Equipos principales.*

<b>Equipo</b>	<b>Marca</b>	<b>Uds.</b>
Filtro de Malla FMA 1000 E	STF	2
Módulos Ultrafiltración ZW1500	SUEZ	30
Filtro de Cartucho (5 µm)	TwinPure	24
Sistema de Ósmosis Inversa BW30-440i	DOW FILMTEC Membranes	1
Desgasificador Atmosférico DEG-144	HidroWater Industrial	1
Filtro de Cartucho (1 µm)	TwinPure	18
Pila de Electrodesionización E-Cell-3X	GE Power & Water	12

## **PARTIDA 2. SISTEMAS DE IMPULSIÓN**

En la *tabla EM. 2* se muestra el estado de mediciones de los sistemas de impulsión que componen la instalación.

*Tabla EM.2. Sistemas de impulsión.*

<b>Sistema</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Uds.</b>
Sist1. Impulsión agua bruta	IDEAL	RNI 80-20	1
Sist2. Impulsión agua filtrada	IDEAL	RNI 80-26h	1
Sist3. Alta presión ósmosis inversa	IDEAL	RNI 40-32H	2
Sist4. Impulsión agua osmotizada	IDEAL	RNI 50-32H	1
Sist. Auxiliar de limpieza (F-R)	IDEAL	RNI 50-32H	1
Bomba dosificadora	SERA	R204.1	6
Ventilador	MUNDOFAN	MU-INLINE 150	2

### **PARTIDA 3. DEPÓSITOS Y AGITADORES**

En la *tabla EM. 3* se muestra el estado de mediciones de los depósitos y agitadores que componen la instalación.

*Tabla EM.3. Depósitos y agitadores.*

<b>Elemento</b>	<b>Marca</b>	<b>Uds.</b>
Depósito Agua bruta	TANKEROS	1
Depósito Hipoclorito sódico D - 230	DOSIM	1
Depósito Coagulante D -1000	DOSIM	1
Depósito Bisulfito D - 230	DOSIM	1
Depósito Antiincrustante D - 120	DOSIM	1
Depósito Agua desmineralizada	TANKEROS	1
Depósito Limpiador ácido D - 500	DOSIM	1
Depósito Limpiador alcalino D - 230	DOSIM	1
Agitador DAG 12V	DOSIM	6

### **PARTIDA 4. INSTRUMENTACIÓN**

En la *tabla EM. 4* se muestra el estado de mediciones de toda la instrumentación necesaria que se instalará en la nueva planta.

*Tabla EM.4. Instrumentación.*

<b>Instrumentación</b>	<b>Uds.</b>
Manómetro diferencial 266DSH	11
Rotámetro electromagnético 2051CFC	11
Transmisor de pH 1066	4
Conductivímetro ENDURANCE	3
Transmisor de temperatura TTH200	7
Analizador de sílice Navigator 600	1
Transmisor de nivel de los tanques LST300	2
Turbidímetro 4690 Series	3
Sensor REDOX 499 ACL-01	1

**PARTIDA 5. CONDUCCIONES Y ACCESORIOS**

En la *tabla EM. 5* se muestra el estado de mediciones de todas las conducciones y accesorios que componen la instalación.

*Tabla EM.5. Conducciones y accesorios.*

<b>Elemento</b>	<b>Marca</b>	<b>Uds.</b>	<b>Cantidad</b>
Tubería PVC DN - 90	MOLECOR	m	3
Tubería PVC DN - 110	MOLECOR	m	5
Tubería PVC DN - 125	MOLECOR	m	20
Tubería PVC DN - 140	MOLECOR	m	23
Tubería PVC DN - 160	MOLECOR	m	20
Tubería Acero Inoxidable AISI 316 DN - 20	ACINESGON	m	10
Tubería Acero Inoxidable AISI 316 DN - 32	ACINESGON	m	10
Tubería Acero Inoxidable AISI 316 DN - 50	ACINESGON	m	4
Tubería Acero Inoxidable AISI 316 DN - 80	ACINESGON	m	124
Tubería Acero Inoxidable AISI 316 DN - 90	ACINESGON	m	42
Tubería Acero Inoxidable AISI 316 DN - 125	ACINESGON	m	87
Tubería Acero Inoxidable AISI 316 DN - 150	ACINESGON	m	3
Codo 90° PVC DN - 90	MOLECOR	-	2
Codo 90° PVC DN - 110	MOLECOR	-	2
Codo 90° PVC DN - 140	MOLECOR	-	2
Codo 90° Acero Inoxidable AISI 316 DN - 80	ACINESGON	-	7
Codo 90° Acero Inoxidable AISI 316 DN - 90	ACINESGON	-	4
Codo 90° Acero Inoxidable AISI 316 DN - 125	ACINESGON	-	2
Empalme T PVC DN - 90	MOLECOR	-	1
Empalme T PVC DN - 110	MOLECOR	-	1
Empalme T Acero Inoxidable AISI 316 DN - 80	ACINESGON	-	2
Empalme T Acero Inoxidable AISI 316 DN - 125	ACINESGON	-	3
Empalme T Acero Inoxidable AISI 316 DN - 150	ACINESGON	-	1
Válvula de Mariposa Acero Inoxidable AISI 316	BVALVE	-	20
Válvula de Retención Acero Inoxidable AISI 316	BVALVE	-	20
Válvula de Diafragma Acero Inoxidable AISI 316	BVALVE	-	3

## **PARTIDA 6. OBRA CIVIL**

En la *tabla EM. 6* se muestra el estado de mediciones de la obra civil que se llevará a cabo en la instalación.

*Tabla EM.6. Obra civil.*

<b>Elemento</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>
Instalación eléctrica de alumbrado	3.000
Instalación antincendios	3.000
Instalación saneamiento	3.000
Instalación de fontanería	3.000



# **7. PRESUPUESTO**



<b>CAPÍTULO 1. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL</b> .....	2
<b>1.1. Presupuesto de Ejecución de Material Parcial</b> .....	2
<b>1.1.1. Equipos principales</b> .....	2
<b>1.1.2. Sistemas de impulsión</b> .....	3
<b>1.1.3. Depósitos y agitadores</b> .....	3
<b>1.1.4. Instrumentación</b> .....	4
<b>1.1.5. Conducciones y accesorios</b> .....	5
<b>1.1.6. Obra civil</b> .....	6
<b>1.1.7. Mano de obra</b> .....	6
<b>1.2. Presupuesto de Ejecución de Material Total</b> .....	7
<b>CAPÍTULO 2. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA</b> .....	8
<b>CAPÍTULO 3. PRESUPUESTO TOTAL</b> .....	9



## CAPÍTULO 1. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL

El Presupuesto de Ejecución de Material (PEM) representa el coste del objetivo del proyecto, es decir, lo que le cuesta al contratista ejecutar la obra.

### 1.1. Presupuesto de Ejecución de Material Parcial

El PEM Parcial en este proyecto se divide en las siguientes partidas (7):

- Equipos principales
- Sistemas de impulsión
- Depósitos y agitadores
- Instrumentación
- Conducciones y accesorios
- Obra civil
- Mano de obra

#### 1.1.1. Equipos principales

La primera partida está compuesta por los equipos principales que forman la nueva planta de tratamiento de aguas. En la *tabla P. 1* se recoge la primera partida.

*Tabla P.6. Obra civil*

Equipo	Uds.	Precio por unidad (€/ud)	Precio (€)
Filtro de Malla FMA 1000 E	2	9.500,00	19.000,00
Módulos Ultrafiltración ZW1500	30	1.250,00	37.500,00
Filtro de Cartucho (5 µm)	24	13,30	319,20
Sistema de Ósmosis Inversa BW30-440i	1	47.500,00	47.500,00
Desgasificador Atmosférico DEG-144	1	12.000,00	12.000,00
Filtro de Cartucho (1 µm)	18	13,30	239,40
Pila de Electrodesionización E-Cell-3X	12	3.700,00	44.400,00
<b>TOTAL (€)</b>			<b>160.958,60</b>

### 1.1.2. Sistemas de impulsión

La segunda partida está compuesta por los sistemas de impulsión que forman la nueva planta de tratamiento de aguas. En la *tabla P. 2.* se recoge la segunda partida.

*Tabla P.2. Sistemas de impulsión.*

Elemento	Uds.	Precio por unidad (€/ud)	Precio (€)
Sist1. Impulsión agua bruta	1	3.594,00	3.594,00
Sist2. Impulsión agua UF	1	3.920,00	3.920,00
Sist3. Alta presión ósmosis inversa	2	6.663,00	13.326,00
Sist4. Impulsión agua EDI	1	4.707,00	4.707,00
Sist. Auxiliar de Limpieza (F-R)	1	4.707,00	4.707,00
Bomba dosificadora	6	650,30	3.901,80
Ventilador	2	1.005,80	2.011,60
<b>TOTAL (€)</b>			<b>36.167,40</b>

### 1.1.3. Depósitos y agitadores

La tercera partida está compuesta por los depósitos y agitadores que se incluyen en la nueva planta de tratamiento de aguas. En la *tabla P. 3.* se recoge la tercera partida.

*Tabla P.3. Depósitos y agitadores.*

Elemento	Uds.	Precio por unidad (€/ud)	Precio (€)
Depósito Agua bruta	1	715.000,00	715.000,00
Depósito Hipoclorito sódico D - 230	1	210,35	210,35
Depósito Coagulante D -1000	1	425,10	425,10
Depósito Bisulfito D - 230	1	210,35	210,35
Depósito Antiincrustante D - 120	1	150,65	150,65
Depósito Agua desmineralizada	1	546.000,00	546.000,00
Depósito Limpiador ácido D - 500	1	320,95	320,95
Depósito Limpiador alcalino D - 230	1	210,35	210,35
Agitador DAG 12V	6	590,00	3.540,00
<b>TOTAL (€)</b>			<b>1.266.067,75</b>

### 1.1.4. Instrumentación

La cuarta partida está compuesta por la instrumentación necesaria en la nueva planta de tratamiento de aguas. En la *tabla P. 4.* se recoge la cuarta partida.

*Tabla P.4. Instrumentación*

<b>Instrumentación</b>	<b>Uds.</b>	<b>Precio por unidad (€/ud)</b>	<b>Precio (€)</b>
Manómetro diferencial 266DSH	11	172,65	1.899,15
Rotámetro electromagnético 2051CFC	11	1.455,75	16.013,25
Transmisor de pH 1066	4	189,97	759,88
Conductivímetro ENDURANCE	3	2.350,45	7.051,35
Transmisor de temperatura TTH200	7	145,95	1.021,65
Analizador de sílice Navigator 600	1	325,90	325,90
Transmisor de nivel de los tanques LST300	2	197,45	394,90
Turbidímetro 4690 Series	3	187,85	563,55
Sensor REDOX 499 ACL-01	1	215,50	215,50
<b>TOTAL (€)</b>			<b>28.245,13</b>

### 1.1.5. Conducciones y accesorios

La quinta partida está compuesta por las conducciones y los accesorios que forman la nueva planta de tratamiento de aguas. En la *tabla P. 5.* se recoge la quinta partida.

*Tabla P.5. Conducciones y accesorios.*

Elemento	Uds.	Cantidad	Precio por unidad (€/ud)	Precio (€)
Tubería PVC DN - 90	m	3	22,32	66,96
Tubería PVC DN - 110	m	5	24,10	120,50
Tubería PVC DN - 125	m	20	25,65	513,00
Tubería PVC DN - 140	m	23	27,41	630,43
Tubería PVC DN - 160	m	20	31,74	634,80
Tubería Acero Inoxidable AISI 316 DN - 20	m	10	3,01	30,10
Tubería Acero Inoxidable AISI 316 DN - 32	m	10	3,24	32,40
Tubería Acero Inoxidable AISI 316 DN - 50	m	4	3,39	13,56
Tubería Acero Inoxidable AISI 316 DN - 80	m	124	3,58	443,92
Tubería Acero Inoxidable AISI 316 DN - 90	m	42	3,65	153,30
Tubería Acero Inoxidable AISI 316 DN - 125	m	87	3,86	335,82
Tubería Acero Inoxidable AISI 316 DN - 150	m	3	3,95	11,85
Codo 90° PVC DN - 90	-	2	20,45	40,90
Codo 90° PVC DN - 110	-	2	22,60	45,20
Codo 90° PVC DN - 140	-	2	23,84	47,68
Codo 90° Acero Inoxidable AISI 316 DN - 80	-	7	103,65	725,55
Codo 90° Acero Inoxidable AISI 316 DN - 90	-	4	181,10	724,40
Codo 90° Acero Inoxidable AISI 316 DN - 125	-	2	195,23	390,46
Empalme T PVC DN - 90	-	1	7,95	7,95
Empalme T PVC DN - 110	-	1	9,12	9,12
Empalme T Acero Inoxidable AISI 316 DN - 80	-	2	28,97	57,94
Empalme T Acero Inoxidable AISI 316 DN - 125	-	3	35,14	105,42
Empalme T Acero Inoxidable AISI 316 DN - 150	-	1	38,87	38,87
Válvula de Mariposa Acero Inoxidable AISI 316	-	20	187,41	3.748,20
Válvula de Retención Acero Inoxidable AISI 316	-	20	208,93	4.178,60
Válvula de Diafragma Acero Inoxidable AISI 316	-	3	234,56	703,68
			<b>TOTAL (€)</b>	<b>13.810,61</b>

### 1.1.6. Obra civil

La sexta partida está formada por la obra civil e instalaciones necesarias para que la nueva planta de tratamiento de aguas pueda operar. Se debe tener en cuenta que la nueva planta se situará en la central de ciclo combinado de la empresa IBERDROLA S.A. en el estado de Pernambuco (BR), por lo que las instalaciones necesarias ya se encuentran en la planta y el terreno ya está adecuado.

A pesar de esto, desde un punto de vista conservador, se ha realizado el presupuesto para prevenir el caso de que se tuviese que realizar alguna adecuación de las instalaciones existentes. Esta sexta partida del Presupuesto de Ejecución de Material se ha realizado a partir de estimaciones de ratios económicos proporcionados por el Colegio de Ingenieros Industriales de la Comunidad Valenciana. En la *tabla P. 6.* se recoge la sexta partida.

*Tabla P.6. Obra civil.*

Elemento	Superficie (m <sup>2</sup> )	Coste (€/m <sup>2</sup> )	Precio (€)
Instalación eléctrica de alumbrado	3.000	18	54.000
Instalación antincendios	3.000	10	30.000
Instalación saneamiento	3.000	9	27.000
Instalación de fontanería	3.000	15	45.000
<b>TOTAL (€)</b>			<b>156.000</b>

### 1.1.7. Mano de obra

La mano de obra, siguiendo las estimaciones proporcionadas por el Colegio de Ingenieros Industriales de la Comunidad Valenciana se define como un 15% de la primera partida, equipos principales. En la *tabla P.7.* de esta partida se incluyen, además, los honorarios del proyectista.

*Tabla P.7. Mano de obra.*

Elemento	Razón	Precio (€)
Mano de obra	15% Partida 1	24.143,79
<b>TOTAL (€)</b>		<b>24.143,79</b>

## 1.2. Presupuesto de Ejecución de Material Total

El PEM Total se define como el sumatorio de las distintas partidas que componen el PEM Parcial. El valor para el PEM Total se muestra en la siguiente tabla:

*Tabla P.8. Presupuesto de Ejecución de Material Total.*

<b>Partida</b>	<b>Coste (€)</b>
Equipos principales	160.958,60
Sistemas de impulsión	36.167,40
Depósitos y agitadores	1.266.067,75
Instrumentación	28.245,13
Conducciones y accesorios	13.810,61
Obra Civil	156.000,00
Mano de obra	24.143,79
<b>TOTAL (€)</b>	<b>1.685.393,28</b>

## CAPÍTULO 2. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA

Para determinar el Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC), se debe tener en cuenta el PEM, y a partir de este, se determinan los Gastos Generales (20% del PEM) y el Beneficio Industrial (6% del PEM).

En los Gastos Generales se incluyen todos aquellos gastos derivados de licencias y seguridad y salud. En la *tabla P. 9.* se recoge el valor total del PEC.

*Tabla P.9. Presupuesto de Ejecución por Contrata.*

<b>Elemento</b>	<b>Coste (€)</b>
PEM	1.685.393,28
Gastos Generales	337.078,66
Beneficio Industrial	101.123,60
<b>PEC (€)</b>	<b>2.123.595,53</b>

### CAPÍTULO 3. PRESUPUESTO TOTAL

El *Presupuesto Total*, equivalente a la Inversión Inicial ( $I_0$ ), se determina aplicando el IVA (21%) al Presupuesto de Ejecución por Contrata calculado en el apartado anterior.

*Tabla P.10. Presupuesto Total.*

Elemento	Coste (€)
PEC	2.123.595,53
IVA (21%)	445.955,06
<b><i>Presupuesto Total (€)</i></b>	<b>2.569.550,59</b>

Acorde al valor obtenido, se determina que el Presupuesto Total del proyecto *Diseño de una planta de tratamiento de aguas* asciende a **DOS MILLONES QUINIENTOS SESENTA Y NUEVE MIL QUINIENTOS CINCUENTA EUROS CON CINCUENTA Y NUEVE CÉNTIMOS.**