



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

---

# Valorización de una corriente residual procedente de una industria de elaboración de aceite de oliva mediante la recuperación de polifenoles por ósmosis inversa

---

## **MEMORIA PRESENTADA POR:**

**Autor:** Ángel Muñoz Espinosa

**Tutores:** Jaime Lora García & Carlos Carbonell Alcaina

**GRADO DE INGENIERÍA QUÍMICA**

Convocatoria de defensa: Septiembre 2020

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN:.....	i
ABSTRACT:.....	ii
1. INTRODUCCIÓN .....	- 1 -
1.1 Introducción a la producción de aceite de oliva, productos y subproductos.....	- 2 -
1.2 Descripción de los polifenoles, beneficios y usos.....	- 6 -
1.3 Técnicas de extracción y tratamiento de polifenoles .....	- 8 -
2. OBJETIVOS.....	- 12 -
3. TÉCNICA DE ÓSMOSIS INVERSA .....	- 13 -
3.1 Fundamentos de la ósmosis inversa .....	- 14 -
3.2 Variables de diseño para la unidad de ósmosis inversa.....	- 18 -
3.3 Configuración de la unidad de ósmosis inversa. ....	- 20 -
4. PLANTEAMIENTO EXPERIMENTAL.....	- 23 -
4.1 Descripción de la planta piloto de ósmosis inversa .....	- 23 -
4.2 Ensamblaje y testeo de la planta piloto .....	- 25 -
4.3 Descripción y características del material empleado.....	- 26 -
4.4 Puesta a punto de la planta piloto de ósmosis inversa.....	- 33 -
4.5 Análisis químico de las corrientes del proceso .....	- 34 -
4.5.1 Equipos empleados en la determinación de compuestos fenólicos totales .....	- 34 -
4.5.2 Reactivos empleados.....	- 36 -
4.5.3 Procedimiento .....	- 36 -
4.6 Experimentos a realizar.....	- 37 -
4.7 Adquisición de datos a través de bibliografía.....	- 39 -
4.8 Introducción y funcionamiento del software IMSDesign .....	- 40 -
5. DISEÑO DE LA UNIDAD DE ÓSMOSIS INVERSA.....	- 46 -
5.1 Modelo del Flujo.....	- 46 -
5.2 Configuración de la unidad de ósmosis inversa .....	- 50 -
5.3 Estimación del caudal de diseño .....	- 52 -
5.4 Estrategia y configuración de la unidad de ósmosis inversa .....	- 52 -

5.5 Desarrollo del modelo matemático en Matlab .....	- 53 -
5.6 Diseño de la configuración con el software IMSDesign.....	- 63 -
6. PRESUPUESTO Y ESTUDIO ECONÓMICO .....	- 66 -
6.1 Presupuesto.....	- 66 -
6.2 Estudio económico .....	- 69 -
7.SOLUCIÓN ADOPTADA.....	- 70 -
7.1 Planos .....	- 71 -
8. CONCLUSIONES.....	- 76 -
9. REFERENCIAS .....	- 77 -
10. ANEXOS.....	- 79 -
10.1ANEXO 1: Fichas técnicas de materiales .....	- 79 -
10.2 ANEXO 2: Presupuesto y Estudio económico.....	- 83 -
10.3 ANEXO 3: Algoritmo de Matlab para simular el modelo matemático en una etapa.....	- 93 -
10.4 ANEXO 4: Algoritmo de Matlab modificado para calcular el diseño en dos etapas.....	- 96 -
10.5 ANEXO 5: Informe de la simulación con IMSDesign .....	- 100 -
10.6 ANEXO 6: Fichas técnicas de productos químicos empleados.....	- 107 -

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Distribución porcentual de los activos por sector económico.....	- 1 -
Figura 1.2. Fundamentos y principios de la Economía Circular.....	- 2 -
Figura 1.3 Visión general de productos, subproductos y residuos en la industria de producción de aceite de oliva.....	- 5 -
Figura 1.4 Principales polifenoles presentes en la aceituna.....	- 6 -
Figura 3.1 Tipos de membrana en función del tamaño de poro.....	- 14 -
Figura 3.2 Proceso de Ósmosis y Ósmosis inversa.....	- 15 -
Figura 3.3 Mecanismo de polarización por concentración.....	- 16 -
Figura 3.4 Esquema básico de funcionamiento de una membrana.....	- 17 -
Figura 3.5 Esquema de funcionamiento de una membrana de OI.....	- 20 -
Figura 3.6 Esquema básico de las membranas en un tubo de presión.....	- 21 -
Figura 3.7 Diagrama global de la unidad de ósmosis inversa.....	- 22 -
Figura 4.1 Diagrama de flujo de la planta de ósmosis inversa.....	- 23 -
Figura 4.2 Planta piloto de ósmosis inversa.....	- 24 -
Figura 4.3 Sistema de bombeo empleado en el montaje experimental.....	- 27 -
Figura 4.4 Variador de frecuencia de la bomba.....	- 29 -
Figura 4.5 Válvula de globo y Rotámetro del montaje experimental.....	- 29 -
Figura 4.6 Módulo de membrana plano.....	- 30 -
Figura 4.7 Estructura interna del módulo de membranas.....	- 30 -
Figura 4.8 Funcionamiento del módulo de membranas.....	- 31 -
Figura 4.9 Disposición de la membrana en el módulo.....	- 32 -
Figura 4.10 Análisis en IMSDesign.....	- 41 -
Figura 4.11 Diseño en IMSDesign.....	- 42 -
Figura 4.12 Resultados de la simulación del diseño en IMSDesign.....	- 42 -
Figura 4.13 Cálculo del consumo energético en IMSDesign.....	- 43 -
Figura 4.14 Cálculo de los requisitos químicos en IMSDesign.....	- 44 -
Figura 4.15 Cálculo de los costes en IMSDesign.....	- 44 -
Figura 4.16 Postratamiento en IMSDesign.....	- 45 -
Figura 5.1 Esquema de un sistema de ósmosis inversa.....	- 46 -
Figura 5.2 Proceso básico de OI con elemento diferencial.....	- 48 -
Figura 5.3 Agrupación piramidal de módulos en paralelo.....	- 50 -
Figura 5.4 Flux a lo largo de los elementos en un tubo de presión.....	- 54 -
Figura 5.5 Variación de las concentraciones de permeado y concentrado.....	- 55 -
Figura 5.6 Caudal de permeado por elemento.....	- 55 -
Figura 5.7 Variación de la concentración de concentrado y permeado en 2 etapas.....	- 57 -
Figura 5.8 Evolución del flux a lo largo de los tubos de presión para 2 etapas.....	- 58 -

Figura 5.9 Evolución de la conversión del sistema en 2 etapas.....	- 59 -
Figura 5.10 Evolución del Flux a lo largo de los elementos en un tubo de presión .....	- 60 -
Figura 5.11 Concentraciones de concentrado y permeado .....	- 61 -
Figura 5.12 Caudal de permeado por etapa .....	- 62 -
Figura 5.13 Conversión de agua por etapa .....	- 62 -
Figura 5.14 Relación de los caudales de permeado y concentrado por elemento .....	- 63 -

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Ventajas e inconvenientes de los diferentes tratamientos.....	- 11 -
Tabla 4.1 Especificaciones del manómetro marca WIKA.....	- 26 -
Tabla 4.2 Especificaciones del manómetro marca FIMB.....	- 26 -
Tabla 4.3 Especificaciones del termómetro marca Testo modelo 922 .....	- 27 -
Tabla 4.4 Bomba de pistones de tres cuadros modelo 280 con motor ABB.....	- 28 -
Tabla 4.5 Características del filtro de cartucho.....	- 28 -
Tabla 4.6 Características del rotámetro.....	- 30 -
Tabla 4.7 Características del módulo de membranas .....	- 32 -
Tabla 4.8 Especificaciones técnicas de la membrana ESPA1 -2540 .....	- 33 -
Tabla 4.9 Características geométricas de la membrana empleada en los ensayos.....	- 33 -
Tabla 4.10 Especificaciones de la balanza analítica de alta precisión Kern ABJ 120-4M .....	- 35 -
Tabla 4.11 Especificaciones de la balanza electrónica Kern PB.....	- 35 -
Tabla 4.12 Especificación de las micropipetas automáticas .....	- 35 -
Tabla 4.13. Especificaciones del espectrofotómetro DR 6000 .....	- 36 -
Tabla 4.14 Condiciones experimentales de los ensayos.....	- 37 -
Tabla 4.15 Tamaños moleculares de algunos compuestos.....	- 39 -
Tabla 5.1 Parámetros implicados en la simulación.....	- 53 -
Tabla 5.2 Características y propiedades de la membrana ESPA2 - 4040.....	- 53 -
Tabla 5.3 Parámetros implicados en la simulación para 2 etapas.....	- 56 -
Tabla 5.4 Características técnicas de la membrana CPA6-LD .....	- 60 -
Tabla 5.5 Parámetros de la simulación con IMSDesign .....	- 64 -
Tabla 5.6 Análisis de la corriente de permeado .....	- 64 -
Tabla 5.7 Análisis de la corriente de concentrado.....	- 64 -
Tabla 5.8 Análisis del consumo energético.....	- 65 -
Tabla 6.1 Coste de la unidad de ósmosis inversa para el diseño con la membrana ESPA2-4040...	- 67 -
Tabla 6.2 Coste de la unidad de ósmosis inversa para el diseño con la membrana CPA6-LD.....	- 67 -
Tabla 6.3 Comparativa entre diseño con CPA6 - LD y ESPA2 - 4040.....	- 67 -
Tabla 6.4 Factores de instalación y transporte sobre la planta de ósmosis inversa.....	- 68 -
Tabla 6.5 Comparación de presupuestos.....	- 68 -
Tabla 6.6 Comparativa de estudios económicos.....	- 69 -
Tabla 7.1 Solución adoptada .....	- 70 -



## **RESUMEN:**

El desarrollo sostenible requiere impulsar la minimización de los residuos industriales con el objeto de mitigar su impacto ambiental sobre los recursos naturales y la salud de los ciudadanos. En la última década se ha impulsado un nuevo modelo productivo, en general, basado en la economía circular, que es un modo moderno de describir lo que antes era la recirculación de residuos. En dicho modelo se pone el énfasis en los aspectos económicos con el fin de hacer más atractivo este tipo de tratamientos, al obtener un beneficio industrial con la valorización de algunos materiales.

En este proyecto se estudia la recuperación de polifenoles, y de forma principal el hidroxitirosol, de una corriente residual procedente de las aguas de lavado de la segunda centrifugación de una almazara localizada en Andalucía.

Una vez analizadas las posibles técnicas de tratamiento se elige la osmosis inversa como proceso de concentración de una corriente rica en hidroxitirosol. Previamente el caudal bruto es acondicionado con una microfiltración, seguido de una ultrafiltración.

Para ello se van a proponer dos líneas de trabajo. Por una parte, una experimental en planta piloto para obtener los parámetros de funcionamiento de la membrana elegida, y por otra un diseño de instalación basado en el uso de un software profesional de una de las empresas más importantes del mercado.

**En este caso, es importante señalar que la primera de las fases estaba prácticamente terminada antes de la situación de emergencia por el coronavirus, que en estos momentos regula la actividad docente de la universidad. Por ello, ante la imposibilidad de seguir con los ensayos previstos se finalizará con ayuda de la literatura científica que incluye este tipo de separación.**

**Palabras clave:** Valorización, economía circular, industria de aceite de oliva, tecnología de membranas, osmosis inversa, polifenoles

## **ABSTRACT:**

Sustainable development requires promoting the minimization of industrial waste in order to mitigate its environmental impact on natural resources and the health of citizens. In the last decade, a new production model has been promoted, in general, based on the circular economy, which is a modern way of describing what was previously the recirculation of waste.

In this model the emphasis is focused on the economic issues in order to make this type of treatment more attractive, obtaining an industrial benefit with the valorization of some materials.

This project studies the recovery of polyphenols, and mainly hydroxytyrosol, from a waste stream from the washing waters of the second centrifugation of a mill located in Andalusia.

Once the possible treatment techniques have been analyzed, reverse osmosis is chosen as the process of concentration of a stream rich in hydroxytyrosol. Previously, the raw flow is conditioned with a microfiltration unit followed by ultrafiltration unit.

For this, two lines of work will be proposed. On the one hand, an experimental test in pilot plant to obtain the operating parameters of the chosen membrane, and on the other, an installation design based on the use of professional software from one of the most important companies on the membrane market.

**In this case, it is important to note that the first phase was practically completed before the coronavirus emergency situation, which currently regulates the university's teaching activity. Therefore, given the impossibility of continuing with the planned work, it will be completed with the help of the scientific literature that includes this type of separation.**

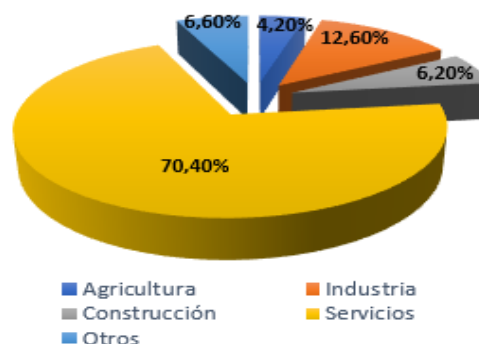
**Keywords:** *Valorization; circular economy; olive oil industry; membrane technology; reverse osmosis; polyphenols*



## 1. INTRODUCCIÓ

El sector agrícola ocupa un paper relevante en la economia espanyola. Es una fuente de creaci3n de numerosos empleos, genera beneficio econ3mico, social y medioambiental. Dentro del sector agr3cola, se encuentra la industria agroalimenticia, ocupa el primer lugar como sector industrial de nuestro pa3s en t3rminos de facturaci3n. Actualmente, aporta el 16.8 % de los ingresos totales destinados al sector industrial y representa el 2.7 % del Producto Interior Bruto (PIB). Espa3a es el segundo pa3s de la Uni3n Europea, cuya industria agroalimenticia tiene mayor peso sobre el total de la industria en t3rminos de Valor A3adido Bruto (VAB). (Estrat3gico et al., 2020)

Figura 1.1 Distribuci3n porcentual de los activos por sector econ3mico (Instituto Nacional De Estadística, 2019)



La Industria agroalimentaria comprende una amplia gama de empresas destinadas a la producci3n de bienes de primera necesidad como es el caso de los alimentos y las bebidas.

A lo largo del sistema productivo que adoptan las industrias agroalimentarias, desde que se recibe la materia prima hasta que se obtiene el producto final, se generan grandes corrientes de residuos de elevada carga org3nica que deber3n tratarse con posterioridad para no generar impactos medioambientales y promover el desarrollo sostenible.

Los residuos o subproductos generados en las industrias alimentarias, a menudo, contienen sustancias de inter3s econ3mico que no se aprovechan y se desechan sin realizar ninguna revalorizaci3n de los subproductos, desperdiciando as3 el potencial futuro que pueden adquirir.

Cada vez m3s, las empresas se vuelven m3s competitivas en cuanto a los precios finales del producto y a los beneficios generados para lograr hacerse hueco en el mercado y ser econ3micamente viables. Para que una empresa sea competitiva econ3micamente y obtenga los m3ximos beneficios se desean eliminar los cuellos de botella de los procesos productivos y revalorizar cualquier subproducto con reporte econ3mico, implementando as3, lo que se conoce como Econom3a Circular.

Los modelos de negocios y sistemas productivos basados en la Econom3a Circular surgen a mediados de los a3os 70 y, poco a poco, se han ido implementado en numerosos sectores industriales con la finalidad de generar una econom3a sostenible entorno al sistema productivo industrial.

Seg3n la **Fundaci3n para la Econom3a Circular**: "la Econom3a Circular es la producci3n de bienes y servicios al tiempo que se reduce el consumo y el desperdicio de materias primas, agua y fuentes de energ3a".

A continuaci3n, en la **Figura 1.2**, se muestran los principales factores que intervienen en la Econom3a Circular.

De entre todos los fundamentos que comprende el sistema de Econom3a Circular, en este trabajo se desea implementar la recuperaci3n de productos de inter3s econ3mico contenido en las corrientes residuales de alta carga org3nica provenientes de la industria alimenticia, m3s en concreto, las empresas de producci3n de aceite de oliva para as3, generar Econom3a Circular promoviendo el desarrollo sostenible y aumentando los beneficios.

Figura 1.2. Fundamentos y principios de la Economía Circular (GAIA Ambiente, n.d.)



### 1.1 Introducción a la producción de aceite de oliva, productos y subproductos.

La producción de la aceituna para obtener aceite de oliva se concentra principalmente en los países de la cuenca del mediterráneo. Durante el proceso de extracción del aceite en las almazaras se generan grandes cantidades de subproductos y residuos (orujos y alpechines) que exigen de una gestión determinada con el objetivo de minimizar, valorizar o reducir su impacto ambiental negativo. (Centre per l'empresa i el medi ambient, 2002)

España se ubica en primer lugar en cuanto a superficie y producción destinada al aceite de oliva representando aproximadamente el 60% de la producción de la Unión Europea y el 45% de la producción mundial. (Ministerio de Agricultura, 2019)

La extracción de aceite de oliva se lleva a cabo en las conocidas "almazaras", situadas estratégicamente cerca de las zonas de producción. España dispone de aproximadamente 1900 almazaras operativas, más de la mitad se encuentran en Andalucía, que con más del 60% de la superficie destinada al cultivo de aceituna produce el 80% del aceite de oliva nacional. (Ministerio del Medio Ambiente, 2000)

En la mayor parte de los países productores, la dimensión media de las almazaras en términos de volumen de aceituna procesada por año es pequeña, oscilan entre 100 y 1.500 Tm/año. Por el contrario, en Andalucía (España) existen diversas almazaras con volúmenes de producción de entre 20.000 y 50.000 Tm/año. (Ministerio del Medio Ambiente, 2000)

El consumo de aceite de oliva se encuentra equilibrado con la producción, alcanzando unos 2 millones de toneladas por año en las últimas campañas. Sin embargo, supone únicamente el 3% del consumo mundial de aceites vegetales. (Almaceite, 2018)

La recogida y procesado de la aceituna en España se lleva a cabo entre los meses de octubre y enero. Una vez recogida la materia prima comienza el proceso de extracción del aceite mediante procesos mecánicos de molienda, extracción y separación, obteniendo los siguientes productos:

- **Aceites de oliva**
- **Alpechines** o residuos líquidos, constituido por las aguas de vegetación de la aceituna. Presenta elevado poder contaminante, por ello, se deben tratar o gestionar de forma específica para evitar impactos ambientales negativos. En función del sistema de separación utilizado se pueden obtener diversas cantidades y composiciones de este subproducto.
- **Orujos** o residuos sólidos, contienen la pulpa, el hueso y el tegumento de la aceituna. Tiene un nivel de humedad que oscila entre el 25% y el 40% con un contenido graso de entre el 3% y el 7% según el proceso de extracción empleado.  
El orujo se puede emplear para alimentar el ganado (ovino, vacuno), como combustible fósil o se le puede realizar una segunda extracción del aceite residual para producir aceite de orujo. (Ministerio del Medio Ambiente, 2000)
- **Orujo húmedo o “alperujo”**, residuo pastoso con una humedad superior al 60%, se produce cuando se emplea el sistema de extracción en dos fases. Se trata de una mezcla entre orujo y alpechín.
- **Orujo deshuesado graso**, se obtiene por separación del hueso y la pulpa del orujo. El hueso se emplea como combustible por su elevada capacidad calorífica.
- **Restos vegetales y térreos**, proceden del lavado de la aceituna recién recolectada. Generalmente, se utilizan como fertilizante orgánico.

Como promedio, el procesado de 100 kg de aceituna proporciona unos 20 kg de aceite y, dependiendo de los casos y sistemas de extracción, las siguientes cantidades de efluentes y subproductos (Ministerio del Medio Ambiente, 2000):

- 40 kg de orujo con una humedad del 35% y 40 kg de aguas residuales cuando se emplea el sistema de extracción tradicional.
- 55 kg de orujo con una humedad del 50% y 100 kg de aguas residuales cuando se utiliza el sistema continuo de tres fases.
- 70 kg de orujo con una humedad del 60% y 10 kg de aguas residuales cuando se usa el sistema continuo de dos fases.

El vertido o eliminación de las **aguas residuales** ha implicado siempre un problema ecológico de relevante importancia. Por otra parte, el aprovechamiento o valorización de los subproductos y residuos generados en las almazaras presentan aspectos positivos que se pretenden aprovechar para promover el desarrollo sostenible y minimizar el impacto ambiental.

En la **Figura 1.3** se ilustra un esquema general del proceso de obtención del aceite de oliva. Este esquema, incluye las operaciones más relevantes y los productos, subproductos y residuos que se generan a lo largo del sistema productivo. Además, se incluyen las utilidades y destinos más comunes de los subproductos.

Las operaciones básicas de extracción de aceite de oliva se comentan a continuación:

**Operaciones de recepción:** Consisten en preparar la aceituna para su posterior molienda. Se trata de operaciones comunes para todas las almazaras, variando únicamente el grado de perfección y automatización con que se llevan a cabo. Se trata, principalmente de:

- Limpieza y lavado de la aceituna de cosecha.
- Control de peso y calidad (aspecto, acidez y rendimiento graso).
- Almacenamiento de la materia prima.

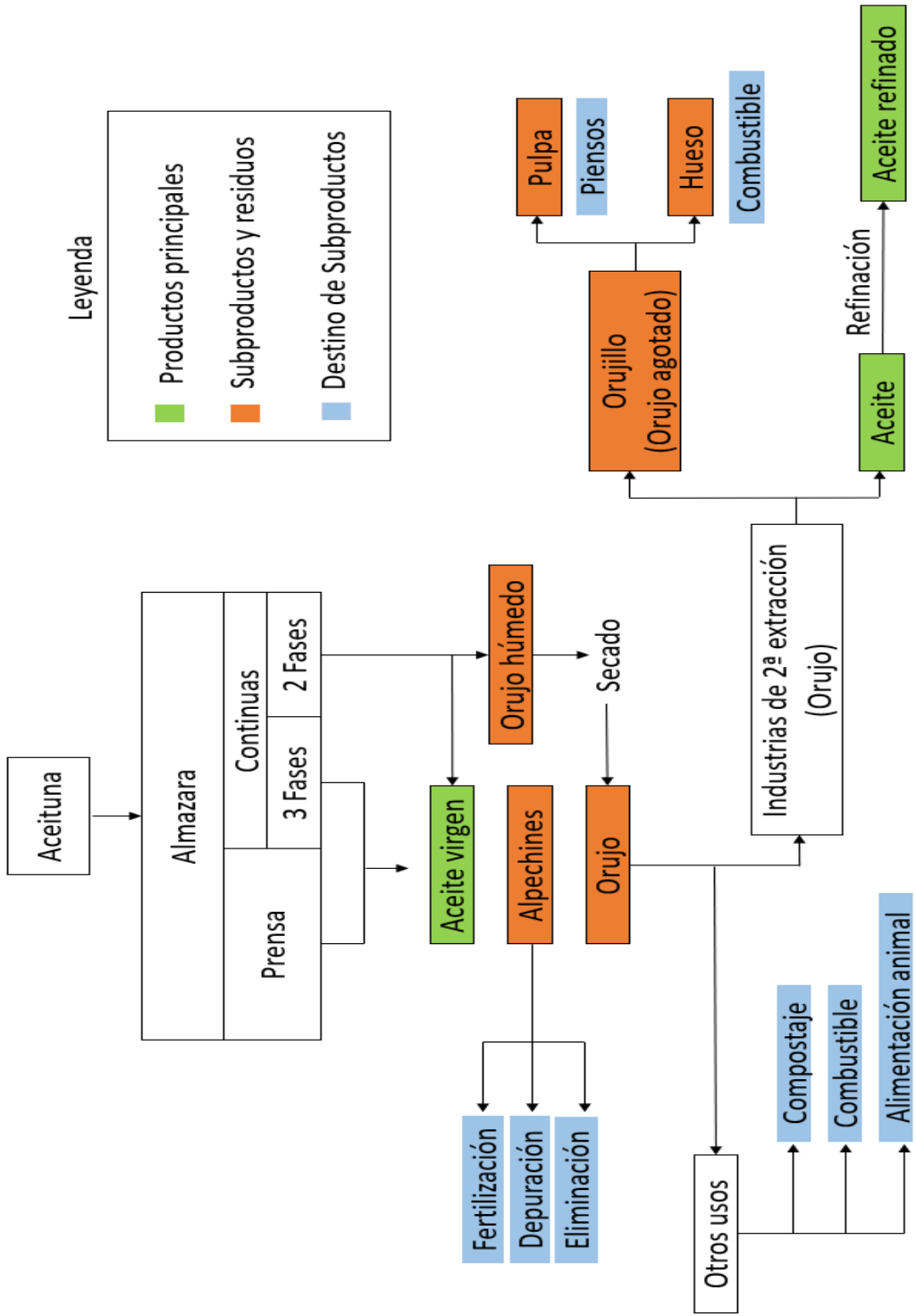
**Operaciones de molienda y extracción:** La **molienda**, tradicionalmente, se realizaba mediante molinos de piedras, aunque actualmente, las instalaciones modernas disponen de molinos de martillos o discos. Posteriormente se realiza un **batido** a temperatura adecuada para preparar la pasta favoreciendo la separación del aceite.

Finalmente, comienza el proceso de **extracción o separación** de las fases grasas (aceite), sólidas (orujo) y acuosas (aguas de vegetación). Los sistemas empleados en el proceso de extracción responden a tres tipos: (Manuel Hermoso Fernández et al., 1991)

- **Sistema de prensa o tradicional:** Consiste en el prensado de la pasta empleando prensas hidráulicas. Se trata de un sistema discontinuo por la necesidad de proceder en ciclos de prensa secuenciales.
- **Sistema continuo o de tres fases:** La preparación del aceite de la pasta se lleva a cabo mediante centrifugación, utilizando una centrífuga horizontal que trabaja en continuo. Al igual que en el caso anterior, el resultado del proceso son las corrientes diferenciadas de aceite, alpechín y el orujo.
- **Sistema continuo o de dos fases:** Constituye una variante del sistema de tres fases, el decanter separa el aceite y mezcla el orujo y las aguas de vegetación en una sola fase de consistencia pastosa denominada orujo húmedo.

El último paso que se lleva a cabo en las almazaras es la **limpieza del aceite** o separación de los residuos sólidos más finos y acuosos procedentes de las operaciones de extracción. Se realiza mediante filtrado, decantación y/o centrifugación empleando centrifugadoras verticales de alta velocidad. El aceite, finalmente pasa al control de calidad y está listo para su distribución.

Figura 1.3 Visió general de productes, subproductes i residus en la indústria de producció d'oli d'oliva



Como se ha mencionado con anterioridad, las **aguas residuales de lavado** constituyen una problemática a la hora de gestionarlas para minimizar o eliminar los impactos medioambientales. Por otro lado, estas corrientes acuosas contienen productos valiosos que hay que tener en consideración, como es el caso de los **polifenoles**. Se trata de sustancias orgánicas que se encuentran en disolución en las aguas de lavado presentes a lo largo del sistema productivo. (Centre per l'empresa i el medi ambient, 2002)

## 1.2 Descripción de los polifenoles, beneficios y usos.

Los polifenoles son sustancias derivadas de los fenoles. Estos compuestos más simples (fenoles) son sustancias orgánicas formadas por un anillo aromático de 6 carbonos que contienen un grupo hidroxilo (-OH). Los polifenoles están constituidos generalmente por condensación de varios anillos fenólicos, que, a su vez, pueden incorporar otras sustancias en alguno de sus carbonos como se puede observar en la **Figura 1.4**, donde se muestran algunos de los compuestos fenólicos más comunes presentes en el aceite de oliva. Se encuentran en los tejidos de los vegetales o plantas ya que se producen en el metabolismo secundario. También se encuentran enlazados en la síntesis de proteínas, carbohidratos y ácidos nucleicos.

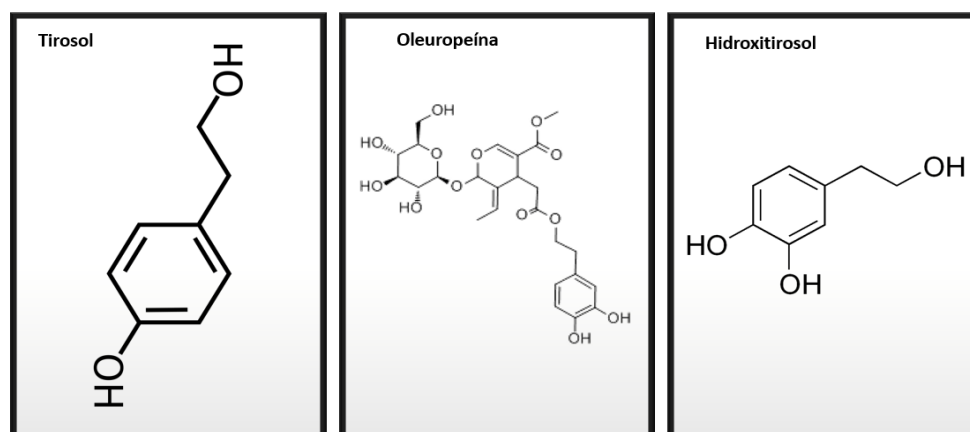
Se han contabilizado más de 8000 polifenoles diferentes de origen vegetal pero los más frecuentes son: los ácidos y alcoholes fenólicos, estilbenos, lignanos, tirosoles y flavonoides.

Los fenoles desempeñan funciones fisiológicas en los diferentes vegetales. Estos compuestos se oxidan fácilmente por lo que previenen la oxidación de otras sustancias. En las plantas, los polifenoles son responsables de la expansión de las hojas, acumulación de material seco en las raíces de las plantas, absorción de nutrientes y activación del crecimiento de estas. Los fenoles captan la mayor parte de la radiación ultravioleta incidente en las plantas impidiendo así los efectos nocivos en los diferentes tejidos y protegiéndolas de microorganismos debido a su carácter antimicrobiano.

Los polifenoles se encuentran en diversos grupos de vegetales: legumbres como los guisantes, judías y lentejas. Bebidas como el vino tinto, frutas y verduras de color morado y rojizo como la berenjena, remolacha, fresas, frambuesas, arándanos o granadas. También se encuentran en las semillas de cacao, en los frutos secos, la canela y la oliva.

La oliva contiene numerosos compuestos fenólicos. Entre ellos, destacan distintos componentes de la familia secoiridoide, como es la oleuropeína, ácido benzoico, metilcatecol, catecol, fenilalcoholes, flavonoides y compuestos fenólicos derivados del ácido cinámico. El compuesto fenólico más abundante en el fruto de la oliva es el hidroxitiroso, que, en algunos casos, llega a constituir sobre el 14% en peso.

**Figura 1.4 Principales polifenoles presentes en la aceituna**



En el caso de la aceituna, más en concreto en la producción del aceite de oliva, se encuentra elevada carga de compuestos fenólicos en las aguas de lavado. Estas aguas de lavado proceden de la última centrifugación del aceite, en cuya operación se adiciona al aceite una proporción de agua caliente que oscila entre el 15% y el 50% en proporción de volúmenes. Las aguas resultantes son una mezcla del propio residuo acuoso contenido en el aceite procedente de la extracción y el agua caliente adicionada. Realmente, este residuo se incorpora tradicionalmente al residuo líquido generado en la extracción, prensa o decanter, constituyendo en conjunto lo que se conoce como “alpechín”. (Ministerio del Medio Ambiente, 2000)

El aceite de oliva únicamente contiene el 2% de los compuestos fenólicos procedentes del fruto de la aceituna, por lo que el 98% restante de dichos compuestos permanece en los residuos o subproductos que se generan durante el proceso productivo. Por otro lado, la concentración de polifenoles varía significativamente en función de las diferentes clases de oliva y forma de extracción del aceite. (Ministerio del Medio Ambiente, 2000)

Numerosos estudios demuestran que los polifenoles presentes en los residuos líquidos (alpechín) son principales agentes antimicrobianos y desencadenan el mal funcionamiento de los sistemas de depuración biológica empleados en la gestión de dicho residuo. Pueden ser degradados por hongos y bacterias realizando antes una hidrólisis enzimática. Incrementamos así la necesidad de recuperar los polifenoles de las corrientes de aguas residuales de producción ya que preceden un amplio interés comercial por su implicación en la industria cosmética, alimentaria y farmacéutica.

En cuanto a los beneficios y usos más interesantes que se les atribuyen a los polifenoles podemos encontrar los siguientes:

- **Acción antioxidante:** Los polifenoles ofrecen una serie de propiedades para actuar sobre la piel y los radicales libres, frenando el envejecimiento por el paso del tiempo. Esto hace que esta sustancia, además de en alimentos, esté presente en muchos cosméticos y cremas con funciones antioxidantes. Cuando las encontramos en las uvas, hay que destacar que las propias pepitas son exfoliantes al desarrollar colágeno y elastina, dos componentes para que la piel luzca más joven y lisa. Además, la acción antioxidante actúa en otras partes del organismo.
- **Contra el hambre:** Algunos estudios concluyen que los fenoles en la dieta de aquellas personas obesas son buenos para reducir el hambre y mejorar, así, la sensibilidad a la leptina, como complemento de otras terapias que luchan contra la obesidad.
- **Buen antiinflamatorio:** Los polifenoles tienen más propiedades, puesto que son antiinflamatorios y antialérgicos. Nos protegen el sistema inmunológico, frente a posibles enfermedades y virus.
- **Aumentan la actividad de la vitamina C:** Es una función importante porque, gracias a ellos, se produce naturalmente la vitamina C en nuestro cuerpo y esto también previene de desarrollar determinadas enfermedades.
- **Previenen la aparición de enfermedades cardiovasculares:** La acción antioxidante beneficia a las personas de tener enfermedades relacionadas con el corazón. Y también son buenos para reducir el colesterol.
- **Previenen la diabetes:** Como consecuencia de su acción antioxidante, depurativa y por la bajada del colesterol, son sustancias que también nos previenen de sufrir enfermedades como la diabetes.

- **Buen aporte de minerales y vitaminas:** Entre los minerales que presentan los polifenoles destacamos el sodio o el hierro que son del todo necesarios para que nuestro organismo funcione correctamente.

Como alternativa, los polifenoles se pueden sintetizar empleando métodos químicos, lo que implica un elevado precio desde el punto de vista comercial. Por ello, en las aguas residuales generadas durante la producción del aceite de oliva se ve una potencial fuente de recuperación de polifenoles empleando técnicas y condiciones idóneas para obtener reporte económico. Además, se implementa el desarrollo sostenible en la industria oleícola promoviendo el fenómeno de Economía Circular.

### 1.3 Técnicas de extracción y tratamiento de polifenoles

El tratamiento y gestión de las corrientes residuales de elevada carga orgánica procedentes de las almazaras es objeto de estudio en diferentes ámbitos. Por un lado, se pueden reducir o eliminar dichos componentes orgánicos para poder gestionar un vertido controlado al cauce natural mientras que, por otro lado, se puede revalorizar un componente valioso en esas corrientes residuales consiguiendo disminuir la carga orgánica y aportando valor añadido a la empresa productora.

Se pueden distinguir dos situaciones diferentes para llevar a cabo el tratamiento y gestión de estos residuos. Se trata de instalaciones *in situ* o delegar el residuo a empresas externas especializadas exclusivamente en el tratamiento de estos residuos.

El **tratamiento *in situ*** se aplicaría en la misma almazara, diseñando una serie de tratamientos primarios y secundarios que permitan, por un lado, disminuir la carga orgánica hasta los parámetros de legislación permitidos para poder verter al colector municipal y, por otro lado, recuperar componentes valiosos como es el caso de los polifenoles para generar un valor añadido a estos residuos.

Hay numerosas **empresas externas** que se dedican única y exclusivamente al tratamiento y gestión de todos los residuos producidos en las almazaras. Estas empresas disponen de un volumen de producción mayor a las plantas de tratamientos *in situ* ya que son capaces de tratar residuos procedentes de más de una almazara. Las empresas externas, imponen un canon por la recogida y gestión del residuo a la empresa productora y, además, revalorizan gran parte de los residuos para obtener mayor reporte económico. Además, facilitan la necesidad de las almazaras de gestionar este residuo sin la necesidad de implementar un subapartado de gestión de residuos en la misma planta de producción con la consecuente problemática de espacio e inversión económica que pudiese acarrear.

Análoga e independientemente a la decisión de instalar una planta de tratamiento de residuos *in situ* o decidir delegar el residuo a empresas externas destinadas al tratamiento de residuos procedentes de la industria oleícola se van a comentar algunos de los tratamientos empleados en la minimización, eliminación o valorización de la corriente residual:



- **Evaporació Natural:** Se denomina també lagunaje, consisteix en una evaporació natural, favorecida per la acció solar i del vent. Fou el primer tractament introduït a Espanya per solucionar els problemes de gestió dels alpechins, es proposà per la Direcció de Medi Ambient el 1980. (Ochando-Pulido & Martínez-Ferret, 2012)

Los embalses suelen tener una profundidad de 0.6-0.7 metros, aunque en algunos diseños pueden ascender hasta 1.5 m. Deben de impermeabilizarse con láminas de material plástico y con fondo hormigonado para facilitar su limpieza empleando métodos mecánicos. Se ubican en zonas alejadas del núcleo urbano para evitar los malos olores y deben de estar vallados perimetralmente por razones de seguridad. La capacidad de estos embalses es muy variable, está condicionada por la capacidad de las alcazaras a las que prestan servicio, normalmente se establecen volúmenes de entre 300 y 70.000 m<sup>3</sup> en función de la capacidad de la alcazara.

Existen numerosas cooperativas de Córdoba y Jaén que lo adoptaron como es el caso de Úbeda, Baeza, Baena o Lucena. Actualmente, las principales limitaciones de este sistema son la falta de espacio y zonas adecuadas para instalar nuevas balsas. Empleando este método se consigue una evaporación insuficiente ya que se forma una capa oleosa superficial que impide la incidencia de radiación solar.

Para remediar el mal funcionamiento evaporativo de los tanques, se suelen adicionar compuestos bacterianos a partir de bacterias púrpura de género THIOBACILUS presentados en forma de productos comerciales. Este producto microbiológico es capaz de degradar la grasa contenida en el alpechín eliminando la película superficial con la finalidad de favorecer la eficiencia evaporativa. (M. Alvarez Cobelas, 1995)

- **Evaporació Forçada:** Se trata de una variante de la evaporación natural. Es un proceso que promueve la formación de partículas finas de carácter acuoso mediante la inyección a presión en toberas de aspersión o nebulización. Con ello se logra favorecer la acción de la radiación solar y el viento y se consigue mejorar notablemente la evaporación.

Se instalan equipos de bombeo en los bordes de las balsas, que aspiran el alpechín y lo inyectan a una red de toberas de nebulización. El excedente que no se evapora cae de nuevo al estanque. Estos sistemas presentan elevados costes de inversión y energía. (M. Alvarez Cobelas, 1995)

- **Concentració – Evaporació tèrmica:** Consiste en el empleo del efecto térmico para concentrar el alpechín, eliminando gran parte de agua mediante evaporación simple o de múltiple efecto. El residuo sòlido es aprovechable, por lo que se puede conseguir la eliminación total de los residuos generando un vertido nulo.

Este método permite obtener, por un lado, un concentrado que se puede utilizar como combustible o fertilizante o incluso se puede añadir a piensos por su elevado poder alimenticio y, por otro lado, encontramos el agua de condensación que, previamente depurada, puede ser vertida a cauce natural.

El proceso se realiza a través de la combinación de tratamientos fisicoquímicos y térmicos. En primer lugar, se acondiciona el alpechín utilizando diferentes procesos fisicoquímicos, llegando posteriormente, a una evaporación continua o de múltiple efecto. El calor necesario se produce mediante calderas de vapor que puede utilizar como combustible el propio concentrado de la misma instalación. (Manuela Andrés Abellán, 1996)

- **Depuració a través de tractaments anaerobios o biometanització:** Se trata de un proceso bioquímico de fermentación en el que las sustancias orgánicas como las proteínas, grasas o carbohidratos se degradan por fermentación a productos intermedios, principalmente ácidos y alcoholes. Para alcanzar un rendimiento elevado, estos compuestos intermedios se deben degradar completamente a dióxido de carbono y metano.

El tratamiento anaerobio admite corrientes residuales con gran carga contaminante, además, produce baja cantidad de exceso de lodos y se obtiene un gran rendimiento energético al general metano y se requiere de poco espacio. Este tipo de tratamiento no se ha implantado aún en las almazaras por su excesivo coste económico, aun así es objeto de estudio y existen diversos estudios a escala piloto. (Borja Padilla et al., 1991)

- **Procesos de membranas:** Los procesos de membranas, como la ultrafiltración y la ósmosis inversa, se emplean cada vez más en el tratamiento de ciertas corrientes líquidas de carácter residual, ya que permiten eliminar los contaminantes del agua generando una corriente purificada y otra corriente concentrada. (Borsani & Ferrando, 1997)

En el caso del alpechín, se obtiene una corriente de agua que se puede verter al cauce natural de los ríos y, una segunda corriente concentrada en los componentes contaminantes del alpechín original. Este procedimiento permite eliminar el 100% de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) de la corriente original. Sin embargo, las membranas experimentan una rápida degradación lo que repercute directamente en el coste de operación. Es por lo que se necesita un pretratamiento que adecue el agua residual a las necesidades de la membrana para aumentar el rendimiento y la vida útil de las membranas.

Las principales ventajas de este tratamiento son: la gran reducción de materia orgánica que se consigue, el poco espacio que requiere la planta y la posibilidad de reutilizar el efluente limpio además de la capacidad de revalorizar la corriente de concentrado para recuperar productos valiosos como es el caso de los polifenoles.

A continuación, a modo de resumen, se presenta en la **Tabla 1.1**, las principales ventajas e inconvenientes de los diferentes tratamientos.

Tabla 1.1 Ventajas e inconvenientes de los diferentes tratamientos

<b>Tratamiento</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Inconvenientes</b>
<b>Evaporación Natural</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Coste de operación reducido</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Necesidad de grandes espacios</li><li>▪ Evaporación insuficiente</li><li>▪ Peligros de infiltración</li></ul>
<b>Evaporación Forzada</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Mejora del rendimiento de evaporación natural</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Elevado coste energético y de inversión por los sistemas de bombeo</li></ul>
<b>Evaporación Térmica</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Obtención de concentrado para fuente de combustible o con alto valor nutricional en ganadería</li><li>▪ Vertido nulo de residuos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Alto coste de inversión</li><li>▪ Costes de mantenimiento y energéticos elevados</li></ul>
<b>Biometanización</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Alta eficacia de degradación</li><li>▪ Bajo coste de operación</li><li>▪ Obtención de gas combustible</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Necesidad de implantar tratamientos aerobios posteriores para verter a cauce natural</li><li>▪ Coste total del tratamiento excesivo</li></ul>
<b>Procesos de membranas</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Elevada reducción de DQO</li><li>▪ Espacio reducido de la planta</li><li>▪ Posibilidad de reutilizar el efluente</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Precisa de pretratamiento</li><li>▪ Elevada demanda energética</li></ul>

## 2. OBJETIVOS

El objetivo principal del trabajo consistirá en valorizar una corriente residual procedente de la industria oleícola mediante la recuperación de polifenoles por ósmosis inversa generando economía circular a la empresa.

Como objetivos específicos se pueden enumerar los siguientes:

- Poner en práctica los conocimientos adquiridos durante la carrera.
- Disponer el montaje experimental para obtener datos de comportamiento de las membranas frente al hidroxitirosol.
- Conocer el proceso de obtención del aceite de oliva.
- Desarrollar la estrategia de cálculo para el diseño empleando Matlab.
- Manejar el software profesional IMSDesign para establecer un diseño alternativo.
- Realizar búsquedas bibliográficas para documentar científicamente el proyecto.
- Emplear el programa Mendeley para gestionar la bibliografía.
- Exponer planos de ubicación en planta y configuración de la unidad de OI.
- Optimizar el diseño desde el punto de vista económico.
- Realizar un presupuesto y exponer el estudio económico para contemplar la viabilidad económica del proceso.
- Aplicar pensamiento crítico para valorar los resultados obtenidos.
- Comentar tratamientos finales para obtener el producto final en estado sólido.

### 3. TÉCNICA DE ÓSMOSIS INVERSA

Actualmente, los métodos de separación convencionales o clásicos como la filtración, centrifugación, evaporación o extracción con disolventes se quedan atrás en diferentes aplicaciones por la implementación de la tecnología de membranas como elemento separador.

La separación por estos métodos comprende desde partículas sólidas suspendidas en disoluciones líquidas o gaseosas hasta la separación de sólidos disueltos o la separación de mezclas de gases, siendo, en muchas ocasiones, procesos de separación más rápidos, económicos y eficientes que los convencionales.

La implementación de los métodos de separación por membranas se está potenciando cada vez más por la versatilidad y adaptación de las membranas a diversos escenarios. Además, es objeto de numerosas investigaciones para innovar, mejorar y adaptar las membranas a diversos procesos de separación que antes se efectuaban de forma convencional.

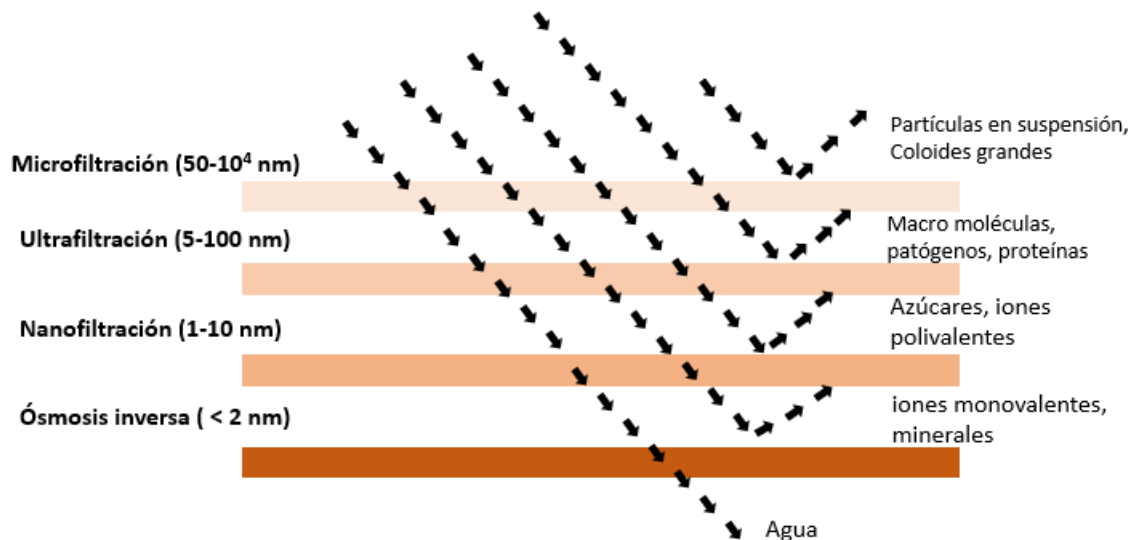
Es importante destacar que, en cualquier proceso de separación, el papel que juegan las membranas es actuar como una barrera selectiva que permite el paso a ciertos componentes, reteniendo otros componentes en la mezcla. De esta forma, el permeado o el concentrado se enriquecen en uno o más componentes.

Las membranas selectivas o semipermeables son aquellas que, en una disolución, generalmente, permiten el paso de las moléculas contenidas en el disolvente, pero, a su vez, retienen el paso a las moléculas de soluto disueltas en dicho disolvente. Además, las membranas también pueden permitir el paso a ciertos solutos mientras que impiden el paso de los solutos de mayor tamaño por lo que, no únicamente se destinan a separar el soluto del disolvente, sino que también se destinan a la separación entre solutos.

Se trata de finas láminas de material orgánico o mineral con determinados tamaños de poro que, permiten el paso de las moléculas con tamaño inferior al poro de la membrana mientras que retienen las moléculas con un tamaño superior al poro de la membrana. La separación también puede tener lugar por interacciones de afinidad o repulsión entre el soluto y la estructura de la membrana, no únicamente se restringe a propiedades físicas. (Accepta, 1997)

Cuando nos referimos a tecnología de membrana podemos encontrar diversos tipos de membrana en función de las dimensiones del poro. Encontramos, en la **Figura 3.1**, diversos tipos de membranas en función del tamaño de poro.

Figura 3.1 Tipos de membrana en función del tamaño de poro



Dado el reducido tamaño de los polifenoles que se encuentran en las corrientes de aguas de lavado, se restringe la tecnología de membranas únicamente a la separación implementando membranas de **ósmosis inversa** por ser capaces de separar los polifenoles de la corriente residual obteniendo buenos rendimientos de separación.

### 3.1 Fundamentos de la ósmosis inversa

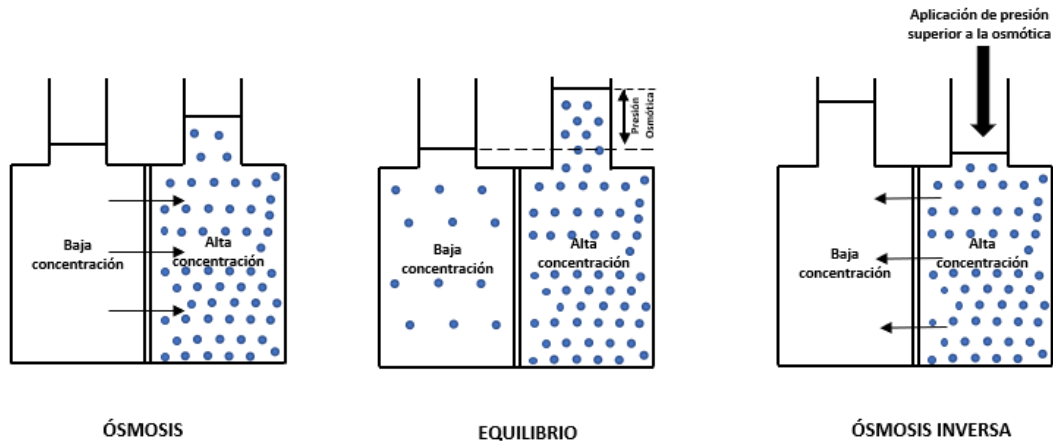
La ósmosis, es un fenómeno natural cuyo descubrimiento data de 1748. Se trata de la difusión de un líquido (generalmente agua) a través de una membrana semipermeable desde una disolución con baja concentración hasta una disolución con una mayor concentración hasta que, finalmente, se alcanza el equilibrio en las concentraciones a ambos lados de la membrana. La diferencia de presión entre ambos lados de la membrana se conoce como presión osmótica, variable característica para cada disolución. (Dr.Lawrene k. wang et al., 2011)

El potencial químico juega un gran papel en el fenómeno de ósmosis, actúa como fuerza motriz para el transporte del agua ya que, las disoluciones se desplazan de zonas con menor potencial a zonas con mayor potencial químico hasta que al final se alcanza una estabilidad y cesa el flujo de agua desde la disolución más diluida hacia la más concentrada. La fuerza que provoca este movimiento se denomina presión osmótica y está relacionada con la concentración de sales en el interior de ambas disoluciones.

Ahora bien, al aplicar una presión superior a la osmótica, el agua invierte su trayectoria natural y fluye desde el lado con mayor concentración de soluto hacia el lado de la membrana con menor concentración de sales y por lo tanto se consigue la separación del agua de la disolución salina. Este proceso es inverso al proceso natural de ósmosis y se conoce como ósmosis inversa.

A continuación, en la **Figura 3.2**, se puede observar un esquema del proceso de ósmosis directa, equilibrio en las concentraciones y el proceso de ósmosis inversa

Figura 3.2 Proceso de Ósmosis y Ósmosis inversa



Una vez comprendido el funcionamiento básico del proceso de ósmosis inversa hay que explorar como fluye el agua en el interior de la membrana y como se produce el fenómeno de separación en su seno. Para ello, se recurre a varios modelos matemáticos que describen la transferencia de materia externa e interna de la membrana.

La transferencia de materia interna se explica a través del modelo de **disolución-difusión** propuesta por Lonsdale (1965). Este modelo describe el transporte de soluto y disolvente a través de las membranas en términos de afinidad relativa de estos componentes para la membrana y su transporte difusivo a través del interior de la membrana. (Lonsdale et al., 1965)

Así pues, la ecuación del flujo de agua por unidad de superficie de membrana,  $J_W$ , para el modelo de solución-difusión es:

$$J_W = L_W(\Delta P - \Delta \Pi) \quad (3.1)$$

donde  $L_W$  es el coeficiente de permeabilidad del disolvente y  $\Delta P$  y  $\Delta \Pi$  son las diferencias de presión hidráulica y presión osmótica entre ambos lados de la membrana.

Por otro lado, el modelo más empleado para describir la transferencia de materia fuera de la membrana es el modelo de **polarización por concentración** basado en la **teoría de película**.

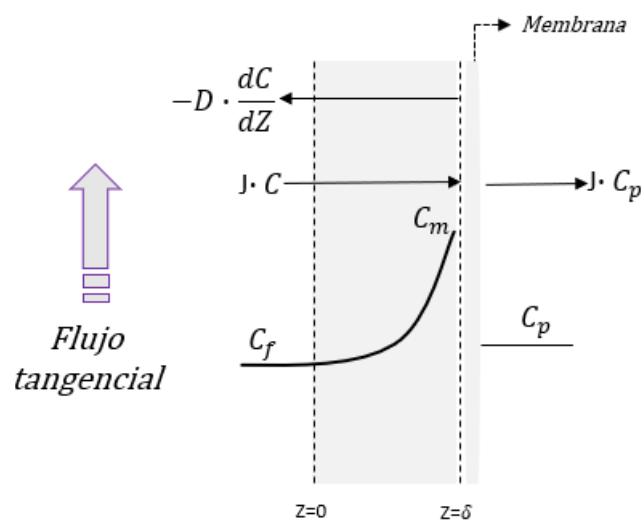
Debido a la polarización por concentración, la superficie de membrana se somete a una concentración mayor que la del seno del fluido de alimentación. Se conoce que la polarización por concentración provoca un descenso en el flujo de permeado y puede provocar la precipitación de sales solubles en la superficie de membrana por alcanzar una concentración de soluto que lo hace insoluble en la superficie de membrana. (Mulder, 2008)

Si el flujo es turbulento, en el seno de la corriente de rechazo se obtendrá una buena mezcla, exceptuando la superficie de la membrana donde se establece la conocida capa límite con flujo laminar. Esta capa no está mezclada y como consecuencia, durante el proceso de filtración, los componentes que rechaza la membrana acaban acumulándose cerca de la superficie de la membrana. Esta acumulación se conoce como polarización por concentración.

Los solutos y otras especies de la corriente de alimentación se transportan hacia la superficie de membrana mediante el flujo convectivo, a una velocidad equivalente a la del permeado. Como consecuencia de la naturaleza semipermeable de la membrana, el soluto presente en la corriente de alimentación es retenido en la interfase de membrana. (Mulder, 2008)

El proceso de polarización por concentración se puede contemplar en la **Figura 3.3**. Por norma general, se describe mediante un balance del soluto en estado estacionario, el cual establece la difusión de un componente rechazado y acumulado en la interfase hacia el seno del fluido ( $-D \cdot dC/dZ$ ) que se debe equilibrar con la diferencia entre el transporte convectivo hacia la interfase ( $J \cdot C$ ) y la cantidad de componentes que han podido pasar a través de la membrana ( $J \cdot C_p$ ).

**Figura 3.3** Mecanismo de polarización por concentración



El balance se representa por la siguiente ecuación:

$$J \cdot C - \left( D \cdot \frac{\partial C}{\partial z} \right) = J \cdot C_p \quad (3.2)$$

Integrando la **Ecuación 3.2** en la capa límite, para las condiciones de concentración,  $C = C_f$  en  $z = 0$  y  $C = C_m$  para  $z = \delta$ , se obtiene la conocida ecuación de polarización por concentraciones:

$$J = K \cdot \ln \left( \frac{C_m - C_p}{C_f - C_p} \right) \quad (3.3)$$

donde, K es el coeficiente de transferencia de materia en la capa límite.



Los modelos teóricos de polarización por concentración estudian el aumento de la capa límite de concentración del soluto provocado por el rechazo en la superficie de membrana. El estudio comprende la solución de ecuaciones diferenciales de difusión-convección en las condiciones límites apropiadas y asumiendo ciertas simplificaciones.

Recientemente Merdaw (2010) y Attarde (2016) propusieron y validaron un modelo matemático mixto que combina la transferencia de materia externa e interna en la membrana. Está basado en un sistema de resistencias en serie para describir el paso del disolvente a través de la membrana.

La ecuación general del flux de disolvente,  $J_W$ , que propusieron, es similar al modelo de Lonsdale y está basada en el producto del coeficiente de permeabilidad de la membrana y la fuerza impulsora entre ambos lados de la membrana. Finalmente se aplica un factor de corrección introduciendo el módulo de polarización por concentración,  $\phi$ , que es función del coeficiente de transferencia de materia en la parte externa de la membrana,  $k$ , y el propio flux.

$$J_W = A_{Wm}(\Delta P - \sigma\phi(J_W, k)\Delta\Pi_m) \quad (3.4)$$

donde,  $A_{Wm}$  es la permeabilidad de la membrana al paso del agua por difusión, y  $\Delta P$ , y  $\Delta\Pi_m$  son la diferencia de presión hidráulica y osmótica entre ambos lados de la membrana.

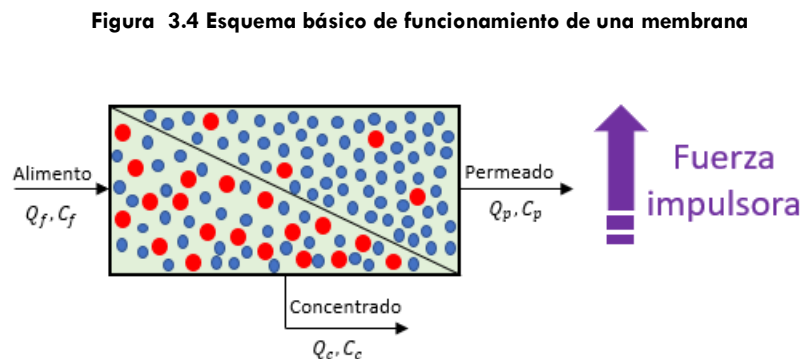
El resultado de esta ecuación permite optimizar las condiciones de operación del proceso de separación, en términos de velocidad tangencial y presión de la corriente de afluente en los elementos de membrana.

El flujo de soluto por unidad de superficie de membrana se describe empleando mecanismos de carácter difusivo mediante la siguiente ecuación:

$$J_S = B_{Sm} \cdot \Delta c \quad (3.5)$$

donde,  $B_{Sm}$  es el coeficiente de permeabilidad del soluto y  $\Delta c$  es la diferencia entre las concentraciones del soluto a ambos lados de la membrana.

A continuación, en la **Figura 3.4** se puede observar el funcionamiento básico de separación de una membrana de ósmosis inversa.



Aplicando el principio de conservación de materia al proceso de ósmosis inversa, se obtiene la siguiente expresión:

$$Q_f \cdot c_F = Q_p \cdot c_p + Q_c \cdot c_c \quad (3.6)$$

donde Q y C representan los caudales y concentraciones del alimento, permeado y concentrado respectivamente.

Suponiendo un área de membrana A, el caudal de permeado está relacionado con el flux de disolvente como se muestra en la **Ecuación 3.7**:

$$Q_p = J_p \cdot A \quad (3.7)$$

Por último, el factor de conversión del proceso indica la relación que existe entre el caudal de permeado y alimento:

$$Y = \frac{Q_p}{Q_f} \quad (3.8)$$

Hay que resaltar la importancia de la temperatura para estimar los coeficientes de transferencia. Un aumento de la temperatura supone un incremento en el volumen libre de la estructura de la membrana y provoca un aumento del flux de soluto y disolvente a través de la membrana.

El compendio de ecuaciones desarrolladas en este apartado constituye una base sólida para realizar el diseño de la unidad de ósmosis inversa capaz de tratar la corriente residual proveniente de las aguas de lavado de la almazara. Llevados a la práctica, el diseño requiere de una gran estrategia y desarrollo de cálculo, por ello, los fabricantes de membranas han desarrollado determinados softwares que facilitan la estrategia de cálculo. Este es el caso del software **IMSDesing**, se trata de un software de simulación y cálculo creado por la empresa Hydranautics, una de las mayores potencias en cuanto a tecnología de membranas a nivel mundial.

### 3.2 Variables de diseño para la unidad de ósmosis inversa.

A la hora de establecer el diseño de la unidad de ósmosis inversa es de vital importancia contemplar las variables de diseño del proceso además de comprender la variación del resultado al perturbar alguna de las variables de diseño. A continuación, se comentan algunas de las variables de diseño más importantes en el proceso de ósmosis inversa (Dr. Lawrence k. wang et al., 2011) :

- **Conversión:** Es una de las variables más importantes, nos indica la relación que existe entre el afluente (agua cruda) y el efluente (agua tratada). La conversión influye directamente sobre la producción, del mismo modo a mayor conversión se requiere mayor presión de trabajo. Al aumentar mucho la conversión, la concentración de sales en el rechazo aumenta, pudiendo precipitar las sales sobre la membrana y aumentando la concentración salina del agua en contacto con la misma. Este aumento de concentración aumenta la presión osmótica de la disolución haciendo disminuir la presión diferencial y por lo tanto el caudal de permeado. Asimismo, al disminuir el caudal de permeado la concentración de sales en el mismo se incrementa.
- **Presión:** Es el factor de diseño más importante, del mismo modo que condiciona, en gran medida, el coste del agua debido a la energía que consumen los sistemas de bombeo. Guarda relación con las características de la disolución siendo superior a la presión osmótica para forzar el desplazamiento de la disolución desde la zona más concentrada a la menos concentrada y producir el fenómeno de separación.
- **Temperatura:** La temperatura es un factor para tener en cuenta ya que, con forme crece la temperatura, la solubilidad de las sales aumenta y es más complejo separarlas afectando directamente sobre el rendimiento de producción. Las membranas que se utilizan actualmente son de poliamidas aromáticas, este tipo de membranas suelen tener una temperatura máxima de trabajo de 45 grados. Trabajar a altas temperaturas favorece el fenómeno de compactación que sufren las membranas por trabajar a elevadas presiones y, con el tiempo, acaban deteriorándose y disminuyendo la producción.
- **pH:** El pH es un factor importante y de seguridad para mantener las membranas en buen estado, como se ha mencionado anteriormente, las membranas suelen ser de poliamidas aromáticas y aunque disponen de un amplio rango de trabajo (pH 3-11) se le adicionan al agua productos químicos para corregir el pH y fijarlo en valores óptimos. Además, el pH afecta al rechazo iónico de muchos iones.
- **Caudal de producción:** Es el factor que condiciona todo el diseño, en base a este número se establece el número de bastidores y el caudal que deberá tratar cada bastidor además del número de tubos de presión por bastidor. El caudal de producción va ligado al gasto energético y el gasto en equipos ya que, a mayor caudal de producción se necesitan más equipos y por lo tanto más sistemas de bombeo y más gasto energético.
- **Membrana:** Es el corazón del proceso, hay que escoger un tipo de membrana para satisfacer las condiciones del agua dulce requerida. Se pueden distinguir tres grupos de membranas:
  - Elementos de alto flujo
  - Elementos de alto rechazo
  - Elementos de bajo coste

Cada tipo de elemento condiciona el proceso. Los elementos de alto flujo son capaces de producir elevadas cantidades de efluente, pero no a calidades elevadas, los elementos de alto rechazo aportan una gran calidad al efluente, pero disminuyen la producción y los elementos de bajo coste aportan un bajo coste energético del proceso.

Dentro de las características de la membrana, para el proceso, hay que fijar el tipo de membrana, el número de membranas por tubo de presión y por consiguiente el número de tubos de presión por bastidor. Además, hay que conocer la edad media de vida de la

membrana, la disminución del flujo de permeado por año, el factor de ensuciamiento y el incremento anual del paso de sales.

En cuanto al tipo de membrana no únicamente hay que escoger si se trata de alto flujo, alto rechazo o bajo coste, además hay que escoger las proporciones métricas de la membrana.

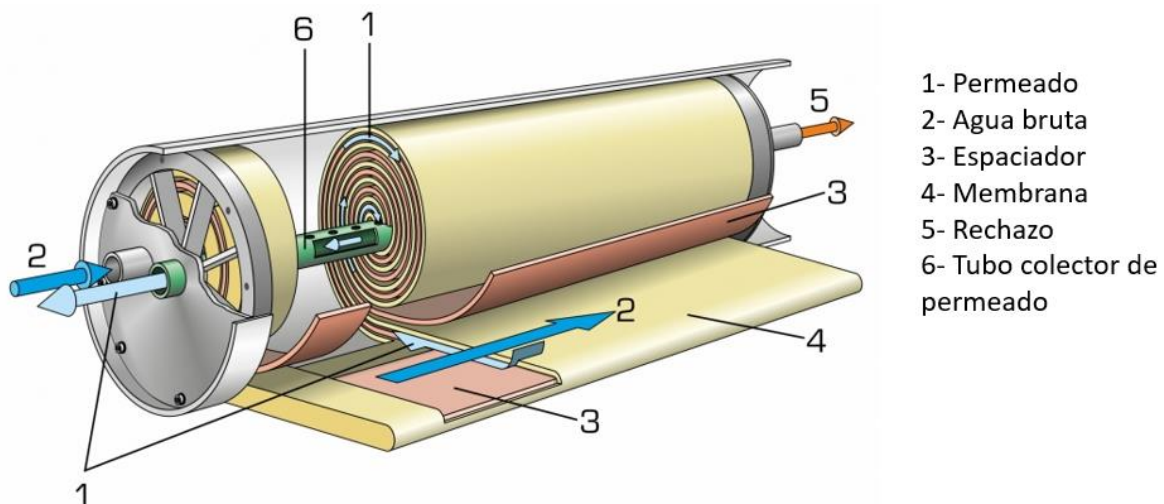
- Características del agua:** Las características y composiciones del agua a tratar es el punto de partida para el diseño, ya que influye sobre la presión necesaria debido a la cantidad de sales disueltas y por tanto a la presión osmótica. Por otro lado, fija la temperatura y el pH de trabajo además de la tipología de la membrana. Las características del agua cruda afectan directamente a la infraestructura necesaria en los pretratamientos.

### 3.3 Configuración de la unidad de ósmosis inversa.

Todo comienza con la membrana o **elemento de membrana**. Como se observa en la **Figura 3.5**, consta de finas láminas enrolladas en espiral sobre un tubo concéntrico con pequeños orificios por donde se recoge el caudal de permeado. El punto 2 del esquema detalla el paso del agua cruda a través de la membrana y cómo se distinguen las dos corrientes diferenciadas. Por un lado, obtenemos la corriente 1 o permeado, es la disolución que consigue traspasar la membrana mientras que, por otro lado, el rechazo no lo consigue y acaba recogándose en el punto 5. El punto 3 y 4 representan la estructura de la membrana, cómo las finas láminas son enrolladas junto con una capa de espaciador que permite, en muchas ocasiones, aumentar la superficie de contacto entre el líquido y la membrana además de generar régimen turbulento y favorecer la homogeneización de la disolución. Aunque en la figura se vea como una lámina fina y compacta, realmente, se trata de una estructura mallada.

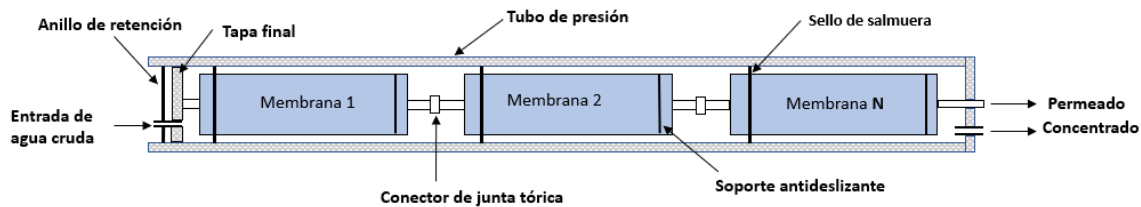
Los elementos de membrana, normalmente, se agrupan en 6 y 7 unidades en serie para favorecer la productividad al aumentar la conversión del sistema. Dichos elementos se ensamblan entre los extremos y se introducen en un **tubo de presión**, se trata de un habitáculo que contiene las membranas ensambladas como si se tratase de un único elemento. Este tubo dispone de diferentes mecanismos y sujeciones que permiten mantener la membrana en buenas condiciones de trabajo, dispone de salidas y entradas para recoger el flujo de permeado y concentrado e introducir el caudal de agua a tratar.

Figura 3.5 Esquema de funcionamiento de una membrana de OI



A continuación, en la **Figura 3.6**, se detalla un esquema básico del ensamblaje y funcionamiento de un tubo de presión para elementos de membrana de ósmosis inversa.

**Figura 3.6** Esquema básico de las membranas en un tubo de presión



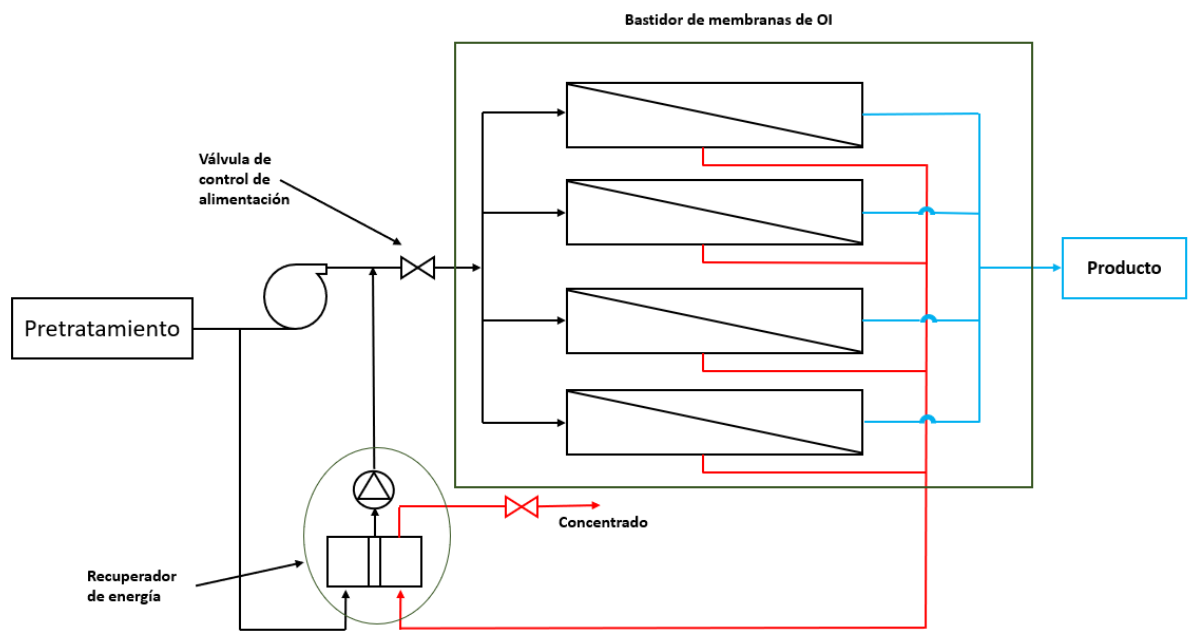
Ahora bien, el diseño de la unidad de ósmosis inversa se lleva a cabo mediante bastidores. Un **bastidor** es una agrupación de tubos de presión debidamente ensamblados en una estructura contenedora. Además, hay que introducir el **elemento de bombeo**, es la fuerza impulsora que hará posible el fenómeno de separación, por norma general se emplea un sistema de bombeo de alta presión por bastidor, además de dejar una bomba en reserva por cada 4 o 5 bastidores para que, en caso de rotura o fallo, se pueda acoplar rápidamente al sistema y siga el funcionamiento normal de la planta.

Si desglosamos en apartados, dentro del coste de producción, el consumo eléctrico reportaría el mayor importe económico. Esto es debido al elevado consumo energético de los sistemas de bombeo. En algunos casos, especialmente en sistemas de alta presión se recurre a la implementación de **recuperadores de energía**. Estos elementos aprovechan la corriente de rechazo transformando esa presión de la corriente de concentrado en un incremento de la presión en la corriente del alimento, consiguiendo así disminuir la energía que deberá proporcionar la bomba y por consiguiente el consumo eléctrico.

Por otra parte, es importante señalar que todo tratamiento de membranas requiere de un pretratamiento. Se trata de procesos fisicoquímicos que tienen la finalidad de adaptar el agua a tratar a las necesidades de la membrana para no producir daños y favorecer el proceso de separación aumentando la eficiencia del proceso.

Por último, en la **Figura 3.7** se muestra un esquema global de la unidad de ósmosis inversa donde se puede ver el bastidor con los tubos de presión, el sistema de recuperación de energía y la bomba de alta presión.

Figura 3.7 Diagrama global de la unidad de ósmosis inversa



## 4. PLANTEAMIENTO EXPERIMENTAL

En primera instancia, se estableció un proceso experimental en diferentes etapas para obtener datos representativos del comportamiento de las membranas frente a una disolución patrón de hidroxitirosol. Posteriormente, los datos experimentales de laboratorio se tratarían para extrapolar el diseño a escala industrial con la finalidad de tratar el agua residual proveniente de la última centrifugación del aceite de oliva logrando obtener una corriente rica y valiosa en polifenoles.

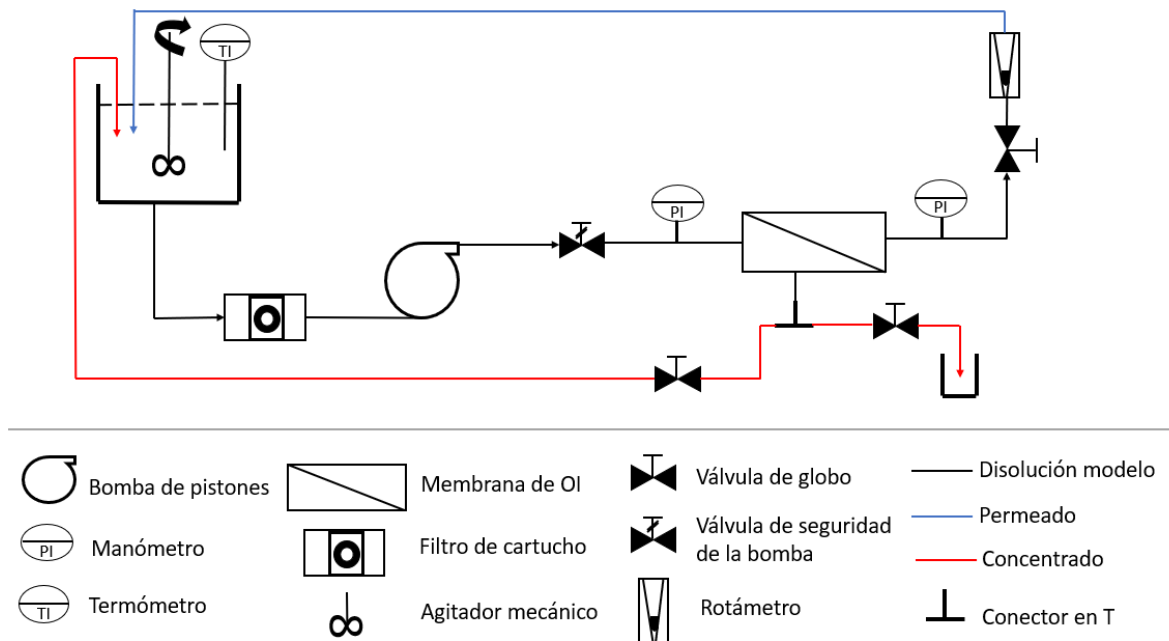
No obstante, pese al estado de alarma propiciado por el COVID-19, la planta piloto se quedó ensamblada a falta de realizar los experimentos de laboratorio por lo que fue necesaria una búsqueda bibliográfica de datos de comportamiento de las membranas para poder establecer el diseño de la unidad de ósmosis inversa.

### 4.1 Descripción de la planta piloto de ósmosis inversa

El desarrollo de la parte experimental se iba a realizar en el laboratorio de Ingeniería Química C2L1 perteneciente al departamento de Ingeniería Química y Nuclear de la Universidad Politècnica de Valencia (Campus de Alcoy).

En la **Figura 4.1** se puede contemplar un diagrama de flujo de la planta piloto con la que se iba a desarrollar el experimento.

Figura 4.1 Diagrama de flujo de la planta de ósmosis inversa



En la **Figura 4.2** se muestra una fotografía de la disposición de la planta piloto ubicada en el laboratorio de Ingeniería Química C2L1. Dicha planta fue modificada y adaptada al nuevo montaje experimental detallado en el apartado 4.2 (Ensamblaje y testeo de la planta piloto).

Figura 4.2 Planta piloto de ósmosis inversa



Como se aprecia en las **Figura 4.1** y **4.2**, el montaje experimental consta de una serie de elementos dispuestos de manera ordenada según la función que desempeñan. La planta piloto está constituida por un tanque de alimentación cuyo volumen puede variar desde 100 a 1 litro. En este caso, se estableció un volumen pequeño (2L) por el elevado coste del soluto empleado (hidroxitirosol).

A la salida del tanque encontramos el sistema de bombeo compuesto por una bomba de pistones controlada por un variador de frecuencia para establecer el caudal de alimentación a la membrana. Previo a la bomba, se encuentra un filtro de cartucho para evitar la entrada de cualquier partícula sólida al sistema de bombeo evitando así fallos de funcionamiento.

Tanto a la entrada como a la salida del módulo de membrana se encuentran dos manómetros diferenciales para controlar las presiones de trabajo. A la salida del caudal de permeado se encuentra una válvula de globo con la que poder controlar manualmente la presión de trabajo de la membrana. Seguidamente se encuentra el rotámetro para valorar el caudal de permeado obtenido en los experimentos.

En cuanto al caudal de concentrado, es necesario realizar muestreos durante el transcurso del experimento para analizar la concentración de hidroxitirosol. Por ello, se establece una bifurcación controlada por dos válvulas para desviar el caudal de concentrado a la zona de adquisición de muestras o por el contrario, recircularla al tanque de alimento. Del mismo modo, también se controla el caudal de concentrado tomando un volumen de concentrado conocido en un tiempo establecido.

Finalmente, tanto el caudal de concentrado como el de permeado se recirculan al tanque de alimentación que se encuentra en constante agitación mecánica.

Es de vital importancia resaltar que, durante el transcurso del experimento, la temperatura de alimentación debe de mantenerse constante por lo que se emplea un serpentín que actuará como refrigerante para evitar que se incremente la temperatura en el tanque de alimentación.



## 4.2 Ensamblaje y testeo de la planta piloto

Al tratarse de una planta de laboratorio destinada a la interacción con el alumnado para trabajos, prácticas e incluso investigación es de vital importancia realizar una limpieza general y revisión del ensamblaje antes de realizar el nuevo procedimiento experimental.

Por ello, se desmontó la planta en su totalidad para sustituir el montaje experimental antiguo por el empleado en este trabajo.

Los pasos seguidos para la limpieza, conservación de las membranas existentes y montaje de la nueva planta fueron los siguientes:


- 1. Revisión del montaje experimental existente:** Se realizaron comprobaciones previas para asegurar que la planta existente estaba bien ensamblada y se puso en funcionamiento la planta con agua destilada para expulsar cualquier fluido empleado con anterioridad en ensayos y observar, de este modo, que continuaba funcionando correctamente.
- 2. Conservación del elemento de membrana anterior:** Se extrajo la membrana del montaje experimental vaciando al completo el fluido de su interior e introduciendo una disolución de formaldehído al 0.01% en volumen. Finalmente se selló la membrana empleando tapones de corcho para preservarla en buenas condiciones para ensayos venideros.
- 3. Limpieza de filtros de cartucho:** Se desmontó el filtro de cartucho existente realizando una previa limpieza manual y posteriormente introduciéndolo en un tanque con una disolución de hidróxido sódico al 0.5%.
- 4. Sustitución de los manguitos:** Ya que se va a trabajar con un volumen pequeño de alimento es importante reducir el diámetro de las canalizaciones de fluidos o manguitos para que el depósito de alimento siempre disponga de al menos 1 litro de disolución patrón evitando así que la bomba trabaje en vacío y se introduzca aire en el sistema.
- 5. Preparación de la membrana:** Al trabajar con un módulo de membranas planas fue necesario recortar un elemento de membrana a las especificaciones geométricas del módulo. Posteriormente, se introdujeron en una disolución de hidróxido sódico al 0.5% para realizar una limpieza química. En un periodo de tiempo de 7 días se sacaron los recortes de láminas de membrana de la disolución de hidróxido sódico y se introdujeron en una nueva disolución de hidróxido sódico al 0.5%. Las membranas sumergidas en la disolución se introdujeron en un refrigerador a 5°C para preservarlas en buenas condiciones hasta el momento de realizar los ensayos.
- 6. Preparación del nuevo módulo de membranas:** Se realizó una limpieza manual del módulo plano de membranas para retirar cualquier impureza. Posteriormente se revisaron las juntas tóricas y se sustituyeron las que estaban en malas condiciones para tener estanqueidad en los ensayos experimentales y evitar fugas de fluido.
- 7. Ensamblaje de la planta piloto de OI:** Una vez realizado la limpieza y sustitución de algunos elementos de la planta piloto inicial se ensambló el nuevo módulo de membranas y se realizaron varias pruebas con agua de red para comprobar el funcionamiento de la planta a diferentes presiones y caudales y verificar la estanqueidad de esta.

### 4.3 Descripción y características del material empleado


En este apartado se introducirán fotografías del material empleado en montaje experimental además de tablas resumen de las propiedades de dichos materiales:

Los manómetros diferenciales empleados en la planta piloto se pueden observar en las **Tablas 4.1 y 4.2** Junto con sus especificaciones técnicas.

**Tabla 4.1** Especificaciones del manómetro marca WIKA


	Parámetros	Valores y propiedades
	Medición de presión mínima (bar)	0
	Medición de presión máxima (bar)	100
	Tipo de indicador de presión	Entrada de botón
	Diámetro externo del indicador (mm)	63
	Tamaño de conexión	G 1/4"
	Máxima precisión	± 1.6%
	Material de la carcasa	Acero inoxidable
	Temperatura mínima de funcionamiento (°C)	-20
	Temperatura máxima de funcionamiento (°C)	60

**Tabla 4.2** Especificaciones del manómetro marca FIMB

	Parámetros	Valores y propiedades
	Medición de presión mínima (Kg·cm <sup>-2</sup> )	0
	Medición de presión máxima (Kg·cm <sup>-2</sup> )	60
	Tipo de indicador de presión	Entrada de botón
	Diámetro externo del indicador (mm)	57
	Tamaño de conexión	G 1/4"
	Máxima precisión	± 1.6%
	Material de la carcasa	Acero inoxidable
	Temperatura mínima de funcionamiento (°C)	-20
Temperatura máxima de funcionamiento (°C)	60	

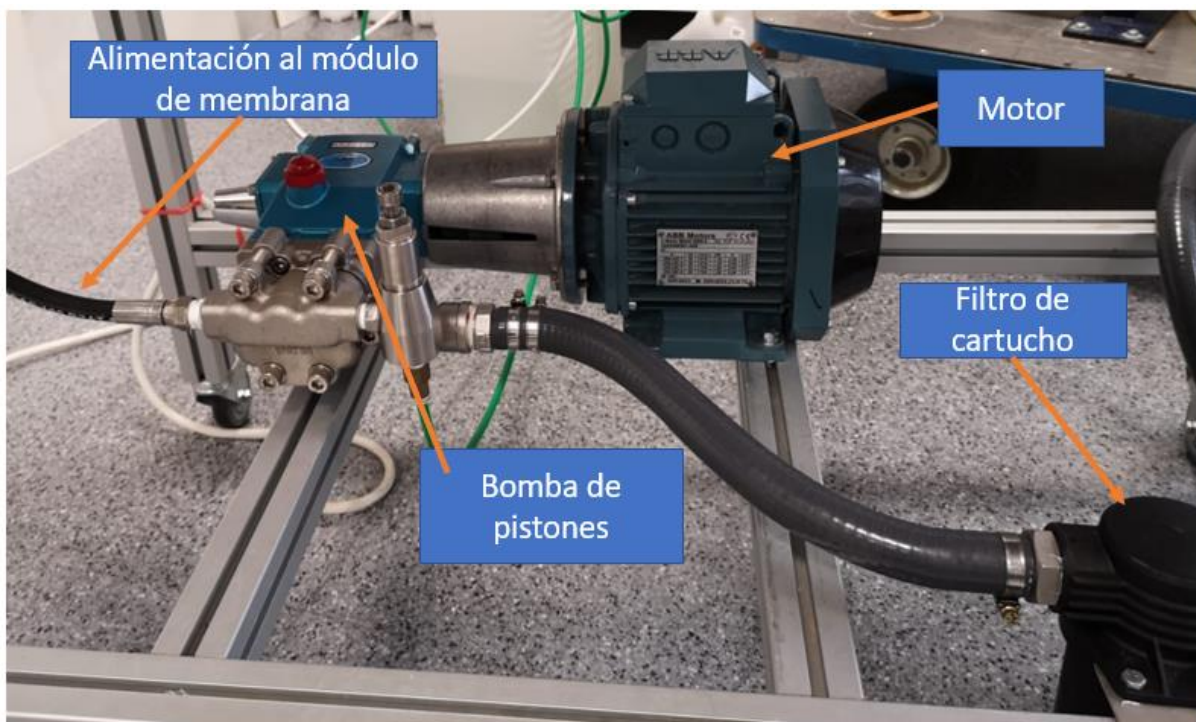
El termómetro empleado es de la marca testo modelo 922. En la **Tabla 4.3** se puede observar su aspecto y características.

**Tabla 4.3** Especificaciones del termómetro marca Testo modelo 922

Parámetros	Valores y propiedades	
	Rango de medición (°C)	-50 .....+1000
	Precisión ± 1 dígito	± (0.5°C + 0.3% del v.m) ( -40 ... +900 °C) ± (0.7°C + 0.5% del v.m) (rango restante)
	Resolución	0.1°C ( -50...+199.9°C) 1°C (rango restante)
	Temperatura de servicio	-20...+50°C
	Material de la carcasa	ABS
	Medidas	182 x 64 x 40 mm
	Peso	171 g


Como se muestra en la **Figura 4.3**, el sistema de bombeo está constituido por un filtro de cartucho para evitar la entrada de partículas sólidas a la bomba. En dicha figura se puede ver el acoplamiento motor-bomba.

**Figura 4.3** Sistema de bombeo empleado en el montaje experimental




En la **Tabla 4.4** se puede observar la bomba junto con sus características técnicas. Se trata de una bomba de pistón de desplazamiento positivo compuesta por tres pistones. Está construida con colectores de latón cromado, conjuntos de válvulas 304SS, cilindros y manguitos 304SS cromados y juntas tóricas estándar NBR. Sus bajas revoluciones por minuto están diseñadas para transmisión por correa. El diseño *Uniflow* presenta una válvula de entrada accionada mecánicamente que proporciona un flujo continuo de fluido hacia delante y una fuerte succión.

**Tabla 4.4 Bomba de pistones de tres cuadros modelo 280 con motor ABB**

	Parámetros	Valores y propiedades
	Flujo máximo ( $l \cdot \text{min}^{-1}$ )	11.4
	Presión máxima (bar)	70
	Tamaño del puerto de entrada	1/2" NPT (F)
	Tamaño del puerto de salida	3/8" NPT (F)
	Revoluciones máximas de la bomba (rpm)	1330
	Tipo de unidad	Correa, Embrague
	Material	Latón

A continuación, en la **Tabla 4.5** se detallan las especificaciones del filtro de cartucho empleado en el montaje experimental.

**Tabla 4.5 Características del filtro de cartucho**

	Parámetros	Valores y propiedades
	Material	Acero inoxidable
	Estructura	Malla
	Luz de malla ( $\mu\text{m}$ )	50
	Temperatura máxima ( $^{\circ}\text{C}$ )	30
	Caudal ( $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ )	-
	Presión máxima (bar)	8
	Presión de rotura (bar)	35
	Rango de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	0-50

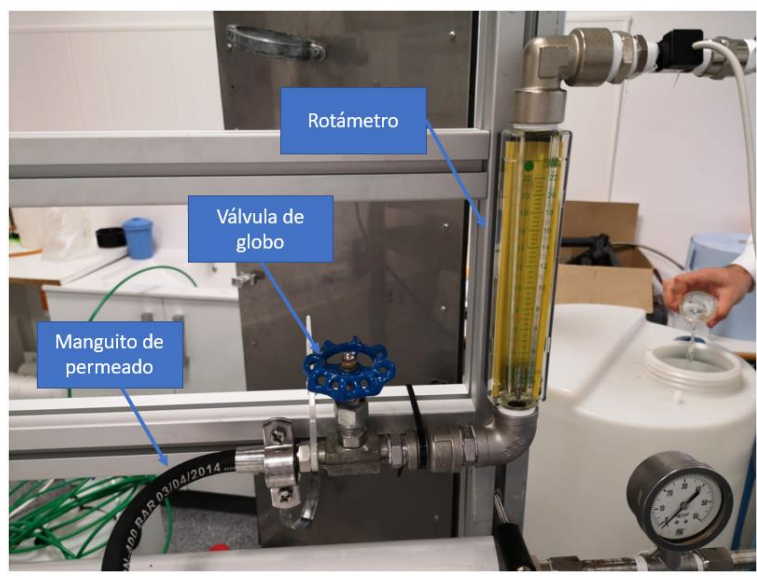
En la **Figura 4.4** se puede observar el variador de frecuencia marca Eaton. Dicho variador consta de un botón de encendido y apagado para dar servicio a la bomba. Además, contiene una ruleta manual para variar la frecuencia de la bomba. En el cuadro eléctrico se observa un diferencial magnetotérmico para proteger el circuito. El variador proporciona una potencia de 0.37 kW y es capaz de establecer las revoluciones del motor desde 0 rpm a 1330 rpm, parámetro máximo que puede soportar la bomba.

Figura 4.4 Variador de frecuencia de la bomba



En la Figura 4.5 se muestra el montaje experimental de la válvula de globo y el rotámetro empleado en los ensayos.

Figura 4.5 Válvula de globo y Rotámetro del montaje experimental





**Tabla 4.6 Características del rotámetro**

Parámetros	Valores y propiedades
Conexión	R 1/4"
Presión máxima de operación (bar)	15
Temperatura máxima de operación (°C)	60
Precisión	± 2 %
Repetibilidad	± 1%
Rango de medida (l· min <sup>-1</sup> )	3-22

En cuanto al módulo de membranas, como se puede observar en la **Figura 4.6**, se trata de una estructura contenedora consistente compuesta por un sistema de sujeción en tres puntos para realizar una buena sujeción de las láminas planas de membrana favoreciendo la estanqueidad del sistema.

**Figura 4.6 Módulo de membrana plano**

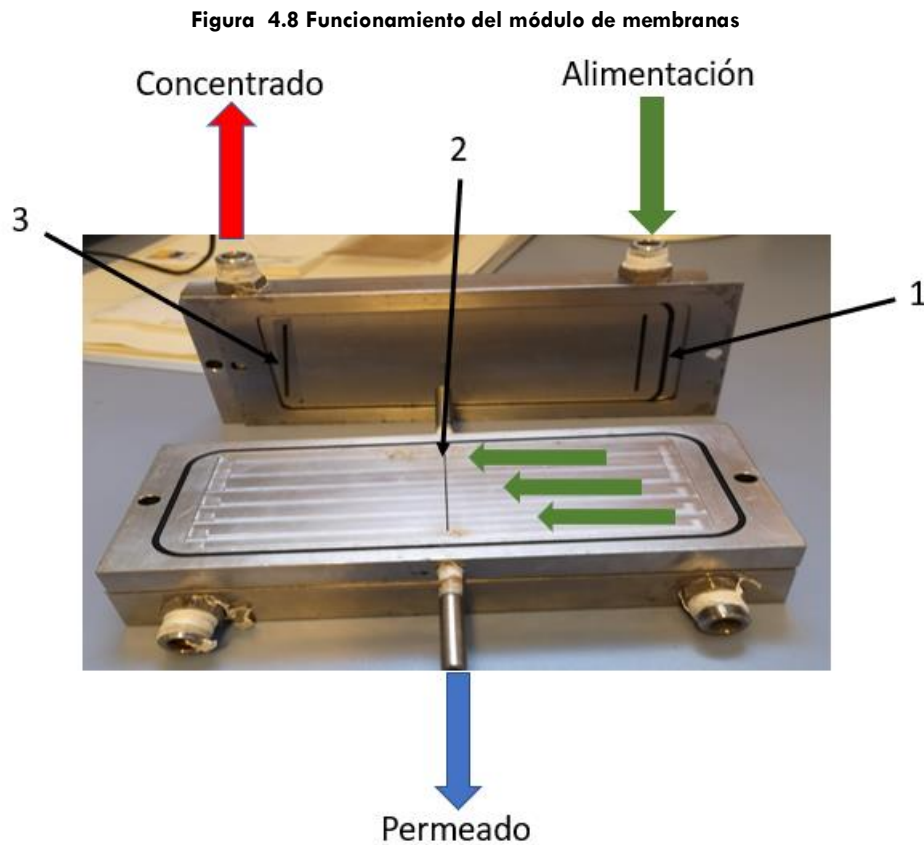


En la **Figura 4.7**, se muestra la estructura del módulo de membrana. Dicho módulo está preparado para albergar dos láminas de membrana de iguales características geométricas que funcionan de manera independiente. Dicha estructura se inserta dentro del módulo asegurando que quede bien sujeta empleando los tornillos de apriete disponibles en la estructura del módulo.

**Figura 4.7 Estructura interna del módulo de membranas**



El funcionamiento del módulo de membranas se comenta sobre la **Figura 4.8**. La alimentación ocurre por la parte superior como muestra la figura. Una vez que el agua entra en la lámina donde se ubica la membrana, fluirá desde el punto 1 (entrada) hasta el punto 3 (salida de concentrado), el permeado que consigue traspasar la membrana se recoge en el punto 2 y finalmente sale por el tubo concéntrico de pequeño tamaño dispuesto en la lámina. El fluido que no consigue permear la membrana sale por la ranura 3 considerándolo concentrado.



Para terminar, en la **Figura 4.9** se muestra una secuencia de fotos para ilustrar la forma de disponer la membrana dentro del módulo de membranas.

Primero se introduce el módulo en el elemento contenedor, posteriormente se incluyen unos marcos de acero del mismo dimensionamiento de la lámina, estos marcos se fijan a la junta tórica cuando se ensambla el módulo. Posteriormente, se coloca la membrana con la capa activa para arriba y de nuevo, se coloca otro marco de acero para fijar la membrana. Si se desea trabajar con 2 membranas se repite el procedimiento para la segunda placa. Por último, se aprieta el módulo para que las membranas queden bien sujetas y exista estanqueidad en el sistema.

Figura 4.9 Disposición de la membrana en el módulo

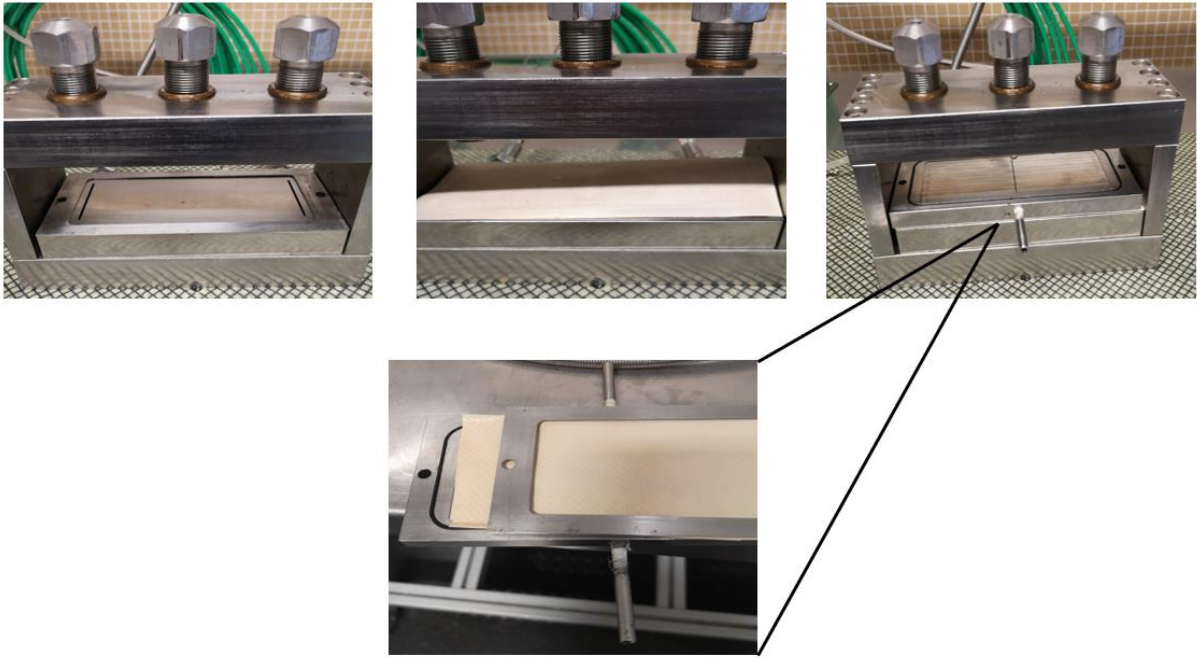


Tabla 4.7 Características del módulo de membranas

Parámetros	Valores y propiedades
Material	Acero inoxidable 316-L
Ancho de placa (mm)	100
Largo de la placa (mm)	150
Espesor (mm)	10
Presión máxima (bar)	100

La membrana de ósmosis inversa que se iba a emplear en los experimentos era de la casa Hydranautics, modelo ESPA1-2540. A continuación, en la **Tabla 4.8** se detallan las especificaciones de esta.



**Tabla 4.8 Especificaciones técnicas de la membrana ESPA1-2540**

Parámetros	Valores y propiedades
Flujo de permeado máximo ( $\text{m}^3 \cdot \text{día}^{-1}$ )	2.84
Rechazo de sal	99.4% (98.0% mínimo)
Configuración	Enrollada en espiral
Composición de la capa activa	Poliamida
Área activa de la membrana ( $\text{ft}^2$ )	25.5
Presión máxima de operación (bar)	21
Temperatura máxima de operación ( $^{\circ}\text{C}$ )	45
Rango de pH	2-10
Turbidez máxima del agua de alimentación (NTU)	1.0
Flujo máximo de alimentación ( $\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$ )	23
Caída de presión máxima (psi)	10

A partir de dicha membrana, se realizaron los recortes de láminas membranas atendiendo a las características del módulo de membranas. En la **Tabla 4.9** se pueden observar las características geométricas de las láminas de membrana.

**Tabla 4.9 Características geométricas de la membrana empleada en los ensayos**

Parámetros	Valores y propiedades
Longitud de lámina de membrana (mm)	150
Ancho de lámina de membrana (mm)	100
Superficie de membrana ( $\text{mm}^2$ ) *	13200

\* Las juntas tóricas delimitan la superficie de membrana

#### 4.4 Puesta a punto de la planta piloto de ósmosis inversa

Una vez conocidas las características de los materiales y reactivos empleados en la planta piloto, es importante conocer el protocolo seguido para la puesta a punto de la planta.

En primer lugar, se introduce un volumen de 2 litros de la disolución modelo a estudiar en el tanque de alimentación. A continuación, hay que comprobar que tanto la válvula de seguridad de la bomba como la válvula de globo de la membrana están completamente abiertas. Este paso es de vital importancia para evitar problemas con la bomba. Una vez que se han comprobado que las válvulas están completamente abiertas hay que realizar una observación global del montaje experimental comprobando que no existe alguna variación del montaje y todos los componentes están bien ensamblados.

A continuación, mediante el variador de frecuencia de la bomba se procede a conectar la bomba, es importante comenzar los experimentos con un nivel bajo de frecuencia en la bomba para que comience con un caudal de alimento pequeño para comprobar que todo funciona correctamente.

Con la planta en funcionamiento, se establecen las variables experimentales mediante el variador de frecuencia de la bomba y la válvula de globo que se encuentra a la salida de la membrana, también se comprueba el caudal de permeado con el rotámetro.

Para establecer el caudal de alimento se va incrementando la frecuencia de la bomba y mediante un simple balance de materia entre la corriente de permeado y concentrado se puede conocer el caudal de alimentación.

La presión de trabajo se regula manualmente desde la válvula de globo ubicada a la salida del módulo de membranas. Con forme se cierra la válvula, la presión de trabajo se incrementa y, en los manómetros ubicados tanto a la entrada como a la salida del módulo, se puede comprobar. Es importante señalar que el incremento de la presión actúa alterando el caudal de alimentación por lo que se necesitará hacer una corrección del caudal de alimento con el variador de frecuencia de la bomba.

La temperatura se controla durante todo el experimento observando que sigue constante y el serpentín funcione correctamente evitando el aumento de la temperatura en el tanque de alimentación.

Una vez fijadas las condiciones experimentales, comienza el experimento y deberán realizarse muestreos según las características del ensayo.

#### 4.5 Análisis químico de las corrientes del proceso

El conocimiento de la concentración de compuestos fenólicos en todas las corrientes del proceso es de suma importancia ya que son los compuestos que se pretenden recuperar. Además, permite evaluar la eficacia de separación en el proceso estudiado.

La determinación del contenido de compuestos fenólicos se realizaría mediante una reacción calorimétrica aplicando el método de Folin-Ciocalteu (Singleton et al., 1965). Este método se basa en la reducción en medio alcalino de una mezcla de ácidos, fosfomolibdico y fosfowolfrámico (reactivo de Folin-Ciocalteu), por los compuestos fenólicos, y la consiguiente formación de una mezcla de óxidos azules de wolframio y molibdeno que absorben la luz en una franja de 620-750 nm. A 765 nm la medida de absorbancia es proporcional a la concentración de compuestos fenólicos (Carbonell Alcaina, 2017).

##### 4.5.1 Equipos empleados en la determinación de compuestos fenólicos totales

Para la preparación de las muestras se iba a emplear la balanza analítica de alta precisión Kern ABJ 120-4M, cuyas características se mencionan en la **Tabla 4.10**, y una balanza electrónica Kern PB (KERN & SOHN GmbH, Alemania), cuyas características se muestran en la **Tabla 4.11**.

**Tabla 4.10 Especificaciones de la balanza analítica de alta precisión Kern ABJ 120-4M**

Parámetros	Valores y propiedades
Lectura, <i>d</i> (mg)	0.1
Escalón de verificación, <i>e</i> (mg)	1
Campo de pesada máximo (g)	120
Carga mínima (g)	0.01
Reproducibilidad (mg)	0.1
Linealidad (mg)	± 0.2
Tiempo de estabilización (S)	3
Temperatura ambiente admisible (°C)	10-30

**Tabla 4.11 Especificaciones de la balanza electrónica Kern PB**

Parámetros	Valores y propiedades
Lectura, <i>d</i> (g)	0.001
Campo de pesada máximo (g)	410
Reproducibilidad (g)	0.001
Linealidad (g)	± 0.002

También se emplearían micropipetas automáticas descritas en la **Tabla 4.12** Además, para homogeneizar las muestras y reactivos se emplearía un agitador tipo Vórtex.

Para determinar el valor de la absorbancia producido por la oxidación del reactivo Folin-Ciocalteau, se emplearía el espectrofotómetro DR 6000 y las cubetas semi-micro FB55147 especificados en la **Tabla 4.13**.

**Tabla 4.12 Especificación de las micropipetas automáticas**

Micropipeta	Casa comercial	País	Rango (μL)	Inexactitud (%)
Rainin Pipet-Lite SL 1000	Mete-Toledo	EE. UU.	100-1000	3.0-8.0
Nichipet EX CE-100	Nichiryo	Japón	10-100	2.0-8.0

Tabla 4.13. Especificaciones del espectrofotómetro DR 6000

Parámetros	Valores y propiedades
Modo operativo	Transmitancia (%) Absorbancia Concentración
Fuente de luz	Lámpara de deuterio (UV) Lámpara halógena (rango visual)
Calibración	Automática
Rango de longitud de onda (nm)	190-1100
Precisión (nm)*	±1
Reproducibilidad de longitud de onda (nm)	<0.1
Resolución de longitud de onda (nm)	0.1
Velocidad de barrido en pasos nm <sup>-1</sup> (nm·min <sup>-1</sup> )	900
Ancho de banda espectral (nm)	2 (1.5-2,9 nm a 656 nm) (1 nm para línea D2)
Rango de medida fotométrico (Abs)*	±3
Exactitud fotométrica (Abs)	5 mAbs a 0.0-0.5 Abs < 1% a 0.50-2.0 Abs a 546 nm
Linealidad fotométrica (Abs)	< 0,5% a 2 Abs

\* Para un rango de longitud de onda de 200 a 900 nm

#### 4.5.2 Reactivos empleados

Disolución de carbonato sódico en agua (20% p/p): preparada a partir de carbonato de sodio (Sigma-Aldrich, Alemania) y agua osmotizada utilizando la balanza electrónica Kern PB. Esta disolución se conserva en un baño a temperatura ambiente (20°C).

Reactivo de Folin-Ciocalteu (RFC): Reactivo comercial, con concentraciones 2N (Sigma-Aldrich, Alemania). El reactivo es inestable a la luz, por lo que se almacena en un lugar oscuro hasta el momento de su empleo.

#### 4.5.3 Procedimiento

Para determinar la concentración de compuestos fenólicos totales se ha tenido en cuenta el método desarrollado por Singleton (Singleton et al., 1999). Según dicho método, se añade en un matraz aforado de 25 ml 6.8 ml de agua osmotizada y 0.2 ml de la muestra a analizar con el empleo de micropipeta. Se agita la disolución hasta que queda homogénea y se añade 0.5 ml de RFC, se agita de nuevo la disolución y se conserva en un lugar oscuro durante 3 minutos. De igual manera, se prepara el blanco con 7 ml de agua osmotizada y 0.5 ml de RFC. (Carbonell Alcaina, 2017)

Una vez transcurridos los 3 minutos, se pipetea 1 ml de la disolución de carbonato sódico en agua (20% p/p) en los matraces aforados y se agita nuevamente para realizar la mezcla. Se vuelven a guardar las muestras en un lugar oscuro a temperatura ambiente durante una hora y, finalmente, se determina la absorbancia de cada disolución a una longitud de onda de 765 nm en el espectrofotómetro DR 6000. (Carbonell Alcaina, 2017)

Para medir la absorbancia en el espectrofotómetro, se conecta el equipo esperando a que se realice la calibración automática y, una vez calibrado, se fija la longitud de onda seleccionada ( $\lambda = 765$  nm). La primera muestra por introducir es el blanco, indicándose en el equipo como blanco de pruebas. Una vez que el equipo registra el valor del blanco, se procede a realizar la lectura del resto de muestras. Para minimizar el error, se prepararían muestras por triplicado analizando dos medidas por muestra y realizando un promedio del valor obtenido.

Para establecer una relación entre la absorbancia y la concentración del compuesto fenólico, se realizaría una recta de calibrado a partir de disoluciones patrón de Hidroxitirosol. Para determinar la recta de calibrado se prepararían, disoluciones de Hidroxitirosol con agua osmotizada de 500, 450, 400, 350, 300, 250, 200, 150, 100, 50, 25 y 10 mg de hidroxitirosol  $\cdot$  L<sup>-1</sup>. A partir de esta recta de calibrado se pueden determinar las concentraciones de hidroxitirosol de los muestreos. (Carbonell Alcaina, 2017)

Hay que tener en cuenta que las aguas residuales de la última centrifugación del proceso de obtención de aceite de oliva contienen numerosos compuestos fenólicos. A través del ensayo de laboratorio los resultados de concentraciones fenólicas obtenidas se expresan en miligramos de hidroxitirosol equivalentes por litro. Si se deseara conocer la concentración de cada polifenol de la corriente de concentrado obtenida sería necesario el empleo de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).

#### 4.6 Experimentos a realizar

Este apartado del proceso experimental ya no fue realizable por el estado de alarma propiciado por el COVID-19 y la imposibilidad de asistir al laboratorio a realizar los ensayos y la adquisición de datos experimentales. No obstante, se expondrán tablas resumen de los experimentos que se iban a realizar.

Tabla 4.14 Condiciones experimentales de los ensayos

Parámetros	Experimentos				
	1	2	3	4	5
Presión transmembranal, TMP (bar)	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0
Caudal de alimento (L $\cdot$ min <sup>-1</sup> )	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Temperatura de trabajo (°C)	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Volumen de disolución alimento (L)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Concentración de hidroxitirosol (g $\cdot$ L <sup>-1</sup> )	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
Tiempo de duración del experimento (min)	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0
Tiempo de muestreo de concentrado (min)	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0

Parámetros	Experimentos				
	6	7	8	9	10
Presión transmembranal, TMP (bar)	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0
Caudal de alimento ( $L \cdot \text{min}^{-1}$ )	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Temperatura de trabajo ( $^{\circ}\text{C}$ )	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Volumen de disolución alimento (L)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Concentración de hidroxitirosol ( $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ )	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0
Tiempo de duración del experimento (min)	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0
Tiempo de muestreo de concentrado (min)	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0

Parámetros	Experimentos				
	11	12	13	14	15
Presión transmembranal, TMP (bar)	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0
Caudal de alimento ( $L \cdot \text{min}^{-1}$ )	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Temperatura de trabajo ( $^{\circ}\text{C}$ )	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Volumen de disolución alimento (L)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Concentración de hidroxitirosol ( $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ )	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0
Tiempo de duración del experimento (min)	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0
Tiempo de muestreo de concentrado (min)	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0

Hay que resaltar que, entre ensayos, hay que seguir un protocolo de limpieza y verificación de la planta piloto. La limpieza se realizará en el propio módulo de membrana con una velocidad de flujo de  $5 L \cdot \text{min}^{-1}$  de acuerdo con el siguiente protocolo:

1. Enjuague con agua destilada durante 10 minutos.
2. Limpieza química con una disolución de hidróxido de sodio al 0.5% durante 30 minutos.
3. Enjuague con agua destilada durante 10 minutos.
4. Medida de la permeabilidad de la membrana para establecer el grado de recuperación conseguido con la limpieza.

En caso de no obtener una recuperación superior al 95% repetir el protocolo de limpieza.

En caso de que la membrana sufra alguna deformación o rotura durante el proceso, se sustituirá por una nueva lámina de membrana de las mismas características.

Una vez ejecutado el protocolo de revisión y limpieza, se puede realizar el siguiente ensayo con forme se muestra en el apartado 4.4 (Puesta a punto de la planta piloto).

#### 4.7 Adquisición de datos a través de bibliografía

Como ya se ha mencionado con anterioridad, tras no haber podido realizar los experimentos previstos como consecuencia del confinamiento por COVID-19 se decidió seguir con la propuesta del proyecto realizando el diseño mediante datos de la literatura científica.

Para ello, fue necesario realizar una búsqueda exhaustiva de artículos científicos para documentar el comportamiento de las membranas frente a las aguas residuales provenientes de las almazaras, con el fin de encontrar los parámetros característicos de dicha membrana para establecer el modelo matemático empleado en el diseño.

Se consulto un artículo científico basado en la modelización de la separación de una disolución de glucosa en agua a través de una membrana de ósmosis inversa para investigar el rendimiento de la membrana durante la transferencia de materia. Dicho modelo se desarrolló mediante el acoplamiento del modelo de polarización por concentración. Los datos experimentales se obtuvieron del tratamiento de una disolución de glucosa pretratada usando una planta de ósmosis inversa a escala de laboratorio similar a la desarrollada en este trabajo. Dicho artículo, además, presenta un estudio de validación del modelo matemático utilizando los resultados experimentales. Los resultados calculados a través del modelo matemático son consistentes con los datos experimentales. El modelo que propone describe el proceso de concentración por ósmosis inversa y deduce la expresión del coeficiente de transferencia de masa ( $k$ ) en la capa límite. La verificación del modelo matemático muestra que la expresión de  $k$  describe correctamente la transferencia de masa de la disolución de glucosa en el proceso de ósmosis inversa. (Chen & Qin, 2019)

Ahora bien, dicho artículo muestra el comportamiento de la membrana comercial de la casa Hydranautics modelo CPA2-4040 para una disolución de glucosa. El tamaño de la molécula de glucosa, como se muestra en la **Tabla 4.15** guarda similitud con los compuestos fenólicos que se pretenden rescatar de las corrientes residuales de las aguas de lavado en el proceso de obtención de aceite de oliva.

**Tabla 4.15** Tamaños moleculares de algunos compuestos

Molécula	$H [A^\circ]$	$d_{min} [A^\circ]$	$d_{max} [A^\circ]$
Glucosa	10	-	-
Tirosol	10.4	5.5	6.7
Hidroxitirosol	13.7	-	-

Por otro lado, como se ha mencionado a lo largo del proyecto, el proceso de ósmosis inversa requiere de un pretratamiento para acondicionar la disolución bruta a las especificaciones de la membrana. El pretratamiento escogido emplea una serie de etapas que culmina con una ultrafiltración empleando membranas. Por ello, surge la necesidad de documentar la concentración de compuestos fenólicos que la ultrafiltración proporciona para establecer las bases de cálculo en el diseño de la unidad de ósmosis inversa, ya que, la salida de la ultrafiltración es la corriente de alimentación de la planta de ósmosis inversa.

La documentación de la concentración de compuestos fenólicos provenientes de la ultrafiltración se ha llevado a cabo a través de búsquedas bibliográficas de artículos científicos que detallan el poder de concentración de compuestos fenólicos de las membranas de ultrafiltración en aguas residuales provenientes de la producción del aceite de oliva. (Sun et al., 2015), (Hamza & Sayadi, 2015), (Cassano et al., 2018).

Para fijar la base de cálculo de la concentración de compuestos fenólicos de la corriente de alimentación a la unidad de ósmosis inversa, se realizó un promedio de las concentraciones fenólicas recogidas en los artículos mencionados con anterioridad dando como resultado una **concentración de 7.2 g·L<sup>-1</sup>**.

## 4.8 Introducción y funcionamiento del software IMSDesign

IMSDesign (*Integrated Membrane System Design*) es un software creado por la empresa Hydranautics para uso profesional. Se trata de un software que calcula el rendimiento de una planta de ósmosis inversa. Además, se puede emplear para generar el diseño de una planta que utilice procesos de ósmosis inversa. Utilizando este software se pueden crear diseños que se pueden implementar para plantas industriales e incluso para diseños de plantas desaladoras en ciudades que lo requieran.

Este software permite realizar el diseño en una serie de etapas. Cada etapa funciona como una entrada de datos para la próxima etapa. Dependiendo de los resultados en todas las etapas IMSDesign crea un análisis y un diseño de lo más adecuado para tu planta de ósmosis inversa.

Este tipo de aplicaciones son de vital importancia a la hora de realizar diseños complejos de instalaciones de ósmosis inversa. Nos permiten realizar diversas simulaciones alterando los escenarios de cálculo para contemplar el funcionamiento de la planta pese a las posibles variaciones en las condiciones iniciales de temperatura, pH o concentraciones de alguno de los iones en la disolución inicial.

También nos permite optimizar al máximo el proceso y realizar innumerables pruebas con las diferentes membranas que se encuentran en el mercado para contemplar el efecto que tienen en nuestro proceso. IMSDesign cuenta con una amplia librería de membranas de la casa Hydranautics para que el cliente pueda realizar sus simulaciones con dichas membranas que, hoy en día, se encuentran en el mercado y poder conseguir resultados representativos y realizar unos diseños óptimos.

Por último, este software genera un informe detallado de los datos empleados y los resultados obtenidos en las simulaciones. Además, tiene la posibilidad de exportar los datos a Excel para realizar estudios posteriores a las simulaciones.

Para crear el diseño de ósmosis inversa con IMSDesign se deben de realizar los siguientes pasos:

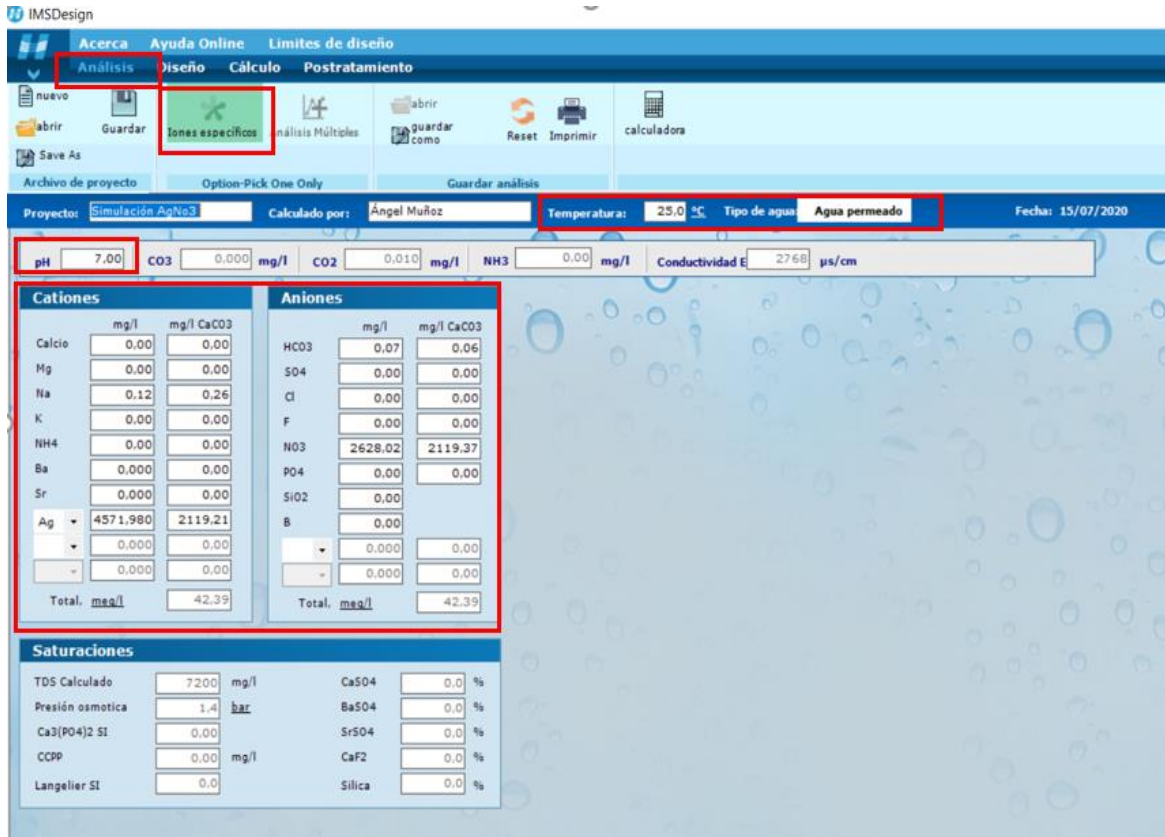
### **Análisis:**

---

Es la primera etapa en la que calcula como se va a tratar la muestra cruda. Para ello, se introducen los parámetros del agua a tratar. Entre los parámetros del agua cruda se encuentran las concentraciones de los iones, pH del agua y Temperatura del agua. Además, te permite escoger el tipo de agua a tratar (Salobre, de mar, residual o agua de permeado).



Figura 4.10 Análisis en IMSDesign



### Diseño:

Es la segunda etapa en el sistema de diseño IMSDesign. En ella se especifican parámetros como el flujo de permeado, la conversión del sistema, el tipo de elemento de membrana, el número de elementos de membrana por tubo de presión, el número de tubos de presión y el número de bastidores que tendrá la planta. Además, se pueden introducir parámetros como la edad de membrana, el porcentaje de disminución de flujo por año, el factor de ensuciamiento y el porcentaje de incremento del paso de sales anualmente. También da la opción a implementar recuperadores de energía y a realizar el diseño en varias etapas.

Figura 4.11 Diseño en IMSDesign

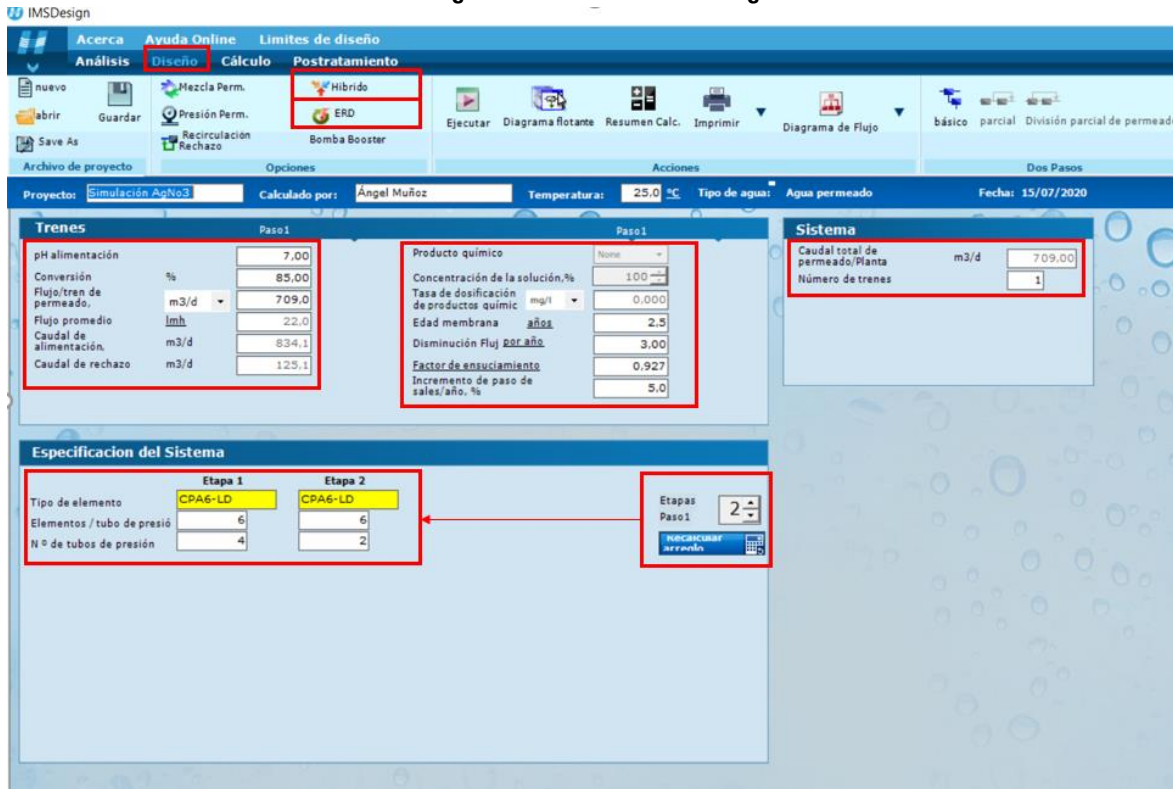
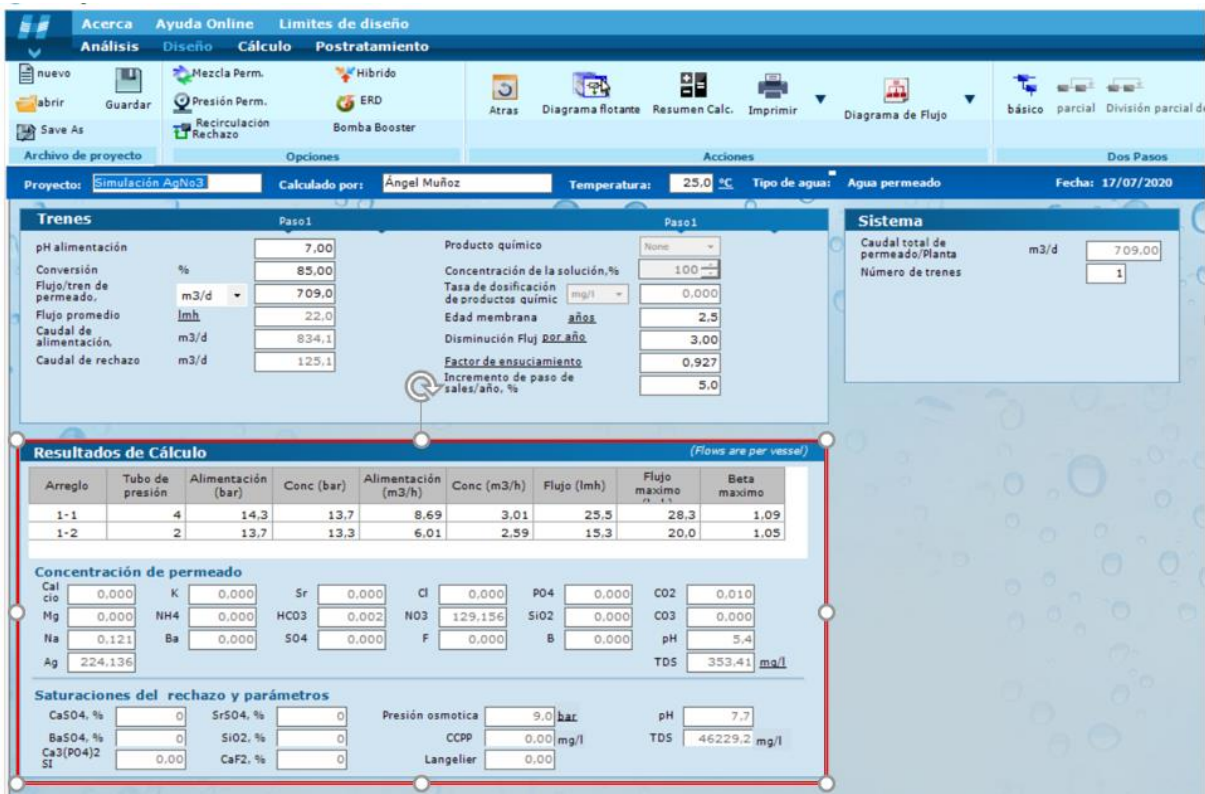


Figura 4.12 Resultados de la simulación del diseño en IMSDesign



**Cálculo:**

El apartado de cálculos muestra los valores de requisitos energéticos, químicos y también permite realizar los cálculos de costes. El software calcula la calidad del producto y determina si se han excedido los límites para que el diseño sea viable.

**Figura 4.13 Cálculo del consumo energético en IMSDesign**

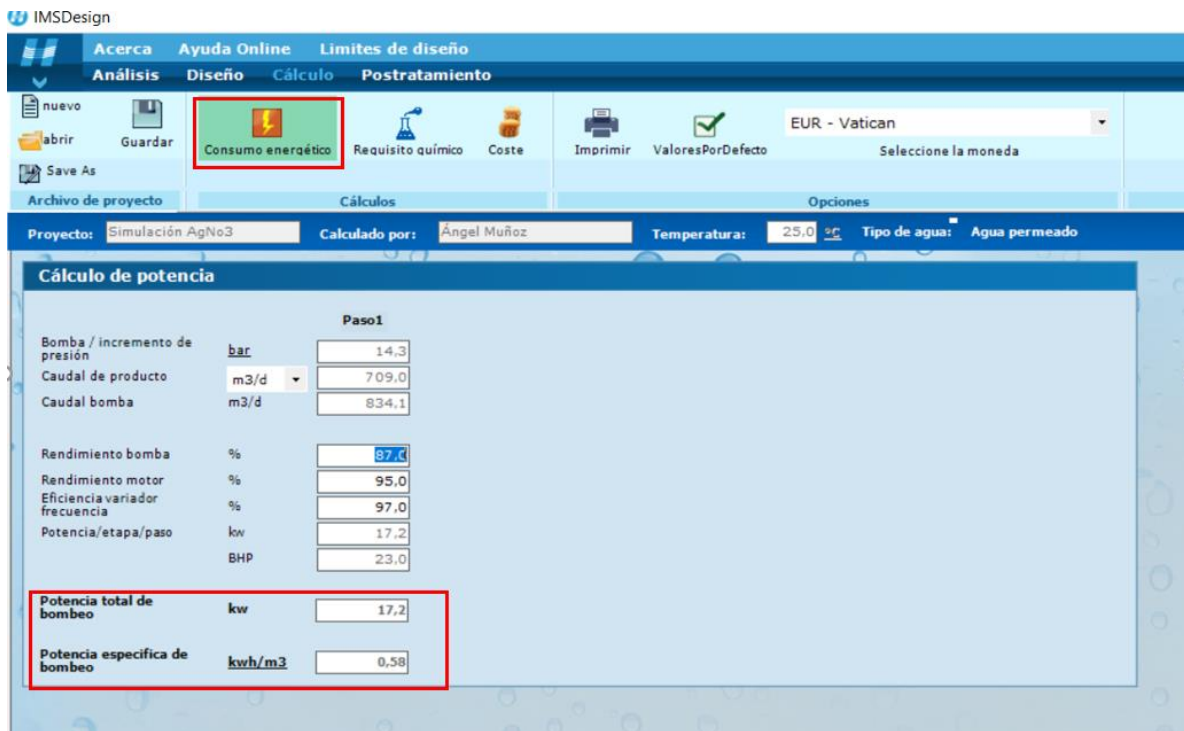


Figura 4.14 Cálculo de los requisitos químicos en IMSDesign



Proyecto: Simulación AgNo3    Calculado por: Ángel Muñoz    Temperatura: 25,0 °C    Tipo de agua: Agua permeado

Sistema		
Paso 1		
Caudal de alimentación, m3/d		834,1
Caudal de permeado, m3/d		709,0
Flujo total del producto, m3/d		709,0

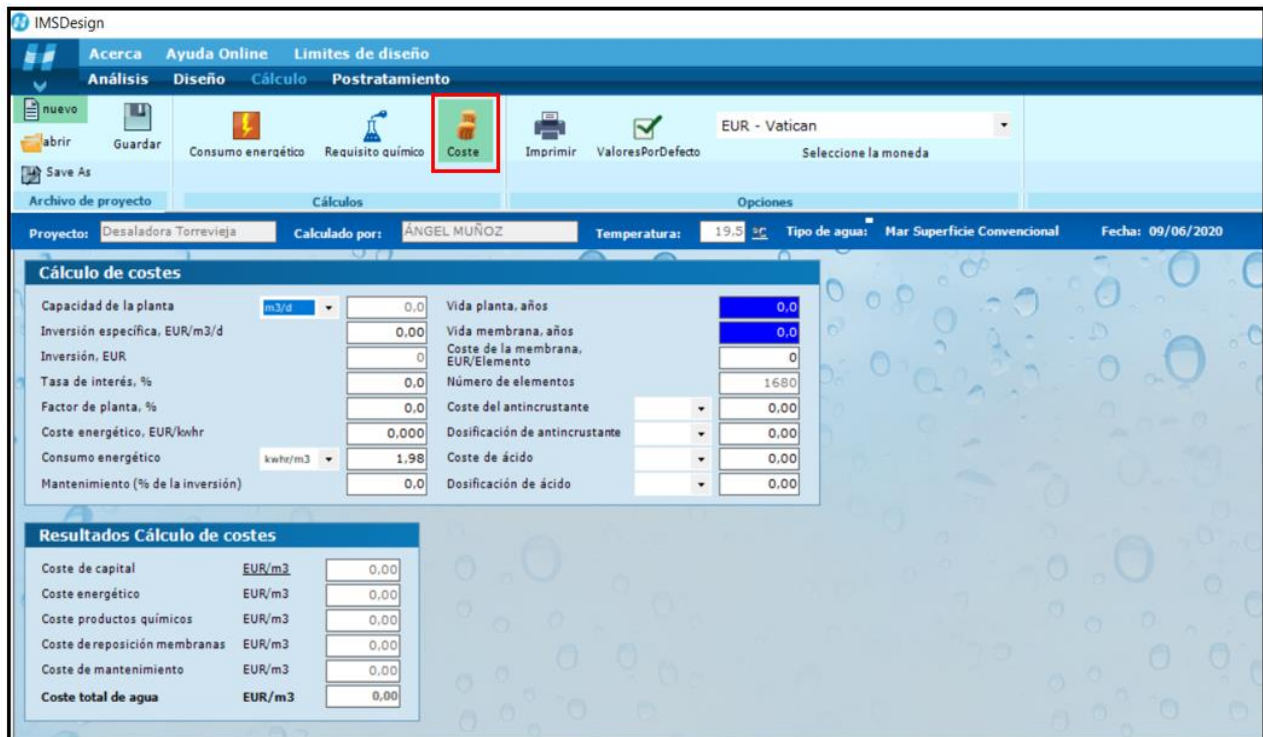
Resumen de Coste Químicos		
	Permeado Paso 1	Total Producto
EUR/m3	0,000	0,000
EUR/kgal	0,000	0,000
EUR/Mega litros	0,000	0,000
EUR/Mega usgal	0,000	0,000
EUR/Mega m3	0,000	0,000
EUR/Acre.ft	0,000	0,000

Dosificación de SMBS alimentación		
Conc Solution, %		10,0
Peso específico		1,10
Coste de Solución EUR/ l de 10% sol.		0,0
Dosis, mg/l Base 100%		0,0
Consumo kg/h		0,0

Dosificación de anticrustante		
Conc Solution, %		40,0
Peso específico		1,00
Coste de Solución EUR/ l de 10% sol.		0,0
Dosis, mg/l Base 100%		0,0
Consumo kg/h		0,0

NaOCl Dosificación alimentación		
Conc Solution, %		10,0
Peso específico		1,30
Coste de Solución EUR/ l de 10% sol.		0,0
Dosis, mg/l Base 100%		0,0
Consumo kg/h		0,0

Figura 4.15 Cálculo de los costes en IMSDesign



Proyecto: Desaladora Torrevieja    Calculado por: ÁNGEL MUÑOZ    Temperatura: 19,5 °C    Tipo de agua: Mar Superficie Convencional    Fecha: 09/06/2020

Cálculo de costes		
Capacidad de la planta	m3/d	0,0
Inversión específica, EUR/m3/d		0,00
Inversión, EUR		0
Tasa de interés, %		0,0
Factor de planta, %		0,0
Coste energético, EUR/kwhr		0,000
Consumo energético	kwh/m3	1,98
Mantenimiento (% de la inversión)		0,0
Vida planta, años		0,0
Vida membrana, años		0,0
Coste de la membrana, EUR/Elemento		0
Número de elementos		1680
Coste del anticrustante		0,00
Dosificación de anticrustante		0,00
Coste de ácido		0,00
Dosificación de ácido		0,00

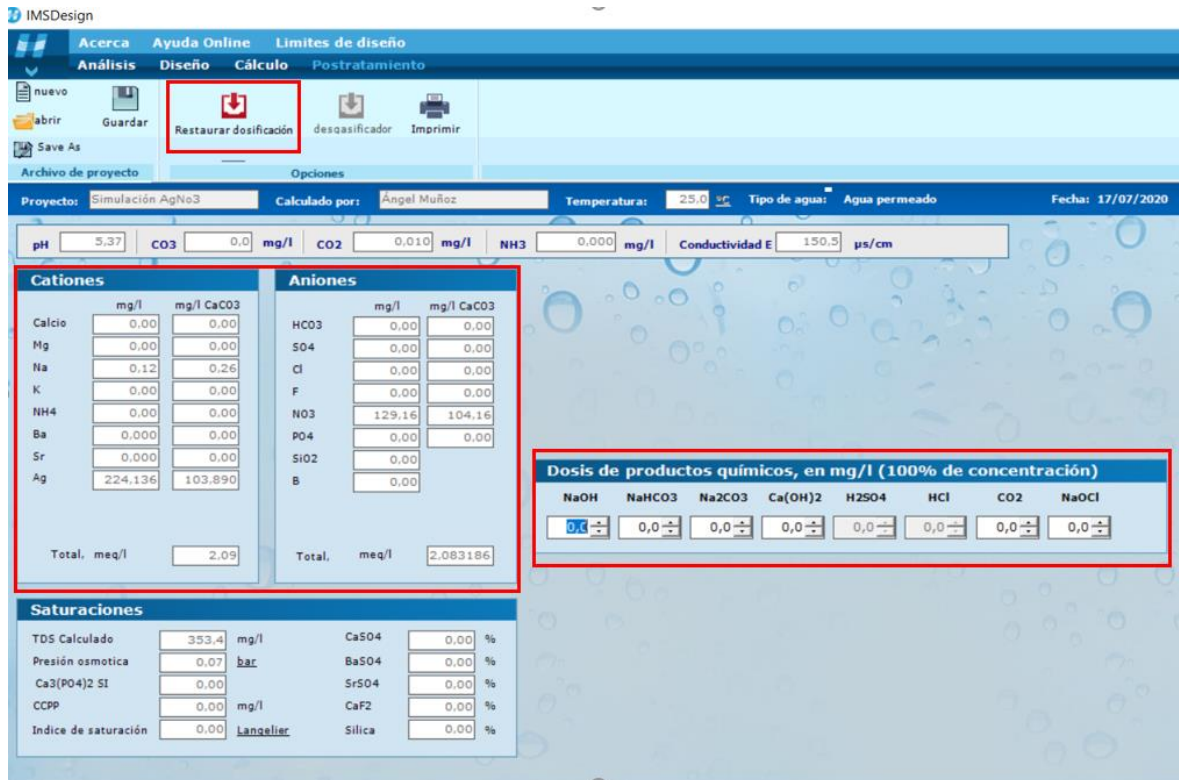
Resultados Cálculo de costes		
Coste de capital	EUR/m3	0,00
Coste energético	EUR/m3	0,00
Coste productos químicos	EUR/m3	0,00
Coste de reposición membranas	EUR/m3	0,00
Coste de mantenimiento	EUR/m3	0,00
Coste total de agua	EUR/m3	0,00



**Post tratamiento:**

Es la última etapa que se lleva a cabo en el proceso, IMSDesign permite agregar productos químicos a la corriente y tratar el flujo de permeado. En el pretratamiento, se pueden definir la dosificación de diversos productos químicos y muestra los cambios resultantes en las concentraciones iónicas y el PH.

Figura 4.16 Postratamiento en IMSDesign



Proyecto: Simulación AgNo3    Calculado por: Ángel Muñoz    Temperatura: 25.0 °C    Tipo de agua: Agua permeado    Fecha: 17/07/2020

pH: 5,37    CO3: 0,0 mg/l    CO2: 0,010 mg/l    NH3: 0,000 mg/l    Conductividad E: 150,5 µs/cm

Cationes			Aniones		
	mg/l	mg/l CaCO3		mg/l	mg/l CaCO3
Calcio	0,00	0,00	HCO3	0,00	0,00
Mg	0,00	0,00	SO4	0,00	0,00
Na	0,12	0,26	Cl	0,00	0,00
K	0,00	0,00	F	0,00	0,00
NH4	0,00	0,00	NO3	129,16	104,16
Ba	0,000	0,00	PO4	0,00	0,00
Sr	0,000	0,00	SiO2	0,00	
Ag	224,136	103,890	B	0,00	
Total, meq/l	2,09		Total, meq/l	2,083186	

Dosis de productos químicos, en mg/l (100% de concentración)							
NaOH	NaHCO3	Na2CO3	Ca(OH)2	H2SO4	HCl	CO2	NaOCl
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Saturaciones			
TDS Calculado	353,4 mg/l	CaSO4	0,00 %
Presión osmótica	0,07 bar	BaSO4	0,00 %
Ca3(PO4)2 SI	0,00	SrSO4	0,00 %
CCPP	0,00 mg/l	CaF2	0,00 %
Indice de saturación	0,00 Langelier	Silica	0,00 %

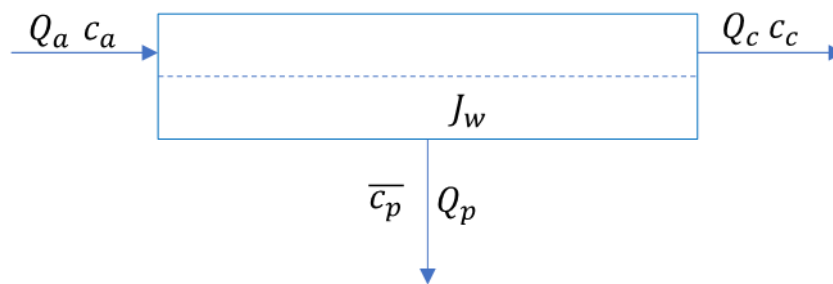
## 5. DISEÑO DE LA UNIDAD DE ÓSMOSIS INVERSA

En esta sección se va a desarrollar el modelo matemático empleado para establecer el diseño y configuración de la unidad de ósmosis inversa. Primero, se expondrá una secuencia ordenada de figuras y ecuaciones relacionadas con el modelo del flujo. Posteriormente se expondrá el desarrollo de la configuración de la unidad de ósmosis inversa y finalmente se comentará la estrategia seguida para establecer el diseño de la unidad de ósmosis inversa

### 5.1 Modelo del Flujo

Se va a considerar el siguiente proceso macroscópico de ósmosis inversa (OI) formado por un contenedor de presión con sus pertinentes entradas y salidas de fluidos, como se detalla en la **Figura 5.1**. En su interior, está ensamblada una membrana de OI con una determinada área  $S$ .

Figura 5.1 Esquema de un sistema de ósmosis inversa



Los flujos ( $Q$ ) y concentraciones ( $C$ ), de alimento ( $a$ ), permeado ( $p$ ) y concentrado ( $c$ ) respectivamente, se miden en  $m^3/s$  y  $kg/m^3$ . La concentración promedio de todo el permeado obtenido en el proceso se representa mediante  $\overline{C}_p$ .

La conversión del sistema se define como:

$$Y = \frac{Q_p}{Q_a} \quad (5.1)$$

La conversión del sistema varía de 0 a 1 y es un parámetro de importancia energética y económica. Los procesos industriales que aplican tecnologías de membranas se diseñan para un valor de conversión óptimo desde el punto de vista económico. Sin embargo, este parámetro operativo también influye directamente sobre el rendimiento de la membrana o el proceso. En las configuraciones a escala de laboratorio, se aproxima a cero ( $Y \rightarrow 0$ ), lo que implica un rendimiento de separación máximo. Con el aumento de la conversión, el rendimiento disminuye debido al aumento de la concentración del componente menos permeable.

Desde el punto de vista de la separación del proceso, también es importante el índice de rechazo del soluto,  $R$ , que expresa la capacidad que tiene la membrana en retener un determinado soluto. Dicho índice se define de forma local, en cualquier punto de la membrana como:

$$R = \frac{c - c_p}{c} = 1 - \frac{c_p}{c} \quad (5.2)$$

donde,  $C$  y  $C_p$  son las concentraciones de alimento y permeado en dicho punto.

En el proceso de ósmosis inversa existe una gran diferencia entre los flujos de disolvente y soluto debido al carácter semipermeable de la membrana que limita parcial o totalmente el paso del soluto. De acuerdo con el modelo de disolución-difusión, el flujo de disolvente por unidad de área de membrana o flux ( $L \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$ ), se define como:

$$J_w = A_{Wm}(\Delta P - \sigma \Delta \Pi) \quad (5.3)$$

donde,  $A_{Wm}$  es la permeabilidad intrínseca de la membrana al disolvente puro, y la fuerza impulsora se define por los gradientes de presión hidráulica ( $\Delta P$ ) y osmótica ( $\Delta \Pi$ ). El parámetro estructural  $\sigma$  corrige la no idealidad de la estructura de la membrana.

Este modelo simple se va corrigiendo por las condiciones hidrodinámicas del proceso en la superficie de la membrana mediante el módulo de polarización por concentración  $\phi$ , que depende, a su vez, del propio flux y del coeficiente de transferencia de materia:

$$J_w = A_{Wm}(\Delta P - \sigma \phi(J_w, k) \Delta \Pi_m) \quad (5.4)$$

Sustituyendo el gradiente de presión osmótica con la ecuación de Van't Hoff, y el módulo de polarización por concentración, se tiene:

$$J_w = A_{Wm} \left( \Delta P - \sigma RT(c - c_p) e^{J_w/k} \right) \quad (5.5)$$

donde,  $R$  es la constante de los gases ideales,  $T$  es la temperatura de trabajo y  $k$  es el coeficiente de transferencia de materia.

Por otra parte, el flux de soluto se define por una diferencia de concentraciones:

$$J_s = B(c - c_p) \quad (5.6)$$

donde,  $B$  es el coeficiente de permeabilidad del soluto.

Para una membrana ideal que es completamente semipermeable  $J_s=0$ .

Ambas ecuaciones muestran que el flujo de agua depende de la diferencia de presión efectiva, mientras que el flujo de solutos apenas se ve afectado por la diferencia de presión y se determina únicamente por la diferencia entre las concentraciones.

Cada una de las siguientes ecuaciones representa una situación local dentro del proceso ya que, a lo largo del mismo, las condiciones operativas son cambiantes (pérdida de carga, conversión, concentración de alimento, etc.) y, por lo tanto, el comportamiento de la membrana no es constante.

En condiciones de estado estacionario, las ecuaciones de balance de masa se pueden escribir como:

$$Q_a = Q_p + Q_c \quad (5.7)$$

$$Q_a c_a = Q_p \bar{c}_p + Q_c c_c \quad (5.8)$$

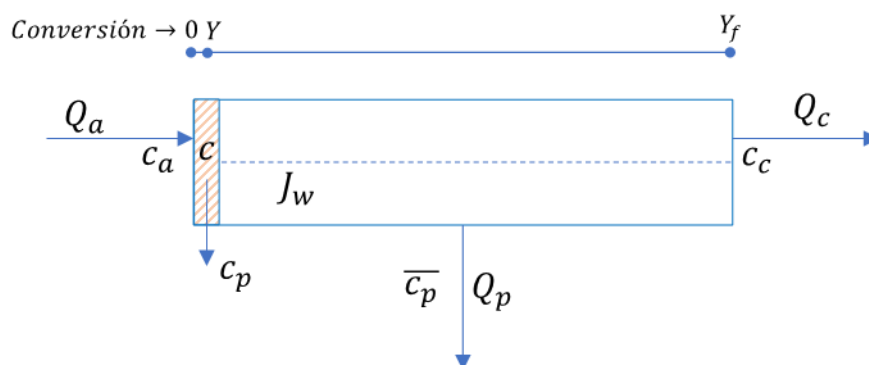
Sustituyendo en ésta última las demás relaciones se observa que la concentración de soluto en la corriente concentrada es:

$$c_c = \frac{c_a - Y \bar{c}_p}{1 - Y} \quad (5.9)$$

Considerando ahora un proceso básico como el de la **Figura 5.1**. Si tomamos un elemento diferencial del sistema, las condiciones locales se corresponden con una concentración de concentrado,  $c$ , muy similar a la del alimento que entra desde el elemento diferencia anterior. La conversión a la que trabaja localmente es  $Y$ , y la concentración de permeado que atraviesa la membrana es  $C_p$ .

A continuación, en la **Figura 5.2** se muestra el proceso básico de OI incluyendo el elemento diferencial.

**Figura 5.2** Proceso básico de OI con elemento diferencial





De acuerdo con la **ecuación 5.7**, en el segmento diferencial cercano a la entrada se tiene:

$$c = \frac{c_a - Yc_p}{1 - Y} \quad (5.10)$$

Para el segmento pequeño,  $c$ , es solo un poco más elevada que  $C_a$ , y  $C_p$  es la concentración promedio del permeado que sale por dicho segmento desde  $Y = 0$  a  $Y = Y$ , y se puede expresar como:

$$c_p = \frac{1}{Y} \int_0^Y (1 - R)c \, dY \quad (5.11)$$

Sustituyendo este valor en la **ecuación 5.8**, se tiene:

$$c = \frac{1}{1 - Y} \left[ c_a - \int_0^Y (1 - R)c \, dY \right] \quad (5.12)$$

Diferenciando con respecto a la variable  $Y$ :

$$c \frac{d}{dY} (c(1 - Y)) = d \frac{c_a}{dY} - (1 - R)c \quad (5.13)$$

Asumiendo que  $d \frac{c_a}{dY} = 0$  :

$$(1 - Y) \frac{dc}{dY} + c \frac{d(1 - Y)}{dY} = -(1 - R)c \quad (5.14)$$

$$\frac{dc}{c} = R \frac{dY}{(1 - Y)} \quad (5.15)$$

Asimismo, la concentración del concentrado a la salida para una conversión  $Y_f$ , será:

$$c_c = c_a(1 - Y_f)^{-R} \quad (5.16)$$

La concentración de permeado se obtiene como promedio despejándola de la **ecuación 5.7**:

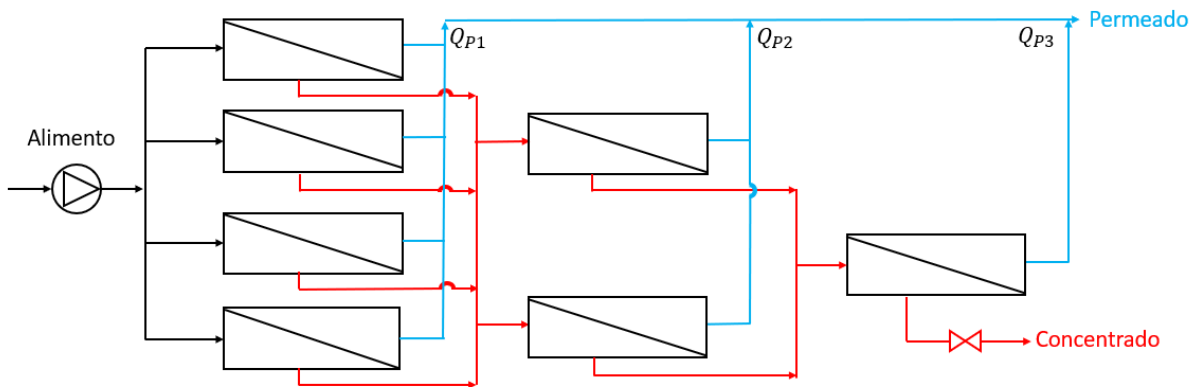
$$\bar{c}_p = \frac{c_a}{Y_f} \left( 1 - (1 - Y_f)^{1-R} \right) \quad (5.17)$$

$$\frac{Q_p}{Y_f} c_a = Q_p \bar{c}_p + \frac{Q_p}{Y_f} (1 - Y_f) c_c \quad (5.18)$$

## 5.2 Configuración de la unidad de ósmosis inversa

La configuración de una unidad estándar de OI comprende una serie de etapas compuestas por tubos de presión donde se conectan, en serie, los elementos de membrana. El número de etapas depende de la conversión global del sistema, ya que debe mantener una relación entre los flujos de permeado y concentrado superior al valor mínimo recomendado por el fabricante de membranas. Una vez que se alcanza dicho límite, se debe añadir una etapa donde cada tubo de presión se verá alimentado por dos de la etapa anterior para aumentar la relación de flujos como se muestra en la **Figura 5.3**.

**Figura 5.3** Agrupación piramidal de módulos en paralelo



Una vez seleccionado el tipo de membrana en función de las características y requerimientos del proceso, quedarán fijados los siguientes parámetros:  $A_{Wm}$ , el índice de rechazo  $R$ , y el área de la membrana  $S_m$ . Una serie de ensayos experimentales permiten ajustar  $\sigma$  y  $k$  de la **ecuación 5.5**. Con todo ello, se puede definir el flux de agua si se conoce la diferencia de presión aplicada y la concentración de alimento en un punto de la superficie de la membrana.

La presión local será igual a la presión inicial menos la caída de presión hasta ese punto, que se puede establecer a través de una estimación lineal ya que, en condiciones normales, es inferior al 5%.

Adicionalmente, para tener en cuenta la merma de las propiedades de las membranas se tomará como promedio una edad de membrana de 2.5 años, lo que representa una disminución global del flujo de agua del 15% y un aumento del 21% del paso de sales.

Considerando ahora un tubo de presión con  $n$  elementos conectados en serie, y fijando una conversión global del proceso  $Y$ . Si dividimos el área total en  $m$  pequeños segmentos, el área de cada uno de ellos será:

$$s = \frac{S_m}{m} \quad (5.19)$$

El procedimiento para calcular el flujo de permeado que se obtiene en un tubo de presión dentro de cada etapa consistirá en sumar los flujos de permeado que se obtienen en cada segmento. Dicho flujo se obtiene mediante la **ecuación 5.20**.

$$q_p = J_W \cdot s \quad (5.20)$$

El flujo total de permeado se calculará como:

$$Q_p = \sum_m q_{p_i} \quad (5.21)$$

Una vez obtenido el flujo se verificará que la relación entre  $Q_c/Q_p$  es superior al límite recomendado por el fabricante de membranas, de esta forma, comprobaremos que no es necesaria incluir otra etapa. En caso contrario, se debe reconfigurar el diseño para alcanzar la conversión establecida.

Recordando que el flujo de concentrado al final del sistema se calculará a partir del flujo de permeado y la conversión global del sistema:

$$Q_c = \frac{1 - Y}{Y} Q_p \quad (5.22)$$

Finalmente, para un caudal total de permeado que se desea obtener se calculará el número de tubos de presión que comprende cada etapa:

$$Q_{pT} = n_{tubos} Q_p \quad (5.22)$$

### 5.3 Estimación del caudal de diseño

Para establecer el diseño, lo primero que hay que conocer es la capacidad productiva de la almazara. Como destaca el Ministerio del Medio Ambiente (2000), la dimensión media de las almazaras en términos de volumen de aceituna procesada por año es de  $1.500 \text{ Tm}\cdot\text{año}^{-1}$ . No obstante, en Andalucía existen diversas almazaras con volúmenes de producción de entre  $20.000$  y  $50.000 \text{ Tm}\cdot\text{año}^{-1}$ .

Centrándonos en el dimensionamiento de una almazara Andaluza de gran capacidad que procesa  $50.000$  toneladas de aceituna por temporada y conociendo que para la elaboración de aceite de oliva mediante la extracción de tres fases se generan entre  $98$  y  $100$  litros de residuos acuosos provenientes de la última centrifugación, se conoce que el residuo a tratar por temporada será de  $50.000 \text{ m}^3$ . (Almaceite, 2018)

La producción de aceite de oliva se centra durante los meses de recolección de la aceituna y comprende alrededor de  $60$  días.

Imponiendo que la planta de ósmosis inversa trabaje durante  $60$  días, el caudal de diseño de la planta se establece en  $833.3 \text{ m}^3 \cdot \text{día}^{-1}$ .

La planta comenzará a trabajar al tercer día de comenzar el proceso de extracción de aceituna asegurando así, en un depósito intermedio, una cantidad de volumen constante para que, en caso de que la almazara se paralice por fallos de maquinaria, la planta de ósmosis inversa pueda seguir trabajando sin interrupción.

### 5.4 Estrategia y configuración de la unidad de ósmosis inversa

Valiéndonos del modelo matemático desarrollado en el apartado anterior y comprendiendo como se configura la unidad de ósmosis inversa, en este apartado se comentará la estrategia seguida para establecer el diseño de la unidad de ósmosis inversa:

En primer lugar, se realizarán simulaciones del modelo matemático para evaluar el comportamiento de la membrana seleccionada en el proceso de separación y establecer un diseño previo de la unidad de OI.

Posteriormente, con los parámetros obtenidos en la primera configuración de la unidad de OI, se realizará una simulación con el software comercial IMSDesign que nos permitirá pulir y validar el diseño inicial. Siempre teniendo en cuenta que la simulación se realizará con una sal sustitutiva ( $\text{AgNO}_3$ ) que pretende asemejarse en cuanto a tamaño y al paso de soluto a través de la membrana, así como a la selectividad frente al hidroxitirosol en términos de índice de rechazo.

Finalmente, una vez realizada la simulación con el IMSDesign y comprobado que el diseño previo se adapta adecuadamente, tendremos que volver al modelo matemático original que comprende el comportamiento de la membrana frente al componente que se desea concentrar (hidroxitirosol) para establecer el diseño final de la planta de ósmosis inversa.

## 5.5 Desarrollo del modelo matemático en Matlab

Empleando la herramienta de cálculo Matlab se ha desarrollado un algoritmo de cálculo, tal como recoge el **ANEXO 3**, que permite simular el modelo matemático.

Dicho algoritmo abarca todo el compendio de ecuaciones descritas con anterioridad y permite contemplar el comportamiento de la membrana frente al hidroxitirosol en el proceso de separación.

Realizando una simple simulación del modelo matemático en una etapa se obtienen relaciones de flux a lo largo de los elementos de membrana dispuestos en un tubo de presión. Por otro lado, se puede observar la variación de las concentraciones para la corriente de permeado y concentrado a lo largo de los elementos de membrana. Finalmente se obtienen los caudales de permeado que cada elemento produce y se representa, a su vez, la conversión en cada elemento.

Los parámetros implicados en la simulación se exponen en la **Tabla 5.1**. Por otro lado, las características técnicas de la membrana ESPA2 - 4040 empleada en dicha simulación se recogen en la **Tabla 5.2**.

**Tabla 5.1** Parámetros implicados en la simulación

Nomenclatura	Descripción	Valor	Unidad
$C_{PH}$	Concentración promedio de Hidroxitirosol a la entrada	7.200	$g \cdot L^{-1}$
$\sigma$	Factor de corrección	0.9981	-
R	constante de los gases ideales	8.3144	$J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$
T	Temperatura de trabajo	298.00	K
P	Presión de trabajo	10.00	bar
k	Coefficiente de transferencia externa de la membrana	$42 \cdot 10^{-6}$	$m \cdot s^{-1}$
R	Rechazo de la membrana	93.00	%
$D_{qp}$	Disminución del flujo de permeado	15.00	%
$A_{ps}$	Incremento del paso de sales	21.00	%
$Y_{F1}$	Conversión primera etapa	55.00	%

**Tabla 5.2** Características y propiedades de la membrana ESPA2 - 4040

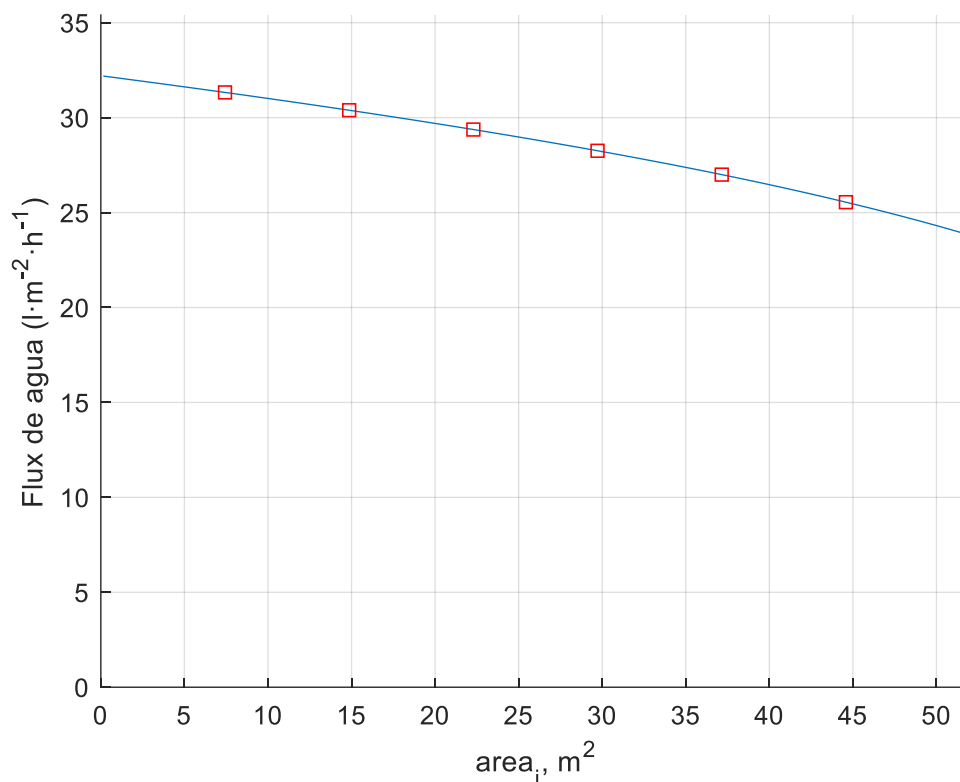
Parámetros	Valores y propiedades
Flujo de permeado máximo ( $m^3 \cdot día^{-1}$ )	7.57
Rechazo de sal	99.6% (99.4% mínimo)
Configuración	Enrollada en espiral
Composición de la capa activa	Poliamida
Área activa de la membrana ( $m^2$ )	7.43
Presión máxima de operación (bar)	41.6
Temperatura máxima de operación ( $^{\circ}C$ )	45
Rango de pH	2-12
Turbidez máxima del agua de alimentación (NTU)	1.0
Flujo máximo de alimentación ( $m^3 \cdot h^{-1}$ )	3.6
Caída de presión máxima (psi)	10

A continuación, se presentan algunos resultados de la simulación del modelo matemático:

En la **Figura 5.4** se observa la evolución del flux de agua a lo largo de los elementos de membrana. En el eje de abscisas se representa el área de membrana mientras que, en el eje de ordenadas se representa el flux de agua.

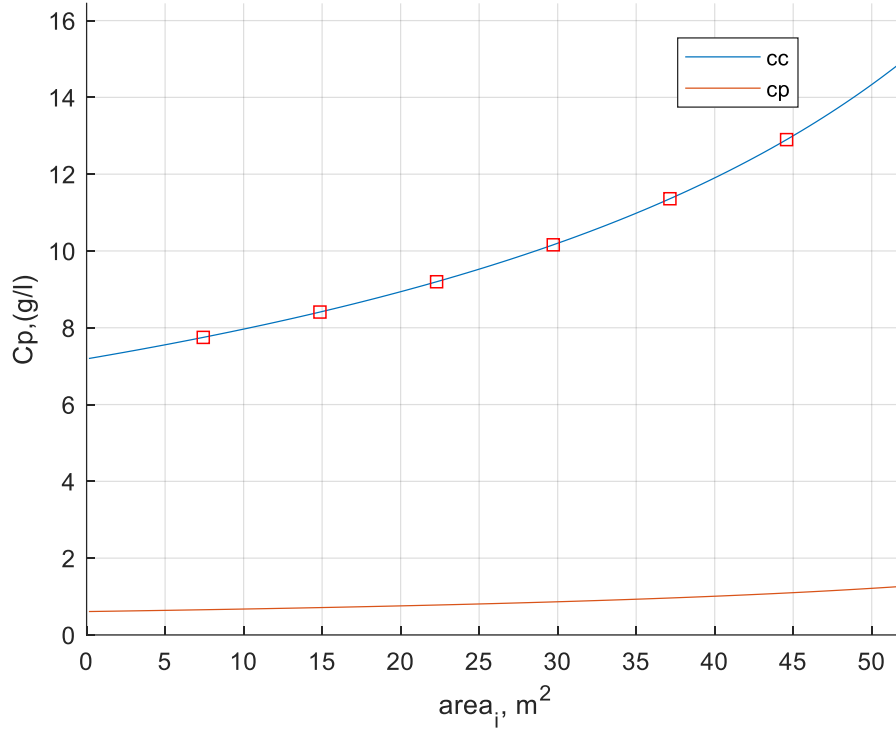
A simple vista se puede observar cómo disminuye el flux de agua desde el primer elemento hasta el último. Esto se debe a que el caudal de alimento al pasar por el primer elemento comienza a permear, la corriente de rechazo que no consigue permear pasará al siguiente elemento con una concentración mayor ya que la primera membrana ha conseguido permear parte de la disolución por lo que cada vez se consigue un permeado menor.

**Figura 5.4** Flux a lo largo de los elementos en un tubo de presión



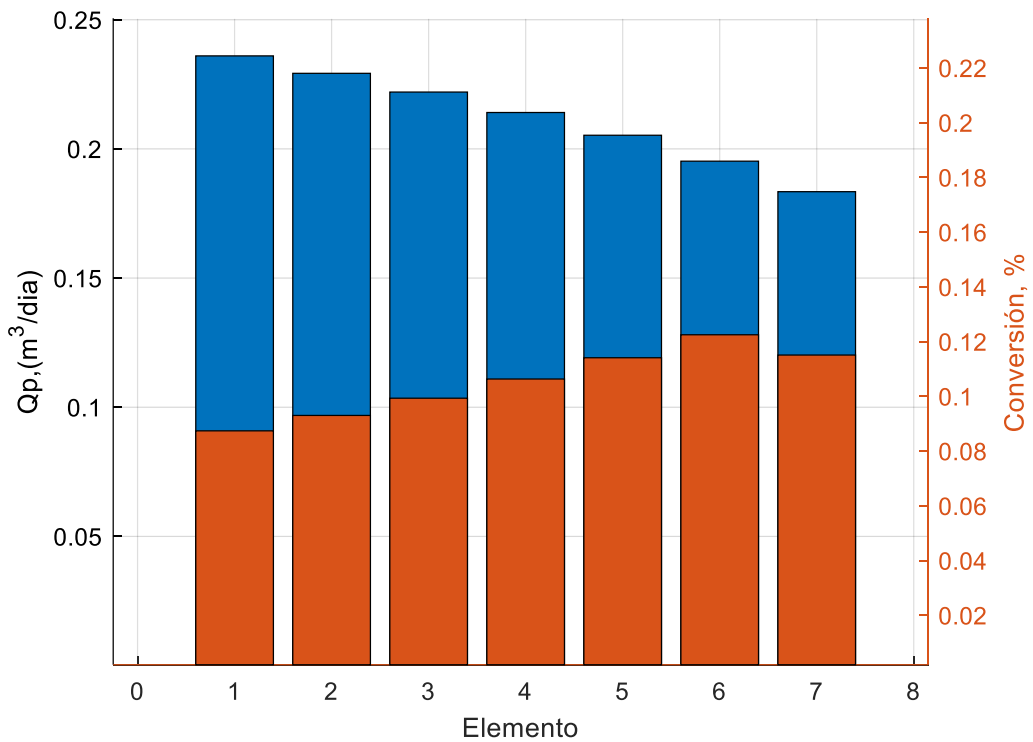
En la **Figura 5.5** se muestra la evolución de la concentración tanto de permeado como de concentrado a lo largo de los elementos de membrana. Lógicamente se observa una curva ascendente donde el último valor de concentración de la corriente de rechazo representa la concentración de compuestos fenólicos alcanzados en el tupo de presión.

Figura 5.5 Variación de las concentraciones de permeado y concentrado



Por último, la **Figura 5.6** muestra el caudal de permeado que produce cada elemento, así como la conversión alcanzada.

Figura 5.6 Caudal de permeado por elemento



Una vez conocido el comportamiento de la membrana tras realizar una simulación del modelo matemático para una etapa, se puede establecer un previo dimensionamiento de la planta.

Al realizar la simulación del modelo matemático para una etapa, se observa que el sistema no es capaz de obtener una buena relación de flujos y concentraciones para ambas corrientes. Surge aquí la necesidad de incluir más etapas en el proceso mejorando así la relación de flujos y obteniendo un rechazo de mayor concentración. Esto es de suma importancia ya que se obtiene una corriente de rechazo más concentrada en compuestos fenólicos, lo cual es interesante viéndolo desde el punto económico del proceso.

Uno de los parámetros condicionantes es el producto de solubilidad del componente a concentrar, en este caso, hidroxitirosol. No deberá de sobrepasar la concentración final de 50 g/l (25°C) por riesgos de precipitación en las membranas y los consiguientes problemas de funcionamiento que conllevaría.

Por ello, se establece un diseño en dos etapas guardando una relación de tubos de presión 4-2-1. Esta relación implica que la salida del caudal de concentrado de dos tubos de presión de la primera etapa será el caudal de alimento de un tubo dispuesto en la segunda etapa, del mismo modo, la salida de concentrado de dos tubos de presión de la segunda etapa sería la corriente de alimento de un tubo de presión de la tercera etapa si fuese necesaria

Realizando la configuración de la unidad de OI con elementos de membrana de 4 pulgadas y 2 etapas de separación se alcanzan conversiones globales elevadas, en este caso, del 86%. Los parámetros implicados en la simulación se muestran en la **Tabla 5.3**.

**Tabla 5.3** Parámetros implicados en la simulación para 2 etapas

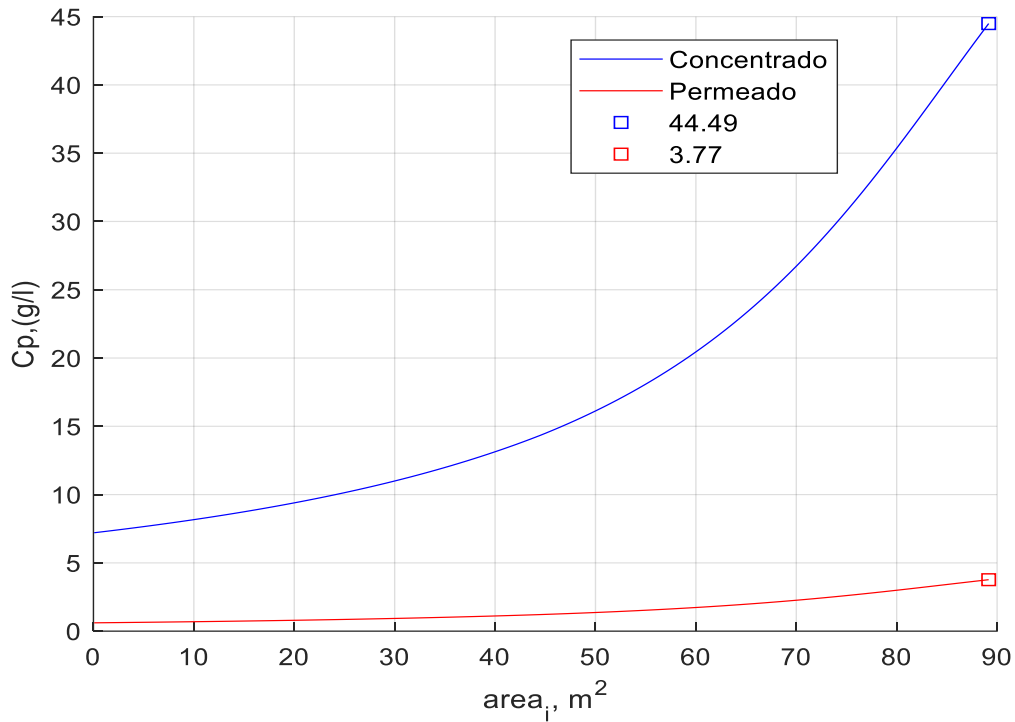
Nomenclatura	Descripción	Valor	Unidad
$C_{PH}$	Concentración promedio de hidroxitirosol a la entrada	7.200	$g \cdot L^{-1}$
$\sigma$	Factor de corrección	0.9981	-
R	constante de los gases ideales	8.3144	$J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$
T	Temperatura de trabajo	298.00	K
P	Presión de trabajo	10.00	bar
k	Coeficiente de transferencia externa de la membrana	$42 \cdot 10^{-6}$	$m \cdot s^{-1}$
R	Rechazo de la membrana	93.00	%
$D_{qp}$	Disminución del flujo de permeado	15.00	%
$A_{ps}$	Incremento del paso de sales	21.00	%
Y	Conversión global del proceso	86.00	%

Añadiendo una etapa más al proceso de separación y remodelando el algoritmo de Matlab como se muestra en el **ANEXO 4**, se obtienen los siguientes resultados:



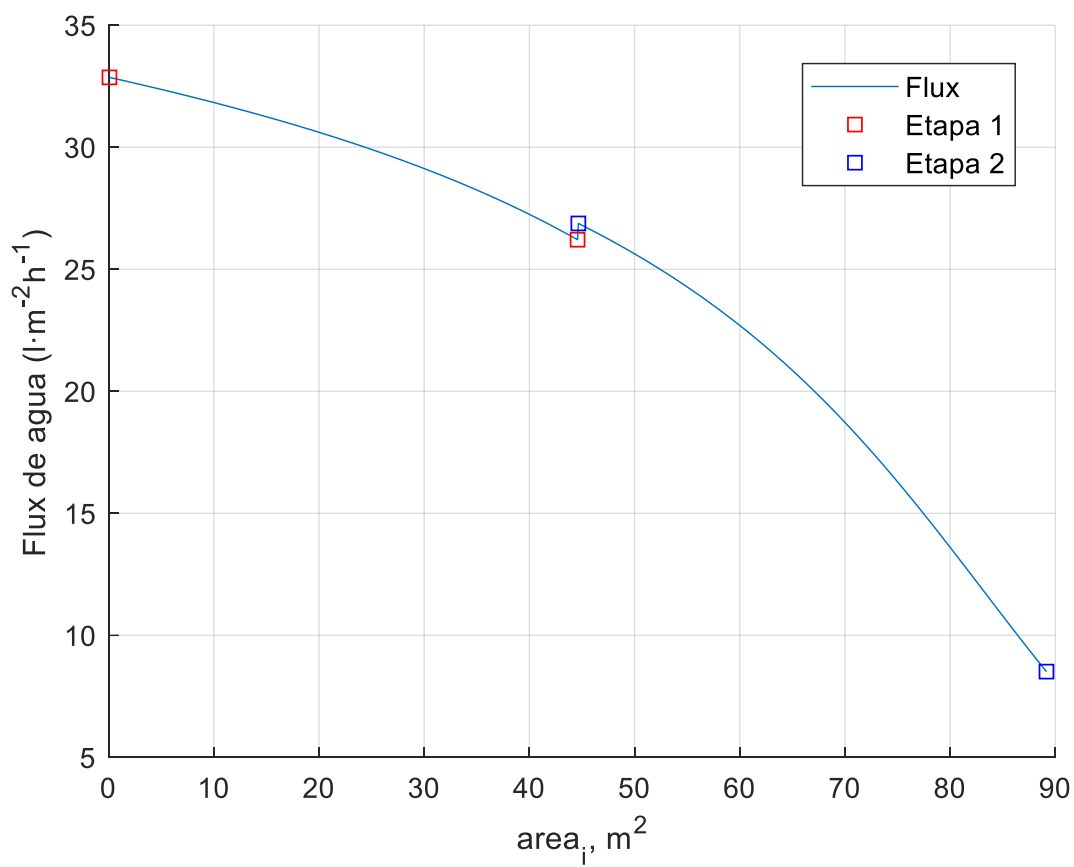
En la **Figura 5.7**, se muestra la evolución de las concentraciones de la corriente de rechazo y permeado en cada etapa. En el eje de abscisas se represente el área de membrana según se incrementa el número de tubos mientras que, en el eje de ordenadas, se expresa la concentración de hidroxitirosol en  $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ . La concentración final de compuestos fenólicos en la corriente de concentrado alcanza los  $44.49 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  mientras que en la corriente de permeado alcanza los  $3.77 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ .

**Figura 5.7** Variación de la concentración de concentrado y permeado en 2 etapas



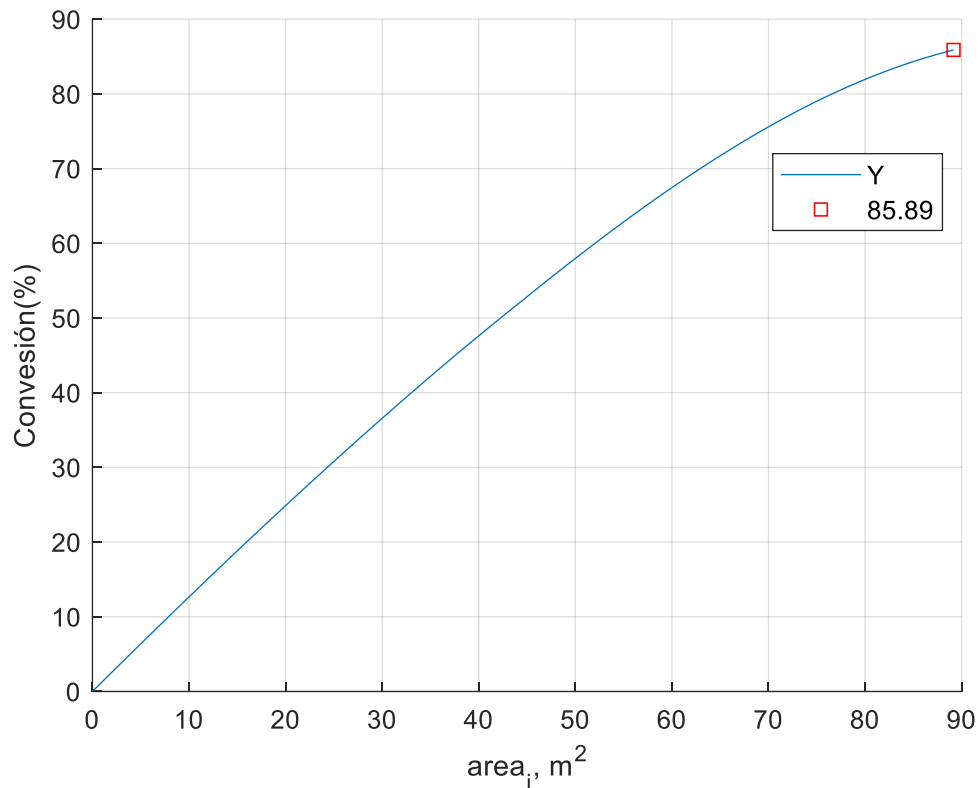
En la **Figura 5.8** se representa la evolución del flux de agua en función de los elementos dispuestos en un tubo de presión dentro de cada una de las 2 etapas. Los recuadros de color rojo y azul delimitan el comienzo y final de cada etapa. En el eje de abscisas se represente el área de membrana según se incrementa el número de tubos mientras que, en el eje de ordenadas, se expresa el flux de agua que produce cada elemento de membrana en cada una de las 2 etapas.

Figura 5.8 Evolución del flux a lo largo de los tubos de presión para 2 etapas



En la **Figura 5.9**, se representa la evolución de la conversión del sistema según se incrementa el número de membranas representadas por el área. En el eje de abscisas se represente el área de membrana según se incrementa el número de tubos mientras que, en el eje de ordenadas, se expresa la conversión del sistema. Finalmente, con la configuración adoptada se alcanza una conversión global del proceso del 85.89%

Figura 5.9 Evolución de la conversión del sistema en 2 etapas



Una vez conocido el diseño para elementos de membrana de 4" se puede optimizar el proceso variando la configuración, en este caso, se ha optado por incrementar el área de membrana empleando la membrana CPA6-LD de 8", dicho cambio permitirá diseñar una planta más compacta, con un número menor de elementos de membrana lo que significará un espacio más reducido de la planta y una mayor viabilidad económica por la disminución de costos en elementos de membrana.

Realizando la simulación para la membrana CPA6-LD manteniendo dos etapas de separación se consigue establecer una configuración de la planta de 4 tubos de presión para la primera etapa y 2 tubos de presión en la segunda etapa.

A continuación, en la **Tabla 5.4** se observan las características de la membrana CPA6-LD. Por otro lado, los parámetros implicados en la simulación permanecen constantes y se recogen en la **Tabla 5.3**.

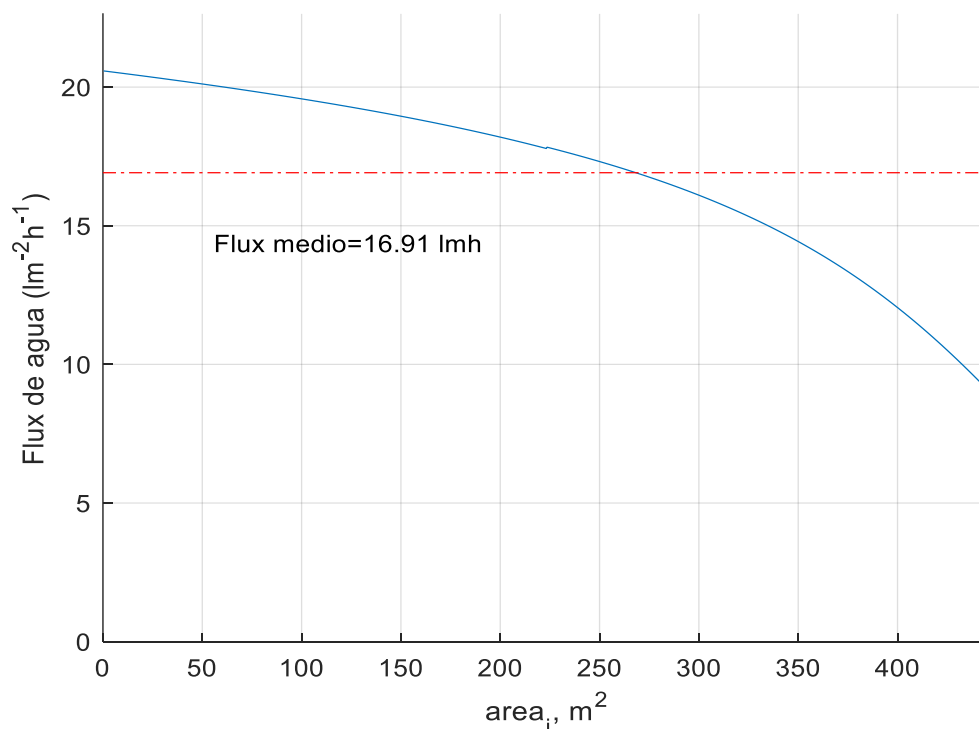
Tabla 5.4 Características técnicas de la membrana CPA6-LD

Parámetros	Valores y propiedades
Flujo de permeado máximo ( $\text{m}^3 \cdot \text{día}^{-1}$ )	30.3
Rechazo de sal	99.75% (99.6% mínimo)
Configuración	Enrollada en espiral
Composición de la capa activa	Poliamida
Área activa de la membrana ( $\text{m}^2$ )	37.1
Presión máxima de operación (bar)	41.4
Temperatura máxima de operación ( $^{\circ}\text{C}$ )	45
Rango de pH	2-12
Turbidez máxima del agua de alimentación (NTU)	1.0
Flujo máximo de alimentación ( $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ )	17.0
Caída de presión máxima (psi)	15.0

A continuación, se exponen algunos de los resultados obtenidos para la simulación del modelo matemático con la membrana CPA6-LD:

En la **Figura 5.10** se muestra la evolución del flux a lo largo de los elementos de membrana dispuestas en un tubo de presión para ambas etapas, además, se representa el flux promedio generado por la planta de OI. En el eje de abscisas se represente el área de membrana según se incrementa el número de tubos mientras que, en el eje de ordenadas, se expresa el flux en  $\text{l} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ .

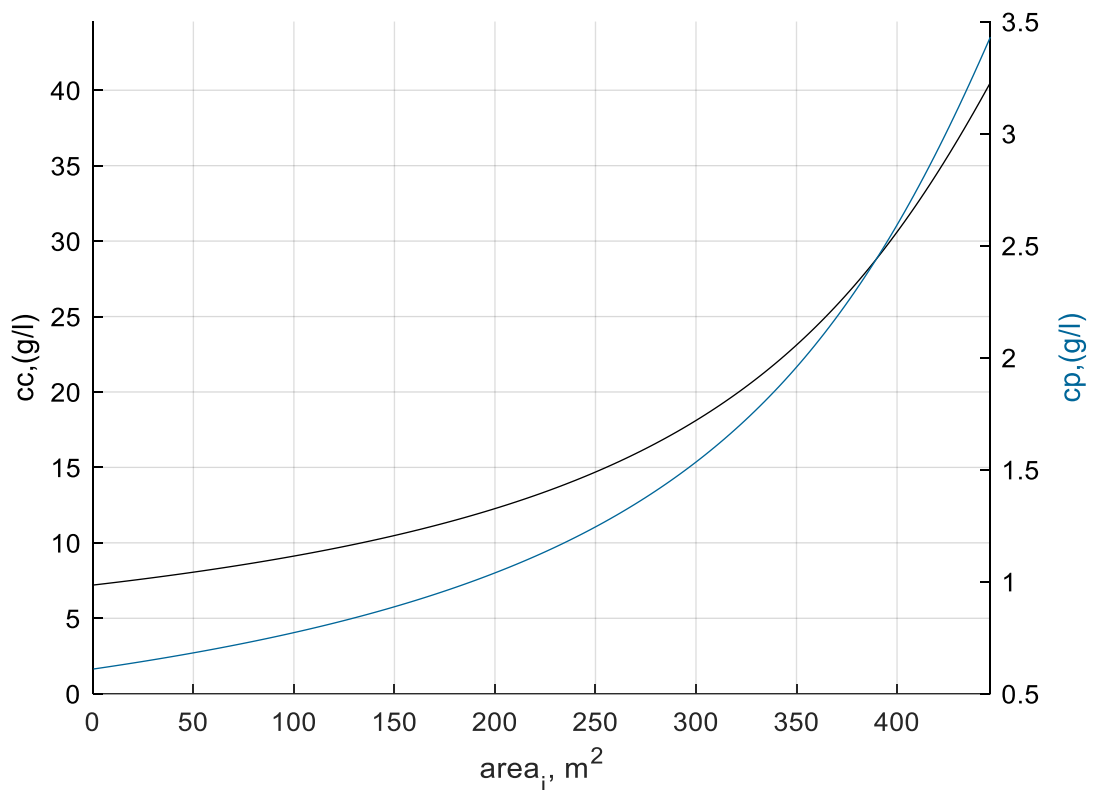
Figura 5.10 Evolución del Flux a lo largo de los elementos en un tubo de presión



En la **Figura 5.11** se representa la evolución de las concentraciones de las corrientes de concentrado y permeado en función de los elementos de membrana representados por el área. En el eje de abscisas se represente el área de membrana según se incrementa el número de elementos mientras que, en el eje de ordenadas, se expresan las concentraciones en  $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  de ambas corrientes.

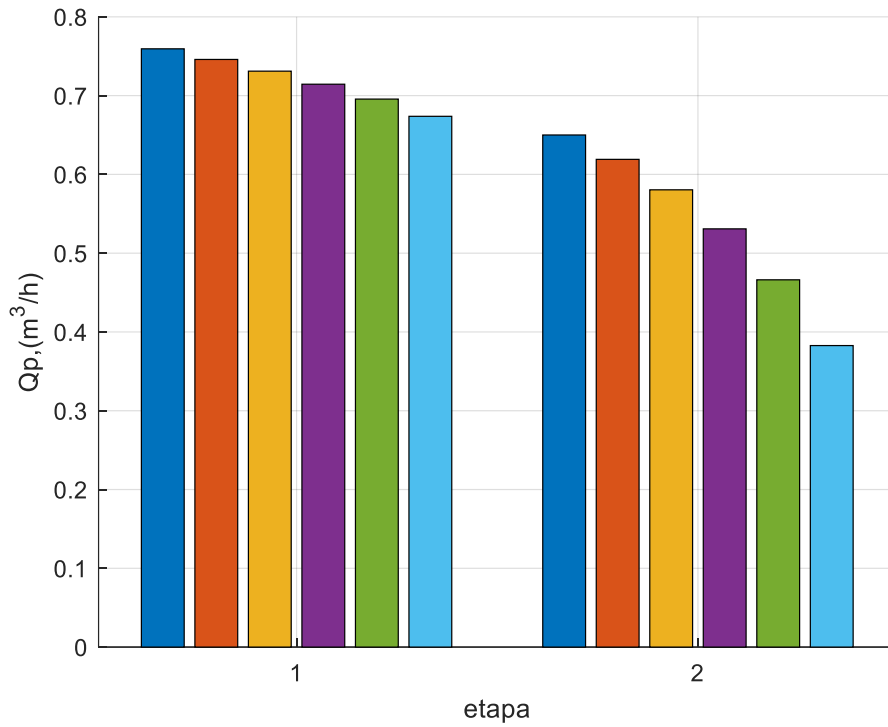
Se obtiene una concentración de hidroxitirosol de  **$40.5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$**  en la corriente concentrada mientras que en el permeado es únicamente de  **$3.4 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$** .

**Figura 5.11** Concentraciones de concentrado y permeado



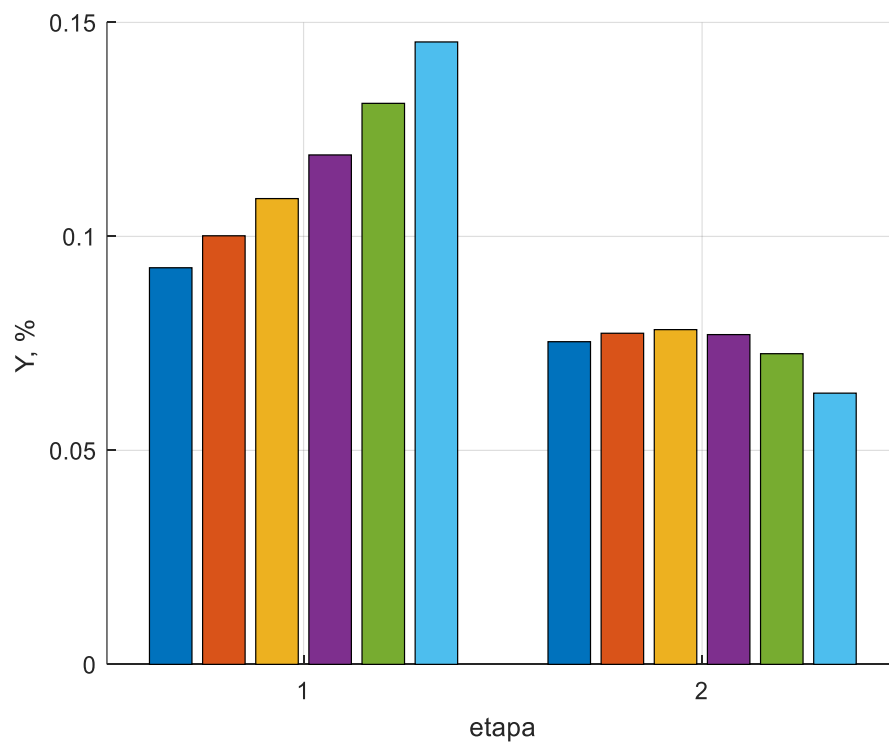
En la **Figura 5.12** se representa, en un gráfico de barras, el caudal de permeado que produce cada elemento en cada una de las 2 etapas de separación.

Figura 5.12 Caudal de permeado por etapa



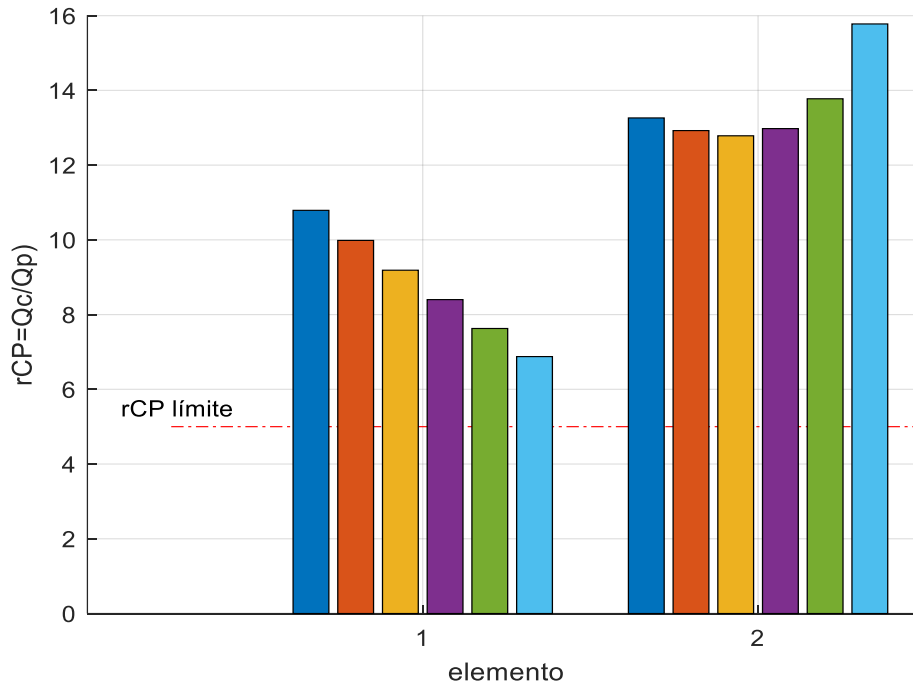
En la **Figura 5.13** se representa la conversión de agua proporcionada por cada elemento de cada una de las dos etapas.

Figura 5.13 Conversión de agua por etapa



Por último, en la **Figura 5.14** se representa la relación que existe entre los caudales de permeado y concentrado. Además, se representa, en una línea discontinua la relación límite, dicha relación deberá de superarse para evitar riesgos de precipitación en las membranas

**Figura 5.14** Relación de los caudales de permeado y concentrado por elemento



## 5.6 Diseño de la configuración con el software IMSDesign

Una vez se ha desarrollado el modelo matemático es importante cotejar los valores obtenidos con cualquier tipo de herramienta de simulación específica del proceso. Este es el caso del software IMSDesign. Dicho software profesional, permite establecer diseños y configuraciones de la unidad de ósmosis inversa y observar el comportamiento de la planta con las especificaciones de diseño impuestas.

IMSDesign está destinado principalmente al diseño de plantas desaladoras por lo que, su biblioteca no comprende datos de comportamiento frente a compuestos fenólicos. No obstante, se puede plantear una sal sustitutiva por tamaño y rechazo del hidroxitirosol, este es el caso del nitrato de plata ( $\text{Ag NO}_3$ ).

Es importante resaltar que el comportamiento de la membrana no será el mismo empleando el nitrato de plata a los compuestos fenólicos estudiados en este trabajo, no obstante, guardará una similitud elevada y, cotejándolo con la simulación del modelo matemático, que tiene en cuenta los compuestos fenólicos, se puede establecer la configuración de la unidad de ósmosis inversa.

Además, IMSDesign da la posibilidad de establecer sistemas híbridos dentro de un tubo de presión. Un sistema híbrido comprende, dentro de un tubo de presión, una disposición de diferentes membranas ensambladas en serie que aporta un comportamiento mejorado del proceso en cuestión.

A continuación, en la **Tabla 5.5** se exponen los parámetros de diseño introducidos al IMSDesign para general la configuración de la unidad de ósmosis inversa.

**Tabla 5.5 Parámetros de la simulación con IMSDesign**

Parámetros	ESPA2 - 4040	CPA6-LD
Caudal de diseño ( $\text{m}^3 \cdot \text{día}^{-1}$ )	833.3	833.3
pH	7	7
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	25	25
Presión osmótica de la disolución (bar)	1.4	1.4
Conversión final del proceso (%)	85	85
Número de tubos de presión Etapa 1	14	4
Número de tubos de presión Etapa 2	7	2
Número de elementos de membrana por tubo	7	6
Edad media de membrana (años)	2.5	2.5
Disminución del flujo por año (%)	3	3
Factor de ensuciamiento	0.957	0.957
Incremento del paso de sales por año (%)	5	5
Configuración de la Etapa 1	7 ESPA2-LD-4040	6 CPA6-LD
Configuración de la Etapa 2	7 ESPA2-LD-4040	6 CPA6-LD

Como resultado de la simulación, IMSDesign nos devuelve una serie de análisis de todas las corrientes del proceso donde se detallan los caudales, presiones y las concentraciones de cada corriente. Además, realiza estudios energéticos y nos muestra la potencia específica expresada en  $\text{Kw} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3}$ , un valor importante y determinante para el estudio económico del proceso.

En la **Tabla 5.6** y **Tabla 5.7** se muestran los parámetros más relevantes como es el caso de las concentraciones en el permeado y concentrado. Además, se comprueba que la presión osmótica del permeado es, lógicamente, mucho menor que la de la corriente de concentrado por la cantidad de sales disueltas en cada corriente.

**Tabla 5.6 Análisis de la corriente de permeado**

Parámetros	ESPA2 - 4040	CPA6-LD
Total de sólidos disueltos ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	1194.34	353.41
pH de la corriente de permeado	5.7	5.4
Presión osmótica del permeado (bar)	0.2	0.1

**Tabla 5.7 Análisis de la corriente de concentrado**

Parámetros	ESPA2 - 4040	CPA6-LD
Total de sólidos disueltos ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	41445.8	46229.2
pH de la corriente de concentrado	7.7	7.7
Presión osmótica del concentrado (bar)	8.1	9





La **Tabla 5.8** muestra un pequeño análisis de consumo energético del proceso que servirá de gran utilidad en el estudio económico del proceso.

**Tabla 5.8 Análisis del consumo energético**

Parámetros	ESPA2 - 4040	CPA6-LD
Potencia total de bombeo (Kw)	13.1	17.2
Potencia específica de bombeo ( $\text{Kw}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3}$ )	0.44	0.58

Finalmente, IMSDesign nos devuelve un informe más detallado de la configuración de la planta, etapa por etapa como se detalla en el **ANEXO 5**.

## 6. PRESUPUESTO Y ESTUDIO ECONÓMICO

Una vez estudiados ambos diseños tanto con Matlab como con IMSDesign surge la necesidad de realizar el presupuesto y estudio económico para establecer el diseño más adecuado y viable.

Dicho estudio económico, además, determinará la viabilidad económica del proceso determinando así la posible implantación o no del proceso en la industria oleícola. También es necesario realizar un presupuesto estimativo del coste global de la planta.

En este apartado se expondrán tablas resumen comparando los parámetros más relevantes del presupuesto y estudio económico. En el **ANEXO 2** se recogen ambos presupuestos y estudios económicos al detalle.

Existen numerosos factores que influyen sobre el estudio económico como es el caso del coste de la energía eléctrica expresado en €/Kw·h, este parámetro es difícil de estimar ya que no es constante, puede variar a lo largo del año, del mismo modo que varía en función del tipo de consumo demandado. Consultando valores promedio anuales del coste eléctrico establecido para empresas durante el año 2019 se fija el precio en **0.0875 €/Kw·h**.

Las empresas, a no ser que dispongan de capital propio, recurren a entidades financieras para extender líneas de crédito que permitan financiar el proyecto a largo plazo. El interés anual promedio que imponen las grandes entidades financieras para préstamos empresariales varía de entre el 2.55% y el 10% en función de las características del préstamo. En este caso, el interés se ha fijado en el **6%**.

Conocer la cotización del euro frente al dólar es importante ya que los principales fabricantes de material para ósmosis inversa se ubican en el extranjero y trabajan en dicha moneda. Para Julio de 2020 la cotización del euro frente al dólar se fija en **0.8901 €/€**.

El tiempo de vida útil del proyecto para diseños de unidades de ósmosis inversa de baja complejidad, como es este caso, se fija entre 15 y 20 años. Determinará la amortización financiera y está ligado al estudio económico. En este caso, se ha fijado una vida útil del proyecto de **15 años**.

Tanto el presupuesto como el estudio económico se han realizado siguiendo las recomendaciones de Gavin Towler & Ray Sinnott (2013) donde recoge las pautas a seguir para estimar costos y presupuestos de plantas de ósmosis inversa.

### 6.1 Presupuesto

El presupuesto se desglosa en varias secciones. En primer lugar, conociendo las características de los diseños y consultando proveedores, se estima el coste de la unidad de ósmosis inversa como se detallan en la **Tabla 6.1** Y **Tabla 6.2**.

**Tabla 6.1 Coste de la unidad de ósmosis inversa para el diseño con la membrana ESPA2-4040**

Artículo	Referencia	Casa Comercial	UDS.	BASE UD (€)	Total (€)
Membrana de OI	ESPA2 - 4040	Hydranautics	126	204 €	25.683 €
Tubo de presión	80245-6, 4". 450 psi	Pentair-Codeline	21	974 €	20.446 €
Bomba y motor	-	ABB	1	17.731 €	17.731 €
Grupo de reserva (B y M)	-	ABB	1	17.731 €	17.731 €
Subtotal Unidad de ósmosis inversa					81.592 €

**Tabla 6.2 Coste de la unidad de ósmosis inversa para el diseño con la membrana CPA6-LD**

Artículo	Referencia	Casa Comercial	UDS.	BASE UD (€)	Total (€)
Membrana de OI	CPA6 - LD	Hydranautics	36	532 €	19.162 €
Tubo de presión	80245-6, 8". 450 psi	Pentair-Codeline	6	894 €	5.362 €
Bomba y motor	-	ABB	1	18.154 €	18.154 €
Grupo de reserva (B Y M)	-	ABB	1	18.154 €	18.154 €
Subtotal Unidad de ósmosis inversa					60.832 €

Finalmente, en la **Tabla 6.3** se expone comparativamente, los costes de la unidad de ósmosis inversa para ambos diseños. Se puede observar, en porcentaje, la disminución o incremento de cada coste en base al diseño con la membrana CPA6-LD. Finalmente, se puede observar como este último diseño consigue disminuir en un 34% el coste de la unidad de ósmosis inversa.

**Tabla 6.3 Comparativa entre diseño con CPA6 - LD y ESPA2 - 4040**

Artículo	Diseño con ESPA2-4040		Diseño con CPA6-LD		Relación de costes entre CPA6-LD Y ESPA2-4040
	Total (€)		Total (€)		
Membrana de OI	25.683 €		19.162 €		- 34,03%
Tubo de presión	20.446 €		5.362 €		- 281,31%
Bomba y motor	17.731 €		18.154 €		+ 2,33%
Grupo de reserva (B Y M)	17.731 €		18.154 €		+ 2,33%
Subtotal costes OI	81.591 €		60.832 €		-34,13%

Una vez adquiridos los materiales de la planta, existen una serie de factores que comprenden la instalación y transporte de la planta. Siguiendo las recomendaciones de Wilf (2007), a modo de resumen en la **Tabla 6.4**, se detalla la aportación de cada factor sobre la ponderación de la unidad de ósmosis inversa una vez instalada. Ambos diseños atienden a dichos factores.

**Tabla 6.4 Factores de instalación y transporte sobre la planta de ósmosis inversa**

Descripción	Factor de ponderación
Montaje de equipos	40%
Tuberías	30%
Instrumentación y control	10%
Electricidad	10%
Estructuras, Edificios, Aislamiento y pintura	10%
Coeficiente de seguridad	10%
<b>Subtotal Factores de ponderación</b>	<b>110%</b>

Incrementando el precio de la unidad de ósmosis inversa empleando el factor de transporte e instalación, se obtiene un precio final de la unidad de ósmosis inversa de **127.747,1€** para el diseño con la membrana CPA6-LD y de **171.343,2 €** para el diseño con la membrana ESPA2-4040.

Conocido el coste de la unidad de ósmosis inversa y atendiendo las recomendaciones de Gavin Towler & Ray Sinnott (2013) se expone la comparación entre presupuestos en la **Tabla 6.5**.

El presupuesto más económico realizando la configuración con la membrana CPA6-LD consigue reducir el coste total de capital **72.660,1€**, por otro lado, el ratio de inversión se reduce **87,2€**.

**Tabla 6.5 Comparación de presupuestos**

Tipo de coste	ESPA2-4040	CPA6-LD	Diferencia de costes CPA6-LD/ESPA2-4040
Capitales directos (construcción)	242.736,2 €	180.975,1 €	-61.761,1 €
Ingeniería del proyecto	11.422,8 €	8.516,5 €	-2.906,4 €
Desarrollo del proyecto	8.567,2 €	6.387,4 €	-2.179,8 €
Financiero del proyecto	11.422,9 €	8.516,5 €	-2.906,4 €
Contingencias	11.422,9 €	8.516,5 €	-2.906,4 €
<b>Costes totales de capital</b>	<b>285.572,1€</b>	<b>212.911,9 €</b>	<b>-72.660,1 €</b>
<b>Ratio de inversión (m3/día)</b>	<b>342,7 €</b>	<b>255,5€</b>	<b>-87,2 €</b>

## 6.2 Estudio económico

A continuación, en la **Tabla 6.6** se presenta una comparación entre los estudios económicos establecidos en ambos diseños. Dicha tabla muestra un desglose de costes según el tipo de coste, además, se expone el coste general y coste por metro cúbico de agua. Finalmente, se puede observar cómo se disminuyen los costes de agua tratada con la configuración de la planta empleando la membrana CPA6-LD logrando un precio final del agua tratada de **0.926 €/m<sup>3</sup>**.

**Tabla 6.6 Comparativa de estudios económicos**

Tipo de coste	ESPA2-4040		CPA6-LD		Diferencia de costes CPA6-LD/ESPA2-4040	
	€	€/m3	€	€/m3	€	€/m3
Variables	10.907,5 €	0,218 €	10.120,5 €	0,202 €	-786,9 €	-0,016 €
Fijos	6.664,3 €	0,140 €	5.915,4 €	0,125 €	-1.218,8 €	-0,015 €
Total, costes de operación y mantenimiento	17.313,9 €	0,358 €	16.064,3 €	0,327 €	-1.249,7 €	-0,031 €
Amortización de la inversión	38.800,0 €	0,588 €	21.922,0 €	0,438 €	-16.878,1 €	-0,150 €
Total, coste de producción	-	0,946 €	-	0,766 €	-	-0,180 €
Beneficio industrial (10%)	-	0,095€	-	0,077 €	-	-0,018 €
Impuestos (10%)	-	0,104 €	-	0,084 €	-	-0,020 €
Total, coste del agua tratada	-	1,145 €	-	0,926 €	-	-0,219 €

## 7.SOLUCIÓN ADOPTADA

Tras realizar, en primera instancia, la simulación del modelo matemático para observar el comportamiento de la membrana frente al hidroxitirosol se han planteado dos diseños. Un primer diseño con elementos de membrana de 4 pulgadas y un segundo diseño optimizado con elementos de membrana de 8 pulgadas.

Por otro lado, se han simulado ambos diseños con el software profesional IMSDesign para observar la respuesta de la planta con un software que explora un mayor número de escenarios. Siempre hay que tener en cuenta que el planteamiento para IMSDesign se ha llevado a cabo empleando una sal sustitutiva por rechazo y tamaño del hidroxitirosol por lo que el comportamiento de la planta guardará similitud con el diseño realizado en Matlab, pero no serán idénticos.

Una vez establecido el presupuesto y estudio económico, queda seleccionada la mejor configuración de la planta. Este es el caso de la configuración que emplea la membrana CPA6-LD, con ella se consiguen reducir en un 34% los costes de capital e inversión por la disminución en elementos de membrana. Por otro lado, se consigue una planta más compacta reduciendo así el espacio necesario para implantarla en la empresa.

La planta será capaz de tratar las aguas provenientes de la última centrifugación en el proceso de extracción de aceite de oliva logrando recoger una corriente rica en compuestos fenólicos de interés económico.

La solución adoptada comprende un diseño en dos etapas de separación para obtener una concentración final de compuestos fenólicos elevada siempre teniendo en cuenta el producto de solubilidad del componente a concentrar, hidroxitirosol ( $50 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ).

A continuación, en la **Tabla 7.1**, se expone a modo de resumen la configuración de la unidad de ósmosis inversa diseñada en este trabajo.

**Tabla 7.1 Solución adoptada**

Parámetros	Valores y propiedades
Caudal de diseño ( $\text{m}^3 \cdot \text{día}^{-1}$ )	833.3
Temperatura de diseño ( $^{\circ}\text{C}$ )	25
Conversión final del proceso (%)	85
Número de tubos de presión Etapa 1	4
Número de tubos de presión Etapa 2	2
Número de elementos de membrana por tubo	6
Configuración de la Etapa 1	6 CPA6-LD
Configuración de la Etapa 2	6 CPA6-LD
Número de bastidores	1
Potencia instalada (kW)	17.2
Consumo energético ( $\text{Kw}\cdot\text{m}^{-3}$ )	0.58
Concentración de hidroxitirosol para el rechazo ( $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )	40.5
Concentración de hidroxitirosol para el permeado ( $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )	3.4
Inversión (€)	212.911,88€
Coste final del agua tratada ( $\text{€}/\text{m}^3$ )	0,926 €

Hay que resaltar que, con este diseño se consigue obtener una corriente acuosa enriquecida en compuestos fenólicos. Dicha corriente, tiene una concentración que se acerca al producto de solubilidad del componente estudiado, pero siempre guardando unos márgenes de seguridad para evitar la precipitación de los compuestos en la membrana.

Para completar el proceso de extracción de los compuestos fenólicos hasta conseguir el estado sólido habría que implementar un proceso de evaporación al vacío. Teniendo en cuenta el bajo coste del agua tratada y la cercanía de la concentración con el producto de solubilidad, el consumo energético necesario en la evaporación no será excesivo y el proceso podría continuar siendo viable económicamente. No obstante, habría que verificarlo con un nuevo estudio económico que incluya el proceso de evaporación al vacío.

## 7.1 Planos

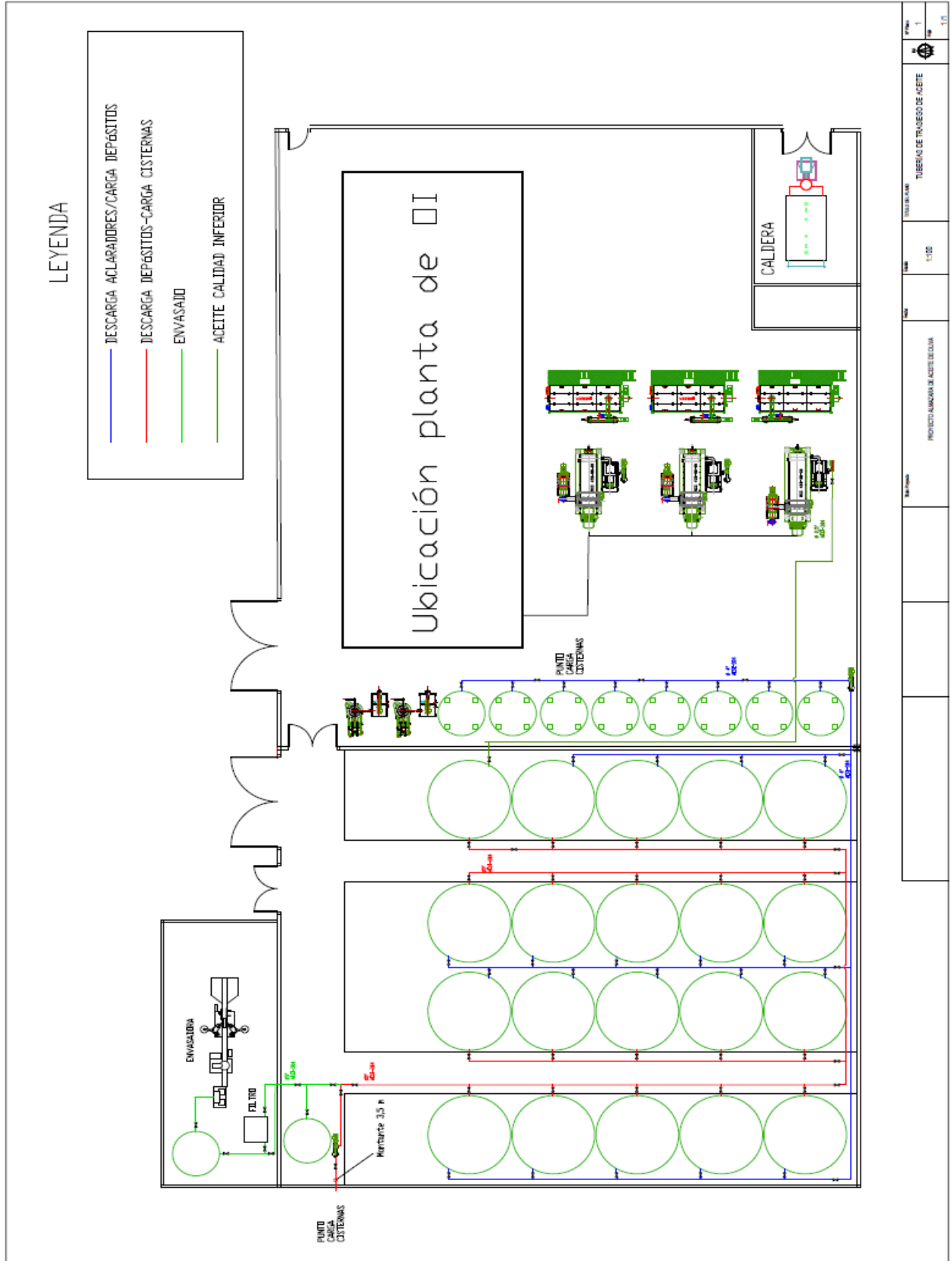
Para concluir, es importante ubicar la planta dentro de la industria además de ilustrar gráficamente el diseño, por ello se exponen una serie de planos de ubicación y diseño de la unidad de ósmosis inversa dentro de la almazara:

En el **Plano 7.1** se observa la distribución de una almazara de aceite de oliva, en este caso la almazara distribuye la producción en tres líneas. Se puede observar cómo se recoge la corriente residual a tratar de la última centrifugación del aceite. La ubicación de la planta de ósmosis inversa se encuentra cercana a la recogida de residuos para disminuir los costes de captación por dimensionamiento de las tuberías. Además, dispone de una puerta cercana al diseño para facilitar el montaje de esta.

Posteriormente, en el **Plano 7.2** se expone una vista en planta del diseño establecido en este proyecto. Dicho plano recoge las corrientes del proceso además de ubicar el pretratamiento. Se imponen una serie de depósitos regulados para asegurar el funcionamiento constante de la planta además de recoger las corrientes de concentrado y permeado producidas. La configuración diseñada tiene una dimensión de 132 m<sup>2</sup>.

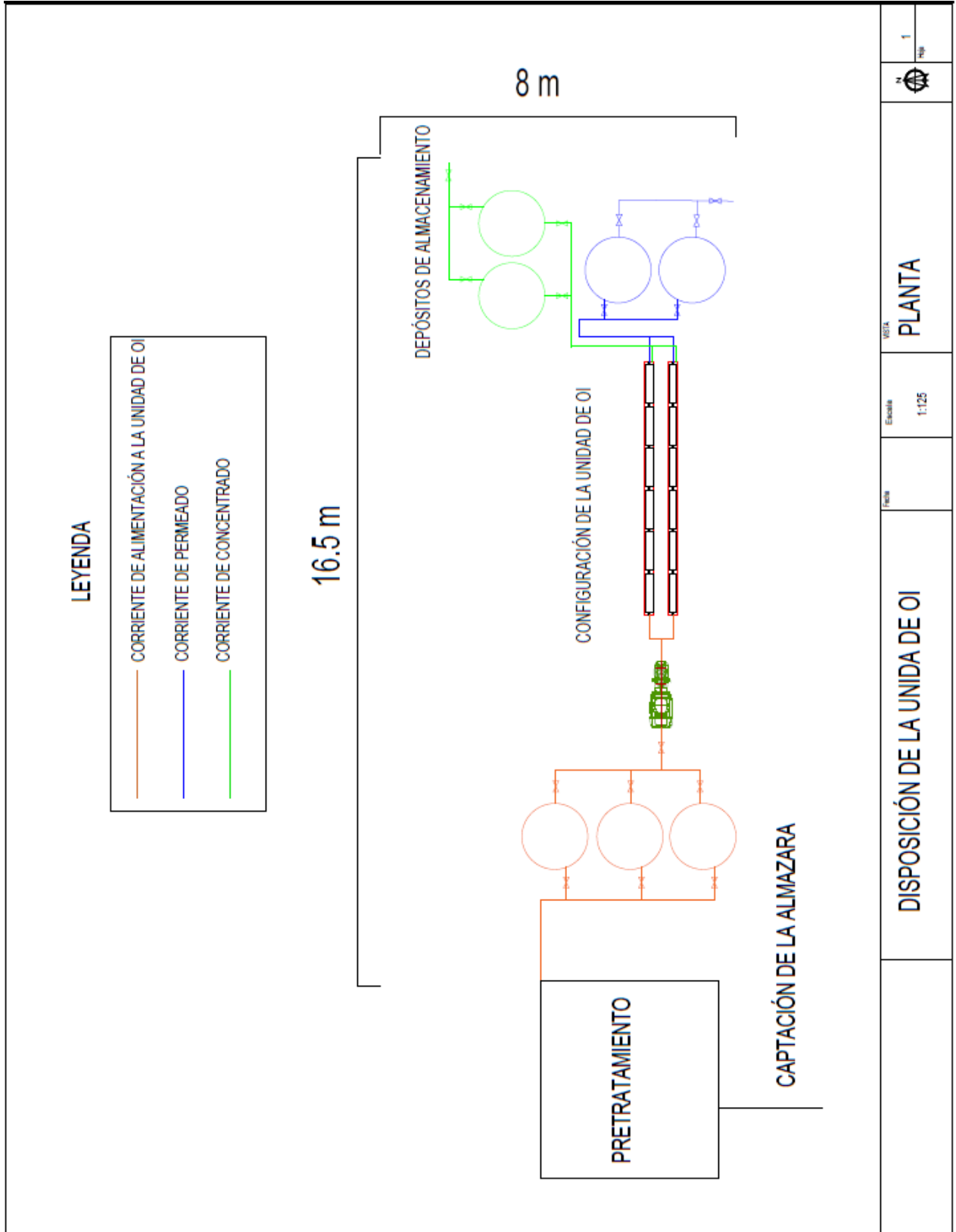
Para terminar, en el **Plano 7.3** se expone una vista en alzado del diseño establecido con la finalidad de observar la disposición de los elementos de membrana en un bastidor. Se detallan las dos etapas del proceso y las conexiones de las corrientes entre los tubos de presión.

Plano 7.1 Ubicación de la planta de ósmosis inversa en la almazara

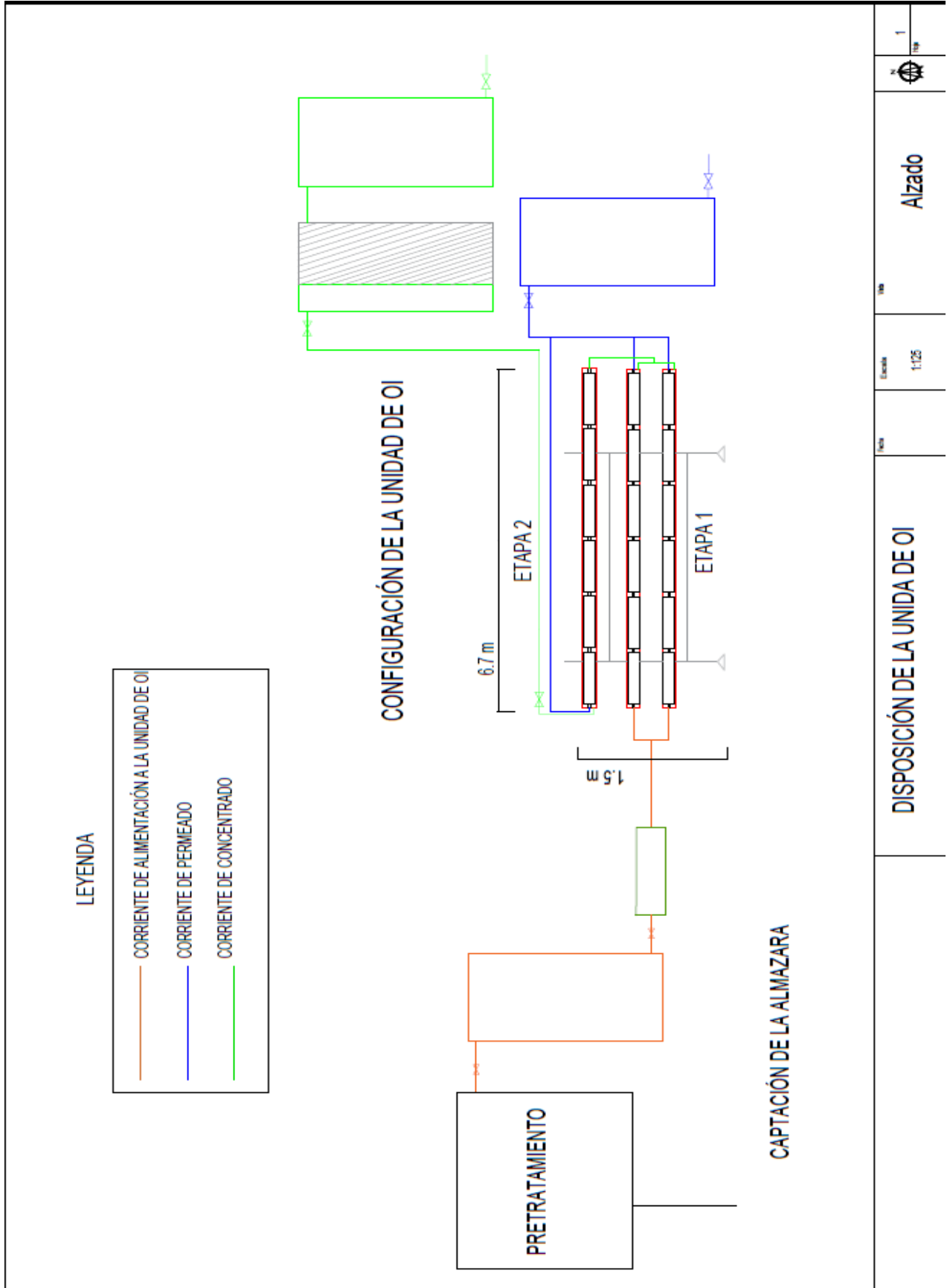




Plano 7.2 Vista en planta de la configuración de la unidad de ósmosis inversa



Plano 7.3 Vista en alzado de la configuración de la unidad de ósmosis inversa



Finalmente, superponiendo las vistas de los planos de configuración de la unidad de ósmosis inversa se puede comprender como se configura el bastidor.

En la zona baja del bastidor, guardando una distancia de separación con el suelo se ubica la primera etapa de separación, se trata de 4 tubos de presión agrupados en paralelo de dos en dos, la salida de la corriente concentrada de dos elementos de la primera etapa será la corriente de alimentación de la segunda etapa. La segunda etapa consta de dos tubos de presión ubicados en paralelo.

Por último, se recogen las corrientes de concentrado y permeado de forma independiente, cada corriente se almacenará en una serie de depósitos que serán vaciados regularmente según la producción.

En la corriente concentrada de la segunda etapa, se ubica una válvula de control. Dicha válvula regulará la presión de trabajo y la descarga de concentrado a los depósitos de almacenamiento.

Los planos expuestos se encuentran en tamaño reducido ya que la presencia de este trabajo es digital, no obstante, se conservan en formato dwg en los siguientes enlaces:

Plano de ubicación en planta: [Ubicación OI.dwg](#)

Plano de vista en alzado de la unidad de OI: [diseño OI alzado.dwg](#)

Plano de vista en planta de la unidad de OI: [diseño OI planta.dwg](#)

## 8. CONCLUSIONES

Tras presentar este trabajo se han podido extraer las siguientes conclusiones:

En el proceso de producción de aceite de oliva se requiere una gestión necesaria de los residuos y o subproductos generados para minimizar el impacto medioambiental que propician.

Las corrientes residuales de la producción de aceite de oliva contienen compuestos de interés económico que, mediante tratamientos pueden ser extraídos para aportar ingresos extra a la empresa implementando lo que, hoy en día, se conoce como economía circular.

La implementación de membranas de ósmosis inversa en la recuperación de compuestos fenólicos provenientes de las corrientes residuales de las almazaras es una técnica de vanguardia que permite obtener mejores rendimientos que los tratamientos convencionales.

Uno de los puntos fundamentales para establecer diseños de ósmosis inversa es realizar pruebas experimentales para conocer el comportamiento selectivo de las membranas frente al componente estudiado (hidroxitirosol).

El estudio económico del proceso es determinante para establecer el diseño. Se busca un punto de equilibrio entre el rendimiento de la planta y los costes de inversión, mantenimiento y operación.

Tras estudiar el proceso de obtención del aceite de oliva se ha conseguido establecer el diseño de una unidad de ósmosis inversa capaz de valorizar los residuos provenientes de la última centrifugación del aceite de oliva concentrando compuestos fenólicos de interés económico generando economía circular en torno a la industria oleícola. Dicho diseño consigue tratar las aguas residuales a un coste de 0.926 €/m<sup>3</sup> realizando una inversión de 212.911,9 €.

Con este diseño se ha conseguido obtener una concentración de hidroxitirosol cercana al producto de solubilidad, lo que propicia un estado idóneo del producto para implementar tratamientos posteriores que consiguen obtener un producto final en estado sólido con costes reducidos.

Para culminar el proceso de obtención de compuestos fenólicos se requiere de un tratamiento de evaporación al vacío. Con ello se consigue obtener, en estado sólido, una mezcla de compuestos fenólicos de interés en industrias farmacéuticas, cosméticas y alimentaria entre otras.

En general, con este trabajo se demuestra, una vez más, la versatilidad de las membranas de ósmosis inversa en procesos de separación. Permiten la adaptación a numerosos tratamientos de aguas residuales y la configuración de diferentes diseños para obtener rendimientos óptimos.

Para concluir, en este trabajo se han puesto en práctica muchas de las competencias transversales valoradas a lo largo del título. Se destacan las competencias transversales de aprendizaje permanente y planificación y gestión del tiempo para realizar el planteamiento y documentar el trabajo. Por otro lado, para el diseño se han requerido las siguientes competencias: Aplicación y pensamiento práctico, análisis y resolución de problemas, diseño y proyecto, pensamiento crítico. Para terminar, se ha puesto en práctica la competencia de instrumental específica para la elaboración del montaje de la planta piloto.

## 9. REFERENCIAS

- Accepta. (1997). A Guide to Cost-Effective Membrane Technologies for Minimising Wastes and Effluents. *Environmental Technology Best Practice Programme*, 54.
- Almaceite. (2018). Consumo mundial de aceites vegetales. *Revista Almaceite.Com*.
- Borja Padilla, R., Fiestas Ros De Ursinos, J. A., Durán Barrantes, M. M., & Luque González, M. (1991). Aerobic purification of condensed water from thermal concentration process of olive mill wastewater. *Grasas y Aceites*, 42(6), 422–427. <https://doi.org/10.3989/gya.1991.v42.i6.1205>
- Borsani, R., & Ferrando, B. (1997). Ultrafiltration plant for olive vegetation waters by polymeric membrane batteries. *Desalination*, 108(1–3), 281–286. [https://doi.org/10.1016/S0011-9164\(97\)00037-4](https://doi.org/10.1016/S0011-9164(97)00037-4)
- Carbonell Alcaina, C. (2017). *Recuperación de compuestos fenólicos contenidos en la salmuera residual del proceso de fermentación de las aceitunas de mesa mediante procesos de membrana: Combinación de la ultrafiltración y la nanofiltración (Tesis Doctoral)*. [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/86142/Carbonell - Recuperación de compuestos fenólicos contenidos en la salmuera residual del proceso d....pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/86142/Carbonell%20-%20Recuperaci3n%20de%20compuestos%20fen3licos%20contenidos%20en%20la%20salmuera%20residual%20del%20proceso%20d....pdf?sequence=1)
- Cassano, A., Conidi, C., Ruby-Figueroa, R., & Castro-Muñoz, R. (2018). Nanofiltration and tight ultrafiltration membranes for the recovery of polyphenols from agro-food by-products. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(2). <https://doi.org/10.3390/ijms19020351>
- Centre per l'empresa i el medi ambient. (2002). Prevenció de la contaminació en la producció d'oli d'oliva. In *Manuals d'ecogestió* (Vol. 8).
- Chen, C., & Qin, H. (2019). A mathematical modeling of the reverse osmosis concentration process of a glucose solution. *Processes*, 7(5). <https://doi.org/10.3390/pr7050271>
- Dinesh Attarde, Manish Jain, S. K. G. (2016). *Modeling of a forward osmosis and a pressure-retarded osmosis spiral wound module using the Spiegler-Kedem model and experimental validation*. (pp. 164, 182–197). *Separation and Purification Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2016.03.039>
- Dr.Lawrene k. wang, Dr. Jianping Paul Chen, Dr. Yung-Te Hung, D. N. K. S. (2011). Membrane and Desalination Technologies. In *Membrane and Desalination Technologies*. <https://doi.org/10.1007/978-1-59745-278-6>
- Estratégico, M., La, P., & Alimentación, I. D. E. (2020). *Marco estratégico*.
- GAIA Ambiente. (n.d.). *Fundamentos de la Economía Circular*.
- Gavin Towler & Ray Sinnott. (2013). *Chemical Engineering Design Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design: Vol. 2th Ed*. Elsevier.
- Hamza, M., & Sayadi, S. (2015). Valorisation of olive mill wastewater by enhancement of natural hydroxytyrosol recovery. *International Journal of Food Science and Technology*, 50(3), 826–833. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12704>
- Instituto Nacional De Estadística. (2019). *Influencia porcentual según sectores económicos*. Instituto Nacional de Estadística.
- Lonsdale, H. K., Merten, U., & Riley, R. L. (1965). Transport properties of cellulose acetate osmotic membranes. *Journal of Applied Polymer Science*, 9(4), 1341–1362. <https://doi.org/10.1002/app.1965.070090413>

- M. Wilf, L. Awerbuch, C. Bartels, M. Mickley, G. Pearce, N. V. (2007). *The Guidebook to Membrane Desalination Technology. Reverse Osmosis, Nanofiltration and Hybrid Systems Process, Design, Applications and Economics*. (Balaban).
- M.Alvarez Cobelas, F. C. C. (1995). *The Olive Oil Mili Wastewater : a Mediterranean Problem*.
- Manuel Hermoso Fernández, Jesús González Delgado, Marino Uceda Ojeda, Ángel García-Ortiz Rodríguez , Juan Morales Bernardino, Luisa Frías Ruiz, Á. F. G. (1991). *Elaboración de aceite de oliva de Calidad: Obtención por el sistema de dos fases* (p. 86). Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca.
- Manuela Andrés Abellán, F. A. G. M. (1996). *La evolución del impacto ambiental de proyectos y actividades agroforestales* (4ª Ed).
- Merdaw, A. A., Sharif, A. O., & Derwish, G. A. W. (2010). Water permeability in polymeric membranes, Part II. *Desalination*, 257(1–3), 184–194. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2010.02.013>
- Ministerio de Agricultura, pesca y A. (2019). *Producciones agrícolas de aceite de oliva y aceituna de mesa*.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2000). *Producción de aceite de oliva*. 138.
- Mulder, M. (2008). Basic Principles of Membrana Technology. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ochando-Pulido, J. ., & Martinez-Ferez, A. (2012). A focus on pressure-driven membrane technology in olive mill wastewater reclamation: State of the art [Article]. *Water Science and Technology*, 66(12), 2505–2516. <https://doi.org/10.2166/wst.2012.506>
- Singleton, V.L., Orthofer, R., Lamuela-Raventós, R.M. (1999). *Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. Methods Enzymol.* 299, 152–178. doi:10.1016/S0076-6879(99)99017-1
- Singleton, V.L., Rossi Jr., J.A., R. J. A. J. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.*, 16, 144–158. doi:10.12691/ijebb-2-1-5
- Sun, X., Wang, C., Li, Y., Wang, W., & Wei, J. (2015). Treatment of phenolic wastewater by combined UF and NF/RO processes. *Desalination*, 355, 68–74. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2014.10.018>

## 10. ANEXOS

Dicho apartado recoge los siguientes Anexos:

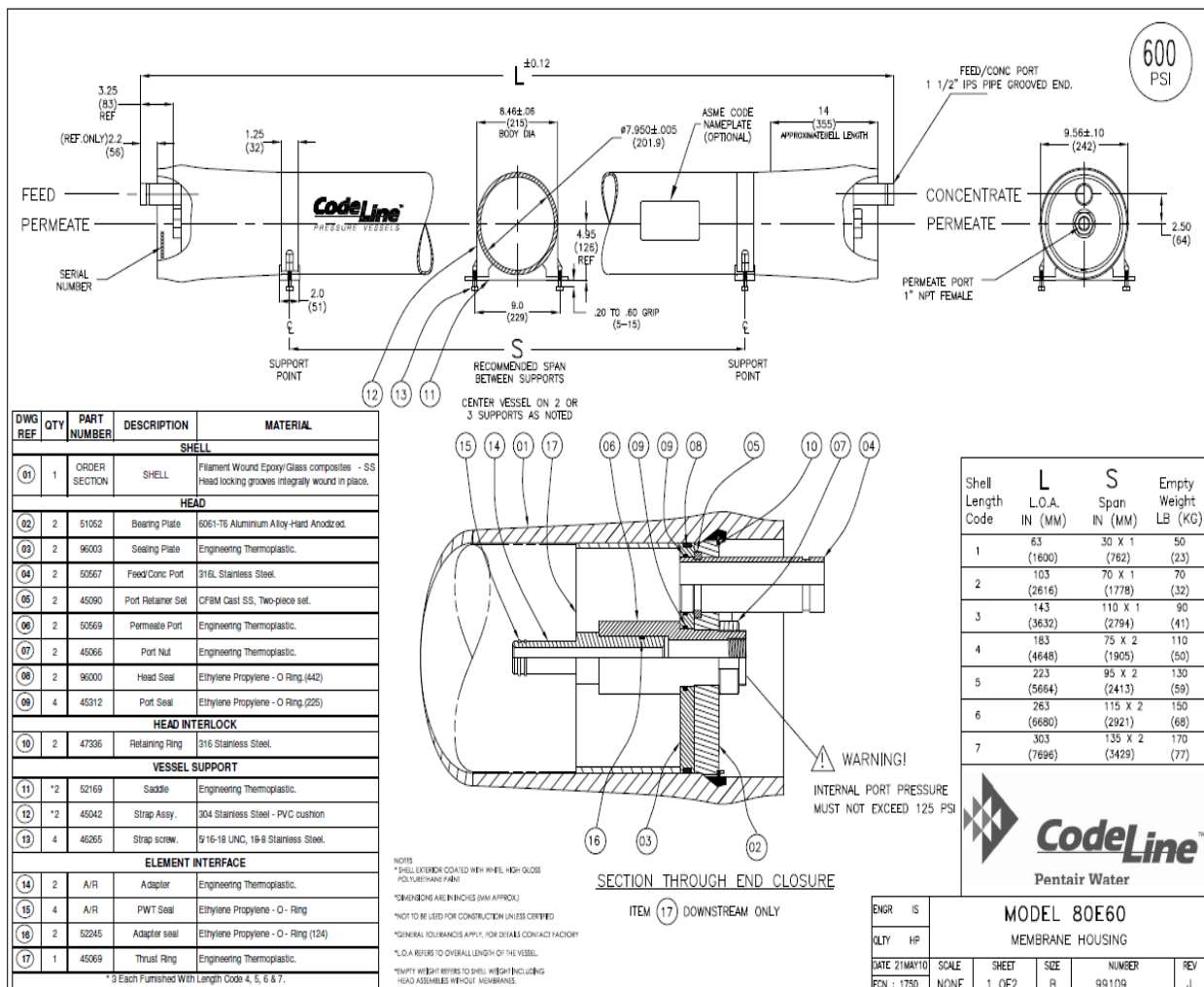
- ANEXO 1: Fichas técnicas de materiales empleados.
- ANEXO 2: Estudio económico.
- ANEXO 3: Algoritmo de Matlab para simular el comportamiento de la membrana en una etapa.
- ANEXO 4: Algoritmo de Matlab modificado para establecer el diseño en dos etapas.
- ANEXO 5: Informe de las simulaciones con IMSDesign.
- ANEXO 6: Fichas técnicas de los productos químicos empleados.

### 10.1 ANEXO 1: Fichas técnicas de materiales

#### Tubo de presión Codeline modelo 80E60

Codeline Pressure Vessel model 80E60

www.lenntech.com info@lenntech.com





**RATING:**

DESIGN PRESSURE.....600 PSIG at 120°F  
(4.14 MPa @ 49°C)  
MIN. OPERATING TEMP.....20°F  
(-7°C)  
FACTORY TEST PRESSURE.....CE / ASME  
900 / 780 PSIG  
(6.2MPa) / (5.4 MPa)  
BURST PRESSURE.....3600 PSIG  
(24.8 MPa)

**INTENDED USE:**

The CodeLine Model 80E60 Fiberglass RO Pressure Vessel is designed for continuous, long term use as a housing for reverse osmosis membrane elements to desalt typical brackish waters at pressures up to 600 psi. Any make of eight-inch nominal diameter spiral-wound element is easily accommodated; the appropriate interfacing hardware for the element specified is furnished with the vessel.

The CodeLine Model 80E60 is designed in accordance with the engineering standards of the Boiler and Pressure Vessel Code of the American Society of Mechanical Engineers (ASME Code). At small additional cost, vessels can be inspected during construction by an ASME Authorized inspector and ASME Code stamped.

The CodeLine Model 80E60 must be installed operated and maintained in accordance with the listed precautions and good industrial practice to assure safe operation over a long service life.

The high performance reinforced plastic shell must be allowed to expand under pressure; undue restraint at support points or piping connections can cause leaks to develop in the shell. The end closure, incorporating close fitting, interlocking metal components, must be kept dry and free of corrosion; deterioration can lead to catastrophic mechanical failure of the head.

The end closures, incorporating close-fitting, interlocking metal components, must be kept dry and free of corrosion; deterioration can lead to catastrophic mechanical failure of the heads.

Pentair Water will assist the purchaser in determining the suitability of this standard vessel for their specific operating conditions. The final determination however, including evaluation of the standard material of construction for compatibility with the specific corrosive environment, shall be the responsibility of the purchaser.

Specifications are subject to change without notice.

**PRECAUTIONS:**

DO...read, understand and follow all instructions; failure to take every precaution will void warranty and may result in vessel failure  
DO...mount the shell on horizontal members at span "S" using complaint vessel supports furnished; tighten hold down straps just snug  
DO...provide overpressure protection for vessel set at not more than 105% of design pressure  
DO...inspect end closures regularly; replace components that have deteriorated and correct causes of corrosion.

DO NOT... make rigid piping connections to ports or clamp vessel in any way that resists growth of fiberglass shell under pressure; ADIA = 0.015 in. (0.4mm) and AL = 0.2 in. (5 mm) for a length code -7 vessel

DO NOT... hang piping manifolds from ports or use vessel in any way to support other components; branch connection piping may be simply supported between the header and port; maximum weight of branch piping; feed/concentrate - 16 lbs (7.3 kg); permeate - 8 lbs (3.6 kg)

DO NOT... operate vessel at pressures and temperatures in excess of its rating

DO NOT... operate vessel without permeate ports internally connected with a complete set of elements and interconnecting hardware

DO NOT... operate vessel with permeate pressure in excess of 125 psi at 120°F (0.86 MPa @ 49°C)

DO NOT... overtighten the connection to the permeate port (hand-tighten plus one-quarter turn, check for leaks)

DO NOT... tolerate leaks or allow end closures to be routinely wetted in any way

DO NOT... pressurize vessel until double-checking to verify that the retaining ring is completely inside the groove

DO NOT... work on any component until first verifying that pressure is relieved from vessel

DO NOT... operate at pH levels below 3 or above 10

**ORDERING:**

Using the chart below, please check the features you require and fax them with your purchase order to our customer service department for expedited processing.  
For optional materials and/or features not listed below, please consult factory for pricing and availability.

Please note that we require your membrane brand and model number when ordering. If this information is not initially available, you may provide it at a later date by checking the appropriate box below.

**VESSEL LENGTH CODE - please check one**

MODEL 80E60  -1  -2  -3  -4  -5  -6  -7

**MEMBRANE BRAND AND MODEL - please check one and fill in information**

Please supply adapters for the following membrane brand and specific model  
Brand \_\_\_\_\_ Model \_\_\_\_\_

**CERTIFICATION REQUIRED**

- ASME Stamped and National Board Registered (please consult factory for pricing)
- CE Marked
- Standard, Certified by Pentair water.

**EXTERIOR FINISH - please check one**

- Standard - white high-gloss polyurethane coating.
- Option - optional colors are available for 50 or more vessels per order. Call factory for pricing details.

**MATERIAL OPTIONS**

- Standard - All materials as per drawing 99109 on the first page.
- Customer specified materials: - (Please consult the factory, as these options will affect pricing and vessel lead-time.)

**Lenntech bv**  
**Rotterdamseweg 402 m**  
**2629HH Delft**  
**Tel. +31-15-261.09.00**  
**Fax. +31-15-261.62.89**  
**www.lenntech.com**  
**info@lenntech.com**



**Ficha técnica de la membrana CPA6-LD**



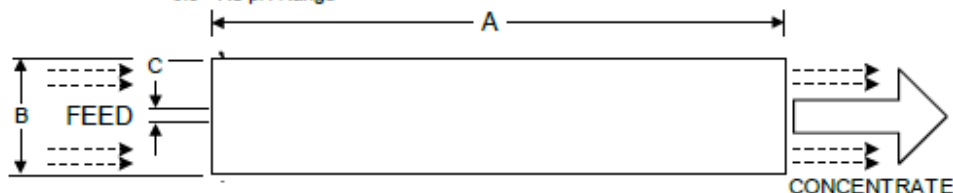
Membrane Element		CPA6-LD (Low Fouling Technology)
<b>Performance:</b>	Permeate Flow: Salt Rejection:	8,000 gpd (30.3m <sup>3</sup> /d) 99.75 % (99.8 % minimum)
<b>Type</b>	Configuration: Membrane Polymer: Membrane Active Area: Feed Spacer:	Low Fouling Spiral Wound Composite Polyamide 400 ft <sup>2</sup> (37.1m <sup>2</sup> ) 34 mil (0.864 mm) with biostatic agent
<b>Application Data*</b>	Maximum Applied Pressure: Maximum Chlorine Concentration: Maximum Operating Temperature: pH Range, Continuous (Cleaning): Maximum Feedwater Turbidity: Maximum Feedwater SDI (15 mins): Maximum Feed Flow: Minimum Ratio of Concentrate to Permeate Flow for any Element: Maximum Pressure Drop for Each Element:	800 psig (4.14 MPa) < 0.1 PPM 113 °F (45 °C) 2-11 (1-13)* 1.0 NTU 5.0 75 GPM (17.0 m <sup>3</sup> /h) 5:1 15 psi

\* The limitations shown here are for general use. For specific projects, operating at more conservative values may ensure the best performance and longest life of the membrane. See Hydranautics Technical Bulletins for more detail on operation limits, cleaning pH, and cleaning temperatures.

**Test Conditions**

The stated performance is initial (data taken after 30 minutes of operation), based on the following conditions:

- 1500 PPM NaCl solution
- 225 psi (1.55 MPa) Applied Pressure
- 77 °F (25 °C) Operating Temperature
- 15% Permeate Recovery
- 6.5 - 7.0 pH Range



A, inches (mm)	B, inches (mm)	C, inches (mm)	Weight, lbs. (kg)
40.0 (1016)	7.89 (200)	1.125 (28.6)	33 (15)

Notes: Permeate flow for individual elements may vary ±15 percent. Membrane active area may vary ±4%. Element weight may vary. All membrane elements are supplied with a brine seal, interconnector, and o-rings. Elements are enclosed in a sealed polyethylene bag containing less than 1.0% sodium meta-bisulfite solution, and then packaged in a cardboard box.

Hydranautics believes the information and data contained herein to be accurate and useful. The information and data are offered in good faith, but without guarantee, as conditions and methods of use of our products are beyond our control. Hydranautics assumes no liability for results obtained or damages incurred through the application of the presented information and data. It is the user's responsibility to determine the appropriateness of Hydranautics' products for the user's specific end uses.

9/25/15



info@lennotech.com Tel. +31-152-610-900  
 www.lennotech.com Fax. +31-152-616-289

**Ficha técnica de la membrana ESPA2 - 4040**



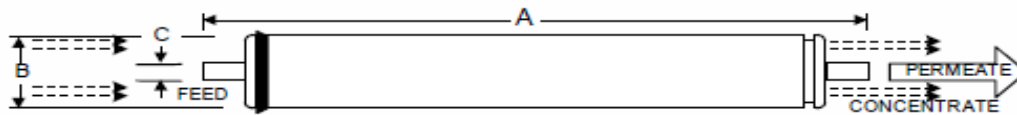
Membrane Element		ESPA2-4040 (Low Fouling Technology)
<b>Performance:</b>	Permeate Flow: Salt Rejection:	2000 gpd (7.57 m <sup>3</sup> /d) 99.6 % (99.4 %minimum)
<b>Type</b>	Configuration: Membrane Polymer: Membrane Active Area: Feed Spacer:	Low Fouling Spiral Wound Composite Polyamide 80 ft <sup>2</sup> (7.43m <sup>2</sup> ) 34mil (0.864mm) with biostatic agent
<b>Application Data*</b>	Maximum Applied Pressure: Maximum Chlorine Concentration: Maximum Operating Temperature: pH Range, Continuous (Cleaning): Maximum Feedwater Turbidity: Maximum Feedwater SDI (15 mins): Maximum Feed Flow: Minimum Ratio of Concentrate to Permeate Flow for any Element: Maximum Pressure Drop for Each Element:	600 psig (4.16 MPa) < 0.1 PPM 113 °F (45 °C) 2-11 (1-13)* 1.0 NTU 5.0 16 GPM (3.6 m <sup>3</sup> /h) 5:1 10 psi

\* The limitations shown here are for general use. For specific projects, operating at more conservative values may ensure the best performance and longest life of the membrane. See Hydranautics Technical Bulletins for more detail on operation limits, cleaning pH, and cleaning temperatures.

**Test Conditions**

The stated performance is initial (data taken after 30 minutes of operation), based on the following conditions:

- 1500 PPM NaCl solution
- 150 psi (1.05 MPa) Applied Pressure
- 77 °F (25 °C) Operating Temperature
- 15% Permeate Recovery
- 6.5 - 7.0 pH Range



A, Inches (mm)	B, Inches (mm)	C, Inches (mm)	Weight, lbs. (kg)
40.0 (1016)	3.95 (100.3)	0.75 (19.1)	8 (3.6)

Core tube extension = 1.05" (26.7 mm)

**Notice:** Permeate flow for individual elements may vary +25 or - 15 percent. All membrane elements are supplied with a brine seal, interconnector, and o-rings. Elements are enclosed in a sealed polyethylene bag containing less than 1.0% sodium meta-bisulfite solution, and then packaged in a cardboard box. All elements are guaranteed 99.4% minimum rejection.

Hydranautics believes the information and data contained herein to be accurate and useful. The information and data are offered in good faith, but without guarantee, as conditions and methods of use of our products are beyond our control. Hydranautics assumes no liability for results obtained or damages incurred through the application of the presented information and data. It is the user's responsibility to determine the appropriateness of Hydranautics' products for the user's specific end uses.  
7/29/09

For information contact:

info@lenntech.com  
www.lenntech.com

Tel. +31-15-26.10.900  
Fax. +31-15-26.16.289

## 10.2 ANEXO 2: Presupuesto y Estudio económico

En este anexo se expondrán los presupuestos y estudios económicos realizados para los dos diseños. Únicamente se comentará al detalle el presupuesto realizado para la membrana CPA6-LD ya que es el seleccionado, no obstante, los dos presupuestos se han realizado de la misma manera por lo que para la configuración de la planta con la membrana ESPA2-4040 únicamente se expondrá la hoja de cálculo.

### Presupuesto y estudio económico para el diseño con la membrana CPA6-LD:

Una vez recopilados los datos de potencia consumida que proporciona IMSDesign e introduciendo los parámetros económicos se presenta la siguiente tabla de datos de entrada:

TIPO DE AGUA (SDI)	SDI<3
TEMPERATURA (°C)	<b>25</b>
CONVERSION	85,00%
Producción (m <sup>3</sup> /d)	833,3
Número BASTIDORES	1
Flujo de agua producido por bastidor (m <sup>3</sup> /h)	34,7
Flux medio (Lmh)	<b>16,91</b>
Número de tubos de presión por BAST	<b>6</b>
Elementos por tubo	6
Tipo de membrana	CPA6-LD
Vida media membranas (años)	<b>5</b>
fouling factor	0,834
Potencia Bombeo UNIDAD OI (kW)	17,2
Consumo específico OI kWh/m <sup>3</sup>	0,58
Caudal recuperador de energía (m <sup>3</sup> /h)	-
Vida útil del proyecto (años)	15
Interés anual	0.06
Coste energía eléctrica (€/kWh)	0,08750
Cotización moneda (€/€)	0,89010

Conociendo los datos de entrada, se agrupan, a continuación, de forma ordenada para establecer el cálculo del presupuesto y estudio económico. Se puede observar como se aplica el factor de recuperación del capital para posteriormente calcular el ratio de inversión y amortización de la planta.

## 1. Identificación del Proyecto

Diseño de la unidad de OI con la membrana CPA6-LD
---

## 2. parámetros generales de diseño

Flujo de agua producido por bastidor de OI (m <sup>3</sup> /h)	34,72
Conversión	0,85
Numero de BASTIDORES	1
Elementos por tubo	6
Número de tubos de presión por BAST	6,00
Número total de elementos por BAST	36,00
Vida media membranas (años)	5,00
Grupo motor reserva (1 por 4-5 BAST)	1,00
Potencia	17,20
Consumo específico energía en OI (70%)	0,58
Consumo específico energía total	0,83
Caudal recuperador de energía	0,00
Eficiencia del recuperador de energía	0,94
Disponibilidad de la planta (60 días)	1440

## 3. Variables económicas de Proyecto

Vida útil del proyecto (años)	15,00
interés anual	0,06
Coste energía eléctrica	0,09
Cotización moneda	0,89

## 4. Amortización

$(1+i)^n$	2,3966
CRF (capital recovery factor): $[(1+i)^n - 1] / [i \cdot (1+i)^n]$	9,7122

El siguiente paso es calcular los costes de construcción destinados al material necesario para la planta de ósmosis inversa. Por otro lado, también se calculan los costes de remplazo de membranas y filtros según la tasa de remplazo establecida, en este caso del 20%.

Calculado el coste de la unidad de ósmosis inversa hay que incrementar el precio aplicando el factor destinado al montaje y transporte de la planta que se detalla a continuación.

<b>Factores sobre el equipo comprado</b>		
montaje de equipos		0,4
Tuberías		0,3
Instrumentacion y control		0,1
Electricidad		0,1
Obra civil		
Estructuras y edificios		
Aislamiento y pintura	0,1	
Factor total de ponderación		2,1

## 5. Costes de Construcción

### Costes relativos a la unidad de OI

REF MEMBRANA	CPA6-LD
Coste de cada Elemento (€/elemento)	532 €

Coste elementos de membrana Etapa 1	12.775 €
Coste elementos de membrana Etapa 2	6.387 €

Coste total de los elementos de membrana	19.162 €
--	----------

REF. TUBO DE PRESION	CodeLine 80S45-6 8" 450 Psi
Coste de tubo de presión (€/TP)	894 €
Coste TP por bastidor	5.362 €
Coste total TP	5.362 €

REF. BOMBA Y MOTOR	-
Coste Bomba	15.825 €
Coste Motor	2.329 €
Coste por BAST	18.154 €
Coste total BM	18.154 €

GRUPO RESERVA	-
Coste B+M	18.154 €

COSTE UNIDAD OI BASTIDOR	42.678 €
COSTE TOTAL UNIDADES OI	60.832 €

Factor Transporte + Instalación	2,10
---------------------------------	------

<b>COSTE TOTAL UNIDADES OI INSTALADO</b>	<b>127.747 €</b>
--	------------------

## 6. Reemplazo Membranas y Filtros

Tasa de reemplazo (%/año)	0,20
Coste anual de reemplazo membranas	3.832 €
Coste anual de reemplazo filtros (15%de membranas)	575 €
<b>Coste total anual reemplazo</b>	<b>4.407 €</b>

Una vez conocido el coste de la unidad de ósmosis inversa, siguiendo las recomendaciones de Gavin Towler & Ray Sinnott (2013) se puede establecer el presupuesto. El presupuesto se estima imponiendo porcentajes de representación de cada subapartado respecto al precio final como citan los autores para plantas de ósmosis inversa en función de su complejidad.

### Presupuesto:

<b>Costes de capital directos (Construcción)</b>		
<b>ITEM</b>	<b>€</b>	<b>%</b>
Preparación del terreno	3.193,68 €	1,50%
Captación de Agua	4.258,24 €	2,00%
Pretratamiento	18.097,51 €	8,50%
Equipos para el Sistema de OI	127.747,13 €	60,00%
Postratamiento	4.258,24 €	2,00%
Gestión de Concentrados	6.387,36 €	3,00%
Gestión de residuos	3.193,68 €	1,50%
Sistemas Eléctricos e Instrumentación	5.322,80 €	2,50%
Instalaciones y equipos auxiliares	4.258,24 €	2,00%
Puesta en marcha y pruebas de aceptación	4.258,24 €	2,00%
Subtotal de costes directos (construcción)	180.975,10 €	85,00%

<b>Costes de capital indirectos (Construcción)</b>		
<b>Costes de Ingeniería del proyecto</b>		
Ingeniería preliminar	8.516,48 €	4,00%
Ensayos piloto		
Diseño de detalle		
Gestión y supervisión de la construcción		
Subtotal servicios de Ingeniería	8.516,48 €	
<b>Desarrollo del Proyecto</b>		
Administración, contratación y gestión	6.387,36 €	3,00%
Permisos ambientales		

Servicios legales		
Subtotal Desarrollo del proyecto	6.387,36 €	
<b>Costes financieros del proyecto</b>		
Intereses durante la construcción	8.516,48 €	4,00%
Fondo de reserva para el servicio de la deuda		
Otros costes financieros		
Subtotal financiación del proyecto	8.516,48 €	
Contingencias	8.516,48 €	4,00%
Subtotal Costes indirectos del capital	31.936,78 €	15,00%

Costes totales de capital	<b>212.911,88 €</b>
---------------------------	---------------------

<b>Ratio de inversión (m<sup>3</sup>/día)</b>	<b>255,50 €</b>
---	-----------------

Del mismo modo que queda definido el presupuesto, hay que realizar un estudio económico para estimar los costes de operación y mantenimiento de la planta y, de este modo, estimar el costo por metro cúbico de agua tratada. Siguiendo la misma metodología que para el presupuesto, a continuación, se expone el **estudio económico**:

<b>Costes anuales de Operación y Mantenimiento</b>			
ITEM	€	€/m <sup>3</sup>	% del Total
<b>Costes Variables</b>			
Energía	3.624,86 €	0,07 €	22,56%
Productos Químicos	1.285,14 €	0,03 €	8,00%
Reemplazamiento de membranas y filtros de cartucho	4.407,28 €	0,09 €	27,44%
Gestión de las corrientes residuales	803,21 €	0,02 €	5,00%
Subtotal costes variables	10.120,49 €	0,202 €	63,00%
<b>Costes Fijos</b>			
Termino de potencia	321,29 €	0,01 €	2,00%
Personal	3.212,85 €	0,06 €	20,00%
Mantenimiento	1.096,10 €	0,02 €	5,00%
Vigilancia ambiental	321,29 €	0,01 €	2,00%
Costes indirectos	1.285,14 €	0,03 €	8,00%
Subtotal costes fijos	5.915,38 €	0,125 €	37,00%
<b>Total costes O&amp;M</b>	<b>16.064,26 €</b>	<b>0,327 €</b>	<b>100,00%</b>

<b>Amortización de la inversión</b>	<b>21.922,00 €</b>	<b>0,438 €</b>
-------------------------------------	--------------------	----------------

<b>Costes del agua tratada €/m<sup>3</sup></b>	
Total costes producción	0,766 €
Beneficio industrial (10%)	0,077 €
IMPUESTOS (10%)	0,084 €
<b>Total coste del agua tratada</b>	<b>0,926 €</b>

Una vez conocidos los costes totales de operación y mantenimiento y la amortización de la inversión ya quedan definidos los costes totales de producción. Posteriormente se incrementa el precio aplicando el beneficio industrial y los impuestos y ya se calcula el coste total de agua tratada expresado en €/m<sup>3</sup>.

**Presupuesto y estudio económico para el diseño con la membrana ESPA2 - 4040:**

TIPO DE AGUA (SDI)	SDI<3
TEMPERATURA (°C)	<b>25</b>
CONVERSION	86,00%
Producción (m3/d)	833,3
Número BASTIDORES	1
Flujo de agua producido por bastidor (m <sup>3</sup> /h)	34,7
Flux medio (Lmh)	<b>17,93333333</b>
Número de tubos de presión por BAST	<b>21</b>
Elementos por tubo	6
Tipo de membrana	ESPA2 - 4040
Vida media membranas (años)	<b>5</b>
fouling factor	0,834
Potencia Bombeo UNIDAD OI (kW)	13,1
Consumo específico OI kWh/m <sup>3</sup>	0,44
Caudal recuperador de energía (m <sup>3</sup> /h)	0,0
Vida útil del proyecto (años)	15,0
interés anual	0,06000
Coste energía eléctrica (€/kWh)	0,08750
Cotización moneda (€/€)	0,89010



## 1. Identificación del Proyecto

Diseño de la unidad de ósmosis inversa con la membrana ESPA2-4040
---

## 2. Parámetros generales de diseño

Flujo de agua producido por bastidor de OI (m <sup>3</sup> /h)	34,72
Conversión	0,86
Numero de BASTIDORES	1
Elementos por tubo	6
Número de tubos de presión por BAST	21,00
Número total de elementos por BAST	126,00
Vida media membranas (años)	5,00
Grupo motor reserva (1 por 4-5 BAST)	1,00
Potencia (kW)	13,10
Consumo específico energía en OI (70%)	0,44
Consumo específico energía total (kWh/m <sup>3</sup> )	0,63
Caudal recuperador de energía	0,00
Eficiencia del recuperador de energía	0,94
Disponibilidad de la planta (60 días)	1440

## 3. Variables económicas de Proyecto

Vida útil del proyecto (años)	15,00
interés anual	0,06
Coste energía eléctrica (€/kWh)	0,09
Cotización moneda \$/€	0,89

## 4. Amortización

$(1+i)^n$	2,3966
CRF (capital recovery factor): $[(1+i)^n - 1] / [i \cdot (1+i)^n]$	9,7122

## 5. Costes de Construcción

### Costes relativos a la unidad de OI

REF MEMBRANA	ESPA2-4040
Coste de cada Elemento (€/elemento)	204 €

Coste elementos de membrana Etapa 1	17.122 €
Coste elementos de membrana Etapa 2	8.561 €

Coste total de los elementos de membrana	25.683 €
--	----------

REF. TUBO DE PRESION	CodeLine 80S45-6 4" 450 Psi
Coste de tubo de presión (€/TP)	974 €
Coste TP por bastidor	20.446 €
Coste total TP	20.446 €

REF. BOMBA Y MOTOR	-
Coste Bomba	15.825 €
Coste Motor	1.906 €
Coste por BAST	17.731 €
Coste total BM	17.731 €

GRUPO RESERVA	-
Coste B+M	17.731 €

COSTE UNIDAD OI BASTIDOR	63.861 €
COSTE TOTAL UNIDADES OI	81.592 €

Factor Transporte + Instalación	2,10
---------------------------------	------

<b>COSTE TOTAL UNIDADES OI INSTALADO</b>	<b>171.343 €</b>
--	------------------

## 6. Reemplazo Membranas y Filtros

Tasa de reemplazo (%/año)	0,20
Coste anual de reemplazo membranas	5.137 €
Coste anual de reemplazo filtros (15%de membranas)	770 €
<b>Coste total anual reemplazo</b>	<b>5.907 €</b>

**Presupuesto:**

<b>Costes de capital directos (Construcción)</b>		
<b>ITEM</b>	<b>€</b>	<b>%</b>
Preparación del terreno	4.283,58 €	1,50%
Captación de Agua	5.711,44 €	2,00%
Pretratamiento	24.273,62 €	8,50%
Equipos para el Sistema de OI	171.343,21 €	60,00%
Postratamiento	5.711,44 €	2,00%
Gestión de Concentrados	8.567,16 €	3,00%
Gestión de residuos	4.283,58 €	1,50%
Sistemas Eléctricos e Instrumentación	7.139,30 €	2,50%
Instalaciones y equipos auxiliares	5.711,44 €	2,00%
Puesta en marcha y pruebas de aceptación	5.711,44 €	2,00%
Subtotal de costes directos (construcción)	242.736,22 €	

<b>Costes de capital indirectos (Construcción)</b>		
<b>Costes de Ingeniería del proyecto</b>		
Ingeniería preliminar	11.422,88 €	4,00%
Ensayos piloto		
Diseño de detalle		
Gestión y supervisión de la construcción		
Subtotal servicios de Ingeniería	11.422,88 €	
<b>Desarrollo del Proyecto</b>		
Administración, contratación y gestión	8.567,16 €	3,00%
Permisos ambientales		
Servicios legales		
Subtotal Desarrollo del proyecto	8.567,16 €	
<b>Costes financieros del proyecto</b>		
Intereses durante la construcción	11.422,88 €	4,00%
Fondo de reserva para el servicio de la deuda		
Otros costes financieros		
Subtotal financiación del proyecto	11.422,88 €	
Contingencias	11.422,88 €	4,00%
Subtotal Costes indirectos del capital	42.835,80 €	

Costes totales de capital	<b>285.572,02 €</b>
---------------------------	---------------------

<b>Ratio de inversión (m3/día)</b>	<b>342,70 €</b>
------------------------------------	-----------------

**Estudio económico:**

<b>Costes anuales de Operación y Mantenimiento</b>			
ITEM	€	€/m <sup>3</sup>	% del Total
<b>Costes Variables</b>			
Energía	2.749,89 €	0,06 €	15,88%
Productos Químicos	1.385,11 €	0,03 €	8,00%
Reemplazamiento de membranas y filtros de cartucho	5.907,08 €	0,12 €	34,12%
Gestión de las corrientes residuales	865,70 €	0,02 €	5,00%
Subtotal costes variables	10.907,78 €	0,218 €	63,00%
<b>Costes Fijos</b>			
Termino de potencia	346,28 €	0,01 €	2,00%
Personal	3.462,79 €	0,07 €	20,00%
Mantenimiento	1.470,16 €	0,03 €	5,00%
Vigilancia ambiental	346,28 €	0,01 €	2,00%
Costes indirectos	1.385,11 €	0,03 €	8,00%
Subtotal costes fijos	6.664,34 €	0,140 €	37,00%

<b>Total, costes O&amp;M</b>	<b>17.313,93 €</b>	<b>0,358 €</b>	<b>100,00%</b>
------------------------------	--------------------	----------------	----------------

<b>Amortización de la inversión</b>	<b>29.403,28 €</b>	<b>0,588 €</b>
-------------------------------------	--------------------	----------------

<b>Costes del agua tratada €/m<sup>3</sup></b>	
Total, costes producción	0,946 €
Beneficio industrial (10%)	0,095 €
IMPUESTOS (10%)	0,104 €
<b>Total, coste del agua tratada</b>	<b>1,145 €</b>

### 10.3 ANEXO 3: Algoritmo de Matlab para simular el modelo matemático en una etapa

#### Función para el cálculo del flux:

```
function [Jw] = calculo_JW(c, cp, deltaP, M)
R=8.314472;
Jw=fzero(@(Jw) Jw-M.A*(deltaP-M.sigma*R*M.T*(c-cp)*exp(Jw/M.k)), M.J0);
end
```

#### Archivo de cálculo:

```
clc; clear all; close all;
%% Modelo para valorar el comportamiento de la membrana

%Membrana seleccionada ESPA2-LD-4040

%% Datos de los Compuestos fenólicos

pm_hydrox=154.16; % peso molecular del Hydroxitirosol (g/mol)
pm_tirosol=138.164; % peso molecular del tirosol (g/mol)
con_promedio=7.2; % concentración promedio sacada de los artículos (g/l)
ca= (con_promedio/pm_hydrox)*1000; % Concentración de polifenoles
                                     %proveniente de la ultrafiltración (mol/m3)

%% Datos ficha técnica de la membrana

fp_m=7.57/86400; % flujo de permeado (m3/s)
a_m= 7.43; % área de la membrana (m2)
p_m= 1.03E6; % presión de test (Pa)
perd_pres=1; %perdida de presión máxima de la membrana (atmósfera)
iR= 0.93; % Rechazo de la membrana (tanto por 1)

% parámetros de dimensionado / Cálculo de la longitud del elemento de
% membrana

A=1016; % longitud total de la membrana (mm)
B=100.3; % Diámetro total de la membrana (mm)
C=19.1; % Diámetro del tubo concéntrico de permeado (mm)
E=26.7; % Extensión del tubo central (mm)
l_m=(A-E)/1000; % longitud de la membrana (m)

%% Cálculo de la permeabilidad:

M.A= (fp_m/a_m)/p_m; % Permeabilidad de la membrana (m/s·Pa)

%% Datos para el cálculo del flux
M.sigma= 0.9981; % factor de corrección (adimensional)
M.R= 8.314472; % Constante de los gases ideales (j/mol·k)
M.T= 298; % Temperatura de trabajo (k)
M.k= 42e-6; % coeficiente de transferencia externa de la membrana (m/s)
M.J0=4E-6; % m3/m2·s valor inicial de flux para fzero
M.dqp=0.125; % Disminución del flujo para 2.5 años
M.aps=0.21; % Incremento del paso de sales para 2.5 años
iRreal=(1+M.aps)*iR-M.aps; % índice de rechazo real
```

```
%% Funciones del modelo matemático

fcc=@(Y) ca*power(1-Y,-iRreal);
fcp=@(Y) ca*(1-power(1-Y,1-iRreal))./Y;

% Calculo flux permeado global
c0=ca;
cp=ca*(1-iRreal);
delta_P=10*101325;%Presión de trabajo (Pa)
Jw=calculo_JW(ca,cp,delta_P,M);

% Calculo en diferenciales

Y_fin= 0.55; % conversión final a alcanzar
n_tubo=7; % Número de elementos de membrana por tubo de presión
np_tubo=50; % Número de tubos de presión
np_total=n_tubo*np_tubo; % Número de elementos de membrana totales
a_dif_c= a_m*n_tubo/np_total; % área de cada pedazo de integración (m2)

Y= linspace (0,Y_fin,np_total); % Espacio de integración
delta_P0= delta_P;

cp_p=fcp(Y);

for i=1:np_total
cc(i)=fcc(Y(i)); % concentración del segmento
cp(i)=cc(i)*(1-iRreal); % concentración del permeado que sale del segmento
deltaP(i)=delta_P0-101325*perd_pres*i/np_total; % caída de presión
Jw(i)=calculo_JW(cc(i),cp(i),deltaP(i),M)/(1+M.dqp); % flux en el segmento
beta(i)=exp(Jw(i)/M.k);
qp(i)=Jw(i)*a_dif_c; % caudal de permeado
ai(i)=i*a_dif_c; % area progresiva en el tubo de presión para
% la representación gráfica
End

% ajuste de unidades para la representación gráfica
qp=qp*3600; %m3/h
Jw=Jw*1000*3600; % lmh
Jwprom=sum(Jw.*a_dif_c)/(a_m*n_tubo); % flux promedio para IMSDesign
cc=cc*pm_hydrox/1000; % g/l
cp=cp*pm_hydrox/1000; % g/l

Qp_tubo=sum(qp);
Qa_tubo=Qp_tubo/Y_fin; % caudal de alimentación para la conversión definida
Qae(1)=Qa_tubo;
```

```
%% cálculos por tubo

for i=1:n_tubo-1
    z1(i)=i*np_tubo;           % posición final de un elemento
    z2=z1(i)-np_tubo+1;       % posición inicial de un elemento

    Qp(i)=sum(qp(z2:z1(i))); % caudal de permeado que sale de cada elemento
    Qas(i)=Qae(i)-Qp(i);      % caudal de alimento que sale de cada elemento
    Qae(i+1)=Qas(i);          % caudal de entrada al elemento
    y(i)=Qp(i)/Qae(i);        % conversión en el elemento
    rCP(i)=Qas(i)/Qp(i);      % relación de flujo concentrado/permeado que debe

                                % ser mayor de 5

    if rCP(i)<5 break
    end
end

Qp(i+1)=sum(qp)-sum(Qp);
Qas(i+1)=sum(qp)*(1-Y_fin)/Y_fin;
y(i+1)=Qp(i+1)/Qae(i);
rCP(i+1)=Qas(i+1)/Qp(i+1);
z1(i+1)=(i+1)*np_tubo;

%% representación gráfica

% variación del flux a lo largo de los tubos.

figure(1); hold on; grid on;
title('Flux a lo largo de los elementos en un tubo de presión')
xlabel ('area_i, m^2'); ylabel ('Flux de agua (l·m^-^2·h^-^1)');
axis([0 ai(end) 0 max(Jw)*1.1]);
plot(ai,Jw); plot(ai(z1),Jw(z1),'sr')

% variación de las concentraciones de permeado y concentrado (g/l).

figure(2); hold on;grid on;
title('Variacion de las concentraciones de permeado y concentrado')
xlabel ('area_i, m^2'); ylabel ('Cp, (g/l)');
axis([0 ai(end) 0 max(cc)*1.1]);
plot(ai,cc);plot(ai,cp);plot(ai(z1),cc(z1),'sr')
legend('cc','cp');

figure(3);hold on ;grid on
title('Caudal de permeado por elemento')
xlabel ('Elemento'); ylabel ('Qp, (m^3/dia)');
bar(Qp);
yyaxis right
ylabel ('Conversión, %');
bar(y);
```

## 10.4 ANEXO 4: Algoritmo de Matlab modificado para calcular el diseño en dos etapas

### Archivo de datos de la membrana:

```
% MEMBRANA CPA6-LD
fp_m=30.3/86400;    % flujo de permeado (m3/s)
a_m= 37.2;         % área de la membrana (m2)
p_m= 1.55E6;       % presión de test (Pa)

% parámetros de dimensionado del elemento de membran
A=1016; % longitud total de la membrana (mm)
B=200.3;% diámetro total de la membrana (mm)
C=28.6; % diámetro del tubo concéntrico de permeado (mm)
E=26.7; % extensión del tubo central (mm)
l_m=(A-E)/1000; % longitud de la membrana (m)
```

### Archivo de cálculo:

```
clc;
clear all;
close all;

%% Modelo para calcular la configuración de la unidad de OI
%& Introducir el archivo de la membrana seleccionada

datos_CPA6_LD;

%% Cálculo de la permeabilidad:

M.A= (fp_m/a_m)/p_m; % Permeabilidad de la membrana (m/s·Pa)

%% Datos de los Compuestos fenólicos

pm_hydrox=154.16; % peso molecular del Hydroxitirosol (g/mol)
pm_tirosol=138.164;% peso molecular del tirosol (g/mol)
con_promedio=7.2; % concentración promedio sacada de los artículos(g/l)
ca= (con_promedio/pm_hydrox)*1000; % Concentración de polifenoles
proveniente de la ultrafiltración (mol/m3)
iR= 0.93; % Rechazo de la membrana ( tanto por 1)
%% Datos relativos de la membrana y parámetros del modelo

M.sigma= 0.9981; % factor de corrección (adimensional)
M.R= 8.314472; % Constante de los gases ideales (j/mol·k)
M.T= 298; % Temperatura de trabajo (k)
M.J0=4E-6; % m3/m2·s valor inicial de flux para fzero()
M.dqp=0.125; % Disminución del flujo de agua para una edad de membrana
de 2.5 años
M.aps=0.21; % Incremento del paso de sales para una edad de membrana
de 2.5 años
M.area=a_m; % Área de la membrana (m2)

%% Funciones del modelo matemático Etapa 1

f.fcc=@(Y,ca,iR) ca*power(1-Y,-iR); % concentración del concentrado, mol/m3
f.fcp=@(Y,ca,iR) ca*(1-power(1-Y,1-iR))./Y; % concentración de permeado
```





```
% función para el coeficiente de transferencia externa de la membrana
% (m/s) con Q en m3/s
f.k=@(Q) 0.15676*Q-0.0000014586;

% Datos operativos generales
QaT=9.940e-3; % caudal de alimento total, m3/s
perd_pres=1; % pérdida de presión por tubo (atm)
iRreal=(1+M.aps)*iR-M.aps; % índice de rechazo real contando el paso de
sales
P0=11.5*101325; %Presión de trabajo (Pa)

% características generales
NET=2; % número de etapas
ne=6; % número de elementos por tubo
nET1=4; % número de tubos en paralelo en la etapa 1
np=100; % número de segmentos diferenciales por elemento
n=NET*ne*np; % número total de segmentos
Yfinal=0.85; % conversión final estimada para los cálculos iniciales
deltaY=Yfinal/n; % diferencial de conversión estimado
as=M.area*NET*ne/n; % área diferencial

%% Calculo en diferenciales de varias etapas
% Se considera un tubo de la primera etapa y para las etapas siguientes
% el caudal de entrada se obtiene multiplicando el caudal de salida de
% la primera etapa por 2.

% Se ajustará la conversión obtenida a las condiciones operativas
Qa1=QaT/nET1; % caudal de entrada por tubo en la primera etapa

for i=1:n

    if i==1
        Ys(i)=deltaY; qa(i)=Qa1;
    else
        Ys(i)=Yc(i-1); qa(i)=qa(i-1)-qp(i-1);
    end

    if i==1*(ne*np)+1 || i==2*(ne*np)+1
        qa(i)=2*qa(i-1);
    end

    while 1
        cc(i)=f.fcc(Ys(i),ca,iR);
        cp(i)=cc(i)*(1-iRreal);
        deltaP(i)=P0-101325*perd_pres*i/n; % caída de presión diferencial
        M.k=f.k(qa(i));
        Jw(i)=calculo_JW(cc(i),cp(i),deltaP(i),M)/(1+M.dqp); %flux en segmen
        qp(i)=Jw(i)*as; % caudal de permeado en el segmento
        Qp(i)=sum(qp); % permeado acumulado

        Yc(i)=Qp(i)/Qa1;
        if abs(Yc(i)-Ys(i))/Ys(i)<1e-6 break
        else Ys(i)=Yc(i);
        end
    end
end

end
```



```

% flujos por elemento
p2=0;
for i=1:NET
    for j=1:ne
        p2=p2+np;
        p1=p2-np+1;
        qpe(i,j)=sum(qp(p1:p2));
        qce(i,j)=qa(p2);
        ye(i,j)=qpe(i,j)/qa(p2);
    end
end

%% representación gráfica

i=[1:1:n];
ai=as*i; % area asociada a la posición del segmento

% cambio de unidades para la representación
Jw_lmh=Jw*1000*3600;
cc_gl=cc*pm_hydrox/1000; % g/l
cp_gl=cp*pm_hydrox/1000; % g/l
qpe_m3h=qpe*3600;
qce_m3h=qce*3600;
Jwprom=sum(Jw_lmh.*as)/(as*n); % flux promedio para IMSDesign

figure()
hold on; grid on;
title('Flux a lo largo de los elementos en un tubo de presión')
xlabel('area_i, m^2'); ylabel('Flux de agua (lm^-^2h^-^1)');
axis([0 ai(end) 0 max(Jw_lmh)*1.1]);
plot(ai,Jw_lmh);
line([0 ai(end)],[Jwprom Jwprom],'Color','r','LineStyle','-');
texto=sprintf('Flux medio=%.2f lmh',Jwprom);
text(as*n/8,Jwprom*0.85,texto);
% Variacion de las concentraciones de permeado y concentrado (g/l).

figure()
hold on; grid on;
title('Variacion de las concentraciones')
xlabel('area_i, m^2'); ylabel('cc, (g/l)');
axis([0 ai(end) 0 max(cc_gl)*1.1]);
plot(ai,cc_gl,'k');
ax=gca;

yyaxis right
ax.YColor=[0 0 0];
ylabel('Conversión Y, %');
ylabel('cp, (g/l)', 'Color', [0,0.4,0.6]);
plot(ai,cp_gl,'color', [0,0.4,0.6]);

figure()
hold on
grid on
title('Caudal de permeado por atapa')
xlabel('etapa'); ylabel('Qp, (m^3/h)');
xticks([1 2]);
bar(qpe_m3h);

```

```
figure()
hold on
grid on
title('Conversión de agua por etapa')
xlabel ('etapa'); ylabel ('Y, %');
xticks([1 2]);
bar(ye);

figure()
hold on
grid on
title('Relación de caudales de concentrado y permeado por elemento')
xlabel ('elemento'); ylabel ('rCP=Qc/Qp');
xticks([1 2]);
rCP=qce./qpe;
line([0.25 2.5],[5 5], 'Color','r', 'LineStyle','-.');
bar(rCP);
text(0.1,5.5, 'rCP límite');
disp(rCP);
```



Diseño Básico

Nombre del proyecto	Simulación AgNo3		Flujo/tren de permeado	página : 2/4
Calculado por	Angel Muñoz		709,0 m3/d	
Caudal bomba alta presión		34,75 m3/h	el flujo de agua cruda / tren	834,1 m3/d
Presión de alimentación		10,9 bar	Conversion	85,00 %
Temperatura de alimentación		25,0 °C(77,0°F)	Edad elemento	2,5 años
pH agua alimentación		7,00	Disminución de flujo %, por año	3,0
Dosis químico,mg/l, -		None	Factor de ensuciamiento	0,93
Energía específica		0,45 kwh/m3	Aumento de SP, per año	5,0 %
NDP paso		7,3 bar	Pérdida de carga entre etapas	0,000 bar
Flujo promedio		27,0 l/mh		

Paso - Etapa	Perm. Caudal m3/h	Caudal Alimntación m3/h	Tubo Conc m3/h	Flujo l/mh	DP bar	Flujo Max l/mh	Beta	Tipo de alimentación Presión por etapas			Perm. TDS mg/l	Agua permeado		
								Perm. bar	Boost bar	Conc bar		Elemento Tipo	Elemento Cantidad	PV# x Elem #
1-1	24,6	2,5	0,7	33,8	1,1	42,1	1,23	0	0	9,8	577,8	ESPA2-LD-4040	98	14 x 7M
1-2	4,9	1,4	0,7	13,6	0,6	21,4	1,11	0	0	9,3	4264,4	ESPA2-LD-4040	49	7 x 7M

Paso - Etapa	Elemento no.	Alimentación Presión bar	Presión Calda bar	Conc Osmo. bar	NDP bar	Permeatear agua Caudal m3/h	Permeatear agua Flujo l/mh	Beta	TDS	Permeado (Acumulado de etapa)			
										Ca	Mg	Na	Cl
1-1	1	10,9	0,28	1,6	9,6	0,3	42,1	1,13	237,6	0	0	0,002	0
1-1	2	10,7	0,23	1,8	8,9	0,3	38,5	1,13	269,2	0	0	0,002	0
1-1	3	10,4	0,19	2,1	8,4	0,3	36,5	1,15	304,4	0	0	0,002	0
1-1	4	10,3	0,15	2,5	8	0,3	34,3	1,16	347,5	0	0	0,002	0
1-1	5	10,1	0,11	3	7,4	0,2	31,7	1,18	402,8	0	0	0,002	0
1-1	6	10	0,08	3,7	6,7	0,2	28,7	1,21	476,4	0	0	0,001	0
1-1	7	9,9	0,06	4,5	5,9	0,2	25	1,23	577,8	0	0	0,001	0
1-2	1	9,8	0,12	5,1	5,2	0,2	21,4	1,11	2013,3	0	0	0	0
1-2	2	9,7	0,1	5,6	4,5	0,1	18,7	1,11	2273,3	0	0	0	0
1-2	3	9,6	0,09	6,2	3,9	0,1	15,8	1,11	2577,1	0	0	0	0
1-2	4	9,5	0,07	6,7	3,2	0,1	13,2	1,1	2928,5	0	0	0	0
1-2	5	9,5	0,06	7,2	2,7	0,1	10,7	1,09	3328,3	0	0	0	0
1-2	6	9,4	0,06	7,7	2,1	0,1	8,5	1,08	3775,2	0	0	0	0
1-2	7	9,3	0,05	8,1	1,7	0	6,6	1,07	4264,4	0	0	0	0

Los cálculos del rendimiento del producto se basan en el rendimiento nominal de los elementos cuando se operan con un agua de aporte de una calidad aceptable. Los resultados mostrados en los documentos producidos por este programa son estimaciones del rendimiento del producto. No existe ninguna garantía del rendimiento del producto o del sistema ni expresa ni implícita salvo que se disponga de un comunicado de garantía por separado firmado por un representante autorizado de Hydranalitics. Los cálculos de consumos químicos se proporcionan por comodidad y se basan en varias suposiciones de la composición y calidad del agua. Hydranalitics no garantiza los consumos de productos químicos, porque los productos químicos necesarios para el ajuste de pH dependen del agua de aporte y no de la membrana. Si necesita una garantía de producto o de sistema, contacte con su representante de Hydranalitics. Las garantías no estándar, o las ampliaciones de garantía pueden suponer precios distintos a los previamente acordados. Versión : 2.228.06 %  
 Email : [inad-support@hydranaliticsprojectors.net](mailto:inad-support@hydranaliticsprojectors.net)

Integrated Membranes Solutions Design Software, 2018

Creado en 07/07/2020 05:56:02



Diseño Básico

Nombre del proyecto

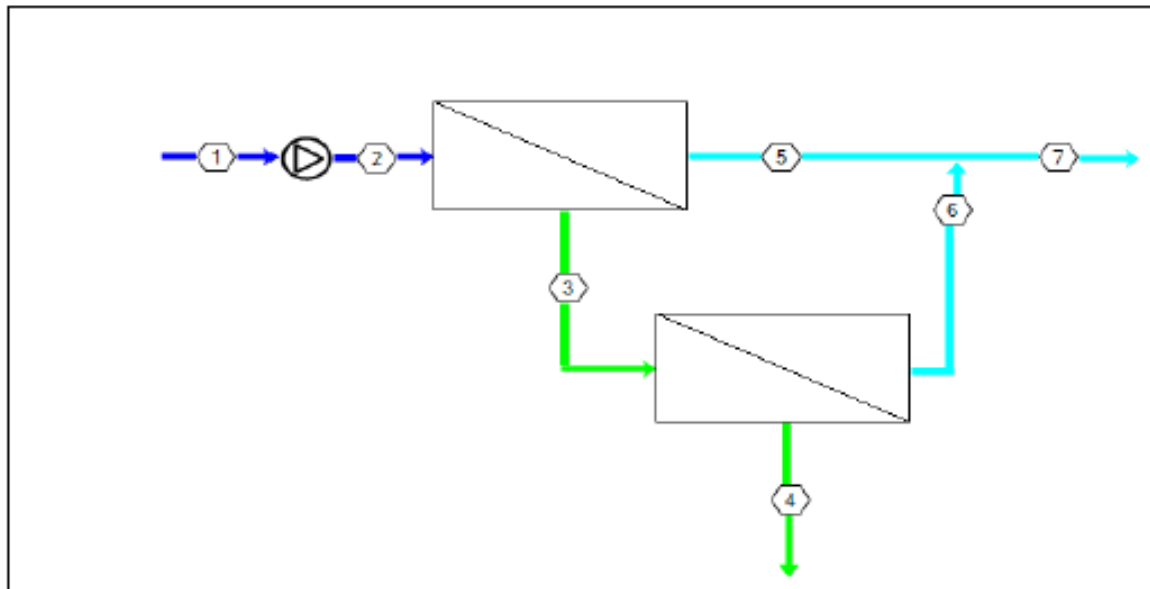
Simulación AgNo3

Temperatura : 25,0 °C

Edad elemento, P1 :

página : 3/4

2,5 años



Corriente n °	Caudal (m3/h)	Presión (bar)	TDS (mg/l)	pH	Econd (µs/cm)
1	34,8	0	7200	7,00	2768
2	34,8	10,9	7200	7,00	2768
3	10,1	9,85	23315	7,49	7997
4	5,19	9,29	41446	7,74	13578
5	24,6	0	578	5,35	245
6	4,94	0	4264	6,20	1746
7	29,5	0	1194	5,67	503

Los cálculos del rendimiento del producto se basan en el rendimiento nominal de los elementos cuando se operan con un agua de aporte de una calidad aceptable. Los resultados mostrados en los documentos producidos por este programa son estimaciones del rendimiento del producto. No existe ninguna garantía del rendimiento del producto o del sistema ni expresa ni implícita salvo que se disponga de un comunicado de garantía por separado firmado por un representante autorizado de Hydranautics. Los cálculos de consumos químicos se proporcionan por comodidad y se basan en varias suposiciones de la composición y calidad del agua. Hydranautics no garantiza los consumos de productos químicos, porque los productos químicos necesarios para el ajuste de pH dependen del agua de aporte y no de la membrana. Si necesita una garantía de producto o de sistema, contacte con su representante de Hydranautics. Las garantías no estándar, o las ampliaciones de garantía pueden suponer precios distintos a los previamente acordados. Versión : 2.228.98 %  
 Email : [imad-support@hydranauticsprojectors.net](mailto:imad-support@hydranauticsprojectors.net)

[www.membranes.com](http://www.membranes.com) +1 760 801 2600

Integrated Membranes Solutions Design Software, 2018

Creado en 07/07/2020 05:56:02



**Diseño Básico**

Nombre del proyecto: Simulación AgNo3 página : 4/4

Calculado por	Angel Muñoz	Flujo/tren de permeado	709,0 m3/d
Caudal bomba alta presión	34,75 m3/h	el flujo de agua cruda / tren	834,1 m3/d
Presión de alimentación	10,9 bar	Conversión	85,00 %
Temperatura de alimentación	25,0 °C(77,0°F)	Edad elemento	2,5 años
pH agua alimentación	7,00	Disminución de flujo %, por año	3,0
Dosis químico,mg/l, -	None	Factor de ensuciamiento	0,93
Energía específica	0,45 kwh/m3	Aumento de SP, per año	5,0 %
NDP paso	7,3 bar	Perdida de carga entre etapas	0,000 bar
Flujo promedio	27,0 l/mh	Tipo de alimentación	Agua permeado

Etapa	Perm. Caudal m3/h	Caudal / Tubo Alimentación m3/h	Conc m3/h	Flujo l/mh	DP bar	Flujo Max l/mh	Beta	Presión por etapas			Perm. TDS mg/l	Elemento Tipo	Elemento Cantidad	PV# x Elem #
								Perm. bar	Boost bar	Conc bar				
1-1	24,6	2,5	0,7	33,8	1,1	42,1	1,23	0	0	9,8	577,8	ESPA2-LD-4040	98	14 x 7M
1-2	4,9	1,4	0,7	13,6	0,6	21,4	1,11	0	0	9,3	4264,4	ESPA2-LD-4040	49	7 x 7M



## Diseño con la membrana CPA6-LD

Integrated Membranes Solutions Design Software, 2018

Creado en 15/07/2020 05:51:59



### Diseño Básico

Nombre del proyecto	Simulación AgNo3			Flujo/tren de permeado	709,0 m3/d	pagina : 1/4
Calculado por	Angel Muñoz			el flujo de agua cruda / tren	634,1 m3/d	
Caudal bomba alta presión	34,75 m3/h			Conversión	85,00 %	
Presión de alimentación	14,3 bar			Edad elemento	2,5 años	
Temperatura de alimentación	25,0 °C(77,0°F)			Disminución de flujo %, por año	3,0	
pH agua alimentación	7,00			Factor de ensuciamiento	0,93	
Dosis químico,mg/l, -	None			Aumento de SP, per año	5,0 %	
Energía específica	0,58 kWh/m3			Perdida de carga entre etapas	0,000 bar	
NDP paso	10,8 bar			Tipo de alimentación	Agua permeado	
Flujo promedio	22,0 l/mh					

Paso - Etapa	Perm. Caudal m3/h	Perm. Caudal m3/h	Flujo Alimént. Conc m3/h	Flujo Imh	DP bar	Flujo Max Imh	Beta	Presión por etapas Perm. bar	Boost bar	Conc bar	Perm. TDG mg/l	Elemento Tipo	Elemento Cantidad	PV# x Elem #
1-1	22,7	8,7	3	25,5	0,6	28,4	1,09	0	0	13,7	197	CPA6-LD	24	4 x 6M
1-2	6,8	6	2,6	15,3	0,3	20	1,05	0	0	13,3	871,6	CPA6-LD	12	2 x 6M

Ion (mg/l)	Agua bruta	Agua de alimentación	Permeado agua	Rechazo 1	Rechazo 2
Dureza, como CaCO3	0,00	0,00	0,000	0,0	0,0
Ca	0,00	0,00	0,000	0,0	0,0
Mg	0,00	0,00	0,000	0,0	0,0
Na	0,12	0,12	0,121	0,2	0,1
K	0,00	0,00	0,000	0,0	0,0
NH4	0,00	0,00	0,000	0,0	0,0
Ba	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0
Sr	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0
Ac	4571,980	4571,980	224,136	12971,8	29356,2
H	0,00	0,00	0,004	0,0	0,0
CO3	0,00	0,00	0,000	0,0	0,0
HCO3	0,07	0,07	0,002	0,2	0,5
SO4	0,00	0,00	0,000	0,0	0,0
Cl	0,00	0,00	0,000	0,0	0,0
F	0,00	0,00	0,000	0,0	0,0
NO3	2628,02	2628,02	129,156	7456,0	16872,4
PO4	0,00	0,00	0,000	0,0	0,0
OH	0,00	0,00	0,000	0,0	0,0
SiO2	0,00	0,00	0,000	0,0	0,0
B	0,00	0,00	0,000	0,0	0,0
CO2	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
NH3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TDS	7200,20	7200,20	363,41	20428,18	48229,21
pH	7,00	7,00	6,37	7,41	7,74

Saturaciones	Agua bruta	Agua de alimentación	Rechazo	Limites
CaSO4 / ksp * 100, %	0	0	0	400
SrSO4 / ksp * 100, %	0	0	0	1200
BaSO4 / ksp * 100, %	0	0	0	10000
Saturación de SiO2, %	0	0	0	140
CaF2 / ksp * 100, %	0	0	0	50000
Indice de saturación Ca3 (PO4) 2	0,0	0,0	0,0	2,4
CCPP, mg/l	0,00	0,00	0,00	850
Indice de saturación Langellier	0,00	0,00	0,00	2,8
Fuerza Iónica	0,04	0,04	0,27	
Presión osmótica, bar	1,4	1,4	9,0	

Los cálculos del rendimiento del producto se basan en el rendimiento nominal de los elementos cuando se operan con un agua de aporte de una calidad aceptable. Los resultados mostrados en los documentos producidos por este programa son estimaciones del rendimiento del producto. No existe ninguna garantía del rendimiento del producto o del sistema ni expresa ni implícita salvo que se disponga de un comunicado de garantía por separado firmado por un representante autorizado de Hydranautics. Los cálculos de consumos químicos se proporcionan por comodidad y se basan en varias suposiciones de la composición y calidad del agua. Hydranautics no garantiza los consumos de productos químicos, porque los productos químicos necesarios para el ajuste de pH dependen del agua de aporte y no de la membrana. Si necesita una garantía de producto o de sistema, contacte con su representante de Hydranautics. Las garantías no estándar, o las ampliaciones de garantía pueden suponer precios distintos a los previamente acordados. Versión : 2.228.86 %  
 Email : imad-support@hydranauticsprojections.net



Integrated Membranes Solutions Design Software, 2018

Creado en 15/07/2020 05:51:59



Diseño Básico

Nombre del proyecto	Simulación AgNo3			Flujo/tren de permeado	página : 2/4
Calculado por	Ángel Muñoz			709,0 m3/d	
Caudal bomba alta presión		34,75 m3/h		el flujo de agua cruda / tren	834,1 m3/d
Presión de alimentación		14,3 bar		Conversión	85,00 %
Temperatura de alimentación		25,0 °C(77,0°F)		Edad elemento	2,5 años
pH agua alimentación		7,00		Disminución de flujo %, por año	3,0
Dosis químico,mg/l, -		None		Factor de ensuciamiento	0,93
Energía específica		0,58 kwh/m3		Aumento de SP, per año	5,0 %
NDP paso		10,8 bar		Pérdida de carga entre etapas	0,000 bar
Flujo promedio		22,0 l/mh			

Paso - Etapa	Perm. Caudal m3/h	Caudal / Tubo Alimentación		Flujo l/mh	DP bar	Flujo Max l/mh	Beta	Tipo de alimentación Presión por etapas			Perm. TDS mg/l	Agua permeado		
		Conc m3/h	Conc m3/h					Perm. bar	Boost bar	Conc bar		Elemento Tipo	Elemento Cantidad	PV# x Elem #
1-1	22,7	8,7	3	25,5	0,6	28,4	1,09	0	0	13,7	197	CPA6-LD	24	4 x 6M
1-2	6,8	6	2,6	15,3	0,3	20	1,05	0	0	13,3	871,6	CPA6-LD	12	2 x 6M

Paso - Etapa	Elemento no.	Alimentación Presión bar	Presión Calda bar	Conc Osmo. bar	NDP bar	Permeatear agua Caudal m3/h	Permeatear agua Flujo l/mh	Beta	TDS	Permeado (Acumulado de etapa)			
										Ca	Mg	Na	Cl
1-1	1	14,3	0,16	1,6	12,8	1,1	28,3	1,05	114,7	0	0	0,083	0
1-1	2	14,1	0,13	1,8	12,4	1	27,2	1,05	125,2	0	0	0,086	0
1-1	3	14	0,11	2,1	12	1	26,3	1,06	137,4	0	0	0,089	0
1-1	4	13,9	0,08	2,6	11,5	0,9	25,1	1,06	152,5	0	0	0,092	0
1-1	5	13,8	0,06	3,1	11	0,9	23,8	1,07	171,7	0	0	0,095	0
1-1	6	13,7	0,05	4	10,2	0,8	21,9	1,09	197	0	0	0,099	0
1-2	1	13,7	0,09	4,5	9,5	0,7	20	1,05	459	0	0	0,157	0
1-2	2	13,6	0,08	5,2	8,8	0,7	18,5	1,05	511,9	0	0	0,163	0
1-2	3	13,5	0,06	6	8	0,6	16,6	1,05	576,5	0	0	0,17	0
1-2	4	13,5	0,05	6,9	7,1	0,5	14,6	1,05	655,8	0	0	0,178	0
1-2	5	13,4	0,04	7,9	6,1	0,5	12,2	1,05	753,3	0	0	0,187	0
1-2	6	13,4	0,03	9	5	0,4	10	1,05	871,6	0	0	0,196	0

Integrated Membranes Solutions Design Software, 2018

Creado en 15/07/2020 05:51:59



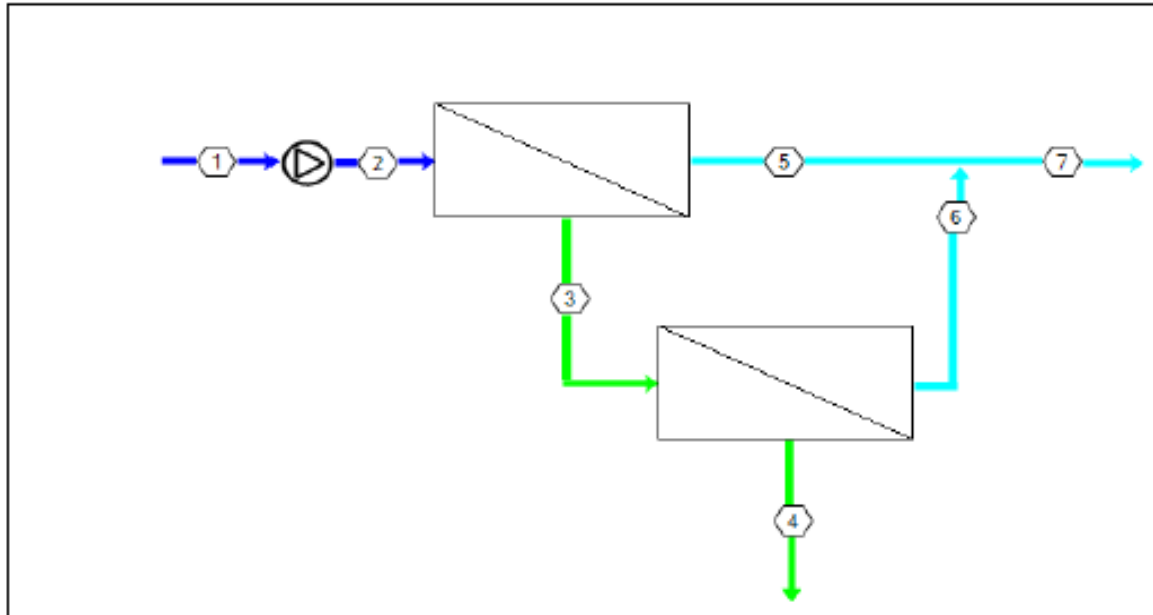
Diseño Básico

Nombre del proyecto  
Temperatura :

Simulación AgNo3  
25,0 °C

Edad elemento, P1 :

página : 3/4  
2,5 años



Contiente n°	Caudal (m3/h)	Presión (bar)	TDS (mg/l)	pH	Econd (µs/cm)
1	34,8	0	7200	7,00	2768
2	34,8	14,3	7200	7,00	2768
3	12,0	13,7	20428	7,41	7067
4	5,19	13,3	46229	7,74	15022
5	22,7	0	197	5,12	85,7
6	6,84	0	872	5,76	368
7	29,5	0	353	5,37	151

Los cálculos del rendimiento del producto se basan en el rendimiento nominal de los elementos cuando se operan con un agua de aporte de una calidad aceptable. Los resultados mostrados en los documentos producidos por este programa son estimaciones del rendimiento del producto. No existe ninguna garantía del rendimiento del producto o del sistema ni expresa ni implícita salvo que se disponga de un comunicado de garantía por separado firmado por un representante autorizado de Hydranautics. Los cálculos de consumos químicos se proporcionan por comodidad y se basan en varias exposiciones de la composición y calidad del agua. Hydranautics no garantiza los consumos de productos químicos, porque los productos químicos necesarios para el ajuste de pH dependen del agua de aporte y no de la membrana. Si necesita una garantía de producto o de sistema, contacte con su representante de Hydranautics. Las garantías no extienden, o las ampliaciones de garantía pueden suponer precios distintos a los previamente acordados. Versión : 2.228.06 %

Email : [imad-support@hydranauticsprojections.net](mailto:imad-support@hydranauticsprojections.net)

 [www.membranes.com](http://www.membranes.com)
 +1 760 801 2600

## 10.6 ANEXO 6: Fichas técnicas de productos químicos empleados.

### Hidroxitirosol:

#### Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



#### Hidroxitirosol ROTICHROM® HPLC

número de artículo: **1153**  
Versión: **1.0 es**

fecha de emisión: 25.01.2019

### SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

#### 1.1 Identificador del producto

Identificación de la sustancia	<b>Hidroxitirosol</b>
Número de artículo	1153
Número de registro (REACH)	Según reglamento (CE) nº 1907/2006 [REACH], no es obligatorio de registrar la sustancia
Número CE	ninguno
Número CAS	10597-60-1

#### 1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

<b>Usos identificados:</b>	producto químico de laboratorio uso analítico y de laboratorio
----------------------------	---

#### 1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Carl Roth GmbH + Co KG  
Schoemperlenstr. 3-5  
D-76185 Karlsruhe  
Alemania

**Teléfono:** +49 (0) 721 - 56 06 0  
**Fax:** +49 (0) 721 - 56 06 149  
**e-mail:** [sicherheit@carlroth.de](mailto:sicherheit@carlroth.de)  
**Sitio web:** [www.carlroth.de](http://www.carlroth.de)

Persona competente responsable de la ficha de datos de seguridad : Department Health, Safety and Environment

**e-mail (persona competente)** : [sicherheit@carlroth.de](mailto:sicherheit@carlroth.de)

#### 1.4 Teléfono de emergencia

Servicios de información para casos de emergencia **Poison Centre Munich: +49/(0)89 19240**

#### 1.5 Importador

**Teléfono:**  
**Fax:**  
**Sitio web:**

### SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

#### 2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

Clasificación según SGA			
Sección	Clase de peligro	Clase y categoría de peligro	Indicación de peligro
3.2	corrosión o irritación cutáneas	(Skin Irrit. 2)	H315
3.3	lesiones oculares graves o irritación ocular	(Eye Irrit. 2)	H319

**Ficha de datos de seguridad**

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE

**Hidroxitirosol ROTICHROM® HPLC**

número de artículo: 1153

Clasificación según SGA			
Sección	Clase de peligro	Clase y categoría de peligro	Indicación de peligro
3.8R	toxicidad específica en determinados órganos - exposición única (irritación de las vías respiratorias)	(STOT SE 3)	H335

**2.2 Elementos de la etiqueta****Etiquetado según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)****Palabra de advertencia****Atención****Pictogramas**

GHS07

**Indicaciones de peligro**

H315 Provoca irritación cutánea  
H319 Provoca irritación ocular grave  
H335 Puede irritar las vías respiratorias

**Consejos de prudencia****Consejos de prudencia - prevención**

P261 Evitar respirar la niebla/los vapores/el aerosol.  
P280 Llevar guantes/gafas/máscara de protección.

**Consejos de prudencia - respuesta**

P302+P352 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con abundante agua/...  
P304+P340 EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración.  
P305+P351+P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.  
P312 Llamar a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico/... si la persona se encuentra mal.

**Etiquetado de los envases cuyo contenido no excede de 125 ml**Palabra de advertencia: **Atención**

Símbolo(s)



## Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



### Hidroxitirosol ROTICHROM® HPLC

número de artículo: 1153

#### 2.3 Otros peligros

No hay información adicional.

## SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes

#### 3.1 Sustancias

Nombre de la sustancia	3,4-Dihidroxifeniletanol
Número CAS	10597-60-1
Fórmula molecular	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>
Masa molar	154,2 g/mol

## SECCIÓN 4: Primeros auxilios

#### 4.1 Descripción de los primeros auxilios



##### Notas generales

Quitar las prendas contaminadas.

##### En caso de inhalación

Proporcionar aire fresco. Si aparece malestar o en caso de duda consultar a un médico.

##### En caso de contacto con la piel

Aclararse la piel con agua/ducharse. En caso de irritaciones cutáneas, consultar a un dermatólogo.

##### En caso de contacto con los ojos

Mantener separados los párpados y enjuagar con abundante agua limpia y fresca por lo menos durante 10 minutos. En caso de irritación ocular consultar al oculista.

##### En caso de ingestión

Enjuagarse la boca. Llamar a un médico si la persona se encuentra mal.

#### 4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Irritación, Tos, Ahogos

#### 4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

ninguno

## SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

#### 5.1 Medios de extinción



##### Medios de extinción apropiados

Coordinar las medidas de extinción con los alrededores  
agua pulverizada, espuma, polvo extinguidor seco, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

## Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



### Hidroxitirosol ROTICHROM® HPLC

número de artículo: 1153

#### Medios de extinción no apropiados

chorro de agua

#### 5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Combustible.

#### Productos de combustión peligrosos

En caso de incendio pueden formarse: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

#### 5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Luchar contra el incendio desde una distancia razonable, tomando las precauciones habituales. Llevar un aparato de respiración autónomo.

## SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

### 6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia



#### Para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia

Utilizar el equipo de protección individual obligatorio. Evitar el contacto con la piel, los ojos y la ropa. No respirar los vapores/aerosoles.

### 6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

Mantener el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas.

### 6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

#### Consejos sobre la manera de contener un vertido

Cierre de desagües.

#### Indicaciones adecuadas sobre la manera de limpiar un vertido

Absorber con una sustancia aglutinante de líquidos (arena, harina fósil, aglutinante de ácidos, aglutinante universal).

#### Otras indicaciones relativas a los vertidos y las fugas

Colocar en recipientes apropiados para su eliminación.

### 6.4 Referencia a otras secciones

Productos de combustión peligrosos: véase sección 5. Equipo de protección personal: véase sección 8. Materiales incompatibles: véase sección 10. Consideraciones relativas a la eliminación: véase sección 13.

## SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento

### 7.1 Precauciones para una manipulación segura

Prever una ventilación suficiente.

#### Recomendaciones sobre medidas generales de higiene en el trabajo

Lavar las manos antes de las pausas y al fin del trabajo. Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos.

### 7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Consérvese en lugar fresco.

#### Sustancias o mezclas incompatibles

Observe el almacenamiento compatible de productos químicos.

## Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



### Hidroxitirosol ROTICHROM® HPLC

número de artículo: 1153

#### Atención a otras indicaciones

- **Requisitos de ventilación**

Utilización de ventilación local y general.

- **Diseño específico de locales o depósitos de almacenamiento**

Temperatura de almacenaje recomendada: -20 °C.

#### 7.3 Usos específicos finales

No hay información disponible.

## SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

### 8.1 Parámetros de control

#### Valores límites nacionales

#### Valores límites de exposición profesional (límites de exposición en el lugar de trabajo)

No se dispone de datos.

### 8.2 Controles de exposición

#### Medidas de protección individual (equipo de protección personal)

#### Protección de los ojos/la cara



Utilizar gafas de protección con protección a los costados.

#### Protección de la piel



- **protección de las manos**

Úsense guantes adecuados. Adecuado es un guante de protección química probado según la norma EN 374. Para usos especiales se recomienda verificar con el proveedor de los guantes de protección, sobre la resistencia de éstos contra los productos químicos arriba mencionados.

- **tipo de material**

NBR (Goma de nitrilo)

- **espesor del material**

>0,11 mm

- **tiempo de penetración del material con el que están fabricados los guantes**

>480 minutos (permeación: nivel 6)

- **otras medidas de protección**

Hacer períodos de recuperación para la regeneración de la piel. Están recomendados los protectores de piel preventivos (cremas de protección/pomadas).

#### Protección respiratoria





## Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



### Hidroxitirosool ROTICHROM® HPLC

número de artículo: 1153

Protección respiratoria es necesaria para: Formación de aerosol y niebla. Tipo: ABEK (filtros combinados contra gases y vapores, código de color: marrón/gris/amarillo/verde).

#### Controles de exposición medioambiental

Mantener el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas.

## SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas

### 9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

#### Aspecto

Estado físico	líquido (viscosos)
Color	incolor
Olor	inodoro
Umbral olfativo	No existen datos disponibles

#### Otros parámetros físicos y químicos

pH (valor)	Esta información no está disponible.
Punto de fusión/punto de congelación	no determinado
Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición	Esta información no está disponible.
Punto de inflamación	no determinado
Tasa de evaporación	no existen datos disponibles
Inflamabilidad (sólido, gas)	no relevantes (fluido)
<u>Límites de explosividad</u>	
- límite inferior de explosividad (LIE)	esta información no está disponible
- límite superior de explosividad (LSE)	esta información no está disponible
Límites de explosividad de nubes de polvo	no relevantes
Presión de vapor	Esta información no está disponible.
Densidad	Esta información no está disponible.
Densidad de vapor	Esta información no está disponible.
Densidad aparente	No es aplicable
Densidad relativa	Las informaciones sobre esta propiedad no están disponibles.
<u>Solubilidad(es)</u>	
Hidrosolubilidad	soluble
<u>Coefficiente de reparto</u>	
n-octanol/agua (log KOW)	Esta información no está disponible.
Temperatura de auto-inflamación	Las informaciones sobre esta propiedad no están disponibles.
Temperatura de descomposición	no existen datos disponibles
Viscosidad	no determinado
Propiedades explosivas	No se clasificará como explosiva



**Ficha de datos de seguridad**

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE

**Hidroxitirosool ROTICHROM® HPLC**número de artículo: **1153**

Propiedades comburentes	ninguno
-------------------------	---------

**9.2 Otros datos**

No hay información adicional.

**SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad****10.1 Reactividad**

Este material no es reactivo bajo condiciones ambientales normales.

**10.2 Estabilidad química**

El material es estable bajo condiciones ambientales normales y en condiciones previsibles de temperatura y presión durante su almacenamiento y manipulación.

**10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas**

No tiene reacciones peligrosas conocidas

**10.4 Condiciones que deben evitarse**

Conservar alejado del calor.

**10.5 Materiales incompatibles**

comburentes

**10.6 Productos de descomposición peligrosos**

Productos de combustión peligrosos: véase sección 5.

**SECCIÓN 11: Información toxicológica****11.1 Información sobre los efectos toxicológicos****Toxicidad aguda**

No se clasificará como toxicidad aguda.

**Corrosión o irritación cutánea**

Provoca irritación cutánea.

**Lesiones oculares graves o irritación ocular**

Provoca irritación ocular grave.

**Sensibilización respiratoria o cutánea**

No se clasificará como sensibilizante respiratoria o sensibilizante cutánea.

**Resumen de la evaluación de las propiedades CMR**

No se clasificará como mutágeno en células germinales, carcinógeno ni tóxico para la reproducción

**• Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única**

Puede irritar las vías respiratorias.

**• Toxicidad específica en determinados órganos - exposición repetida**

No se clasifica como tóxico específico en determinados órganos (exposición repetida).

**Peligro por aspiración**

No se clasifica como peligroso en caso de aspiración.

**Síntomas relacionados con las características físicas, químicas y toxicológicas****• En caso de ingestión**

no se dispone de datos

## Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



### Hidroxitirosol ROTICHROM® HPLC

número de artículo: 1153

#### • En caso de contacto con los ojos

Irrita los ojos

#### • En caso de inhalación

tos, Irritación de las vías respiratorias

#### • En caso de contacto con la piel

provoca irritación cutánea

#### Otros datos

Ninguno

## SECCIÓN 12: Información ecológica

### 12.1 Toxicidad

según 1272/2008/CE: No se clasificará como peligroso para el medio ambiente acuático.

### 12.2 Procesos de degradación

Demanda Teórica de Oxígeno: 1,868 mg/mg

Dióxido de Carbono Teórico: 2,284 mg/mg

### 12.3 Potencial de bioacumulación

No se dispone de datos.

### 12.4 Movilidad en el suelo

No se dispone de datos.

### 12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

No se dispone de datos.

### 12.6 Otros efectos adversos

No se dispone de datos.

## SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación

### 13.1 Métodos para el tratamiento de residuos



Elimínense el producto y su recipiente como residuos peligrosos. Eliminar el contenido/el recipiente de conformidad con la normativa local, regional, nacional o internacional.

#### Información pertinente para el tratamiento de las aguas residuales

No tirar los residuos por el desagüe.

#### Información pertinente para el tratamiento de las aguas residuales

No tirar los residuos por el desagüe.

### 13.2 Disposiciones sobre prevención de residuos

La coordinación de los números de clave de los residuos/marcas de residuos según CER hay que efectuarla específicamente de ramo y proceso.

### 13.3 Observaciones

Los residuos se deben clasificar en las categorías aceptadas por los centros locales o nacionales de tratamiento de residuos. Por favor considerar las disposiciones nacionales o regionales pertinentes.

## Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



### Hidroxitrosol ROTICHROM® HPLC

número de artículo: 1153

#### SECCIÓN 14: Información relativa al transporte

- 14.1** Número ONU (no está sometido a las reglamentaciones de transporte)
- 14.2** Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas no relevantes
- 14.3** Clase(s) de peligro para el transporte no relevantes  
Clase -
- 14.4** Grupo de embalaje no relevantes
- 14.5** Peligros para el medio ambiente ninguno (no peligroso para el medio ambiente conforme al reglamento para el transporte de mercancías peligrosas)
- 14.6** Precauciones particulares para los usuarios  
No hay información adicional.
- 14.7** Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio MARPOL y del Código IBC  
El transporte a granel de la mercancía no está previsto.
- 14.8** Información para cada uno de los Reglamentos tipo de las Naciones Unidas
- **Transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable (ADR/RID/ADN)**  
No está sometido al ADR, RID y al ADN.
  - **Código marítimo internacional de mercancías peligrosas (IMDG)**  
No está sometido al IMDG.
  - **Organización de Aviación Civil Internacional (OACI-IATA/DGR)**  
No está sometido a la OACI-IATA.

#### SECCIÓN 15: Información reglamentaria

**15.1** Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

Disposiciones pertinentes de la Unión Europea (UE)

- **Reglamento 649/2012/UE relativo a la exportación e importación de productos químicos peligrosos (PIC)**

No incluido en la lista.

- **Reglamento 1005/2009/CE sobre las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)**

No incluido en la lista.

- **Reglamento 850/2004/CE sobre contaminantes orgánicos persistentes (POP)**

No incluido en la lista.

- **Restricciones conforme a REACH, Anexo XVII**

Nombre de la sustancia	No CAS	%M	Tipo de registro	Restricciones	No
Hidroxitrosol		100	1907/2006/EC anexo XVII	R3	3

**Leyenda**

R3

1. No se utilizarán en:
- artículos decorativos destinados a producir efectos luminosos o de color obtenidos por medio de distintas fases, por ejemplo, lámparas de ambiente y ceniceros,
  - artículos de diversión y broma,

## Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



### Hidroxitirosoil ROTICHROM® HPLC

número de artículo: 1153

#### Leyenda

- Juegos para uno o más participantes o cualquier artículo que se vaya a utilizar como tal, incluso con carácter decorativo.
- 2. Los artículos que no cumplan lo dispuesto en el punto 1 no podrán comercializarse.
- 3. No se comercializarán cuando contengan un agente colorante, a menos que se requiera por razones fiscales, un agente perfumante o ambos, si:
  - pueden utilizarse como combustible en lámparas de aceite decorativas destinadas a ser suministradas al público en general, y
  - presentan un riesgo de aspiración y están etiquetadas con las frases R65 o H304.
- 4. Las lámparas de aceite decorativas destinadas a ser suministradas al público en general no se comercializarán a menos que se ajusten a la norma europea sobre lámparas de aceite decorativas (EN 14059) adoptada por el Comité Europeo de Normalización (CEN).
- 5. Sin perjuicio de la aplicación de otras disposiciones comunitarias sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias y mezclas peligrosas, los proveedores se asegurarán, antes de la comercialización, de que se cumplen los siguientes requisitos:
  - a) los aceites para lámparas etiquetados con las frases R65 o H304 y destinados a ser suministrados al público en general deberán llevar marcada de manera visible, legible e indeleble la siguiente indicación: «Mantener las lámparas que contengan este líquido fuera del alcance de los niños»; y, para el 1 de diciembre 2010: «un simple sorbo de aceite para lámparas, o incluso chupar la mecha, puede causar lesiones pulmonares potencialmente mortales»;
  - b) para el 1 de diciembre de 2010, los líquidos encendedores de barbacoa etiquetados con las frases R65 o H304 y destinados a ser suministrados al público en general deberán llevar marcada de manera legible e indeleble la siguiente indicación: «un simple sorbo de líquido encendedor de barbacoa puede causar lesiones pulmonares potencialmente mortales»;
  - c) para el 1 de diciembre de 2010, los aceites para lámparas y los líquidos encendedores de barbacoa etiquetados con las frases R65 o H304 y destinados a ser suministrados al público en general deberán presentarse en envases negros opacos de 1 litro como máximo.
- 6. A más tardar el 1 de junio de 2014, la Comisión pedirá a la Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos que elabore un expediente, de conformidad con el artículo 69 del presente Reglamento, con objeto de prohibir, si procede, los líquidos encendedores de barbacoa y los aceites para lámparas decorativas etiquetados con las frases R65 o H304 y destinados a ser suministrados al público en general.
- 7. Las personas físicas o jurídicas que comercialicen por primera vez aceites para lámparas y líquidos encendedores de barbacoa etiquetados con las frases R65 o H304 presentarán a la autoridad competente del Estado miembro afectado, no más tarde del 1 de diciembre de 2011, y en adelante con una periodicidad anual, datos sobre las alternativas a dichos productos. Los Estados miembros pondrán esos datos a disposición de la Comisión.

#### • Restricciones conforme a REACH, Título VIII

Ninguno.

#### • Lista de sustancias sujetas a autorización (REACH, Anexo XIV)/SVHC - lista de candidatos

no incluido en la lista

#### • Directiva Seveso

2012/18/UE (Seveso III)			
No	Sustancia peligrosa/categorías de peligro	Cantidades umbral (en toneladas) de aplicación de los requisitos de nivel inferior e superior	Notas
	no asignado		

#### • Directiva 75/324/CEE sobre los generadores de aerosoles

##### Lote de producción

##### Directiva sobre pinturas decorativas (2004/42/CE)

Contenido de COV	100 %
------------------	-------

##### Directiva sobre emisiones industriales (COVs, 2010/75/UE)

Contenido de COV	100 %
------------------	-------

#### Directiva 2011/65/UE sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos (RoHS) - Anexo II

no incluido en la lista

#### Reglamento 166/2006/CE relativo al establecimiento de un registro europeo de emisiones y transferencias de contaminantes (PRTR)

no incluido en la lista

## Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



### Hidroxitirosool ROTICHROM® HPLC

número de artículo: 1153

**Directiva 2000/60/CE por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas**

no incluido en la lista

**Reglamento 98/2013/UE sobre la comercialización y la utilización de precursores de explosivos**

no incluido en la lista

**Reglamento 111/2005/CE por el que establecen normas para la vigilancia del comercio de precursores de drogas entre la Comunidad y terceros países**

no incluido en la lista

### Catálogos nacionales

País	Catálogos nacionales	Estatuto
CN	IECSC	la sustancia es enumerada
TW	TCSI	la sustancia es enumerada

#### Leyenda

IECSC Inventory of Existing Chemical Substances Produced or Imported in China  
TCSI Taiwan Chemical Substance Inventory

## 15.2 Evaluación de la seguridad química

No se ha realizado una evaluación de la seguridad química de esta sustancia.

## SECCIÓN 16: Otra información

### Abreviaturas y los acrónimos

Abrev.	Descripciones de las abreviaturas utilizadas
ADN	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voies de navigation intérieures (Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Vías Navegables Interiores)
ADR	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (Acuerdo europeo relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera)
CAS	Chemical Abstracts Service (número identificador único carente de significado químico)
CLP	Reglamento (CE) no 1272/2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado (Classification, Labelling and Packaging) de sustancias y mezclas
CMR	Carcinógeno, Mutágeno o tóxico para la Reproducción
COV	compuestos orgánicos volátiles
DGR	Dangerous Goods Regulations (reglamento para el transporte de mercancías peligrosas, véase IATA/DGR)
IATA	Asociación Internacional de Transporte Aéreo
IATA/DGR	Dangerous Goods Regulations (DGR) for the air transport (IATA) (Reglamento para el transporte de mercancías peligrosas por aire)
IMDG	International Maritime Dangerous Goods Code (código marítimo internacional de mercancías peligrosas)
MARPOL	el convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques (abr. de "Marine Pollutant")
mPmB	muy persistente y muy bioacumulable
OACI	Organisation de l'Aviation Civile Internationale
PBT	Persistente, Bioacumulable y Tóxico
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (registro, evaluación, autorización y restricción de las sustancias y preparados químicos)



## Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



### Hidroxitirosol ROTICHROM® HPLC

número de artículo: 1153

Abrev.	Descripciones de las abreviaturas utilizadas
RID	Règlement concernant le transport International ferroviaire des marchandises Dangereuses (Reglamento referente al transporte internacional por ferrocarril de mercancías peligrosas)
SGA	"Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de sustancias químicas" elaborado por Naciones Unidas
SVHC	Substance of Very High Concern (sustancia extremadamente preocupante)

### Principales referencias bibliográficas y fuentes de datos

- Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH), modificado por 2015/830/UE
- Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP, UE SGA)
- Dangerous Goods Regulations (DGR) for the air transport (IATA) (Reglamento para el transporte de mercancías peligrosas por aire)
- Código marítimo internacional de mercancías peligrosas (IMDG)

### Frases pertinentes (código y texto completo como se expone en el capítulo 2 y 3)

Código	Texto
H315	provoca irritación cutánea
H319	provoca irritación ocular grave
H335	puede irritar las vías respiratorias

### Clausula de exención de responsabilidad

La información en ésta hoja de datos de seguridad corresponden al leal saber de nuestros conocimiento el día de impresión. Las informaciones deben de ser puntos de apoyo para un manejo seguro de productos mencionados en esta hoja de seguridad para el almacenamiento, elaboración, transporte y eliminación. Las indicaciones no se pueden traspasar a otros productos. Mientras el producto sea mezclado o elaborado con otros materiales, las indicaciones de esta hoja de seguridad no se pueden traspasar así al agente nuevo.

**Ácido sulfúrico (regulador de Ph):**



Ficha de datos de seguridad  
según 1907/2006/CE (REACH), 453/2010/EC, 2015/830/EU


**ÁCIDO SULFÚRICO 98%**



**SECCIÓN 1: IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O LA MEZCLA Y DE LA SOCIEDAD O EMPRESA**

- 1.1 Identificador del producto:** ÁCIDO SULFÚRICO 98%
- 1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados:**  
 Usos pertinentes: Modificador de pH; catalizador; producto intermedio. Uso exclusivo profesional.  
 Usos desaconsejados: Todo aquel uso no especificado en este epígrafe ni en el epígrafe 7.3
- 1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad:** GERMÁN RODRÍGUEZ DROGAS INDUSTRIALES, S.A.  
 (GERDISA)  
 C/ La Pintura Nº 4, Polígono Industrial Miralcampo  
 19200 Azuqueca de Henares - Guadalajara - España  
 Tfno.: 949 26 00 62 -  
 Fax: 949 26 26 71  
 calidad@gerdisa.com  
 www.gerdisa.com
- 1.4 Teléfono de emergencia:** 949260062 (Disponible sólo en horas de oficina)

**SECCIÓN 2: IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS**

- 2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla:**  
**Reglamento nº1272/2008 (CLP):**  
 La clasificación de este producto se ha realizado conforme el Reglamento nº1272/2008 (CLP).  
 Eye Dam. 1: Lesiones oculares graves, Categoría 1, H318  
 Skin Corr. 1A: Corrosión cutánea, Categoría 1A, H314
- 2.2 Elementos de la etiqueta:**  
**Reglamento nº1272/2008 (CLP):**  
 Peligro  
  
**Indicaciones de peligro:**  
 Skin Corr. 1A: H314 - Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves  
**Consejos de prudencia:**  
 P260: No respirar el polvo/el humo/el gas/la niebla/los vapores/el aerosol  
 P264: Lavarse concienzudamente tras la manipulación  
 P280: Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección  
 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): Quitar inmediatamente todas las prendas contaminadas. Aclararse la piel con agua/ducharse  
 P304+P340: EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración  
 P305+P351+P338: EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando  
 P310: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACION TOXICOLÓGICA o a un médico  
**Sustancias que contribuyen a la clasificación**  
 Acido sulfurico
- 2.3 Otros peligros:**  
 No relevante

**SECCIÓN 3: COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES**

- 3.1 Sustancia:**  
 No aplicable
- 3.2 Mezclas:**  
**Descripción química:** No definida  
**Componentes:**

- CONTINÚA EN LA SIGUIENTE PÁGINA -

Ficha de datos de seguridad  
según 1907/2006/CE (REACH), 453/2010/EC, 2015/830/EU**ÁCIDO SULFÚRICO 98%****SECCIÓN 3: COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES (continúa)**

De acuerdo al Anexo II del Reglamento (CE) nº1907/2006 (punto 3), el producto presenta:

Identificación	Nombre químico/clasificación	Concentración
CAS: 7664-93-9 CE: 231-639-5 Índice: 016-020-00-8 REACH: 01-211940000-20-0000	<b>Ácido sulfúrico</b> Reglamento 1272/2008 Skin Corr. 1A: H314 - Peligro	ATP CLP00 <b>75 - &lt;100 %</b>

Para ampliar información sobre la peligrosidad de las sustancias consultar los epígrafes 8, 11, 12, 15 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:**

Se trata de un producto que no contiene sustancias clasificadas como peligrosas por inhalación, sin embargo, en caso de síntomas de intoxicación sacar al afectado de la zona de exposición y proporcionarle aire fresco. Solicitar atención médica si los síntomas se agravan o persisten.

**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 el producto 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/aspiración:**

Requerir asistencia médica inmediata, mostrándole la FDS de este producto. No inducir al vómito, porque su expulsión del estómago puede provocar daños en la mucosa del tracto digestivo superior, y su aspiración, al respiratorio. Enjuagar la boca y la garganta, ya que existe la posibilidad de que hayan sido afectadas en la ingestión. En el caso de pérdida de consciencia no administrar nada por vía oral hasta la supervisión del médico. Mantener al afectado en reposo.

**4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados:**

Los efectos agudos y retardados son los indicados en las secciones 2 y 11.

**4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente:**

No relevante

**SECCIÓN 5: MEDIDAS DE LUCHAS CONTRA INCENDIOS****5.1 Medios de extinción:**Producto no inflamable bajo condiciones normales de almacenamiento, manipulación y uso. En caso de inflamación como consecuencia de manipulación, almacenamiento o uso indebido emplear preferentemente extintores de polvo polivalente (polvo ABC), de acuerdo al Reglamento de instalaciones de protección contra incendios (R.D. 1942/1993 y posteriores modificaciones). **NO SE RECOMIENDA** emplear agua a chorro como agente de extinción.**5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla:**

Como consecuencia de la combustión o descomposición térmica se generan subproductos de reacción que pueden resultar altamente tóxicos y, consecuentemente, pueden presentar un riesgo elevado para la salud.

**5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios:**

En función de la magnitud del incendio puede hacerse necesario el uso de ropa protectora completa y equipo de respiración autónomo. Disponer de un mínimo de instalaciones de emergencia o elementos de actuación (mantas ignífugas, botiquín portátil,...) conforme al R.D.486/1997 y posteriores modificaciones

**Disposiciones adicionales:**

Actuar conforme el Plan de Emergencia Interior y las Fichas Informativas sobre actuación ante accidentes y otras emergencias. Suprimir cualquier fuente de ignición. En caso de incendio, refrigerar los recipientes y tanques de almacenamiento de productos susceptibles a inflamación, explosión o BLEVE como consecuencia de elevadas temperaturas. Evitar el vertido de los productos empleados en la extinción del incendio al medio acuático.

- CONTINÚA EN LA SIGUIENTE PÁGINA -



Ficha de datos de seguridad  
según 1907/2006/CE (REACH), 453/2010/EC, 2015/830/EU**ÁCIDO SULFÚRICO 98%****SECCIÓN 6: MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL****6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia:**

Aislar las fugas siempre y cuando no suponga un riesgo adicional para las personas que desempeñen esta función. Ante la exposición potencial con el producto derramado se hace obligatorio el uso de elementos de protección personal (ver sección 8). Evacuar la zona y mantener a las personas sin protección alejadas.

**6.2 Precauciones relativas al medio ambiente:**

Producto no clasificado como peligroso para el medioambiente. Mantener el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas.

**6.3 Métodos y material de contención y de limpieza:**

Se recomienda:

Absorber el vertido mediante arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. No absorber en serrín u otros absorbentes combustibles. Para cualquier consideración relativa a la eliminación consultar la sección 13.

**6.4 Referencias a otras secciones:**

Ver epígrafes 8 y 13.

**SECCIÓN 7: MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO****7.1 Precauciones para una manipulación segura:****A.- Precauciones generales**

Cumplir con la legislación vigente en materia de prevención de riesgos laborales. Mantener los recipientes herméticamente cerrados. Controlar los derrames y residuos, eliminándolos con métodos seguros (sección 6). Evitar el vertido libre desde el recipiente. Mantener orden y limpieza donde se manipulen productos peligrosos.

**B.- Recomendaciones técnicas para la prevención de incendios y explosiones.**

Producto no inflamable bajo condiciones normales de almacenamiento, manipulación y uso. Se recomienda trasvasar a velocidades lentas para evitar la generación de cargas electrostáticas que pudieran afectar a productos inflamables. Consultar la sección 10 sobre condiciones y materias que deben evitarse.

**C.- Recomendaciones técnicas para prevenir riesgos ergonómicos y toxicológicos.**

Para control de exposición consultar la sección 8. No comer, beber ni fumar en las zonas de trabajo; lavarse las manos después de cada utilización, y despojarse de prendas de vestir y equipos de protección contaminados antes de entrar en las zonas para comer.

**D.- Recomendaciones técnicas para prevenir riesgos medioambientales**

Se recomienda disponer de material absorbente en las proximidades del producto (ver epígrafe 6.3)

**7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades:****A.- Medidas técnicas de almacenamiento**

ITC (R.D.379/2001): MIE-APQ-6

Clasificación: b)

Tª mínima: 5 °C

Tª máxima: 30 °C

Tiempo máximo: 24 meses

**B.- Condiciones generales de almacenamiento.**

Evitar fuentes de calor, radiación, electricidad estática y el contacto con alimentos. Para información adicional ver epígrafe 10.5

**7.3 Usos específicos finales:**

Usos:

Como ayudante de proceso y agente deshidratante.

En extracciones y procesado de minerales.

En tratamientos superficiales, purificación y grabado.

En procesos electrolíticos.

En purificación de gas, depuración y en depuración de gases de combustión.

En la producción, mantenimiento y reciclaje de baterías que contienen ácido sulfúrico.

Como producto químico de laboratorio.

Limpiezas industriales.

En mezcla, preparación y reenvasado de ácido sulfúrico.

- CONTINÚA EN LA SIGUIENTE PÁGINA -



Ficha de datos de seguridad  
según 1907/2006/CE (REACH), 453/2010/EC, 2015/830/EU

**ÁCIDO SULFÚRICO 98%**



**SECCIÓN 8: CONTROLES DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN INDIVIDUAL**

**8.1 Parámetros de control:**

Sustancias cuyos valores límite de exposición profesional han de controlarse en el ambiente de trabajo (INSHT 2015):

Identificación	Valores límite ambientales	
Ácido sulfúrico	VLA-ED	0,05 mg/m <sup>3</sup>
CAS: 7664-93-9	VLA-EC	
CE: 231-639-5	Año	2015

**DNEL (Trabajadores):**

Identificación		Corta exposición		Larga exposición	
		Sistémica	Local	Sistémica	Local
Ácido sulfúrico	Oral	No relevante	No relevante	No relevante	No relevante
CAS: 7664-93-9	Cutánea	No relevante	No relevante	No relevante	No relevante
CE: 231-639-5	Inhalación	No relevante	0,1 mg/m <sup>3</sup>	No relevante	0,05 mg/m <sup>3</sup>

**DNEL (Población):**

No relevante

**PNEC:**

Identificación				
Ácido sulfúrico	STP	8,8 mg/L	Agua dulce	0,0025 mg/L
CAS: 7664-93-9	Suelo	No relevante	Agua salada	0,00025 mg/L
CE: 231-639-5	Intermitente	No relevante	Sedimento (Agua dulce)	0,002 mg/kg
	Oral	No relevante	Sedimento (Agua salada)	0,002 mg/kg

**8.2 Controles de la exposición:**

**A.- Medidas generales de seguridad e higiene en el ambiente de trabajo:**



Como medida de prevención se recomienda la utilización de equipos de protección individual básicos, con el correspondiente "marcado CE" de acuerdo al R.D.1407/1992 y posteriores modificaciones. Para más información sobre los equipos de protección individual (almacenamiento, uso, limpieza, mantenimiento, clase de protección,...) consultar el folleto informativo facilitado por el fabricante del EPI. Las indicaciones contenidas en este punto se refieren al producto puro. Las medidas de protección para el producto diluido podrán variar en función de su grado de dilución, uso, método de aplicación, etc. Para determinar la obligación de instalación de duchas de emergencia y/o lavaojos en los almacenes se tendrá en cuenta la normativa referente al almacenamiento de productos químicos aplicable en cada caso. Para más información ver epígrafes 7.1 y 7.2.

Toda la información aquí incluida es una recomendación siendo necesario su concreción por parte de los servicios de prevención de riesgos laborales al desconocer las medidas de prevención adicionales que la empresa pudiese disponer.



**B.- Protección respiratoria.**

Será necesario la utilización de equipos de protección en el caso de formación de nieblas o en el caso de superar los límites de exposición profesional si existiesen (Ver Epígrafe 8.1).

**C.- Protección específica de las manos.**

Pictograma	EPI	Marcado	Normas CEN	Observaciones
	Guantes de protección química		EN 374-1:2003 EN 374-3:2003/AC:2006 EN 420:2003+A1:2009	Reemplazar los guantes ante cualquier indicio de deterioro.

**D.- Protección ocular y facial**

Pictograma	EPI	Marcado	Normas CEN	Observaciones
	Gafas panorámicas contra salpicaduras y/o proyecciones		EN 166:2001 EN 172:1994/A1:2000 EN 172:1994/A2:2001 EN ISO 4007:2012	Limpiar a diario y desinfectar periódicamente de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Se recomienda su uso en caso de riesgo de salpicaduras.

**E.- Protección corporal**

- CONTINÚA EN LA SIGUIENTE PÁGINA -



Ficha de datos de seguridad  
según 1907/2006/CE (REACH), 453/2010/EC, 2015/830/EU



**ÁCIDO SULFÚRICO 98%**



**SECCIÓN 8: CONTROLES DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN INDIVIDUAL (continúa)**

Pictograma	EPI	Marcado	Normas CEN	Observaciones
	Ropa de trabajo		EN ISO 13688:2013	Uso exclusivo en el trabajo.
	Calzado de trabajo antideslizamiento		EN ISO 20347:2012 EN ISO 20344:2011	Ninguna

**F.- Medidas complementarias de emergencia**

Medida de emergencia	Normas	Medida de emergencia	Normas
 Ducha de emergencia	ANSI Z358-1 ISO 3864-1:2002	 Lavajos	DIN 12 899 ISO 3864-1:2002

**Controles de la exposición del medio ambiente:**

En virtud de la legislación comunitaria de protección del medio ambiente se recomienda evitar el vertido tanto del producto como de su envase al medio ambiente. Para información adicional ver epígrafe 7.1.D

**Compuestos orgánicos volátiles:**

En aplicación al R.D.117/2003 y posteriores modificaciones (Directiva 2010/75/EU), este producto presenta las siguientes características:

- C.O.V. (Suministro): 0 % peso
- Concentración C.O.V. a 20 °C: 0 kg/m<sup>3</sup> (0 g/L)
- Número de carbonos medio: No relevante
- Peso molecular medio: No relevante

**SECCIÓN 9: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS**

**9.1 Información de propiedades físicas y químicas básicas:**

Para completar la información ver la ficha técnica/hoja de especificaciones del producto.

**Aspecto físico:**

- Estado físico a 20 °C: Líquido
- Aspecto: Oleoso
- Color: Incoloro
- Olor: Inodoro

**Volatilidad:**

- Temperatura de ebullición a presión atmosférica: 340 °C
- Presión de vapor a 20 °C: No relevante \*
- Presión de vapor a 50 °C: No relevante \*
- Tasa de evaporación a 20 °C: No relevante \*

**Caracterización del producto:**

- Densidad a 20 °C: 1840 kg/m<sup>3</sup>
- Densidad relativa a 20 °C: No relevante \*
- Viscosidad dinámica a 20 °C: No relevante \*
- Viscosidad cinemática a 20 °C: No relevante \*
- Viscosidad cinemática a 40 °C: No relevante \*
- Concentración: No relevante \*
- pH: No relevante \*

\*No relevante debido a la naturaleza del producto, no aportando información característica de su peligrosidad.

- CONTINÚA EN LA SIGUIENTE PÁGINA -

Ficha de datos de seguridad  
según 1907/2006/CE (REACH), 453/2010/EC, 2015/830/EU**ÁCIDO SULFÚRICO 98%****SECCIÓN 9: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS (continúa)**

Densidad de vapor a 20 °C:	No relevante *
Coefficiente de reparto n-octanol/agua a 20 °C:	No relevante *
Solubilidad en agua a 20 °C:	No relevante *
Propiedad de solubilidad:	Soluble en agua
Temperatura de descomposición:	No relevante *
Punto de fusión/punto de congelación:	No relevante *
<b>Inflamabilidad:</b>	
Punto de inflamación:	No inflamable (>60 °C)
Temperatura de auto-inflamación:	No relevante *
Límite de inflamabilidad inferior:	No relevante *
Límite de inflamabilidad superior:	No relevante *

**9.2 Otros datos:**

Tensión superficial a 20 °C:	No relevante *
Índice de refracción:	No relevante *

\*No relevante debido a la naturaleza del producto, no aportando información característica de su peligrosidad.

**SECCIÓN 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD****10.1 Reactividad:**

No se esperan reacciones peligrosas si se cumplen las instrucciones técnicas de almacenamiento de productos químicos. Ver epígrafe 7.

**10.2 Estabilidad química:**

Estable químicamente bajo las condiciones indicadas de almacenamiento, manipulación y uso.

**10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas:**

Bajo las condiciones indicadas no se esperan reacciones peligrosas que puedan producir una presión o temperaturas excesivas.

**10.4 Condiciones que deben evitarse:**

Aplicables para manipulación y almacenamiento a temperatura ambiente:

Choque y fricción	Contacto con el aire	Calentamiento	Luz Solar	Humedad
No aplicable	No aplicable	No aplicable	No aplicable	No aplicable

**10.5 Materiales incompatibles:**

Ácidos	Agua	Materias comburentes	Materias combustibles	Otros
No aplicable	Precaución	Precaución	No aplicable	No aplicable

**10.6 Productos de descomposición peligrosos:**Ver epígrafe 10.3, 10.4 y 10.5 para conocer los productos de descomposición específicamente. En dependencia de las condiciones de descomposición, como consecuencia de la misma pueden liberarse mezclas complejas de sustancias químicas: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono y otros compuestos orgánicos.**SECCIÓN 11: INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA****11.1 Información sobre los efectos toxicológicos:**

No se dispone de datos experimentales del producto en sí mismos relativos a las propiedades toxicológicas

**Efectos peligrosos para la salud:**

En caso de exposición repetitiva, prolongada o a concentraciones superiores a las establecidas por los límites de exposición profesionales, pueden producirse efectos adversos para la salud en función de la vía de exposición:

**A.- Ingestión (peligro agudo):**

- Toxicidad aguda: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por ingestión. Para más información ver sección 3.
- Corrosividad/Irritabilidad: Producto corrosivo, su ingesta provoca quemaduras destruyendo los tejidos en todo su espesor. Para más información sobre efectos secundarios por contacto con la piel ver sección 2.

- CONTINÚA EN LA SIGUIENTE PÁGINA -





Ficha de datos de seguridad  
según 1907/2006/CE (REACH), 453/2010/EC, 2015/830/EU

**ÁCIDO SULFÚRICO 98%**



**SECCIÓN 11: INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA (continúa)**

- B- Inhalación (peligro agudo):**
- Toxicidad aguda: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por inhalación. Para más información ver sección 3.
  - Corrosividad/Iritabilidad: En caso de inhalación prolongada el productos es destructivo para los tejidos de las membranas mucosas y las vías respiratorias superiores
- C- Contacto con la piel y los ojos:**
- Contacto con la piel: Principalmente el contacto con la piel destruyen los tejidos en todo su espesor, provocando quemaduras. Para más información sobre efectos secundarios por contacto con la piel ver sección 2.
  - Contacto con los ojos: Produce lesiones oculares importantes tras contacto.
- D- Efectos CMR (carcinogenicidad, mutagenicidad y toxicidad para la reproducción):**
- Carcinogenicidad: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por los efectos descritos. Para más información ver sección 3.
  - Mutagenicidad: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por este efecto. Para más información ver sección 3.
  - Toxicidad para la reproducción: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por este efecto. Para más información ver sección 3.
- E- Efectos de sensibilización:**
- Respiratoria: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas con efectos sensibilizantes por encima de los límites recogidos en el punto 3.2 del Reglamento (CE) 2015/830. Para más información ver secciones 2, 3 y 15.
  - Cutánea: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por este efecto. Para más información ver sección 3.
- F- Toxicidad específica en determinados órganos (STOT)-exposición única:**
- A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por este efecto. Para más información ver sección 3.
- G- Toxicidad específica en determinados órganos (STOT)-exposición repetida:**
- Toxicidad específica en determinados órganos (STOT)-exposición repetida: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por este efecto. Para más información ver sección 3.
  - Piel: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por este efecto. Para más información ver sección 3.
- H- Peligro por aspiración:**
- A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por este efecto. Para más información ver sección 3.

**Información adicional:**

No relevante

**Información toxicológica específica de las sustancias:**

Identificación	Toxicidad aguda		Género
Acido sulfurico	DL50 oral	2140 mg/kg	Rata
CAS: 7664-93-9	DL50 cutánea	>2000 mg/kg	
CE: 231-639-5	CL50 inhalación	510 mg/L (4 h)	Rata

**SECCIÓN 12: INFORMACIÓN ECOLÓGICA**

No se disponen de datos experimentales de la mezcla en sí misma relativos a las propiedades ecotoxicológicas.

- 12.1 Toxicidad:**  
No determinado
- 12.2 Persistencia y degradabilidad:**  
No disponible
- 12.3 Potencial de bioacumulación:**  
No determinado
- 12.4 Movilidad en el suelo:**  
No determinado
- 12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB:**

- CONTINÚA EN LA SIGUIENTE PÁGINA -



Ficha de datos de seguridad  
según 1907/2006/CE (REACH), 453/2010/EC, 2015/830/EU

**ÁCIDO SULFÚRICO 98%**



**SECCIÓN 12: INFORMACIÓN ECOLÓGICA (continúa)**

No aplicable  
**12.6 Otros efectos adversos:**  
 No descritos

**SECCIÓN 13: CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN**

**13.1 Métodos para el tratamiento de residuos:**

Código	Descripción	Tipo de residuo (Reglamento (UE) nº 1357/2014)
	No es posible asignar un código específico, ya que depende del uso a que lo destine el usuario	Peligroso

**Tipo de residuo (Reglamento (UE) nº 1357/2014):**

HP4 Irritante — irritación cutánea y lesiones oculares, HP8 Corrosivo

**Gestión del residuo (eliminación y valorización):**

Consultar al gestor de residuos autorizado las operaciones de valorización y eliminación conforme al Anexo 1 y Anexo 2 (Directiva 2008/98/CE, Ley 22/2011). De acuerdo a los códigos 15 01 (2014/955/UE) en el caso de que el envase haya estado en contacto directo con el producto se gestionará del mismo modo que el propio producto, en caso contrario se gestionará como residuo no peligroso. Se desaconseja su vertido a cursos de agua. Ver epígrafe 6.2.

**Disposiciones legislativas relacionadas con la gestión de residuos:**

De acuerdo al Anexo II del Reglamento (CE) nº1907/2006 (REACH) se recogen las disposiciones comunitarias o estatales relacionadas con la gestión de residuos.

Legislación comunitaria: Directiva 2008/98/CE, 2014/955/UE, Reglamento (UE) nº 1357/2014

Legislación nacional: Ley 22/2011

**SECCIÓN 14: INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE**

**Transporte terrestre de mercancías peligrosas:**

En aplicación al ADR 2015 y al RID 2015:



- 14.1 Número ONU:** UN1830
- 14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas:** ÁCIDO SULFÚRICO con más del 51% de ácido
- 14.3 Clase(s) de peligro para el transporte:** 8
- Etiquetas:** 8
- 14.4 Grupo de embalaje:** II
- 14.5 Peligros para el medio ambiente:** No
- 14.6 Precauciones particulares para los usuarios**
  - Disposiciones especiales: No relevante
  - Código de restricción en túneles: E
  - Propiedades físico-químicas: ver epígrafe 9
  - Cantidades limitadas: 1 L
- 14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC:** No relevante

**Transporte marítimo de mercancías peligrosas:**

En aplicación al IMDG 37-14:

- CONTINÚA EN LA SIGUIENTE PÁGINA -

Ficha de datos de seguridad  
según 1907/2006/CE (REACH), 453/2010/EC, 2015/830/EU**ÁCIDO SULFÚRICO 98%****SECCIÓN 14: INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE (continúa)**

- 14.1 Número ONU:** UN1830  
**14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas:** ÁCIDO SULFÚRICO con más del 51% de ácido
- 14.3 Clase(s) de peligro para el transporte:** 8  
**Etiquetas:** 8
- 14.4 Grupo de embalaje:** II
- 14.5 Peligros para el medio ambiente:** No
- 14.6 Precauciones particulares para los usuarios**  
**Disposiciones especiales:** No relevante  
**Códigos FEm:** F-A, S-B  
**Propiedades físico-químicas:** ver epígrafe 9  
**Cantidades limitadas:** 1 L
- 14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC:** No relevante

**Transporte aéreo de mercancías peligrosas:**

En aplicación al IATA/OACI 2015:



- 14.1 Número ONU:** UN1830  
**14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas:** ÁCIDO SULFÚRICO con más del 51% de ácido
- 14.3 Clase(s) de peligro para el transporte:** 8  
**Etiquetas:** 8
- 14.4 Grupo de embalaje:** II
- 14.5 Peligros para el medio ambiente:** No
- 14.6 Precauciones particulares para los usuarios**  
**Propiedades físico-químicas:** ver epígrafe 9
- 14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC:** No relevante

**SECCIÓN 15: INFORMACIÓN REGLAMENTARIA****15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla:**

Sustancias candidatas a autorización en el Reglamento (CE) 1907/2006 (REACH): No relevante

Sustancias incluidas en el Anexo XIV de REACH (lista de autorización) y fecha de expiración: No relevante

Reglamento (CE) 1005/2009, sobre sustancias que agotan la capa de ozono: No relevante

Sustancias activas las cuales no han sido aprobadas conforme al Artículo 9 del Reglamento (UE) Nº 528/2012: No relevante

REGLAMENTO (UE) No 649/2012, relativo a la exportación e importación de productos químicos peligrosos: No relevante

**Restricciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y mezclas peligrosas (Anexo XVII del Reglamento REACH):**

No relevante

**Disposiciones particulares en materia de protección de las personas o el medio ambiente:**

Se recomienda emplear la información recopilada en esta ficha de datos de seguridad como datos de entrada en una evaluación de riesgos de las circunstancias locales con el objeto de establecer las medidas necesarias de prevención de riesgos para el manejo, utilización, almacenamiento y eliminación de este producto.

**Otras legislaciones:**

- CONTINÚA EN LA SIGUIENTE PÁGINA -



Ficha de datos de seguridad  
según 1907/2006/CE (REACH), 453/2010/EC, 2015/830/EU

**ÁCIDO SULFÚRICO 98%****SECCIÓN 15: INFORMACIÓN REGLAMENTARIA (continúa)**

Reglamento (CE) n o 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008 , sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento (CE) n o 1907/2006

**15.2 Evaluación de la seguridad química:**

El proveedor no ha llevado a cabo evaluación de seguridad química.

**SECCIÓN 16: OTRA INFORMACIÓN****Legislación aplicable a fichas de datos de seguridad:**

Esta ficha de datos de seguridad se ha desarrollado de acuerdo al ANEXO II-Guía para la elaboración de Fichas de Datos de Seguridad del Reglamento (CE) N° 1907/2006 (Reglamento (UE) n° 453/2010, Reglamento (UE) n° 2015/830)

**Modificaciones respecto a la ficha de seguridad anterior que afectan a las medidas de gestión del riesgo:**

Reglamento n°1272/2008 (CLP):

- Consejos de prudencia

**Textos de las frases legislativas contempladas en la sección 2:**

H314: Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves

H318: Provoca lesiones oculares graves

**Textos de las frases legislativas contempladas en la sección 3:**

Las frases indicadas no se refieren al producto en sí, son sólo a título informativo y hacen referencia a los componentes individuales que aparecen en la sección 3

**Reglamento n°1272/2008 (CLP):**

Skin Corr. 1A: H314 - Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves

**Procedimiento de clasificación:**

Skin Corr. 1A: Método de cálculo

Eye Dam. 1: Método de cálculo

**Consejos relativos a la formación:**

Se recomienda formación mínima en materia de prevención de riesgos laborales al personal que va a manipular este producto, con la finalidad de facilitar la comprensión e interpretación de esta ficha de datos de seguridad, así como del etiquetado del producto.

**Principales fuentes bibliográficas:**

<http://esis.jrc.ec.europa.eu>

<http://echa.europa.eu>

<http://eur-lex.europa.eu>

**Abreviaturas y acrónimos:**

- ADR: Acuerdo europeo relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera

- IMDG: Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas

- IATA: Asociación Internacional de Transporte Aéreo

- OACI: Organización de Aviación Civil Internacional

- DQO: Demanda Química de oxígeno

- DBO5: Demanda biológica de oxígeno a los 5 días

- BCF: factor de bioconcentración

- DL50: dosis letal 50

- CL50: concentración letal 50

- EC50: concentración efectiva 50

- Log POW: logaritmo coeficiente partición octanol-agua

- Koc: coeficiente de partición del carbono orgánico

**Información adicional:**

(Ak / Rev 6/ 29-08-2013)

La información contenida en esta Ficha de datos de seguridad está fundamentada en fuentes, conocimientos técnicos y legislación vigente a nivel europeo y estatal, no pudiendo garantizar la exactitud de la misma. Esta información no es posible considerarla como una garantía de las propiedades del producto, se trata simplemente de una descripción en cuanto a los requerimientos en materia de seguridad. La metodología y condiciones de trabajo de los usuarios de este producto se encuentran fuera de nuestro conocimiento y control, siendo siempre responsabilidad última del usuario tomar las medidas necesarias para adecuarse a las exigencias legislativas en cuanto a manipulación, almacenamiento, uso y eliminación de productos químicos. La información de esta ficha de seguridad únicamente se refiere a este producto, el cual no debe emplearse con fines distintos a los que se especifican.

- FIN DE LA FICHA DE SEGURIDAD -

Emisión: 28/04/2014

Revisión: 20/05/2015

Versión: 3 (sustituye a 2)

Página 10/10



**Dispersante comercial (evita la precipitación):**



## **HIDROGLOBAL-025-RO**

### ***DISPERSANTE PARA SISTEMAS DE OSMOSIS INVERSA***

#### **PROPIEDADES**

<i>pH:</i>	<i>10.0 – 11.0 (10% dilución agua desmineralizada)</i>
<i>DENSIDAD:</i>	<i>1.20 - 1,30 g/cm3</i>
<i>ASPECTO:</i>	<i>Líquido amarillo claro</i>
<i>SOLUBILIDAD EN AGUA (% peso):</i>	<i>Totalmente soluble.</i>

#### **GENERALIDADES**

*Las principales causas que provocan precipitaciones en equipos separación por membranas son: la elevada salinidad del agua de alimentación y los compuestos metálicos.*

*Para controlar este efecto se debe inhibir la formación de deposiciones en las superficies de las membranas y espacios de interconexión, evitando así el aumento de pérdida de carga y el consiguiente daño a las membranas.*

*El **HIDROGLOBAL-025-RO** ha sido desarrollado para controlar las precipitaciones y reducir el ensuciamiento en sistemas de separación por membranas.*

*Posee las siguientes características:*

- Control de las incrustaciones de carbonato cálcico y de sulfatos de calcio, bario y estroncio, manteniendo en disolución grandes cantidades de compuestos incrustantes.*
- Reducción de los ensuciamientos, tanto inorgánicos como coloidales, gracias a la acción dispersante.*
- Efectividad con aguas de alimentación, en un rango de pH de 5 a 9 unidades.*
- Compatibilidad con aguas de alimentación que contienen óxidos de aluminio y de hierro.*
- Formulación líquida, fácil de dosificar y preparar.*
- Certificación según RD140/2003 y Certificación DWI para utilización en aguas para consumo humano.*

*Hidroglobal Water Solutions, SA  
C/Garbí 3, Pol. Ind. Can Volart ,  
08150 Parets del Vallés  
Tel : 93 573 74 00  
email : hidroglobal@hidroglobal.com*

**Revisión : Junio 2017**



### **VENTAJAS DE APLICACIÓN**

El **HIDROGLOBAL-025-RO** ofrece gran variedad de ventajas de aplicación:

- Compatible con todas las marcas de membranas de Osmosis Inversa.
- Óptimos resultados en el control de ensuciamientos y deposiciones en gran variedad de calidades de aguas.
- Posee una formulación específica para evitar las incrustaciones inorgánicas asociadas a carbonato, sulfatos y la precipitación de óxidos metálicos en sistemas de separación por membranas.
- Proporciona mayores tiempos de operación entre limpiezas, lo que implica una reducción de costos operativos y un aumento de la vida de las membranas.
- Se ha demostrado efectivo en las condiciones de operación de plantas de ósmosis inversa y en amplios rangos de pH.

### **INSTRUCCIONES DE USO**

Los niveles de dosificación del dispersante **HIDROGLOBAL-025-RO** dependerán de las condiciones específicas de cada sistema.

Dependiendo de factores como : la salinidad y composición del agua de alimentación, la temperatura, el factor de conversión, el tipo de membrana y otros, se deberá dosificar una cantidad específica proporcional al caudal de alimentación al sistema.

El cálculo de la dosificación necesaria, del dispersante **HIDROGLOBAL-025-RO** a aplicar en cada caso, se realiza mediante programa informatizado, en función de los factores indicados anteriormente.

**DOSIS:** Los niveles de dosificación habituales, del dispersante **HIDROGLOBAL-025-RO** oscilan entre 2-5 ppm, pudiendo aplicar dosis superiores en el caso de aguas con problemática específica.

**Preparación:** Es conveniente realizar una dilución previa, con agua preferentemente osmotizada, del producto dispersante **IDT-025-RO**, en el tanque del equipo de dosificación.

Hidroglobal Water Solutions, SA  
C/Garbi 3, Pol. Ind. Can Volart ,  
08150 Parets del Vallés  
Tel : 93 573 74 00  
email : hidroglobal@hidroglobal.com

Revisión : Junio 2017



### **INCOMPATIBILIDADES**

*Evitar el contacto con ácidos y oxidantes fuertes.*

### **INFORMACIÓN ADICIONAL**

- *Envasado : El producto dispersante **HIDROGLOBAL-025-RO** está disponible en envases tipo "harrican" de 23 Kg. de peso.*
- *Seguridad : La información de seguridad del dispersante **HIDROGLOBAL-025-RO** se halla especificada en la etiqueta y detallada en las FDS, según normativa vigente.*

*Hidroglobal Water Solutions, SA  
C/Garbi 3, Pol. Ind. Can Volart ,  
08150 Parets del Vallés  
Tel : 93 573 74 00  
email : hidroglobal@hidroglobal.com*

**Revisión : Junio 2017**

**Producto de limpieza comercial para los elementos de membrana:****Hidróxido sódico:****Ficha de datos de seguridad**

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE

**Hidróxido de sodio  $\geq 99\%$ , p.a., ISO, pellets**número de artículo: **6771**Versión: **4.1 es**

Reemplaza la versión de: 19.11.2018

Versión: (4)

fecha de emisión: 02.06.2015

Revisión: 03.07.2020

**SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa****1.1 Identificador del producto**

Identificación de la sustancia	<b>Hidróxido de sodio</b>
Número de artículo	6771
Número de registro (REACH)	01-2119457892-27-xxxx
No de índice	011-002-00-6
Número CE	215-185-5
Número CAS	1310-73-2

**1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados**

<b>Usos identificados:</b>	producto químico de laboratorio uso analítico y de laboratorio
----------------------------	---

**1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad**Carl Roth GmbH + Co KG  
Schoemperlenstr. 3-5  
D-76185 Karlsruhe  
Alemania**Teléfono:** +49 (0) 721 - 56 06 0**Fax:** +49 (0) 721 - 56 06 149**e-mail:** [sicherheit@carlroth.de](mailto:sicherheit@carlroth.de)**Sitio web:** [www.carlroth.de](http://www.carlroth.de)

Persona competente responsable de la ficha de datos de seguridad: : Department Health, Safety and Environment

**e-mail (persona competente):** [sicherheit@carlroth.de](mailto:sicherheit@carlroth.de)**1.4 Teléfono de emergencia**

Nombre	Calle	Código postal/ciudad	Teléfono	Sitio web
Servicio de Información Toxicológica Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses	Jose Echegaray nº 4 Las Rozas	28232 Madrid	+34 91 562 0420	

**1.5 Importador****Teléfono:****Fax:****Sitio web:**

## Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Hidróxido de sodio  $\geq 99\%$ , p.a., ISO, pellets

número de artículo: 6771

### SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

#### 2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

Clasificación según SGA			
Sección	Clase de peligro	Clase y categoría de peligro	Indicación de peligro
2.16	corrosivos para los metales	(Met. Corr. 1)	H290
3.2	corrosión o irritación cutáneas	(Skin Corr. 1A)	H314
3.3	lesiones oculares graves o irritación ocular	(Eye Dam. 1)	H318

#### 2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

**Palabra de advertencia** Peligro

#### Pictogramas

GHS05



#### Indicaciones de peligro

H290 Puede ser corrosivo para los metales  
 H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves

#### Consejos de prudencia

##### Consejos de prudencia - prevención

P233 Mantener el recipiente herméticamente cerrado.  
 P280 Llevar guantes/gafas de protección.

##### Consejos de prudencia - respuesta

P303+P361+P353 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitar inmediatamente toda la ropa contaminada. Enjuagar la piel con agua [o ducharse].  
 P305+P351+P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.  
 P310 Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico.

Etiquetado de los envases cuyo contenido no excede de 125 ml

Palabra de advertencia: Peligro

Símbolo(s)



H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.



## Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



### Hidróxido de sodio $\geq 99\%$ , p.a., ISO, pellets

número de artículo: **6771**

P280	Llevar guantes/gafas de protección.
P303+P361+P353	EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitar inmediatamente toda la ropa contaminada. Enjuagar la piel con agua o ducharse.
P305+P351+P338	EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado. Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico.
P310	

### 2.3 Otros peligros

No hay información adicional.

## SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes

### 3.1 Sustancias

Nombre de la sustancia	Hidróxido de sodio
No de índice	011-002-00-6
Número de registro (REACH)	01-2119457892-27-xxxx
Número CE	215-185-5
Número CAS	1310-73-2
Fórmula molecular	NaOH
Masa molar	40 <sup>g</sup> /mol

## SECCIÓN 4: Primeros auxilios

### 4.1 Descripción de los primeros auxilios



#### Notas generales

Quítese inmediatamente la ropa manchada o salpicada. Protección propia del primer auxiliante.

#### En caso de inhalación

Proporcionar aire fresco. Si aparece malestar o en caso de duda consultar a un médico.

#### En caso de contacto con la piel

En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con mucho agua. Necesario un tratamiento médico inmediato, ya que auterizaciones no tratadas pueden convertirse en heridas difícil de curar.

#### En caso de contacto con los ojos

En caso de contacto con los ojos aclarar inmediatamente los ojos abiertos bajo agua corriente durante 10 o 15 minutos y consultar al oftalmólogo. Proteger el ojo ileso.

#### En caso de ingestión

Lavar la boca inmediatamente y beber agua en abundancia. En caso de tragar existe el peligro de una perforación del esófago y del estómago (fuertes efectos cauterizantes). Llamar al médico inmediatamente.

### 4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Irritación, Corrosión, Tos, Dificultades respiratorias, Colapso circulatorio, Riesgo de lesiones oculares graves

## Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Hidróxido de sodio  $\geq 99$  %, p.a., ISO, pellets

número de artículo: 6771

### 4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

ninguno

## SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

### 5.1 Medios de extinción



#### Medios de extinción apropiados

Coordinar las medidas de extinción con los alrededores  
agua pulverizada, espuma, polvo extinguidor seco, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

#### Medios de extinción no apropiados

chorro de agua

### 5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

No combustible.

### 5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Luchar contra el incendio desde una distancia razonable, tomando las precauciones habituales. Llevar un aparato de respiración autónomo. Llevar traje de protección química.

## SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

### 6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia



#### Para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia

No respirar el polvo. Evitar el contacto con la piel, los ojos y la ropa.

### 6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

Mantener el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas.

### 6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

#### Consejos sobre la manera de contener un vertido

Cierre de desagües.

#### Indicaciones adecuadas sobre la manera de limpiar un vertido

Recoger mecánicamente. Control del polvo.

#### Otras indicaciones relativas a los vertidos y las fugas

Colocar en recipientes apropiados para su eliminación.

### 6.4 Referencia a otras secciones

Productos de combustión peligrosos: véase sección 5. Equipo de protección personal: véase sección 8. Materiales incompatibles: véase sección 10. Consideraciones relativas a la eliminación: véase sección 13.

## Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Hidróxido de sodio  $\geq 99\%$ , p.a., ISO, pellets

número de artículo: 6771

### SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento

#### 7.1 Precauciones para una manipulación segura

Manipúlese y ábrase el recipiente con prudencia. Proteger de la humedad. Mantenga el envase bien cerrado cuando no lo use.

#### Recomendaciones sobre medidas generales de higiene en el trabajo

Lavar las manos antes de las pausas y al fin del trabajo.

#### 7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Consérvese únicamente en el recipiente de origen. Almacenar en un lugar seco. Mantener el recipiente herméticamente cerrado.

#### Sustancias o mezclas incompatibles

Observe el almacenamiento compatible de productos químicos.

#### Atención a otras indicaciones

##### • Requisitos de ventilación

Utilización de ventilación local y general.

##### • Diseño específico de locales o depósitos de almacenamiento

Temperatura de almacenaje recomendada: 15 - 25 °C.

#### 7.3 Usos específicos finales

No hay información disponible.

### SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

#### 8.1 Parámetros de control

##### Valores límites nacionales

##### Valores límites de exposición profesional (límites de exposición en el lugar de trabajo)

País	Nombre del agente	No CAS	Anotación	Identificador	VLA-ED [mg/m <sup>3</sup> ]	VLA-EC [mg/m <sup>3</sup> ]	VLA-VM [ppm]	VLA-VM [mg/m <sup>3</sup> ]	Fuente
ES	hidróxido de sodio	1310-73-2		VLA		2			INSHT

##### Anotación

VLA-EC Valor límite ambiental-exposición de corta duración (nivel de exposición de corta duración): valor límite a partir del cual no debe producirse ninguna exposición y que hace referencia a un periodo de 15 minutos (salvo que se disponga lo contrario)

VLA-ED Valor límite ambiental-exposición diaria (límite de exposición de larga duración): tiempo medido o calculado en relación con un periodo de referencia de una media ponderada en el tiempo de ocho horas (salvo que se disponga lo contrario)

VLA-VM Valor máximo a partir del cual no debe producirse ninguna exposición (ceiling value)

##### DNEL/DMEL/PNEC pertinentes y otros niveles umbrales

##### • valores relativos a la salud humana

Parámetro	Niveles umbrales	Objetivo de protección, vía de exposición	Utilizado en	Tiempo de exposición
DNEL	1 mg/m <sup>3</sup>	humana, por inhalación	trabajador (industria)	crónico - efectos sistémicos
DNEL	1 mg/m <sup>3</sup>	humana, por inhalación	trabajador (industria)	crónico - efectos locales



## Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Hidróxido de sodio  $\geq 99$  %, p.a., ISO, pellets

número de artículo: 6771

### 8.2 Controles de exposición

#### Medidas de protección individual (equipo de protección personal)

##### Protección de los ojos/la cara



Utilizar gafas de protección con protección a los costados. Llevar máscara de protección.

##### Protección de la piel



##### • protección de las manos

Úsense guantes adecuados. Adecuado es un guante de protección química probado según la norma EN 374. Revisar la hermeticidad/impermeabilidad antes de su uso. Para usos especiales se recomienda verificar con el proveedor de los guantes de protección, sobre la resistencia de éstos contra los productos químicos arriba mencionados. Los tiempos son valores aproximados de mediciones a 22 °C y contacto permanente. El aumento de las temperaturas debido a las sustancias calentadas, el calor del cuerpo, etc. y la reducción del espesor efectivo de la capa por estiramiento puede llevar a una reducción considerable del tiempo de penetración. En caso de duda, póngase en contacto con el fabricante. Con un espesor de capa aproximadamente 1,5 veces mayor / menor, el tiempo de avance respectivo se duplica / se reduce a la mitad. Los datos se aplican solo a la sustancia pura. Cuando se transfieren a mezclas de sustancias, solo pueden considerarse como una guía.

##### • tipo de material

NBR (Goma de nitrilo)

##### • espesor del material

>0,3 mm

##### • tiempo de penetración del material con el que estén fabricados los guantes

>480 minutos (permeación: nivel 6)

##### • otras medidas de protección

Hacer periodos de recuperación para la regeneración de la piel. Están recomendados los protectores de piel preventivos (cremas de protección/pomadas).

##### Protección respiratoria



Protección respiratoria es necesaria para: Formación de polvo. Filtro de partículas (EN 143), P2 (filtra al menos 94 % de las partículas atmosféricas, código de color: blanco).

##### Controles de exposición medioambiental

Mantener el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas.

**Ficha de datos de seguridad**

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE

**Hidróxido de sodio  $\geq 99$  %, p.a., ISO, pellets**número de artículo: **6771****SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas****9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas****Aspecto**

Estado físico	sólido (según la descripción del producto)
Color	translúcido
Olor	inodoro
Umbral olfativo	No existen datos disponibles

**Otros parámetros físicos y químicos**

pH (valor)	14 (agua: 100 g/l, 20 °C)
Punto de fusión/punto de congelación	319 - 323 °C
Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición	1.390 °C
Punto de inflamación	no es aplicable
Tasa de evaporación	no existen datos disponibles
Inflamabilidad (sólido, gas)	Estas informaciones no están disponibles
<u>Límites de explosividad</u>	
• límite inferior de explosividad (LIE)	esta información no está disponible
• límite superior de explosividad (LSE)	esta información no está disponible
Límites de explosividad de nubes de polvo	estas informaciones no están disponibles
Presión de vapor	Esta información no está disponible.
Densidad	2,13 g/cm <sup>3</sup> a 20 °C
Densidad de vapor	Esta información no está disponible.
Densidad relativa	Las informaciones sobre esta propiedad no están disponibles.
<u>Solubilidad(es)</u>	
Hidrosolubilidad	>1.000 g/l a 20 °C
<u>Coefficiente de reparto</u>	
n-octanol/agua (log KOW)	Esta información no está disponible.
Temperatura de auto-inflamación	Las informaciones sobre esta propiedad no están disponibles.
Temperatura de descomposición	no existen datos disponibles
Viscosidad	no relevantes (materia sólida)
Propiedades explosivas	No se clasificará como explosiva
Propiedades comburentes	ninguno

**9.2 Otros datos**

No hay información adicional.

## Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Hidróxido de sodio  $\geq 99$  %, p.a., ISO, pellets

número de artículo: 6771

### SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad

#### 10.1 Reactividad

Corrosivos para los metales.

#### 10.2 Estabilidad química

El material es estable bajo condiciones ambientales normales y en condiciones previsibles de temperatura y presión durante su almacenamiento y manipulación.

#### 10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Reacciones fuertes con: Acetona, Chloroformo, Anhídrido maleico, Ácidos, Fósforo, Nitril, Peróxidos, Bromo, Derivado nitrado, Nitrato, Magnesio, Calcio, Polvo de metal,  
=> Propiedades explosivas

#### 10.4 Condiciones que deben evitarse

Humedad.

#### 10.5 Materiales incompatibles

diferentes metales - aluminio - cinc - estaño - Latón

#### 10.6 Productos de descomposición peligrosos

Productos de combustión peligrosos: véase sección 5.

### SECCIÓN 11: Información toxicológica

#### 11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

No se dispone de datos.

##### Toxicidad aguda

No se clasificará como toxicidad aguda.

##### Corrosión o irritación cutánea

Provoca quemaduras graves.

##### Lesiones oculares graves o irritación ocular

Provoca lesiones oculares graves.

##### Sensibilización respiratoria o cutánea

No se clasificará como sensibilizante respiratoria o sensibilizante cutánea.

##### Resumen de la evaluación de las propiedades CMR

No se clasificará como mutágeno en células germinales, carcinógeno ni tóxico para la reproducción

##### • Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única

No se clasifica como tóxico específico en determinados órganos (exposición única).

##### • Toxicidad específica en determinados órganos - exposición repetida

No se clasifica como tóxico específico en determinados órganos (exposición repetida).

##### Peligro por aspiración

No se clasifica como peligroso en caso de aspiración.

##### Síntomas relacionados con las características físicas, químicas y toxicológicas

##### • En caso de ingestión

En caso de tragar existe el peligro de una perforación del esófago y del estómago (fuertes efectos cauterizantes)

## Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



**Hidróxido de sodio  $\geq 99$  %, p.a., ISO, pellets**

número de artículo: **6771**

- **En caso de contacto con los ojos**

Provoca lesiones oculares graves - daño en los tejidos del ojo - destrucción de la córnea - peligro de ceguera

- **En caso de inhalación**

tos, dificultades respiratorias, Ahogos

- **En caso de contacto con la piel**

provoca quemaduras graves

**Otros datos**

Otros efectos adversos: Colapso circulatorio

### SECCIÓN 12: Información ecológica

#### 12.1 Toxicidad

según 1272/2008/CE: No se clasificará como peligroso para el medio ambiente acuático.

**Toxicidad acuática (aguda)**

Parámetro	Valor	Especie	Fuente	Tiempo de exposición
ECSO	40,4 <sup>mg/l</sup>	pulgas de agua (Daphnia)	ECHA	48 h

#### 12.2 Procesos de degradación

Métodos para determinar la desintegración no se pueden aplicar para materiales inorgánicos.

#### 12.3 Potencial de bioacumulación

No se dispone de datos.

#### 12.4 Movilidad en el suelo

No se dispone de datos.

#### 12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

No se dispone de datos.

#### 12.6 Otros efectos adversos

No se dispone de datos.

### SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación

#### 13.1 Métodos para el tratamiento de residuos



Eliminense el producto y su recipiente como residuos peligrosos. Eliminar el contenido/el recipiente de conformidad con la normativa local, regional, nacional o internacional.

**Información pertinente para el tratamiento de las aguas residuales**

No tirar los residuos por el desagüe.

**Tratamiento de residuos de recipientes/embalajes**

Es un residuo peligroso; solamente pueden usarse envases que han sido aprobado (p.ej. conforme a ADR).



## Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



**Hidróxido de sodio ≥99 %, p.a., ISO, pellets**

número de artículo: **6771**



### 13.2 Disposiciones sobre prevención de residuos

La coordinación de los números de clave de los residuos/marcas de residuos según CER hay que efectuarla específicamente de ramo y proceso.

### 13.3 Observaciones

Los residuos se deben clasificar en las categorías aceptadas por los centros locales o nacionales de tratamiento de residuos. Por favor considerar las disposiciones nacionales o regionales pertinentes.

## SECCIÓN 14: Información relativa al transporte

<b>14.1</b>	Número ONU	<b>1823</b>
<b>14.2</b>	Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	<b>HIDRÓXIDO SÓDICO SÓLIDO</b>
	Componentes peligrosos	Hidróxido de sodio
<b>14.3</b>	Clase(s) de peligro para el transporte	
	Clase	8 (materias corrosivas)
<b>14.4</b>	Grupo de embalaje	II (materia medianamente peligrosa)
<b>14.5</b>	Peligros para el medio ambiente	ninguno (no peligroso para el medio ambiente conforme al reglamento para el transporte de mercancías peligrosas)
<b>14.6</b>	<b>Precauciones particulares para los usuarios</b>	
	Las disposiciones concernientes a las mercancías peligrosas (ADR) se deben cumplir dentro de las instalaciones.	
<b>14.7</b>	<b>Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio MARPOL y del Código IBC</b>	
	El transporte a granel de la mercancía no está previsto.	
<b>14.8</b>	<b>Información para cada uno de los Reglamentos tipo de las Naciones Unidas</b>	
	• <b>Transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable (ADR/RID/ADN)</b>	
	Número ONU	1823
	Designación oficial	HIDRÓXIDO SÓDICO SÓLIDO
	Menciones en la carta de porte	UN1823, HIDRÓXIDO SÓDICO SÓLIDO, 8, II, (E)
	Clase	8
	Código de clasificación	C6
	Grupo de embalaje	II
	Etiqueta(s) de peligro	8
		
	Cantidades exceptuadas (CE)	E2
	Cantidades limitadas (LQ)	1 kg
	Categoría de transporte (CT)	2
	Código de restricciones en túneles (CRT)	E



## Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



### Hidróxido de sodio $\geq 99\%$ , p.a., ISO, pellets

número de artículo: **6771**

Número de identificación de peligro	80
<b>• Código marítimo internacional de mercancías peligrosas (IMDG)</b>	
Número ONU	1823
Designación oficial	SODIUM HYDROXIDE, SOLID
Designaciones indicadas en la declaración del expedidor (shipper's declaration)	UN1823, HIDRÓXIDO SÓDICO SÓLIDO, 8, II
Clase	8
Contaminante marino	-
Grupo de embalaje	II
Etiqueta(s) de peligro	8
	
Disposiciones especiales (DE)	-
Cantidades exceptuadas (CE)	E2
Cantidades limitadas (LQ)	1 kg
EmS	F-A, S-B
Categoría de estiba (stowage category)	A
Distinción de grupos	18 - Álcalis
<b>• Organización de Aviación Civil Internacional (OACI-IATA/DGR)</b>	
Número ONU	1823
Designación oficial	Hidróxido sódico sólido
Designaciones indicadas en la declaración del expedidor (shipper's declaration)	UN1823, Hidróxido sódico sólido, 8, II
Clase	8
Grupo de embalaje	II
Etiqueta(s) de peligro	8
	
Cantidades exceptuadas (CE)	E2
Cantidades limitadas (LQ)	5 kg

## Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Hidróxido de sodio  $\geq 99\%$ , p.a., ISO, pellets

número de artículo: 6771

### SECCIÓN 15: Información reglamentaria

#### 15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

Disposiciones pertinentes de la Unión Europea (UE)

• **Reglamento 649/2012/UE** relativo a la exportación e importación de productos químicos peligrosos (PIC)

No incluido en la lista.

• **Reglamento 1005/2009/CE** sobre las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)

No incluido en la lista.

• **Reglamento 850/2004/CE** sobre contaminantes orgánicos persistentes (POP)

No incluido en la lista.

• **Restricciones conforme a REACH, Anexo XVII**

no incluido en la lista

Nombre según el inventario	No CAS	%M	Enumerado en	Observaciones
Metals and their compounds		100	A)	

#### Legenda

A) Lista indicativa de los principales contaminantes.

• **Restricciones conforme a REACH, Título VIII**

Ninguno.

• **Lista de sustancias sujetas a autorización (REACH, Anexo XIV)/SVHC - lista de candidatos**

no incluido en la lista

• **Directiva Seveso**

2012/18/UE (Seveso III)			
No	Sustancia peligrosa/categorías de peligro	Cantidades umbral (en toneladas) de aplicación de los requisitos de nivel inferior e superior	Notas
	no asignado		

**Directiva 2011/65/UE** sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos (RoHS) - Anexo II

no incluido en la lista

**Reglamento 166/2006/CE** relativo al establecimiento de un registro europeo de emisiones y transferencias de contaminantes (PRTR)

no incluido en la lista

**Directiva 2000/60/CE** por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas

Nombre según el inventario	No CAS	Enumerado en	Observaciones
Metals and their compounds		A)	

#### Legenda

A) Lista indicativa de los principales contaminantes

**Ácido cítrico:**

**Ficha de datos de seguridad**

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



**Ácido cítrico ≥ 99,5%, purís, anhidro**

número de artículo: **7624**  
Versión: **2.0 es**  
Reemplaza la versión de: 17.06.2015  
Versión: (1)

fecha de emisión: 17.06.2015  
Revisión: 23.07.2018

**SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa**

**1.1 Identificador del producto**

Identificación de la sustancia	<b>Ácido cítrico</b>
Número de artículo	7624
Número de registro (REACH)	01-2119457026-42-xxxx
Número CE	201-069-1
Número CAS	77-92-9

**1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados**

**Usos identificados:** producto químico de laboratorio  
uso analítico y de laboratorio

**1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad**

Carl Roth GmbH + Co KG  
Schoemperlenstr. 3-5  
D-76185 Karlsruhe  
Alemania

**Teléfono:** +49 (0) 721 - 56 06 0  
**Fax:** +49 (0) 721 - 56 06 149  
**e-mail:** [sicherheit@carlroth.de](mailto:sicherheit@carlroth.de)  
**Sitio web:** [www.carlroth.de](http://www.carlroth.de)

Persona competente responsable de la ficha de datos de seguridad : Department Health, Safety and Environment

**e-mail (persona competente)** : [sicherheit@carlroth.de](mailto:sicherheit@carlroth.de)

**1.4 Teléfono de emergencia**

Servicios de información para casos de emergencia **Poison Centre Munich: +49/(0)89 19240**

**1.5 Importador**

**Teléfono:**  
**Fax:**  
**Sitio web:**

**SECCIÓN 2: Identificación de los peligros**

**2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla**

Clasificación según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

Clasificación según SGA			
Sección	Clase de peligro	Clase y categoría de peligro	Indicación de peligro
3.3	lesiones oculares graves o irritación ocular	(Eye Irrit. 2)	H319



**Ficha de datos de seguridad**

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE

**Ácido cítrico ≥ 99,5%, puris, anhidro**

número de artículo: 7624

**2.2 Elementos de la etiqueta**

Etiquetado según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

**Palabra de advertencia**      **Atención****Pictogramas****Indicaciones de peligro**

H319      Provoca irritación ocular grave

**Consejos de prudencia****Consejos de prudencia - prevención**

P280      Llevar guantes/gafas de protección.

**Consejos de prudencia - respuesta**

P305+P351+P338      EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.

Etiquetado de los envases cuyo contenido no excede de 125 ml

Palabra de advertencia: **Atención**

Símbolo(s)

**2.3 Otros peligros**

No hay información adicional.

**SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes****3.1 Sustancias**

Nombre de la sustancia	Ácido cítrico
Número de registro (REACH)	01-2119457026-42-xxxx
Número CE	201-069-1
Número CAS	77-92-9
Fórmula molecular	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub>
Masa molar	192,1 g/mol

## Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



**Ácido cítrico ≥ 99,5%, purís, anhidro**

número de artículo: 7624

### SECCIÓN 4: Primeros auxilios

#### 4.1 Descripción de los primeros auxilios



##### Notas generales

Quitar las prendas contaminadas.

##### En caso de inhalación

Proporcionar aire fresco. Si aparece malestar o en caso de duda consultar a un médico.

##### En caso de contacto con la piel

Aclararse la piel con agua/ducharse.

##### En caso de contacto con los ojos

Mantener separados los párpados y enjuagar con abundante agua limpia y fresca por lo menos durante 10 minutos. En caso de irritación ocular consultar al oculista.

##### En caso de ingestión

Enjuagarse la boca. Llamar a un médico si la persona se encuentra mal.

#### 4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Irritación, Trastornos gastrointestinales, Vómitos

#### 4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

ninguno

### SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

#### 5.1 Medios de extinción



##### Medios de extinción apropiados

Coordinar las medidas de extinción con los alrededores  
agua pulverizada, espuma, polvo extinguidor seco, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

##### Medios de extinción no apropiados

chorro de agua

#### 5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Combustible.

##### Productos de combustión peligrosos

En caso de incendio pueden formarse: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

#### 5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Luchar contra el incendio desde una distancia razonable, tomando las precauciones habituales. Llevar un aparato de respiración autónomo.

## Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



**Ácido cítrico ≥ 99,5%, purís, anhidro**

número de artículo: **7624**

### SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

#### 6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

##### Para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia

No respirar el polvo. Evítese el contacto con los ojos y la piel.

#### 6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

Mantener el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas.

#### 6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

##### Consejos sobre la manera de contener un vertido

Cierre de desagües.

##### Indicaciones adecuadas sobre la manera de limpiar un vertido

Recoger mecánicamente. Control del polvo.

##### Otras indicaciones relativas a los vertidos y las fugas

Colocar en recipientes apropiados para su eliminación.

#### 6.4 Referencia a otras secciones

Productos de combustión peligrosos: véase sección 5. Equipo de protección personal: véase sección 8. Materiales incompatibles: véase sección 10. Consideraciones relativas a la eliminación: véase sección 13.

### SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento

#### 7.1 Precauciones para una manipulación segura

No son necesarias medidas especiales.

##### Recomendaciones sobre medidas generales de higiene en el trabajo

Lavar las manos antes de las pausas y al fin del trabajo.

#### 7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Mantener el recipiente herméticamente cerrado. Almacenar en un lugar seco.

##### Sustancias o mezclas incompatibles

Observe el almacenamiento compatible de productos químicos.

##### Atención a otras indicaciones

###### • Requisitos de ventilación

Utilización de ventilación local y general.

###### • Diseño específico de locales o depósitos de almacenamiento

Temperatura de almacenaje recomendada: 15 - 25 °C.

#### 7.3 Usos específicos finales

No hay información disponible.

## Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



**Ácido cítrico ≥ 99,5%, puris, anhidro**

número de artículo: **7624**

### SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

#### 8.1 Parámetros de control

##### Valores límites nacionales

##### Valores límites de exposición profesional (límites de exposición en el lugar de trabajo)

No se dispone de datos.

##### DNEL/DMEL/PNEC pertinentes y otros niveles umbrales

##### • valores medioambientales

Parámetro	Niveles umbrales	Compartimento ambiental
PNEC	0,44 mg/l	agua dulce
PNEC	0,044 mg/l	agua marina
PNEC	1.000 mg/l	depuradora de aguas residuales (STP)
PNEC	34,6 mg/kg	sedimentos de agua dulce
PNEC	3,46 mg/kg	sedimentos marinos
PNEC	33,1 mg/kg	suelo

#### 8.2 Controles de exposición

##### Medidas de protección individual (equipo de protección personal)

##### Protección de los ojos/la cara



Utilizar gafas de protección con protección a los costados.

##### Protección de la piel



##### • protección de las manos

Úsense guantes adecuados. Adecuado es un guante de protección química probado según la norma EN 374. Para usos especiales se recomienda verificar con el proveedor de los guantes de protección, sobre la resistencia de éstos contra los productos químicos arriba mencionados.

##### • tipo de material

NBR (Goma de nitrilo)

##### • espesor del material

>0,11 mm

##### • tiempo de penetración del material con el que estén fabricados los guantes

>480 minutos (permeación: nivel 6)

##### • otras medidas de protección

Hacer períodos de recuperación para la regeneración de la piel. Están recomendados los protectores de piel preventivos (cremas de protección/pomadas).

## Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



**Ácido cítrico ≥ 99,5%, puris, anhidro**

número de artículo: **7624**

### Protección respiratoria



Protección respiratoria es necesaria para: Formación de polvo. Filtro de partículas (EN 143). P1 (filtra al menos 80 % de las partículas atmosféricas, código de color: blanco).

### Controles de exposición medioambiental

Mantener el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas.

## SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas

### 9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

#### Aspecto

Estado físico	sólido (cristalinas)
Color	blanquecino
Olor	inodoro
Umbral olfativo	No existen datos disponibles

#### Otros parámetros físicos y químicos

pH (valor)	1,6 - 1,8 (agua: 100 g/l, 20 °C)
Punto de fusión/punto de congelación	153 - 155 °C
Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición	Esta información no está disponible.
Punto de inflamación	no es aplicable
Tasa de evaporación	no existen datos disponibles
Inflamabilidad (sólido, gas)	Estas informaciones no están disponibles
<u>Límites de explosividad</u>	
• límite inferior de explosividad (LIE)	esta información no está disponible
• límite superior de explosividad (LSE)	esta información no está disponible
Límites de explosividad de nubes de polvo	estas informaciones no están disponibles
Presión de vapor	<0,1 hPa a 20 °C
Densidad	1,67 g/cm <sup>3</sup> a 20 °C
Densidad de vapor	Esta información no está disponible.
Densidad aparente	500 - 600 kg/m <sup>3</sup>
Densidad relativa	Las informaciones sobre esta propiedad no están disponibles.
<u>Solubilidad(es)</u>	
Hidrosolubilidad	~ 1.300 g/l a 20 °C
<u>Coefficiente de reparto</u>	
n-octanol/agua (log KOW)	-1,64 (TOXNET)
Temperatura de auto-inflamación	Las informaciones sobre esta propiedad no están disponibles.



**Ficha de datos de seguridad**

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE

**Ácido cítrico ≥ 99,5%, purís, anhidro**número de artículo: **7624**

Temperatura de descomposición	>155 °C
Viscosidad	no relevantes (materia sólida)
Propiedades explosivas	No se clasificará como explosiva
Propiedades comburentes	ninguno

**9.2 Otros datos**

No hay información adicional.

**SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad****10.1 Reactividad**

Capacidad de polvo explosivo.

**10.2 Estabilidad química**

El material es estable bajo condiciones ambientales normales y en condiciones previsibles de temperatura y presión durante su almacenamiento y manipulación.

**10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas**Reacciones fuertes con: Comburentes, Metales, Bases, Medios de reducción**10.4 Condiciones que deben evitarse**

Conservar alejado del calor. Descomposición comienza a partir de temperaturas de: &gt;155 °C.

**10.5 Materiales incompatibles**

diferentes metales

**10.6 Productos de descomposición peligrosos**

Productos de combustión peligrosos: véase sección 5.

**SECCIÓN 11: Información toxicológica****11.1 Información sobre los efectos toxicológicos****Toxicidad aguda**

No se clasificará como toxicidad aguda.

Vía de exposición	Parámetro	Valor	Especie	Fuente
oral	LD50	>3.000 mg/kg	rata	TOXNET

**Corrosión o irritación cutánea**

No se clasificará como corrosivo/irritante para la piel.

**Lesiones oculares graves o irritación ocular**

Provoca irritación ocular grave.

**Sensibilización respiratoria o cutánea**

No se clasificará como sensibilizante respiratoria o sensibilizante cutánea.

**Resumen de la evaluación de las propiedades CMR**

No se clasificará como mutágeno en células germinales, carcinógeno ni tóxico para la reproducción

**• Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única**

No se clasifica como tóxico específico en determinados órganos (exposición única).

**• Toxicidad específica en determinados órganos - exposición repetida**

## Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



**Ácido cítrico ≥ 99,5%, purís, anhidro**

número de artículo: **7624**

No se clasifica como tóxico específico en determinados órganos (exposición repetida).

### Peligro por aspiración

No se clasifica como peligroso en caso de aspiración.

### Síntomas relacionados con las características físicas, químicas y toxicológicas

#### • En caso de ingestión

trastornos gastrointestinales, vómitos

#### • En caso de contacto con los ojos

fuertemente irritante

#### • En caso de inhalación

efectos irritantes

#### • En caso de contacto con la piel

debilmente irritante

### Otros datos

Ninguno

## SECCIÓN 12: Información ecológica

### 12.1 Toxicidad

según 1272/2008/CE: No se clasificará como peligroso para el medio ambiente acuático.

#### Toxicidad acuática (aguda)

Parámetro	Valor	Especie	Fuente	Tiempo de exposición
LC50	440 <sup>mg/l</sup>	cacho ( <i>Leuciscus idus</i> )	IUCLID	96 h
EC50	120 <sup>mg/l</sup>	daphnia magna	IUCLID	72 h

#### Toxicidad acuática (crónica)

Parámetro	Valor	Especie	Fuente	Tiempo de exposición
LC50	1.535 <sup>mg/l</sup>	invertebrados acuáticos	ECHA	24 h

### 12.2 Procesos de degradación

La sustancia es fácilmente biodegradable.

Demanda Teórica de Oxígeno: 750 <sup>mg/g</sup>

Dióxido de Carbono Teórico: 1,374 <sup>mg/mg</sup>

Demanda Bioquímica de Oxígeno: 526 <sup>mg/g</sup> a 5 h

Proceso	Velocidad de degradación	Tiempo
biótico/abiótico	98 %	2 d

### 12.3 Potencial de bioacumulación

Se enriquece en organismos insignificadamente.

n-octanol/agua (log KOW)

-1,64

### 12.4 Movilidad en el suelo

## Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



**Ácido cítrico ≥ 99,5%, puris, anhídro**

número de artículo: **7624**

No se dispone de datos.

### 12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

No se dispone de datos.

### 12.6 Otros efectos adversos

No se dispone de datos.

## SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación

### 13.1 Métodos para el tratamiento de residuos



Elimínense el producto y su recipiente como residuos peligrosos. Eliminar el contenido/el recipiente de conformidad con la normativa local, regional, nacional o internacional.

#### Información pertinente para el tratamiento de las aguas residuales

No tirar los residuos por el desagüe.

#### Información pertinente para el tratamiento de las aguas residuales

No tirar los residuos por el desagüe.

### 13.2 Disposiciones sobre prevención de residuos

La coordinación de los números de clave de los residuos/marcas de residuos según CER hay que efectuarla específicamente de ramo y proceso.

### 13.3 Observaciones

Los residuos se deben clasificar en las categorías aceptadas por los centros locales o nacionales de tratamiento de residuos. Por favor considerar las disposiciones nacionales o regionales pertinentes.

## SECCIÓN 14: Información relativa al transporte

- |             |  |  |
|-------------|--|--|
| <b>14.1</b> | Número ONU   | (no está sometido a las reglamentaciones de transporte)  |
| <b>14.2</b> | Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas   | no relevantes  |
| <b>14.3</b> | Clase(s) de peligro para el transporte   | no relevantes  |
|             | Clase  | -  |
| <b>14.4</b> | Grupo de embalaje  | no relevantes  |
| <b>14.5</b> | Peligros para el medio ambiente  | ninguno (no peligroso para el medio ambiente conforme al reglamento para el transporte de mercancías peligrosas) |
| <b>14.6</b> | Precauciones particulares para los usuarios  | No hay información adicional.  |
| <b>14.7</b> | Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio MARPOL y del Código IBC                       | El transporte a granel de la mercancía no esta previsto.   |
| <b>14.8</b> | Información para cada uno de los Reglamentos tipo de las Naciones Unidas                               |  |
|             | • Transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable (ADR/RID/ADN) |  |
|             |  | No está sometido al ADR, RID y al ADN.   |



## Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



**Ácido cítrico ≥ 99,5%, puris, anhidro**

número de artículo: 7624

- **Código marítimo internacional de mercancías peligrosas (IMDG)**  
No está sometido al IMDG.
- **Organización de Aviación Civil Internacional (OACI-IATA/DGR)**  
No está sometido a la OACI-IATA.

### SECCIÓN 15: Información reglamentaria

#### 15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

Disposiciones pertinentes de la Unión Europea (UE)

- **Reglamento 649/2012/UE relativo a la exportación e importación de productos químicos peligrosos (PIC)**  
No incluido en la lista.
- **Reglamento 1005/2009/CE sobre las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)**  
No incluido en la lista.
- **Reglamento 850/2004/CE sobre contaminantes orgánicos persistentes (POP)**  
No incluido en la lista.
- **Restricciones conforme a REACH, Anexo XVII**

Nombre de la sustancia	No CAS	%M	Tipo de registro	No
Ácido cítrico		100	1907/2006/EC anexo XVII	3

- **Lista de sustancias sujetas a autorización (REACH, Anexo XIV)**

no incluido en la lista

- **Directiva Seveso**

2012/18/UE (Seveso III)			
No	Sustancia peligrosa/categorías de peligro	Cantidades umbral (en toneladas) de aplicación de los requisitos de nivel inferior e superior	Notas
	no asignado		

**Directiva 2011/65/UE sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos (RoHS) - Anexo II**

no incluido en la lista

**Reglamento 166/2006/CE relativo al establecimiento de un registro europeo de emisiones y transferencias de contaminantes (PRTR)**

no incluido en la lista

**Directiva 2000/60/CE por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas**

no incluido en la lista

#### Catálogos nacionales

La sustancia es enumerada en los siguientes inventarios nacionales:

