

Proyecto de Fin de Grado

Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

Proyecto de mejora tecnológica de estación
depuradora de aguas residuales industriales
(E.D.A.R.I.) para planta de extracción de aceite de
orujo en El Tejar (Córdoba)

Autor: Juan Cañuelo Cordero

Tutor: Pedro Ollero de Castro

Dep. de Ingeniería Química y Ambiental
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2016



Proyecto de Fin de Grado
Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

**Proyecto de mejora tecnológica de estación
depuradora de aguas residuales industriales
(E.D.A.R.I.) para planta de extracción de aceite de
orujo en El Tejar (Córdoba)**

Autor:

Juan Cañuelo Cordero

Tutor:

Pedro Ollero de Castro

Catedrático de Universidad

Dep. de Ingeniería Química y Ambiental

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2016

Proyecto de Fin de Grado: Proyecto de mejora tecnológica de estación depuradora de aguas residuales industriales (E.D.A.R.I.) para planta de extracción de aceite de orujo en El Tejar (Córdoba)

Autor: Juan Cañuelo Cordero

Tutor: Pedro Ollero de Castro

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2016

El Secretario del Tribunal

Agradecimientos

Quisiera dedicar estas líneas a todas las personas, que de una forma u otra, me han ayudado a llegar hasta aquí.

Agradezco a mi tutor, Pedro Ollero, el haber confiado en mí, los consejos y la dirección de este trabajo.

A la empresa Ingetea, por darme la oportunidad de realizar con ellos las prácticas extracurriculares, a partir de las cuales nace este proyecto. Y a las personas que trabajan en ella, Fernando, Teresa, M^a Carmen y Filo por toda su ayuda, consejos y hacerme más fácil esta etapa.

A la empresa Oleícola El Tejar, por permitirme formar parte de un proyecto real, dándome a conocer cómo es el trabajo de realización de un proyecto en una industria y por aportarme toda la información necesaria para la elaboración de este trabajo.

A Pedro Sánchez, por estar siempre ahí, dispuesto a ayudarme en cada duda que tuviera y facilitándome cada paso que daba.

A mis compañeros de la ETSI, en especial a Antonio, Cristina y Juanito, por ser amigos además de compañeros, porque la carrera ha resultado más sencilla con personas así a mi lado.

A mi hermano y a María, por ser mis mejores amigos y regalarme siempre momentos llenos de diversión y risas.

A Carla, mi compañera de viaje, por su apoyo, por escucharme y entenderme, por enseñarme que siempre se puede sacar algo positivo de cada vivencia, por mala que sea, por su amor y por hacerme sonreír todos los días.

Por último a mis padres, por dárme todo en la vida, por su apoyo, preocupación, su amor y cariño incondicional, porque sin ellos no sería quien soy.

ÍNDICE

Agradecimientos	vii
Índice de Tablas	xii
Índice de Figuras	xiii
1 Antecedentes	1
2 Objeto del proyecto	3
3 Situación, parcela	3
4 Descripción de la actividad generadora de aguas residuales industriales. extracción del aceite de orujo de oliva crudo	4
4.1 <i>Recepción y almacenamiento</i>	4
4.2 <i>Granulación y enfriamiento</i>	5
4.3 <i>Extracción</i>	5
4.4 <i>Desolventización</i>	6
4.5 <i>Destilación</i>	7
4.6 <i>Generación de aguas residuales en la industria</i>	7
4.6.1 FLUJO 1 – Efluente industrial	7
4.6.2 FLUJO 2 – Lixiviados zona industrial	8
5 Descripción de la depuración de aguas residuales industriales	10
5.1 <i>Descripción proceso depuración fase 1</i>	12
5.1.1 <i>Coagulación - floculación</i>	13
5.1.2 <i>Decantación lamelar</i>	14
5.1.3 <i>Decantación centrífuga</i>	15
5.2 <i>Descripción proceso depuración fase 2</i>	16
5.2.1 <i>Filtración</i>	16
5.2.2 <i>Microfiltración</i>	17
5.2.3 <i>Ósmosis inversa</i>	17
5.2.4 <i>Afine</i>	18
6 Automatización	22
7 Planta piloto	22
8 Descripción de las redes de conducción de aguas residuales industriales a depuración y vertido de las mismas	23
8.1 <i>Conducción del agua de proceso de extracción hasta la E.D.A.R.I.</i>	23
8.2 <i>Conducción de las purgas de la caldera y purgas del sistema de refrigeración</i>	24
8.3 <i>Conducción de lixiviados (Flujo – 2) a depósito pulmón de alimentación a depuración</i>	24
8.4 <i>Conducción del agua depurada a reutilización</i>	24
8.5 <i>Rechazos de la depuradora</i>	24
9 Equipos que se instalan	25
9.1 <i>E.D.A.R.I. – Fase 1</i>	25
9.1.1 <i>Depósitos pulmón Dep. 11 y Dep.12</i>	25
9.1.2 <i>Bomba sumergible en Pz1 (B-1)</i>	25
9.1.3 <i>Bomba aportación floculación (B-2)</i>	25
9.1.4 <i>Bomba recirculación en reactor (B-3)</i>	25
9.1.5 <i>Reactor Floculación – Coagulación</i>	26
9.1.6 <i>Equipo dosificador producto químico</i>	28
9.1.7 <i>Decantador lamelar</i>	29
9.1.8 <i>Decantador centrífugo horizontal</i>	29
9.1.9 <i>Intercambiadores de calor</i>	31

9.1.10	Depósito rechazos	32
9.2	<i>E.D.A.R.I. – Fase 2</i>	32
9.2.1	Filtros de Sílex – Antracita	32
9.2.2	Filtros de Sílex – Carbón activo	33
9.2.3	Módulos de ósmosis inversa	34
9.2.4	Columna resina	36
9.2.5	Columna carbón activo	40
9.2.6	Depósitos polietileno Dep. 15 – Dep.16	45
10	Medidas de ahorro energético (maes)	46
10.1	<i>Intercambiadores de calor (Ahorro térmico)</i>	46
10.1.1	Introducción	46
10.1.2	Ahorro de energía con intercambiadores de calor	47
10.2	<i>Variadores de frecuencia (Ahorro eléctrico)</i>	48
10.2.1	Introducción	48
10.2.2	Ahorro de energía con variadores de frecuencia	50
	Bibliografía	55
	Anexos	56
	Anexo A. Estación depuradora de aguas residuales industriales para 225 m³/día	
A.1	<i>Introducción</i>	56
A.2	<i>Características de la instalación</i>	56
A.2.1	Análisis agua de aporte	56
A.2.2	Análisis agua de salida	56
A.3	<i>E.D.A.R.I. Fase 1 – Floculación Coagulación</i>	57
A.3.1	Depósitos pulmón proceso depuración (DEP.11 / DEP.12)	57
A.3.2	Bomba B1 Pozo	57
A.3.3	Intercambiador tubular agua bruta – agua caldera	57
A.3.4	Bomba B2 Aporte agua bruta a floculación	58
A.3.5	Bomba B3 recirculación agua reactor	58
A.3.6	Reactor floculación - coagulación	58
A.3.7	Depósito floculante d1	59
A.3.8	Bomba dosificadora Bd1	59
A.3.9	Decantador lamelar	59
A.3.10	Bomba B4 aporte decantación centrífuga	60
A.3.11	Separadora centrífuga horizontal	60
A.3.12	Bomba B5 recirculación a reactor	60
A.3.13	Intercambiador de placas agua bruta – agua caldera	61
A.3.14	Intercambiador agua bruta – agua Sistema de refrigeración	61
A.3.15	Bomba B6 agua a filtración	61
A.4	<i>E.D.A.R.I. Fase 2 – Filtración</i>	62
A.4.1	Depósito a filtración DEP.13	62
A.4.2	Bomba B7 aporte agua bruta	62
A.4.3	Filtros Sílex – Antracita (2 ud)	62
A.4.4	Filtros Sílex – Carbón activo (2 ud)	63
A.4.5	Depósito lavado filtros	63
A.4.6	Bomba B8 lavado filtros	64
A.4.7	Microfiltración 5 micras (2 ud)	64
A.4.8	Microfiltración 1 micra (2 ud)	64
A.5	<i>E.D.A.R.I. Fase 2 – Módulo de ósmosis inversa</i>	65
A.5.1	Bombeo de alta presión B9	65
A.5.2	Módulo de primera ósmosis inversa	65

A.5.3 Depósito agua osmotizada a reutilización	66
A.5.4 Bomba B11 aporte a reutilización	66
A.5.5 Depósito Dep.14 agua osmotizada a segunda ósmosis	66
A.5.6 Bomba B12 aporte a segunda ósmosis	66
A.5.7 Bombeo de alta presión B13	67
A.5.8 Módulo de segunda ósmosis inversa	67
A.5.9 Depósito Flushing	67
A.5.10 Bomba Flushing B10	68
A.5.11 Depósito Dep.15 agua osmotizada a columna resina	68
A.5.12 Bomba B15 aporte agua a columna de resina	68
A.5.13 Columna de resina	68
A.5.14 Depósito Dep. 16 agua de columna de resina a columna de carbón activo	69
A.5.15 Bomba B16 aporte agua a columna de carbón activo	69
A.5.16 Columna de carbón activo	69
A.5.17 Depósito rechazo	70
<i>A.6 Planta piloto</i>	70
A.6.1 Bomba aporte a bomba de alta presión	70
A.6.2 Equipo de filtración automático de Sílex-Carbón activo modelo TR-FSCA 30/5600	70
A.6.3 Equipo dosificador automático de producto anti-incrustante modelo TR-TK 4	71
A.6.4 Equipo de ósmosis inversa automático modelo TR-O 200 E-2	72
A.6.5 Cuadro central	73
A.6.6 Instrumentación y control	73
A.6.7 Automatismo de la planta	74
<i>A.7 Automatización y control</i>	74
A.7.1 Automatización lavado filtros	76
A.7.2 Automatización ósmosis inversa	79
A.7.3 Alarmas del sistema	80

Planos **89**

Plano Nº1. Situación y emplazamiento

Plano Nº2. Planta general actual

Plano Nº3. Planta general futura

Plano Nº4. Planta general redes de evacuación

Plano Nº5. E.D.A.R.I. Fases 1 y 2. Detalles

Plano Nº6. Diagrama del proceso

Plano Nº7. Diagrama P&I Decantación

Plano Nº8. Diagrama P&I Filtración

Plano Nº9. Diagrama P&I Osmosis

Plano Nº10. Diagrama P&I Afine

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de pluviometría media en El Tejar (Córdoba)

Tabla 2. Principales electrolitos usados como floculantes

Tabla 3. Principales resinas de intercambio iónico

Tabla 4. Flujos de aguas residuales generadas

Tabla 5.- Parámetros agua a tratar

Tabla 6.- Parámetros floculantes-coagulantes ensayados

Tabla 7.- Ensayos de laboratorio N°1

Tabla 8.- Ensayos de laboratorio N°2

Tabla 9.- Parámetros agua salida ósmosis

Tabla 10.- Resultados prueba resinas

Tabla 11.- Análisis agua osmotizada 1

Tabla 12.- Pruebas carbón activo 1

Tabla 13.- Análisis agua osmotizada 2

Tabla 14.- Pruebas carbón activo 2

Tabla 15.- Análisis agua osmotizada 3

Tabla 16.- Pruebas carbón activo 3

Tabla 17.- Análisis agua osmotizada 4

Tabla 18.- Pruebas carbón activo 4

Tabla 19.- Análisis agua osmotizada 5

Tabla 20.- Pruebas carbón activo 5

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Situación y emplazamiento de la planta
- Figura 2. Diagrama de flujos
- Figura 3. Esquema decantador centrífugo
- Figura 4. Esquema ósmosis y ósmosis inversa
- Figura 5.- Características filtro Sílex-Antracita
- Figura 6.- Características filtro Sílex-Carbón activo
- Figura 7.- Características columna resina
- Figura 8.- Características columna carbón activo
- Figura 9.- Esquema intercambiadores de calor
- Figura 10.- Leyes de los ventiladores

ANEXOS

- Figura 11.- Automatización floculación
- Figura 12.- Automatización filtración
- Figura 13.- Automatización ósmosis

1 ANTECEDENTES

OLEÍCOLA “EL TEJAR”, NTRA. SRA. DE ARACELI, S.C.A., Cooperativa de Segundo Grado, tiene como objeto social el aprovechamiento integral de los subproductos del olivar, en especial del orujo húmedo resultante de la industria almazarera.

Tiene su domicilio social en el Km. 98,00 de la Carretera de Córdoba a Málaga, en El Tejar, Córdoba.

Oleícola El Tejar, fue constituida en 1967 por un grupo de cinco cooperativas y en la actualidad cuenta con más de 240 entidades asociadas, y estas a su vez procesan la aceituna de más de 70.000 agricultores que cultivan más de 400.000 Has, habiendo experimentado, a lo largo de estos años, un constante crecimiento, tanto en el número de socios, como en sus instalaciones e infraestructuras.

Posee gran presencia social en Andalucía, habiendo procesado en los últimos años una media de 1.800.000 Tm de orujo anual, cantidad que fluctúa en función de las campañas agrícolas, que en el caso del olivar, alterna años de abundante cosecha con años veceros, como es sabido.

En la actualidad cuenta con siete sedes territoriales en las localidades de El Tejar, donde además posee su sede social y oficinas centrales, Palenciana, Cabra, Pedro Abad y Baena, todas de la provincia de Córdoba, junto con una sede ubicada en Marchena, Sevilla y otra de reciente creación en la población de Bogarre, T.M. de Piñar, Granada.

Al tratarse de una Cooperativa de Cooperativas y estar comprometida a recibir el subproducto de sus asociadas, Oleícola El Tejar se ha convertido en **una empresa cuya gestión principal es resolver el problema del residuo procedente de la actividad almazarera**. Esto es así, porque no puede actuar con libertad en el mercado, escogiendo su materia prima (orujo con más o menos grasa, con tal humedad, con tal porcentaje de hueso...) como puede hacer cualquier otra empresa no cooperativa extractora, sino que **OLEÍCOLA EL TEJAR, S.C.A.**, tiene que recepcionar y eliminar el subproducto de sus más de 240 almazaras, o lo que es igual de sus más de 70.000 agricultores.

El compromiso de la empresa con sus socios componentes, por lo tanto, no es opcional, según baremo de calidad de la materia prima, sino que supone **una firme actuación medio ambiental para que los residuos almazareros puedan eliminarse**.

OLEÍCOLA EL TEJAR, S.C.A. no se ha limitado a lo largo de su historia exclusivamente a la extracción de orujos, si no que ha realizado numerosos proyectos de I+D+i que le han permitido liderar este sector.

Como actividad principal, está el Tratamiento Integral de los subproductos del olivar aportados por los socios, que a su vez comprende las siguientes actividades:

- Recepción y almacenamiento de materia prima, orujo de dos fases, hoja, poda, hueso y leña.
- Extracción de aceite de orujo por procedimientos físicos (centrifugación en decanter).
- Secado de orujo en secaderos rotativos.
- Extracción de aceite de orujo de oliva crudo por procedimientos químicos.

-
- Preparación del mix de combustible con el orujillo de extracción, hoja, poda y leña de olivo, para su posterior combustión en central térmica.
 - Producción de energía eléctrica con centrales térmicas de biomasa procedente del subproducto oleícola.

El resto de actividades comprenden fundamentalmente la fabricación de compuestos de valor añadido a partir de la biomasa del olivar.

En la sede de El Tejar, en Córdoba, la empresa posee una Extractora de Aceites de Orujo de Oliva, que tiene una capacidad de proceso de 650 Tm/día de producto.

Esta Extractora fue puesta en marcha por primera vez en el año 1986, con instalaciones muy modernas y pioneras para la época, tecnología de la reconocida empresa belga DE SMET.

Oleícola el Tejar, S.C.A., **posee Autorización de Vertido** de las aguas residuales de la industria, según se establece en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.

La empresa, en su deseo de cumplir exhaustivamente con este aspecto en cuanto a vertidos, se dispone **mejorar tecnológicamente la Estación Depuradora de Aguas Residuales Industriales** que posee, reubicándola, de paso, dentro del recinto industrial, en una zona más cercana al origen de la generación de las aguas residuales obteniendo un ahorro energético considerable al disminuir los bombeos y facilitando el control, supervisión y vigilancia directa de la estación al situarse en la zona habitual de trabajo.

2 OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del presente proyecto es la Mejora Tecnológica de la Estación Depuradora de Aguas Residuales Industriales (EDARI) de la Extractora de Aceite de Orujo situada en El Tejar, propiedad de Oleícola “El Tejar”, Ntra Sra. de Araceli, S.C.A.

Así mismo, el presente proyecto servirá de base para la concesión de las licencias y autorizaciones oportunas ante los diferentes organismos, especialmente ante Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, manteniendo la Autorización de Vertido con nº de expediente **EX0002/CO** que posee la industria, en cumplimiento de lo exigido en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.

Con la mejora tecnológica de la EDARI, se garantizará el grado de depuración adecuado para la consecución de los valores límite autorizados de emisión del vertido, teniendo en cuenta las normas de calidad ambiental determinadas para el medio receptor, mejorándose incluso éstos parámetros de manera que se obtenga **agua apta para la reutilización en el proceso**, permitiendo una disminución del consumo de agua de la red.

3 SITUACIÓN, PARCELA

Las instalaciones de Extractora que posee la empresa, se sitúan sobre una parcela de 203.000 m² de superficie, junto al punto kilométrico nº 98 de la Carretera N-331 de Córdoba a Málaga, en el municipio de “EL TEJAR” (Córdoba).

Es en estas instalaciones donde se ubica el presente proyecto de Estación Depuradora de Aguas Residuales Industriales para la Extractora.



Fig. 1.- Situación y emplazamiento de la planta

4 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD GENERADORA DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES. EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE ORUJO DE OLIVA CRUDO

La actividad agroindustrial en la que se fundamentan las instalaciones que Oleícola El Tejar posee en el término municipal de El Tejar (Córdoba) es la Extracción del aceite de orujo de oliva crudo a partir de orujo grasoso seco. Esta cooperativa consideró conveniente la selección del proceso de extracción implantado por DE SMET, por incluir en su sistema, entre otras, las siguientes ventajas:

- Alto rendimiento en la extracción.
- Bajo consumo de energía.
- Pérdidas mínimas de disolvente.
- Sistema continuo, sin necesidad de almacenamiento intermedio.
- Altas medidas de seguridad.
- Costo de mantenimiento mínimo.

La planta está preparada para tratar 650 toneladas de orujo grasoso seco diarias.

El proceso de extracción del orujo desde que se recibe (con una humedad $< 10\%$) hasta que se obtiene como producto el aceite de orujo de oliva crudo y como subproducto el orujillo, puede describirse, de forma general, atendiendo a los siguientes procesos principales.

1. Recepción y almacenamiento.
2. Granulación y enfriamiento.
3. Extracción.
4. Desolventización.
5. Destilación.

4.1 Recepción y almacenamiento

El orujo es transportado en camiones hasta las instalaciones existentes en El Tejar. Los camiones pasan por la báscula, junto a la caseta de control, donde se realiza el taraje y se toman las muestras necesarias para el análisis del contenido de humedad del orujo grasoso seco entrante. Suele contener una humedad menor del 10%, ya que previamente ha sufrido los procesos de centrifugación y de secado en otras instalaciones.

Los camiones son conducidos a la nave de almacenamiento donde descargan el orujo en una tolva a ras de suelo, y desde donde, por medio de un sistema de transporte compuesto por cintas transportadoras, elevadores y redler, es conducido hasta los dos silos pulmón con capacidad para 250 m³ cada uno. La cantidad de orujo

almacenado en estos silos es la materia prima diaria, que previamente tratada y preparada, alimentará posteriormente a la extractora.

Los camiones, en el transporte del orujo en el interior de las instalaciones, circularán por viales asfaltados. Las descargas en la tolva a ras de suelo evitarán la caída o el derrame del orujo graso seco, eliminando la posibilidad de contaminación en el suelo.

4.2 Granulación y enfriamiento

Una vez en los silos, el orujo es transportado por un elevador de cangilones hasta las tolvas de carga de las dos granuladoras existentes. En dichas granuladoras, se somete el orujo a altas presiones inyectando vapor de agua. Durante el ciclo de trabajo, solamente una de las granuladoras funciona, manteniendo la otra inactiva, de reserva para los casos de avería o mantenimiento de la que habitualmente trabaja.

En consecuencia se forman los pelets, pequeños gránulos cilíndricos de orujo graso seco muy compactada, de unos 6 - 7 mm de diámetro y unos 2 cm. de longitud, con mayor contenido graso y que mejoran la extractabilidad aumentando la capacidad operativa de la instalación.

Para evitar la disgregación de los pelets, éstos se hacen pasar por un enfriador donde se adecua su temperatura para conseguir el mayor rendimiento en la extracción. Dicho enfriador posee un ciclón a la salida que retiene las partículas disgregadas evitando la posibilidad de emisión a la atmósfera.

4.3 Extracción

Los pelets producidos en la granuladora pasan a la extractora, donde se procederá a la extracción del aceite de orujo en un proceso continuo de extracción con dos fases (sólido y líquido) utilizando hexano como disolvente. El hexano es conducido desde los tanques enterrados por medio de tuberías al aire libre hasta la extractora donde se pone en contacto con los pelets mediante rociado continuo.

La extractora está constituida por un cuerpo horizontal de chapa soldada, provista de varias bocas y aperturas de gran diámetro que proporcionan un acceso cómodo al interior. En su interior hay una cinta transportadora que circula longitudinalmente. El arrastre de la cinta se realiza mediante dos grandes ruedas situadas a la salida de la extractora. Sobre esta cinta transportadora es conducido el material a extraer, debidamente acondicionado. La altura del material está limitada a dos metros mediante un registro a la entrada de la extractora.

Encima de la capa de material, una serie de distribuidores aseguran la repartición uniforme de las miscelas de lavado. La miscela de cada distribuidor es recogida en una tolva entre las dos partes de la cinta (la de ida y la de vuelta). A partir de cada una de estas tolvas, la miscela es recogida por una bomba centrífuga, que vuelve a enviarla sobre el siguiente distribuidor. Las tolvas que recogen las miscelas de lavado están siempre llenas, lo que asegura una corriente de lavado continua. La cama de materia no está dividida en compartimentos, lo que permite evitar la formación de caminos preferenciales por donde circulen mayoritariamente los flujos de los lavados de miscela.

El flujo de miscelas desde la primera a la última tolva se realiza por desbordamiento de una a otra; de esta forma, se crea un gradiente de concentraciones de miscela en las tolvas, que es función de la carga de la extractora, la riqueza graso del orujo y del caudal de hexano limpio introducido. Se consigue de esta forma, que el material entrante, a medida que pierde aceite, sea lavado en cada zona con miscela menos concentrada.

Se permite así, independizar el caudal de lavado del caudal de hexano limpio.

Dos válvulas rotativas, una a la entrada de la extractora y otra a la salida, garantizan la perfecta estanqueidad de la alimentación e impiden el paso de vapores de hexano.

La miscela que sale de la extractora es de gran limpidez, puesto que las tolvas que la recogen de cada capa de lavado realizan una decantación, ya que el flujo vertical (miscela de lavado en circuito cerrado) es mucho mayor que el flujo horizontal (caudal de destilación) y éste se realiza por desbordamiento de una tolva a la siguiente.

Como la miscela es constantemente recirculada sobre la cama en las distintas etapas de lavado a un caudal superior al de entrada de hexano puro, se obtiene un enriquecimiento importante de la miscela en aceite, siendo la concentración mínima en un 20%, pudiendo alcanzar en condiciones óptimas en torno al 28 - 30%. La miscela con un mayor contenido en aceite se traslada hasta el sistema de destilación donde se separa del hexano.

Por otro lado, el material menos graso (el orujillo) pasa al sistema de desolventización donde se le elimina el hexano que pudiera contener.

4.4 Desolventización

El orujillo saliente de la extractora es trasladado a un desolventizador, que consiste en un apilamiento vertical de cuerpos cilíndricos con diez etapas, donde se le somete a temperaturas de unos 100°C mediante la inyección de vapor, manteniendo la humedad en torno al 12,5% en condiciones normales de trabajo. De esta forma se elimina el hexano que contiene la pasta originada en la extractora.

El orujillo exento de hexano es trasladado hasta al almacén. En éste, el orujillo se recoge y es transportado a otras instalaciones donde es utilizado para preparar un mix de combustible para las centrales de generación eléctrica.

El vapor generado pasa por un lavador de gases mediante una ducha de agua caliente que retiene los finos contenidos en los vapores. Seguidamente se traslada al proceso de destilación donde se utiliza como fluido caliente en el destilador-economizador.

El agua que sale del desolventizador es introducida en un hervidor de seguridad que trabaja a más de 95 °C para eliminar las últimas trazas de hexano.

Ésta, se conduce a la E.D.A.R.I. para su tratamiento y posterior vertido **o reutilización en el proceso.**

El vapor de hexano recuperado es conducido hasta uno de los condensadores para su vuelta al proceso.

4.5 Destilación

La miscela obtenida en la extracción pasa al sistema de destilación donde se eliminará el hexano contenido en la mezcla. Se obtendrá, por tanto, el aceite exento de disolvente y se recuperará el hexano para su uso posterior en el riego en la extractora.

El proceso de destilación se lleva a cabo en cuatro etapas en las que se somete la miscela a 60, 90, 100 y 120 °C. El proceso de destilación está diseñado para procesar una miscela de entrada con un 20% en aceite. En los casos en los que la concentración de aceite sea distinta, el caudal de entrada al proceso de destilación se regula mediante una bomba.

En la primera fase, la miscela es conducida hasta un economizador donde se utiliza el vapor generado en el proceso de desolventización del orujillo.

De esta forma se genera una miscela con una concentración en aceite del 60-70%.

A continuación, en la segunda fase, pasa a un evaporador donde la concentración en aceite aumenta hasta el 93%.

En la tercera fase, la miscela pasa por un recalentador hasta el siguiente evaporador donde se consigue una concentración del 99,75% en aceite, alcanzada mediante arrastre por vapor.

Finalmente, en la cuarta fase, la miscela, con elevada riqueza grasa, pasa por un recalentador hasta el evaporador donde se eliminan las últimas trazas de hexano y se seca el aceite.

El aceite de orujo obtenido es conducido por una red de tuberías hasta la bodega de almacenamiento.

Los vapores de hexano procedentes de las distintas fases de destilación pasa a los condensadores. En ellos se recupera el hexano líquido que pasa a un tanque de regulación (florentino) desde donde vuelve a recircularse a la extractora, completando el circuito cerrado. La absorción de la fracción de hexano que no ha sido condensado se realiza mediante contacto de estos gases con aceite mineral en dos columnas de absorción. En cuanto a los gases, liberados de la mayor parte del hexano, son aspirados a la atmósfera por un ventilador de chorro de vapor.

4.6 Generación de aguas residuales en la industria

En el proceso descrito se generan distintos tipos de aguas residuales que a continuación se describen:

4.6.1 FLUJO 1 – Efluente industrial

Estará compuesto por:

1. Las aguas procedentes del proceso de extracción propiamente dicho, de las etapas de desolventización y destilación, (purgas tras la eliminación de hexano).
2. Las purgas de la caldera de vapor.
3. Las purgas del Sistema de refrigeración.

El volumen estimado de este flujo es de unos 3 m³/h, total unos 72 m³/día.

y mediante las correspondientes conducciones, se conducirán a la E.D.A.R.I, previo paso por depósitos pulmón existentes.

4.6.2 FLUJO 2 – Lixiviados zona industrial

Otro tipo de agua son los lixiviados de lluvia procedentes de las zonas industriales, que se recogen mediante red independiente, y son conducidos por gravedad hasta el DEP. 6 (depósito aéreo Agua EDARI) desde el que son bombeados al proceso de depuración.

Se estima que con la superficie existente y teniendo en cuenta la pluviometría media anual de la zona, se tienen unos 13.000 m³ de lixiviados que se conducen a la E.D.A.R.I. a lo largo del año.

Este reparto se puede valorar mensualmente como expone la tabla siguiente, teniendo en cuenta los datos de pluviometría media extraídos de la base de datos de la AEMET:

Mes	Pluviometría (mm)	A E.D.A.R.I. (m3)
Enero	69	1.794
Febrero	60	1.560
Marzo	52	1.352
Abril	44	1.144
Mayo	20	520
Junio	6	156
Julio	0	0
Agosto	6	156
Septiembre	20	520
Octubre	57	1.482
Noviembre	100	2.600
Diciembre	100	2.600
Año	534	13.884

Tabla 1.- Datos de pluviometría media en El Tejar (Córdoba)

En resumen, los FLUJOS 1 y 2, se enviarán a la E.D.A.R.I., donde seguirán el proceso de depuración, resultando agua apta para su vertido o reutilización en la propia actividad.

Un esquema del proceso de extracción de aceite de orujo de oliva crudo, además de los diferentes flujos nombrados, y su destino podría representarse como sigue:

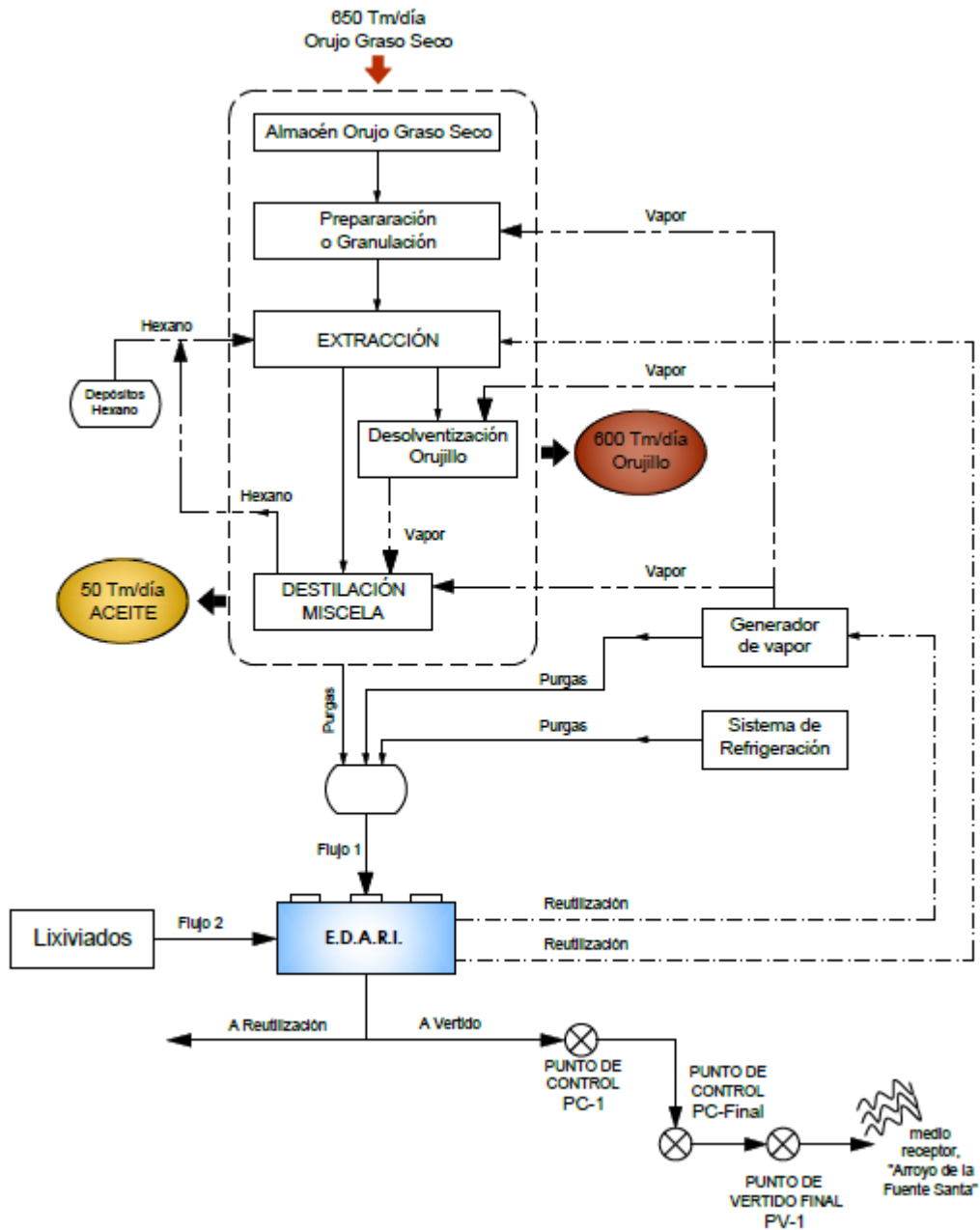


Fig. 2.- Diagrama de Flujos

5 DESCRIPCIÓN DE LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

Mediante análisis en laboratorio del agua de entrada a la E.D.A.R.I. se obtienen las siguientes características:

DBO ₅	1500 mg/l
DQO.....	5000 mg/l
Sólidos Suspendidos.....	75 mg/l
pH.....	3 – 9
Conductividad.....	Hasta 4000 μ s

Esta agua, como ya se ha explicado, contiene las aguas de proceso, las purgas de la caldera y sistema de refrigeración, y por otra parte, se unen los lixiviados de la zona ocupada por la propia actividad (pluviales, baldeos...).

La Autorización de Vertido con nº de expediente **EX0002/CO** que posee la industria exige los siguientes parámetros del agua para su vertido:

pH	: 6 – 9
DBO ₅	: < 25 mg/l.
DQO	: < 125 mg/l.
Sólidos Suspendidos	: < 50 mg/l.
Conductividad	: < 2.000 μ s/cm.

En la Estación Depuradora de Aguas Residuales Industriales (E.D.A.R.I.), que se quiere trasladar y mejorar, el proceso que siguen las aguas es el siguiente:

a) Filtración

Una etapa con un Filtro de Sílex-Antracita.

b) Microfiltración

Sistema formado por un filtro de cartuchos bobinados, con una porosidad de 5 micras.

c) Ósmosis Inversa

Etapa de ósmosis inversa, que consta de un módulo formado por dos tubos de cuatro membranas en espiral cada uno.

Debido a la falta de un proceso de decantación se tiene un grave problema de ensuciamiento de filtros y membranas, sobre todo en días de lluvia en los que el agua a tratar contiene mayor cantidad de sólidos insolubles, imposibilitando que estos equipos cumplan su objetivo de depuración y, por tanto, no sean capaces de cumplir con los parámetros exigidos para el vertido del agua.

La E.D.A.R.I., una vez trasladada y mejorada, tendrá capacidad para depurar hasta 225 m³/día de los efluentes anteriormente descritos.

El proceso que siguen estas aguas en la E.D.A.R.I. es el siguiente, en líneas generales. Se recomienda consultar el **PLANO N°6** para una mejor comprensión del mismo:

I. FASE 1

a) Pre-tratamiento de Coagulación-Floculación y Decantación

Equipo de adición química y preparación del agua con posterior decantación Lamelar y decantación Centrífuga.

II. FASE 2

b) Filtración

En dos etapas, una con Filtración Sílex-Antracita y otra con Filtración Sílex-Carbón Activo, formadas por dos filtros cada una.

c) Microfiltración

El agua filtrada es conducida a un segundo sistema formado por cuatro filtros de cartuchos bobinados, dos de ellos de 5 micras de porosidad, y otros dos de 1 micra.

d) Ósmosis Inversa

Se proyectan dos etapas de ósmosis inversa para la eliminación de contaminantes orgánicos e inorgánicos, la primera formada por dos tubos de cuatro membranas en espiral cada uno, y la segunda formada por un tubo de cuatro membranas en espiral.

e) Afine

Sistema de tratamiento del agua residual mediante filtración con Resinas y filtración con Carbón Activo, en el cual el efluente resulta apto para reutilización o posible vertido.

Como resultado del paso por la E.D.A.R.I., se obtiene un agua de salida apta para reutilización y para posible vertido, cuyas características son las siguientes:

pH	: 6 – 7
DBO ₅	: 15-20 mg/l.
DQO	: < 100 mg/l.
Sólidos Suspendidos	: trazas.
Conductividad	: < 200 µs/cm.

Aunque estas aguas cumplen con lo exigido por la Autorización de vertido, el objetivo principal de la propiedad es la reutilización en proceso de la totalidad de estas aguas, es decir, que haya vertido 0. Esto es debido a la gran necesidad de agua que tiene la propiedad en su proceso de extracción de aceite de orujo. Esta agua se consume principalmente en el lavador de gases del proceso de desolventización, en la caldera y en el sistema de refrigeración, siendo el consumo necesario bastante mayor que la cantidad de agua tratada por la EDARI.

5.1 Descripción proceso depuración fase 1

La materia en suspensión contenida en las aguas residuales industriales puede ser de muy diversa índole, desde partículas de varios milímetros y muy densas (normalmente inorgánicas), hasta suspensiones coloidales muy estables y con tamaños de partícula de hasta unos pocos nanómetros (normalmente de naturaleza orgánica).

Las operaciones para eliminar este tipo de contaminación de aguas suelen ser las primeras en efectuarse, dado que la presencia de partículas en suspensión suele ser indeseable en muchos otros procesos de tratamiento.

La eliminación de esta materia en suspensión se suele hacer mediante operaciones mecánicas. Sin embargo, en muchos casos, y para favorecer esa separación, se utilizan aditivos químicos, denominándose en este caso tratamientos químico-físicos.

El objetivo de esta primera fase es la sedimentación, una operación física en la que se aprovecha la fuerza de la gravedad que hace que una partícula más densa que el agua tenga una trayectoria descendente, depositándose en el fondo del sedimentador o decantador.

Esta operación será más eficaz cuanto mayor sea el tamaño y la densidad de las partículas a separar del agua, es decir, cuanto mayor sea su velocidad de sedimentación, siendo ésta el principal parámetro de diseño para estos equipos.

Según lo que se indica, al final se obtiene una fase líquida sobrenadante de agua residual más limpia, y un lodo que concentra sólidos en suspensión en el fondo de los decantadores.

Realmente, partículas de gran densidad y tamaño, como las arenas, se tienen en pocas ocasiones en aguas industriales. Lo más habitual es encontrar sólidos poco densos, por lo que es necesario, para hacer más eficaz la operación, llevar a cabo una coagulación-floculación previa.

5.1.1 Coagulación - floculación

Como se ha explicado anteriormente, la materia en suspensión puede estar formada por partículas de muy pequeño tamaño, lo que conforma una suspensión coloidal. Estas suspensiones coloidales suelen ser muy estables, en muchas ocasiones debido a interacciones eléctricas entre las partículas. Por tanto tienen una velocidad de sedimentación extremadamente lenta, por lo que haría inviable un tratamiento mecánico clásico. Una forma de mejorar la eficacia de todos los sistemas de eliminación de materia en suspensión es la adición de ciertos reactivos químicos que, en primer lugar, desestabilicen la suspensión coloidal (coagulación) y a continuación favorezcan la floculación de las mismas para obtener partículas fácilmente sedimentables.

El reactor, consta de una primera cámara donde se adicionan los reactivos, y se somete el flujo a una agitación y durante un corto periodo de tiempo, con el objetivo de conseguir una buena y rápida mezcla de reactivos y coloide para llevar a cabo la coagulación. A continuación se pasa a una zona donde la agitación es mucho menos intensa y donde el agua permanece más tiempo. En este caso el objetivo es que se produzca la floculación. De esta forma la materia en suspensión tiene unas características mucho más adecuadas para su eliminación mecánica.

5.1.1.1 Coagulación

Para realizar el proceso se añade un coagulante capaz de realizar la desestabilización del equilibrio electrocinético de las partículas. El coagulante consigue así neutralizar las cargas eléctricas superficiales de los coloides o, incluso, invertir esas cargas. Si se añaden ciertas sales, se forma un precipitado, en el que los coloides actúan de núcleos en la formación del precipitado, siendo captados al tener el flóculo una carga eléctrica positiva. Si se añaden ciertos polímeros aniónicos, sus moléculas adsorben los coloides, formando puentes entre ellos.

Habitualmente se utilizan sales con cationes de alta relación carga/masa (Fe_3^+ , Al_3^+) junto con polielectrolitos orgánicos, cuyo objetivo también es favorecer la floculación:

- **Sales de Fe_3^+ :** Pueden ser FeCl_3 o $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, con eficacia semejante. Se pueden utilizar tanto en estado sólido como en disoluciones. La utilización de una u otra está en función del anión, si no se desea la presencia de cloruros o sulfatos.
- **Sales de Al_3^+ :** Suele ser $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ o policloruro de aluminio. En el primer caso es más manejable en disolución, mientras que en el segundo presenta la ventaja de mayor porcentaje en peso de aluminio por kg dosificado.
- **Polielectrolitos:** Pueden ser polímeros naturales o sintéticos, no iónicos (poliacrilamidas) aniónicos (ácidos poliacrílicos) o catiónicos (polivinilaminas). Las cantidades a dosificar son mucho menores que para las sales, pero tanto la eficacia como el coste es mucho mayor.

5.1.1.2 Floculación

Después de la coagulación, y como ya se ha indicado, se debe proceder a aglomerar los coloides que han sido desestabilizados, y esa aglomeración se hace a base de multiplicar los contactos entre ellos. Una vez que se van aglomerando, forman un flóculo que puede decantarse más fácilmente.

Los floculantes que más se utilizan son polielectrolitos, es decir, macromoléculas con grupos de reacción con

carga inversa a la de la suspensión que se quiere tratar. Los polielectrolitos más usuales son los siguientes:

Carácter		Ejemplos
Natural	• Orgánico	<ul style="list-style-type: none"> • Alginato. • Acualgina. • Almidón de patata. • Almidón de tapioca. • Almidón de maíz. • Almidones modificados. • Taninos. • Alginatos. • Otros.
	• Mineral	<ul style="list-style-type: none"> • Sílice. • Alúmina. • Bentonita.
Sintético	• Polianiónicos, policationicos, no iónicos, anfóteros (tipo poliacrilamida o poliacrilato).	<ul style="list-style-type: none"> • Aniónicos (polímeros de acrilamida, etc.). • Neutros (poliacrilamidas, etc.). • Catiónicos (copolímeros de acrilamida con monómeros catiónicos).

Tabla 2.- Principales electrolitos usados como floculantes

Como se ha indicado anteriormente, los polielectrolitos pueden ser usados como coagulante y floculante conjuntamente.

5.1.2 Decantación lamelar

La forma de los equipos donde llevar a cabo la sedimentación es variable, en función de las características de las partículas a sedimentar (tamaño, forma, concentración, densidad, etc.). En este caso se usa un decantador lamelar.

Los decantadores lamelares han surgido como alternativa a los sedimentadores poco profundos, al conseguirse una mayor área de sedimentación en el mismo espacio.

Consisten en tanques de poca profundidad que contienen paquetes de placas (lamelas) o tubos inclinados respecto a la base, superpuestas a fin de reducir espacio y acelerar el proceso de decantación, y por cuyo interior se hace fluir el agua de manera ascendente. En la superficie inferior, por gravedad, se van acumulando las partículas, desplazándose de forma descendente y recogándose en el fondo del sedimentador.

El influente entra a la cámara de alimentación, donde las velocidades se reducen. Posteriormente, el agua fluye hacia la zona de decantación donde se diferencia tres zonas (desde el fondo):

- Zona de espesado y almacenaje.
- Zona de separación con lamelas.
- Zona de agua limpia.

Los sólidos separados en la zona de lamelas se deslizan por las superficies inclinadas y decantan, espesándose en la zona de espesado y almacenamiento. El agua limpia rebosa por los canales de recogida desde donde pasa a la siguiente etapa de depuración (filtración).

El lodo decantado se retira por la tubuladora inferior, pasando a la decantación centrífuga.

5.1.3 Decantación centrífuga

El decantador centrífugo horizontal consta esencialmente de un bol cilíndrico cónico y un tornillo sinfin de eje hueco que gira coaxialmente con el bol y en el interior del mismo a distinta velocidad.

La velocidad del giro del bol es de 5.300 r.p.m.

El lodo decantado entra a través de un tubo de entrada fijo, descargándose en el interior del bol en una zona regulable.

Inmediatamente, al quedar liberado en el bol y debido a la fuerza centrífuga ejercida sobre los principales componentes del mismo, se produce la sedimentación de los sólidos en la pared del bol formándose el anillo hidráulico con dos estratos:

- Un estrato periférico de sólidos.
- Un estrato inferior, más cercano al eje, de agua con menor contenido en sólidos.

Esa agua es recirculada al proceso bombeándola hacia el reactor, y los sólidos son retirados.

La siguiente imagen muestra un esquema de un decantador centrífugo similar al utilizado en este caso:

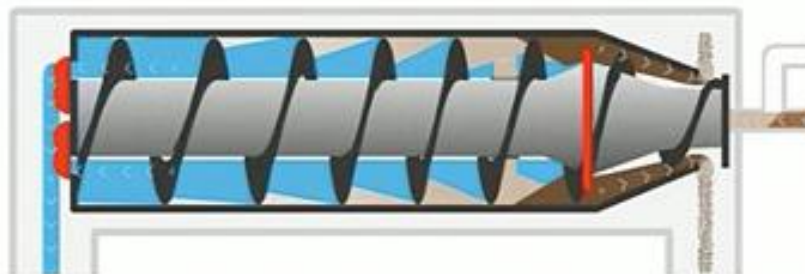


Fig. 3.- Esquema decantador centrífugo

5.2 Descripción proceso depuración fase 2

5.2.1 Filtración

La filtración es un procedimiento físico destinado a clarificar líquidos que contengan materia en suspensión, mediante el paso de aquellos a través de un medio poroso constituido básicamente por material granular. Las partículas de las aguas residuales son retenidas en la superficie de los granos que constituyen el filtro gracias a un conjunto de fuerzas físicas.

La capacidad de retención de un filtro la define su espacio intergranular. Como es natural, a medida que se usa un filtro la pérdida de carga aumenta mucho al irse colmatando los poros con el material que va reteniendo, hasta que llega un momento en que se hace necesario lavarlo y limpiarlo, bien moviendo el material que lo constituye, o bien con un retrolavado.

El material que se utiliza en un filtro debe estar constituido por productos o materias que le permitan ejercer su función con la máxima eficacia. En este caso se realizan dos procesos de filtración: uno mediante filtros de Sílex-Antracita, y otro mediante filtros de Sílex-Carbón activo; y finalmente un proceso de microfiltración.

5.2.1.1 Filtración Sílex - Antracita

Un filtro bicapa o multimedia es un lecho filtrante que contiene dos materiales; sílex y antracita, que elimina los sólidos en suspensión, turbidez y color del agua.

La filtración bicapa aprovecha las ventajas de combinar dos medios filtrantes, Antracita y Sílex, lo que permite una filtración en profundidad, con una mejor retención de sólidos.

La Antracita como medio filtrante es ideal, ya que sus granos presentan una alta dureza y un bajo contenido en contaminantes solubles, posee una baja densidad, forma angulosa y excelente friabilidad, lo cual proporciona una elevada capacidad de retención de sólidos en suspensión en la parte superior del lecho.

El Sílex debido a su elevada densidad y baja granulometría evita que los granos alcancen la superficie del lecho filtrante.

5.2.1.2 Filtración Sílex – Carbón activo

Los filtros están constituidos principalmente por un cuerpo cerrado en poliéster reforzado con fibra de vidrio para una presión máxima de 5 Kg/cm². Llevan un cabezal multivía automático en material bronce que se encarga de dirigir las diferentes fases del proceso. El lavado y limpieza de estos filtros, se realiza automáticamente a intervalos de tiempos programados.

Este tipo de filtración se utiliza para eliminar productos clorados que puedan dañar el sistema de ósmosis inversa.

5.2.2 Microfiltración

A continuación, el agua filtrada es conducida al sistema de microfiltración.

En esta tecnología las membranas actúan como tamices moleculares. La relación tamaño de sustancias contaminantes/distribución de tamaño de poros permite la exclusión de contaminantes en el permeado. Así, las sustancias mayores que el mayor tamaño de los poros serán totalmente rechazadas por la membrana, y las sustancias cuyo tamaño esté comprendido entre el mayor y menor tamaño de poros serán parcialmente rechazadas.

Aunque el proceso de microfiltración se basa en el mismo principio que la filtración clásica: separación mecánica de partículas mediante un tamiz, hay que resaltar que ésta solo es aplicable a suspensiones, mientras que en microfiltración, la exclusión de partículas por la membrana tiene lugar en el caso de dispersiones coloidales y soluciones.

Se suelen utilizar membranas microporosas del tipo filtro profundo dispuestas en cartuchos, que se instalan en línea y del tipo tamiz, que se disponen en diferentes configuraciones y que operan en la forma filtración tangencial. Para las aplicaciones industriales, las membranas de microfiltración se fabrican con polifluoruros de polivinilideno, poliamidas, poliolefinas, polietilenos y materiales cerámicos.

En este caso el sistema está formado por filtros de cartuchos bobinados (de polietileno bobinado o algodón), para evitar ensuciamientos en la siguiente etapa (ósmosis inversa), con una porosidad de 5 μ nominales y de 1 μ .

5.2.3 Ósmosis inversa

La ósmosis es el proceso que tiene lugar cuando una membrana, con permeabilidad selectiva al agua, separa dos soluciones salinas acuosas de distinta concentración, que se encuentran a la misma presión y temperatura. De forma natural el agua pasa de la solución más diluida a la más concentrada a través de la membrana. El fenómeno cesa cuando el aumento de presión hidrostática, en el lado de la membrana de la solución más concentrada, supone una resistencia suficiente para impedir el paso del agua proveniente de la solución diluida. La diferencia de presión entre las dos soluciones cuando se alcanza este estado de equilibrio se denomina diferencia de presión osmótica transmembrana ($\Delta\pi$). Si lo que se pretende es invertir el flujo de agua generado por la ósmosis, es necesario aplicar, en el lado de la solución concentrada, una presión que origine una diferencia de presión transmembrana (Δp) superior a la presión osmótica. De esta forma se logra que el flujo de agua sea en el sentido de la solución concentrada a la solución diluida (ósmosis inversa), obteniéndose agua desalada, a partir de soluciones acuosas salinas, de una calidad excepcional.

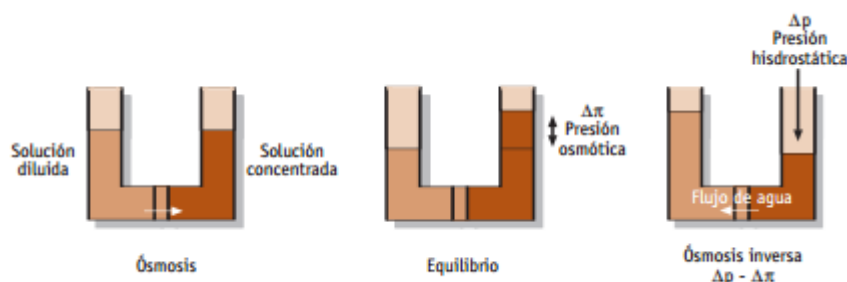


Fig. 4.- Esquema ósmosis y ósmosis inversa

En ósmosis inversa se utilizan membranas densas, anisótropas, en configuraciones del tipo módulos enrollados en espiral que se disponen en el interior de carcasas de plástico reforzadas con fibra de vidrio. También se utilizan membranas del tipo fibra hueca dispuestas en módulos. La elección del tipo de membranas dependerá de las características del agua a tratar, ya que las configuraciones con membranas tipo fibra hueca presentan mayores problemas de ensuciamiento que las configuraciones tipo enrollamiento en espiral.

Debido a los altos valores de rechazo de los procesos de ósmosis inversa, el ensuciamiento es la causa más importante del mal funcionamiento de las membranas.

Las causas más frecuentes del ensuciamiento son debidas a:

- Depósitos en la superficie de la membrana de costras o escamas de carbonato cálcico, sulfato cálcico, silicatos complejos, sulfato de bario, sulfato de estroncio, fluoruro cálcico, etc., dependiendo de la composición de la alimentación y como consecuencia de que las concentraciones de sal en el concentrado puedan sobrepasar el producto de solubilidad de la sal.
- Sedimentos de partículas como coloides, productos de la corrosión del hierro de las conducciones, precipitados de hidróxido de hierro, algas, etc.
- Bioensuciamiento debido al crecimiento de microorganismos en la superficie de la membrana, ya que algunos materiales de las membranas, como acetato de celulosa o poliamidas, pueden ser un sustrato utilizable por los microorganismos.
- Ensuciamiento debido a compuestos orgánicos como aceites o grasas presentes en las aguas residuales industriales.

En este caso se realizan dos etapas de ósmosis inversa para eliminar compuestos diferentes:

- Primera etapa, destinada a la eliminación de sales.
- Segunda etapa, cuyo objetivo es eliminar la contaminación orgánica existente en el agua a tratar.

El sistema está formado por membranas de poliamida enrolladas en espiral. También está dotado de un sistema de flushing, destinado a la conservación y mantenimiento de las membranas, que consiste en hacer circular parte del agua saliente de la ósmosis inversa por el circuito a una velocidad muy superior a la de su trabajo habitual, creando así una circulación en régimen turbulento y no laminar. El objetivo es desplazar y eliminar el ensuciamiento de las membranas, siendo de gran importancia para alargar la vida de las mismas.

5.2.4 Afine

Para la eliminación de los contaminantes disueltos existentes en el agua tras la ósmosis inversa, se procede a realizar una etapa de tratamiento de afine.

En esta etapa se lleva a cabo un proceso de filtración con resina de intercambio iónico y otro de filtración con carbón activo o adsorción.

5.2.4.1 Filtración con resina

En esta operación se utiliza un material, habitualmente denominado resinas de intercambio iónico, que es capaz de retener selectivamente sobre su superficie los iones disueltos en el agua, los mantiene temporalmente unidos a la superficie, y los cede frente a una disolución con un fuerte regenerante.

Los tratamientos con resinas más comunes para el agua industrial son:

- **Ablandamiento:** consiste en la eliminación de dureza temporaria (bicarbonatos de Ca y Mg) y dureza permanente (iones de calcio y magnesio).
- **Descarbonización:** consiste en la eliminación total o parcial de la dureza temporaria constituida por bicarbonatos de tierra alcalinos (Ca y Mg).
- **Desmineralización:** consiste en la eliminación de la salinidad del agua (sales de Ca, Mg, Na, K).
- **Adsorción:** las resinas adsorben moléculas orgánicas polares, en forma reversible y selectiva, quedando retenidas dentro de los poros de las mismas.
- **Remoción de nitrógeno:** los iones normalmente removidos de los flujos contaminados son el ión amonio NH_4^+ y el ión nitrato NO_3^- . El ión de sustitución varía dependiendo de la solución utilizada para la regeneración de la resina, por ejemplo, de acuerdo a cuáles iones están en los sitios activos de la resina.

Las propiedades que rigen el proceso de intercambio iónico y que a la vez determinan sus características principales son las siguientes:

- Las resinas actúan selectivamente, de forma que pueden preferir un ión sobre otro con valores relativos de afinidad de 15 o más.
- La reacción de intercambio iónico es reversible, es decir, puede avanzar en los dos sentidos.
- En la reacción se mantiene la electroneutralidad.

Hay sustancias naturales (zeolitas) que tienen capacidad de intercambio, pero en las industrias la mayor parte de las resinas que se utilizan en el intercambio iónico son productos sintéticos originados a partir de un polímero, con muy claras ventajas de uso.

Los principales tipos de resinas de intercambio iónico son los siguientes:

Tipo de resina	Variedad	Características
Resinas de intercambio catiónico	Resinas para cationes fuertemente ácidos, o resinas catiónicas fuertes.	Tienen radicales sulfónicos. Pueden romper los enlaces de las sales neutras y liberar los ácidos asociados. pH sin limitaciones.
	Resinas para cationes ligeramente ácidos, o resinas catiónicas débiles.	Tienen radicales carboxílicos. Pueden atraer los cationes asociados a la alcalinidad. pH > 7.
Resinas de intercambio aniónico	Resinas para aniones fuertemente alcalinos, o resinas aniónicas fuertes.	Tienen radicales amonio cuaternarios. Fijan los ácidos débiles. pH sin limitaciones.
	Resinas para aniones ligeramente alcalinos, o resinas aniónicas débiles.	A partir de mezclas de aminas primarias a cuaternarias. Fijan los ácidos fuertes.

Tabla. 3.- Principales resinas de intercambio iónico

Al producirse el intercambio iónico, la capacidad de la resina comienza a decrecer, debido a que posee una capacidad limitada para la remoción de iones de las soluciones y debido a esto, en un momento dado habrá cedido la mayoría de sus iones de sustitución y se producirá un cierto pase de iones no deseados en el agua producida y se dice que esta resina está "agotada" o saturada de los iones que ha atrapado. Por este motivo, cuando se diseña una columna de intercambio iónico, se establece a priori la concentración máxima admisible de iones indeseables en la salida del proceso. Cuando se llega a la concentración pre establecida, se debe proceder a regenerar la resina, para poderla utilizar en un nuevo ciclo.

La regeneración de las resinas de intercambio iónico es el proceso inverso del proceso de intercambio iónico y tiene por finalidad devolverle a la resina de intercambio iónico su capacidad inicial de intercambio. Esto se realiza haciendo pasar soluciones que contengan el ión móvil original, el cual se deposita en la resina y desaloja los iones captados durante el agotamiento.

Para la regeneración de las resinas de intercambio iónico se usa:

- Sal común (cloruro de sodio) para regenerar resinas catiónicas de ácidos fuertes.
- Ácido clorhídrico o ácido sulfúrico (depende del costo y de la eficiencia): para regenerar resinas catiónicas de ácidos fuertes y resinas catiónicas de ácidos débiles..
- Hidróxido de sodio o hidróxido de amonio: para regenerar resinas aniónicas de bases fuertes y resinas aniónicas de bases débiles.

Una vez regenerada la resina está lista para un nuevo ciclo de intercambio iónico.

Entre las ventajas del proceso iónico en el tratamiento de aguas cabe destacar:

- Son equipos muy versátiles siempre que se trabaje con relativas bajas concentraciones de sales.
- Actualmente las resinas tienen altas capacidades de tratamiento, resultando compactas y económicas.
- Las resinas son muy estables químicamente, de larga duración y fácil regeneración.
- Existe cierta facilidad de automatización y adaptación a situaciones específicas.

5.2.4.2 Filtración carbón activo (adsorción (carbón activo))

La adsorción es un fenómeno por el que las moléculas de un fluido que inciden sobre una superficie sólida quedan retenidas cierto tiempo sobre ella por acción física o química. Con la adsorción se pueden separar componentes de mezclas líquidas o gaseosas por contacto con el adsorbente apropiado.

Para utilizar este fenómeno en el tratamiento de aguas residuales industriales, se buscan materiales con gran porosidad y con una superficie específica importante, dado que el compuesto soluble a eliminar se ha de concentrar en la superficie del mismo.

Los adsorbentes más utilizados son la alúmina, el gel de sílice y ciertas resinas orgánicas de poliestireno o ésteres acrílicos, pero, sobre todo, el más aplicado es el carbón activo. La calidad de los efluentes de un sistema de adsorción, a base de carbón activo, depende fundamentalmente de la composición del agua residual y del tipo de carbón activado que se utilice.

Como consecuencia de la adsorción llega un momento o punto de ruptura en que el adsorbente ya no es eficaz, por lo que a partir de ese instante deberá ser regenerado.

En este caso se utiliza como adsorbente el carbón activo.

Se llama carbones activos a unos carbones con propiedades notables de adsorción como consecuencia de su gran porosidad, debida al tratamiento de activación. Hay dos formas clásicas de utilización de carbón activo, con propiedades diferentes y utilizado en diferentes aplicaciones:

- **Carbón activado granular (GAC):** Se suele utilizar una columna como medio de contacto entre el agua a tratar y el carbón activado, en la que el agua entra por la parte inferior y asciende hacia la superior. El tamaño de partícula en este caso es mayor que en el otro. Se suele utilizar para eliminar elementos traza, especialmente orgánicos, que pueden estar presentes en el agua, y que habitualmente han resistido un tratamiento biológico. Son elementos, que a pesar de su pequeña concentración, en muchas ocasiones proporcionan mal olor, color o sabor al agua.
- **Carbón activo en polvo (CAP):** Este tipo de carbón se suele utilizar en procesos biológicos, cuando el agua contiene elementos orgánicos que pueden resultar tóxicos. También se suele añadir al agua a tratar, y pasado un tiempo de contacto, normalmente con agitación, se deja sedimentar las partículas para su separación previa. Suelen ser operaciones llevadas a cabo en discontinuo.

La viabilidad económica de este proceso depende de la existencia de un medio eficaz de regeneración del sólido una vez agotada su capacidad de adsorción. El GAC se regenera fácilmente por oxidación de la materia

orgánica y posterior eliminación de la superficie del sólido en un horno. Las propiedades del carbón activo se deterioran, por lo que es necesario reponer parte del mismo por carbón virgen en cada ciclo. Por otro lado el CAP es más difícil de regenerar, se hace mediante los procesos WRS (secado con aire comprimido, oxidación y calor) y AST (calor y vapor a alta temperatura), pero también es cierto que es más fácil de producir.

6 AUTOMATIZACIÓN

El sistema de depuración está totalmente automatizado, mediante un Controlador Lógico Programable, más conocido por sus siglas en inglés PLC (Programmable Logic Controller) conectado vía módem en el que se ha instalado una aplicación informática que permite el control remoto de la planta. Cuando se producen alarmas o averías se ejecuta una llamada automática al servicio de mantenimiento.

Cualquier posible anomalía, inicia el proceso de parada de la planta, y se ponen en marcha las medidas necesarias para la solución.

A diferencia de las computadoras de propósito general, el PLC está diseñado para múltiples señales de entrada y de salida, rangos de temperatura ampliados, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto. Los programas para el control de funcionamiento de la máquina se suelen almacenar en baterías copia de seguridad o en memorias no volátiles.

Un PLC es un ejemplo de un sistema de tiempo real «duro», donde los resultados de salida deben ser producidos en respuesta a las condiciones de entrada dentro de un tiempo limitado, de lo contrario no producirá el resultado deseado.

7 PLANTA PILOTO

El agua que llega a la E.D.A.R.I. tiene características muy variables. Esta gran variabilidad depende, principalmente, de lo siguiente:

- Proporción de finos que se produzca en el proceso de desolventización de la extractora.
- Cantidad y contaminación del agua de lluvia, que arrastra la suciedad existente en las zonas industriales de la planta.

Por esta razón, resulta necesaria la instalación de una planta piloto, donde se puedan probar distintos filtros, membranas, resinas y carbones activos, con el objetivo de ayudar a la E.D.A.R.I. a resolver los problemas que genere la gran variabilidad de estas aguas.

Los equipos que conforman esta planta piloto, así como sus características técnicas, se explican en el punto A.6 del Anexo A.

8 DESCRIPCIÓN DE LAS REDES DE CONDUCCIÓN DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES A DEPURACIÓN Y VERTIDO DE LAS MISMAS

Como ya se ha explicado, en el proceso de extracción se generan distintos tipos de aguas residuales:

FLUJO 1 EFLUENTE INDUSTRIAL	FLUJO 2 LIXIVIADOS
Aguas procedentes del proceso de extracción	Lixiviados de lluvia procedentes de las zonas industriales
+	
Purgas del Generador de Vapor	
+	
Purgas del Sistema de refrigeración.	A DEP. 6 (depósito aéreo Agua EDARI)
A	
E.D.A.R.I.	

Tabla 4.- Flujos de aguas residuales generadas

En resumen, los FLUJOS 1 y 2, se enviarán a la E.D.A.R.I., donde seguirán el proceso de depuración, resultando agua apta para su vertido **o reutilización en la propia actividad.**

Estos flujos están canalizados en redes de evacuación independientes que quedan grafiadas en el **PLANO N° 4** que se adjunta en este proyecto.

8.1 Conducción del agua de proceso de extracción hasta la E.D.A.R.I.

El agua procedente de la etapa de Desolventización y Destilación, libre de hexano, se conduce mediante conducción de acero inoxidable por gravedad enviará esta agua al pozo de recogida junto al sistema, Pz1.

Este pozo cuenta con sistema de bombeo para el envío de las aguas a la E.D.A.R.I.

8.2 Conducción de las purgas de la caldera y purgas del sistema de refrigeración

Se dispone de una tubería de inox., que transporta las purgas de la caldera, hasta un pozo de hormigón, desde el cual, mediante bomba se enviarán a la E.D.A.R.I.

Las purgas del sistema de refrigeración también son conducidas al Pz1 desde son enviadas a la E.D.A.R.I.

8.3 Conducción de lixiviados (Flujo – 2) a depósito pulmón de alimentación a depuración

Todas las zonas ocupadas por la actividad industrial, así como las de almacenamiento y las de tránsito de vehículos que pudiesen producir derrames de productos, están perfectamente delimitadas mediante bordillos, resaltes y soleras con pendientes adecuadas que conducen cualquier lixiviado hacia una red de saneamiento independiente, con destino a la depuradora.

En la zona circundante a la actividad extractora, (zona alta de la parcela, según planos adjuntos), la recogida de estos lixiviados se realiza mediante tubería subterránea, siendo conducidos hasta pozo (Pz6) de hormigón armado, situado en la zona intermedia de la parcela. De este pozo, son bombeados hasta el pozo Pz1 donde inician el proceso de depuración.

La zona de escurrimientos entre las naves de almacenamiento de orujo, así como los lixiviados procedentes de los viales se conducen por gravedad al pozo Pz3 y llegan por su pie hasta el Pz4 que también recoge los lixiviados del parque de hueso canalizados mediante cuneta. Éste, conecta con el pozo Pz5 el que recoge los lixiviados de los viales de subida y bajada, así como los recogidos en la zona de recepción de materia prima.

Desde el pozo pz5, estos lixiviados, que conforman el denominado FLUJO-2, son enviados hasta el depósito de almacenamiento y alimentación a depuradora, (DEP. 6).

8.4 Conducción del agua depurada a reutilización

El agua depurada en la E.D.A.R.I., se obtiene con los parámetros adecuados **para ser reutilizada en el proceso**, o bien para ser vertida al punto de vertido autorizado a través de tubería de polipropileno de 200 mm.

Desde el depósito de salida de agua depurada de la EDARI (DEP 17, en el que se almacena para reutilización), se dispone de una tubería de polietileno que la conduce hasta un depósito (DEP 10) donde se almacena.

8.5 Rechazos de la depuradora

El proceso de depuración conlleva unos rechazos, que deben ser recirculados al mismo proceso, hasta su máximo agotamiento.

Se prevé un rechazo que se envía a depósito existente y de aquí será enviado al evaporador que la entidad posee en su central de Palenciana.

9 EQUIPOS QUE SE INSTALAN

Algunos de los equipos y componentes de la E.D.A.R.I. proceden de la instalación existente. Lo único que se hace con ellos es cambiar su ubicación.

Para conformar cada una de las etapas del proceso de depuración, tal y como se ha descrito anteriormente, únicamente ha sido necesaria la adquisición o reutilización de los siguientes equipos. Se recomienda nuevamente la consulta del **PLANO N°6**:

9.1 E.D.A.R.I. – Fase 1

9.1.1 Depósitos pulmón Dep. 11 y Dep.12

Se instalan dos depósitos pulmón para aguas a depuradora conectado con válvula intermedia. Ø 2500 mm. Altura: 5300 mm. Material: Poliéster. Capacidad: 26.000 l.

9.1.2 Bomba sumergible en Pz1 (B-1)

Se instala una bomba sumergible en pozo Pz1, de agua de proceso a depósitos pulmón de la depuradora. La bomba es de 2º uso y está sobredimensionada. Dispone de variador de frecuencia comandado por nivel, el cual hace que la salida de agua del pozo Pz1 sea lo más constante posible, evitando arranques y paradas continuas de la bomba, con los problemas que ello conlleva. Además, al ser continuo y estable el caudal de agua de salida de proceso, hace más eficiente el intercambiador tubular existente. Potencia 5,5 Kw.

9.1.3 Bomba aportación floculación (B-2)

Se instala una bomba de aporte de agua bruta de Dep.11 y Dep.12 a floculación-coagulación. La bomba es de 2º uso y está sobredimensionada. Dispone de variador de frecuencia que regula el caudal de agua a depurar, siendo este constante durante todo el día, por lo que se optimiza el funcionamiento del decantador lamelar. Además, también se optimiza el intercambio de temperatura del agua a depurar en el intercambiador de placas existente, bajando esta temperatura para evitar daños y problemas en las membranas de ósmosis inversa, y ganando energía calorífica en el agua de aporte a caldera. Potencia 0,75 KW.

9.1.4 Bomba recirculación en reactor (B-3)

Se instala una bomba de recirculación de agua en el reactor de floculación-coagulación. La bomba es de 2º uso y está sobredimensionada. Dispone de variador de frecuencia para controlar el aporte de agua al decantador lamelar, que necesita un flujo constante para su óptimo funcionamiento. Potencia 0,75 Kw

9.1.5 Reactor Floculación – Coagulación

Se instala un reactor de floculación – coagulación con agitador, ya existente en otra planta en desuso, cuyas dimensiones son 1800 x 1150 x 1740 mm. con un volumen de 3.600 l. donde se agita el agua bruta con floculante-coagulante. Potencia instalada: 0,75 KW.

Dicho reactor fue adquirido por la propiedad junto con el decantador lamelar que se instala, ya que forman parte de la misma unidad de decantación. Como se demuestra posteriormente, dicha unidad es suficiente para tratar el agua bruta producida.

Para la elección del floculante – coagulante se manda una muestra de agua bruta a la empresa Geblasa S.A., la cual estudia distintos floculantes y coagulantes mediante análisis en laboratorio y propone el óptimo. A continuación se explica dicho estudio.

DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO TÉCNICO

- Ensayo Lab. N°1 De Jarras “JAR-TEST” para encontrar dosis óptimas entre diferentes coagulantes inorgánicos (PAX 18, PAX 10 y FERRICLAR) con la ayuda de una dosis de PoliDADMACS (OPTIFLOC PD-340) en el efluente de entrada de la EDAR.
- Ensayo Lab. N°2 De Jarras “JAR-TEST” donde se corrige a pH óptimo de coagulación-floculación. Se sigue tratamiento con PAX 18 como coagulante y se ensaya con dosis de diferentes coadyuvantes. (SUPERFLOC A-130 y OPTIFLOC PD-340).

Los tests de laboratorio se realizan mediante el llamado “Jar – test”, según el método que se explica a continuación:

- Llenar el recipiente con 500 ml de efluente a tratar.
- Agitar a 170-175 r.p.m.
- Introducir la dosis deseada de coagulante (dis.a 10 g/l) – PAX 18, PAX 10 y/o FERRICLAR (t=0)
- Introducir la dosis deseada del floculante (dis.a 1 g/l) – SUPERFLOC A-130 PWG y/o OPTIFLOC PD-340.
- Agitar a 40 r.p.m. durante 15 min. (t=3)
- Parar de agitar, sacar las hélices y la decantación comienza. (t=15 - 20)
- Recoger una muestra de agua a 5 cm. de profundidad aprox., esta operación se efectuará a los 3 y 15 min. de la decantación.

Tras la realización del Jar – Test se mide la turbidez residual del agua tratada.

Todo este estudio nos llevará a la aplicación de la cantidad necesaria tanto de coagulante como de floculante, para obtener un rendimiento óptimo del tratamiento y de esta manera tener unos buenos resultados.

A continuación se muestran los parámetros que se estudian del agua a tratar por la EDARI.

PARÁMETROS	UNIDADES
TURBIDEZ (NTU)	344
pH	6,30
CONDUCTIVIDAD ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$)	7700

Tabla 5.- Parámetros agua a tratar

A continuación se representan los parámetros más comunes de los diferentes productos ensayados:

PRODUCTO	CARACTERÍSTICAS
PAX 18	18 % Al_2O_3
PAX 10	10 % Al_2O_3
FERRICLAR	45 % $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$
SUPERFLOC A-130 PWG	Polielectrolito aniónico
OPTIFLOC PD-340	PoliDADMACS

Tabla 6.- Parámetros floculantes-coagulantes ensayados

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

Ensayos de laboratorio N°1

OLEICOLA EL TEJAR (EDARI EL TEJAR)						
Fecha : 24/03/2016					Turbidez: 344 NTU	
Hora : 10:00					pH : 6,30	
Muestra : Efluente de entrada a la EDARI					Cond: 7700 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$	
Localizacion : El Tejar (CÓRDOBA)						
Productos	Dosis "ppm"	For. Floculo (1-5)	Dec. Floculo (1-5)	Turbidez 15' "NTU"	pH	Conductividad " $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ "
PAX 18 + OPTIFLOC PD-340	200 + 1	1	5	25	6,32	7610
PAX 18 + OPTIFLOC PD-340	300 + 1	3	3	13	6,22	7660
PAX 10 + OPTIFLOC PD-340	200 + 1	5	5	65	6,38	7780
PAX 10 + OPTIFLOC PD-340	300 + 1	2	2	33	6,30	7730
FERRICLAR + OPTIFLOC PD-340	200 + 1	1	4	100	6,20	7570
FERRICLAR + OPTIFLOC PD-340	300 + 1	4	1	55	6,12	7570

Tabla 7.- Ensayos de laboratorio N°1

Después de realizar este primer ensayo se puede ver que los resultados más satisfactorios se obtienen con la aplicación del PAX 18 como coagulante y OPTIFLOC PD-340 como coadyuvante de floculación.

Ensayos de laboratorio N°2

OLEICOLA EL TEJAR (EDARI EL TEJAR)							
Fecha : 24/03/2016 Hora : 10:00 Muestra : Efluente de entrada a la EDARI Localización : El Tejar (CÓRDOBA)						Turbidez: 344 NTU pH :6,30 pH Modificado:7,46 Cond: 7880 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$	
Productos	Dosis "ppm"	For. Floculo (1-5)	Dec. Floculo (1-5)	Turbidez 3' "NTU"	Turbidez 15' "NTU"	pH	Conductividad " $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ "
PAX 18 + SUPERFLOC A-130 PWG	300 + 1	3	4		8	6,97	7410
PAX 18 + SUPERFLOC A-130 PWG + OPTIFLOC PD-340	300 + 0,5 + 0,5	3	4		6	6,89	7530
PAX 18 + OPTIFLOC PD-340	300 + 1	2	2		8	6,86	7780
PAX 18 + OPTIFLOC PD-340	250 + 1	2	2		7	6,96	7860
PAX 18 + SUPERFLOC A-130 PWG	250 + 1	5	5		4	6,91	7810
PAX 18 + SUPERFLOC A-130 PWG	250 + 0,5	4	5		7	6,88	8010
PAX 18 + SUPERFLOC A-130 PWG	250 + 1	5	5	3	4	6,74	7200
PAX 18 + SUPERFLOC A-130 PWG	200 + 1	4	4	6	6	6,88	7810

Tabla 8.- Ensayos de laboratorio N°2

En los resultados que se obtienen en este ensayo se puede apreciar que la dosis óptima con el PAX 18 ha sido de 250 ppm con ayuda de 1 ppm del SUPERFLOC A-130 PWG. Hay que destacar que con este tratamiento mejora en todos los parámetros el agua de entrada a la EDARI El Tejar.

CONCLUSIÓN

Se concluye que para el tratamiento óptimo del agua bruta se debe realizar un tratamiento físico-químico con PAX 18 como coagulante y el SUPERFLOC A-130 PWG como floculante.

9.1.6 Equipo dosificador producto químico

Se instala equipo dosificador de producto químico para la floculación-coagulación de aguas residuales. Para su elección se realiza el siguiente estudio:

- La EDARI es capaz de tratar hasta 225 $\text{m}^3/\text{día}$:

$$225 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} * \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} = 9375 \text{ l/h}$$

- Se necesitan un total de 251 ppm de producto químico, por tanto se necesitan:

$$251 \text{ ppm} * \frac{0,001 \frac{\text{ml}}{\text{l}}}{1 \text{ ppm}} * 9375 \frac{\text{l}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ l}}{1000 \text{ ml}} = 2,35 \frac{\text{l}}{\text{h}} \text{ de producto químico}$$

Se contacta con el fabricante ALMO, que nos recomienda el siguiente dosificador:

Dosificador RLA 90S 8 S1, dotado de depósito de almacenamiento de 250 l. Caudal máx. 10 l/h. Potencia instalada 0,37 Kw.

Como se puede observar, dicho dosificador está sobredimensionado, esto es así debido a la necesidad de tener la seguridad de que el dosificador será suficiente en el caso de que el agua a tratar tenga mayor suciedad y, por tanto, se necesite una mayor concentración de producto químico para su tratamiento.

9.1.7 Decantador lamelar

Se instala un decantador lamelar procedente de otra planta en desuso de la propiedad. Para asegurar que su instalación cumple con las necesidades de la EDARI se estudia lo siguiente:

- El decantador lamelar está definido para tratar de 6 a 9 m³/h en función de la calidad del agua.
- La producción real de aguas residuales procedentes de la extractora y de los lixiviados rara vez supera los 6 m³/h.
- El agua residual procedente de la extractora apenas tiene sólidos insolubles.

Se concluye, por tanto, que dicho decantador lamelar cumple con las necesidades de la EDARI, y será capaz de tratar la totalidad del agua residual producida.

El decantador está construido en polipropileno con estructura portante de acero al carbono, cuyas dimensiones exteriores son 1180 x 1892 x 2850 mm (a x l x h), está diseñado para una concentración de sólidos de 250 mg/l. Dispone de lamelas de PVC con una superficie de 10 m².

9.1.8 Decantador centrífugo horizontal

Se instala un decantador centrífugo para separación de sólidos insolubles procedentes del decantador lamelar. Para su elección se estudia lo siguiente:

- La EDARI puede ser capaz de tratar hasta 9375 l/h.

- El agua residual procedente de la extractora apenas tiene sólidos insolubles, además la mayoría de ellos son de pequeño tamaño. La gran parte de los sólidos insolubles, de pequeño y mayor tamaño, proceden de los lixiviados, cuando estos existen, que arrastran la suciedad de las zonas industriales de la planta.
- Se considera que entre el 80% y el 90% del agua residual producida saldrá libre de sólidos insolubles del decantador lamelar hacia la fase de filtración, mientras que entre un 20% y un 10% de esta agua saldrá del decantador lamelar en forma de lodo hacia el decantador centrífugo, que debe tratarla:

$$20\% \text{ de agua a tratar} \quad \longrightarrow \quad 9375 \frac{l}{h} * 0,2 = 1875 \frac{l}{h} = 1,875 \text{ m}^3/h$$

$$10\% \text{ de agua a tratar} \quad \longrightarrow \quad 9375 \frac{l}{h} * 0,1 = 937,5 \frac{l}{h} = 0,9375 \text{ m}^3/h$$

- Se concluye que se necesita un decantador centrífugo capaz de tratar entre 1 y 2 m³/h.

Se contacta con la empresa Alfa Laval y, de entre su catálogo de decantadores centrífugos, se elige el siguiente:

- Decanter ALFA LAVAL, modelo UVNX 904 para deshidratación de fangos de depuradora.
- Capacidad unitaria: 1-2 m³/h con una concentración de hasta el 2% de sólidos.
- Descripción:

Bowl:

Versión: 2 fases

Velocidad: 5.300 rpm (3.140 x G)

Longitud del bowl: 709 mm

Diámetro del bowl: 200 mm

Angulo del cono: 10°

Tipo de descarga sólidos: 6 boquillas

Ayuda transporte sólidos: Nervios

Material: Acero inoxidable AISI 316

Material – retenes: Nitrilo Salida de líquidos, tipo: Gravedad

Lubricación: Grasa

Tornillo sinfín:

Material: AISI 316

Paso: 90 mm

Protección contra el desgaste:

Descarga de sólidos: Casquillos estellite

Alabes del tornillo sinfín: TM11

Estructura y carcasa:

Tipo: Perfil de vigas con carcasa integrada

Material - carcasa / tapa: AISI 316

Juntas / sellos – carcasa: Nitrilo

Material – estructura: Acero al carbono

Accionamientos:

Gearbox, tipo: Planetario - 2-etapas Gearbox, max. Par: 0,4 kNm

Gearbox, ratio: 1:45,6

Accionamiento trasero: Correas y poleas

Motor principal: ABB 4 kW / Arranque directo

Características eléctricas: 3 x 380 V / 50 Hz

9.1.9 Intercambiadores de calor

Se instalan dos intercambiadores de calor agua bruta-agua de caldera, con el objetivo de elevar la temperatura de aporte a caldera, con el consiguiente ahorro energético, y disminuir la temperatura de agua bruta.

Dichos intercambiadores son propiedad de la empresa y proceden de otra planta en desuso. Sus características técnicas son las siguientes:

- Intercambiador tubular DOBLAS:

Intercambiador de carcasa y tubos, de 2 pasos por tubo y 1 por carcasa, de 90 tubos por unidad, 6 metros de longitud, en tubo AISI 304 s/ASTM A-269, de 30 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor. Área de transmisión de 50 m².

Las envolventes, de 510 mm de diámetro exterior, se fabrican de chapa de acero inoxidable AISI 304 de 5 mm de espesor. Incluye 5 + 5 tabicas interiores en chapa de acero inoxidable AISI 304 de 3 mm de espesor y placa-tabica de acero al carbono de 24 mm de espesor. Tapas distribuidoras (para varios pasos por tubo) de agua en acero inoxidable AISI 304 de 4 mm de espesor con bridas especiales de 24 mm de espesor en acero al carbono S355J2.

- Intercambiador de placas ALFA LAVAL, modelo M6-MFG-30PL:

Intercambiador de calor de placas, de 30 placas; altura: 920 mm; anchura: 320 mm; conexión vertical dist., VC: 640 mm; conexión horizontal dist., HC: 140 mm; Área de transmisión: 5 m²; Tamaño de conexión, conducto: 2 pulgadas; Tamaño de conexión, brida: 60 mm; Máximo caudal: 15 Kg/s; Máxima temperatura: 160 °C; Máxima presión: 16 bar; Principio de flujo: Paralelo.

9.1.10 Depósito rechazos

Se instala un depósito para almacenamiento de los rechazos de la EDARI. Ø 3000 mm. Altura: 3900 mm. Material: Poliéster. Capacidad: 27.000 l.

9.2 E.D.A.R.I. – Fase 2

9.2.1 Filtros de Sílex – Antracita

Se instalan dos filtros de Sílex – Antracita ya existentes en otra planta y en desuso. Las características de dichos filtros son las siguientes:

Filtro marca Astralpool, modelo Praga 2000 – 00692.

Ø (mm)	2000
Altura de arena filtrante (m) Filtration bed height (m)	1
H (mm)	2040
B (mm)	300
A (mm)	790
C (mm)	510
Ø P (mm)	1550
E (mm)	140
Superficie filtración (m ²) Filtration area (m ²)	3,14
Volumen / Volume (l)	4400
Arena / Sand 0,4 – 0,8 mm (Kg)	3800
Grava / Gravel 1 – 2 mm (Kg)	1050
Peso total en servicio (Kg) Total weight in operation (Kg)	7900



Presión máxima de trabajo: 2,5 Kg/cm² / Maximum working pressure Kg/cm²

Diámetro Diameter Ø mm	Velocidad filtración Filtration velocity m ³ /h/m ²	Salida Outlet Ø mm	Caudal Flow m ³ /h	Código Code	Emb. Standard Standard packaging	Peso Standard Standard weight kg	Volumen Standard Standard volume m ³
2000	20	110	62	00692	1	295	8,7
	30	125	94	00699	1	295	8,7
	40	140	125	00706	1	295	8,7
	50	160	157	05083	1	295	8,7

Fig. 5.- Características filtro Sílex-Antracita

Como se observa, el caudal es de 62 m³/h, por lo que el filtro está sobredimensionado, ya que como se sabe el caudal de agua bruta a tratar rara vez supera los 6 m³/h. Además, debido a que el diámetro es de 2000 mm, la

velocidad de paso del agua a tratar ($Q = 9,375 \text{ m}^3/\text{h}$) a través del filtro es muy baja:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{9,375 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{3,14 \text{ m}^2} = 3 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}/\text{m}^2$$

Donde:

Q = Caudal de agua (m^3/h)

v = Velocidad de paso del agua ($\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$)

A = Superficie de filtración (m^2)

Con esta velocidad de paso tan baja se asegura que no hay problema de pérdida de carga, ya que el fabricante asegura que para velocidades menores de $20 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ no habrá arrastre de carga, así como que el agua bruta se distribuirá por toda la superficie del filtro, evitando que aparezcan caminos preferenciales y el agua no sea filtrada debidamente.

9.2.2 Filtros de Sílex – Carbón activo

Se instalan dos filtros de Sílex – Carbón activo ya existentes en otra planta y en desuso. Las características de dichos filtros son las siguientes:

Filtro marca Astralpool, modelo Praga 1050 – 00687.

Ø (mm)	1050
Altura de arena filtrante (m) Filtration bed height (m)	1
H (mm)	1640
B (mm)	200
A (mm)	540
C (mm)	645
Ø P (mm)	755
E (mm)	90
Superficie filtración (m ²) Filtration area (m ²)	0,86
Volumen / Volume (l)	1050
Arena / Sand 0,4 – 0,8 mm (Kg)	950
Grava / Gravel 1 – 2 mm (Kg)	300
Peso total en servicio (Kg) Total weight in operation (Kg)	2000



Presión máxima de trabajo: 2,5 Kg/cm ² / Maximum working pressure Kg/cm ²							
Diámetro Diameter Ø mm	Velocidad filtración Filtration velocity m ³ /h/m ²	Salida Outlet Ø mm	Caudal Flow m ³ /h	Código Code	Emb. Standard Standard packaging	Peso Standard Standard weight kg	Volumen Standard Standard volume m ³
1050	20	63	17	00687	1	120	1,9
	30-40	75	25-34	00694	1	120	1,9
	50	90	43	00707	1	120	

Fig. 6.- Características filtro Sílex-Carbón activo

Como se observa, el caudal es de 17 m³/h, por lo que el filtro está sobredimensionado, ya que como se sabe el caudal de agua bruta a tratar rara vez supera los 6 m³/h. Además, debido a que el diámetro es de 1050 mm, la velocidad de paso del agua a tratar ($Q = 9,375 \text{ m}^3/\text{h}$) a través del filtro es muy baja:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{9,375 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{0,86 \text{ m}^2} = 10,9 \frac{\text{m}^3}{\text{h} \cdot \text{m}^2}$$

Con esta velocidad de paso tan baja se asegura que no hay problema de pérdida de carga, ya que el fabricante asegura que para velocidades menores de 20 m³/h/m² no habrá arrastre de carga, así como que el agua bruta se distribuirá por toda la superficie del filtro, evitando que aparezcan caminos preferenciales y el agua no sea filtrada debidamente.

9.2.3 Módulos de ósmosis inversa

En la planta actual ya existe instalado un módulo de ósmosis inversa, formado por dos tubos cuyas características se explican en el anexo A de este proyecto.

Se instala un segundo módulo de ósmosis inversa, formado por un único tubo de las mismas características de los tubos del primer módulo, para conseguir una mayor disminución de la DQO del agua bruta y, así, poder cumplir con lo exigido por la Autorización de vertido, tras el posterior paso por el proceso de afine.

Se deben elegir las membranas utilizadas en dichos módulos. Para ello se contacta con Hydranautics, una empresa del Grupo Nitto, que recomienda las siguientes membranas:

- Membranas ESPA2 – LD
- Caudal nominal de cada membrana: 37,9 m³/día
- Capacidad de separación: 99,6 %
- Configuración: Enrollada en espiral de bajo ensuciamiento
- Material: Poliamida compuesta
- Área activa de la membrana: 37,1 m²
- Máxima presión aplicada: 4,14 MPa
- Temperatura máxima de operación: 45 °C

Gracias a la capacidad de separación del 99,6 % de las sustancias disueltas en el agua, estas membranas garantizan que son suficientes para eliminar del agua la suficiente carga, orgánica e inorgánica, como para alcanzar los niveles de concentración deseados.

Para calcular el número de membranas que se necesitan en cada módulo se estudia lo siguiente:

MÓDULO 1

- El modulo 1 de ósmosis inversa es capaz de tratar hasta 225 m³/día.
- Cada membrana tiene una capacidad nominal de 37,9 m³/día
- El número de membranas que se necesitan es:

$$N^{\circ} \text{ Membranas} = \frac{225}{37,9} = 5,94$$

Se concluye que 6 membranas serían suficientes para tratar los 225 m³/día de agua bruta, sin embargo se instalarán 8 membranas para tener en cuenta el ensuciamiento progresivo de las membranas con el consecuente descenso de caudal.

MÓDULO 2

Para estudiar el número de membranas necesarias en el módulo 2 se debe tener en cuenta los siguientes flujos, se recomienda nuevamente consultar el **PLANO N°6**:

- El módulo 1 trata hasta 225 m³/día de agua bruta.
- Se considera que un 20% de estas aguas son rechazos del módulo 1, es decir, unos 45 m³/día.
- Al Depósito 14 (DEP.14) llegarán, por tanto, unos 180 m³/día.
- Entre un 30% y un 35% del agua existente en el Depósito 14 se utiliza para reutilización en el lavador de gases de la extractora, ya que después de pasar por la 1ª ósmosis se considera apta para ello. Por tanto, se reutilizan unos 60 m³/día.
- Al módulo 2 llegarán, por tanto, unos 120 m³/día.
- Se considera que sobre el 20% de este caudal son rechazos del modulo 2, es decir, unos 24 m³/día.
- A la salida del módulo 2 tendremos, por tanto, un caudal de unos 96 m³/día de agua a tratar en el proceso de affine.

Después de estas consideraciones, se puede calcular el número de membranas necesario:

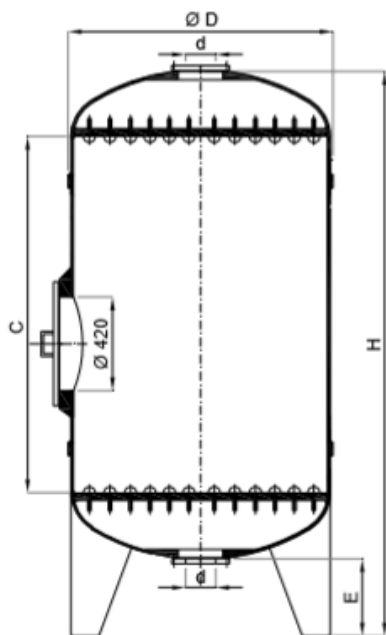
$$N^{\circ} \text{ Membranas} = \frac{120}{37,9} = 3,16$$

Se concluye que 4 membranas serían suficientes para tratar los 120 m³/día de agua bruta que llega al módulo 2.

9.2.4 Columna resina

Se instala una columna de resina ya existente en otra planta y en desuso. Dicha columna tiene las siguientes características:

Columna modelo KPP-1260, fabricada en poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV - laminado). Conexiones mediante bridas moldeadas en poliéster. Placa de crepinas fabricada en fibra de vidrio junto con el fondo de la columna. Presión de diseño: 5 Kg/cm², Presión de prueba: 7,5 Kg/cm². Altura cilíndrica: 1500 mm.



Modelo	ØD	H (C=1500)	H (C=2000)	E
KPP-1010	1010	2325	2825	350
KPP-1160	1160	2415	2915	350
KPP-1260	1260	2440	2940	350
KPP-1440	1440	2505	3005	370
KPP-1640	1640	2585	3085	370
KPP-1840	1840	2685	3185	370

Fig. 7.- Características columna resina

Como puede verse se tiene un diámetro de 1260 mm, por lo que la velocidad de paso del agua a tratar (96 m³/día) a través del filtro es muy baja:

$$Q = 96 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} = 4 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{4 \text{ m}^3/\text{h}}{\pi \frac{D^2}{4} H} = \frac{4 \text{ m}^3/\text{h}}{\pi \frac{1,26^2 \text{ m}^2}{4} * (2,44 - 0,35) \text{ m}} = 1,53 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}/\text{m}^2$$

Con esta velocidad de paso tan baja se asegura que no hay problema de pérdida de carga, ya que el fabricante asegura que para velocidades menores de 40 m³/h/m² no habrá arrastre de carga, así como que el agua bruta se distribuirá por toda la superficie de la columna, evitando que aparezcan caminos preferenciales y el agua no sea filtrada debidamente.

Para determinar la cantidad de resina que se debe utilizar se estudia lo siguiente:

- Se considera que se debe ocupar aproximadamente un 75 % del volumen total de la columna, para que, una vez entre el agua bruta a la columna, se expanda el lecho de resina ocupando así todo el volumen de la columna. Esto se hace así, buscando que sean necesarias el menor número posible de regeneraciones de la resina, ya que cuanto mayor sea el volumen de resina mayor será el tiempo que transcurrirá hasta que sea necesaria la regeneración de la misma, consiguiendo, así, que el número de paradas de la planta para ello sea menor.
- El volumen total de la columna se calcula de la siguiente manera:

$$V = \pi \frac{D^2}{4} * H = \pi \frac{1,26^2}{4} * (2,44 - 0,35) = 2,6 \text{ m}^3$$

- Se necesita, por tanto, el siguiente volumen de resina:

$$V_{resina} = 0,75 * 2,6 \text{ m}^3 = 1,95 \text{ m}^3$$

Se considera que este volumen de resina es carga más que suficiente para el afine que se quiere realizar.

Para seleccionar el tipo de resina que se va a utilizar se ha mandado una muestra de agua bruta a la salida del módulo 1 de ósmosis inversa al Instituto de la Grasa – CSIC, que estudian en laboratorio distintas resinas y proponen la óptima para el tratamiento del agua.

A continuación se explica el estudio realizado por el Instituto de la Grasa:

- Se analiza en laboratorio la muestra de agua bruta enviada obteniendo los siguientes parámetros:

Licor	pH	Conductividad (mS)	Ácido acético (mg/ml)
Salida ósmosis 1	3,54	0,11	0,6

Tabla 9.- Parámetros agua salida ósmosis 1

- Se prueban distintas resinas de intercambio iónico:

Para ello se monta una batería de columnas con resinas de intercambio tanto aniónicas como iónicas, fuertes y débiles. Las columnas son de vidrio de 2 cm de diámetro y se cargan con 50 mL de resina. A cada una se le hacen pasar 300 mL de licor en tres veces de 100 mL cada una en una primera prueba. Los resultados se muestran en la Tabla 10.

En todas las resinas probadas parece que la mayor parte de ácido acético queda retenido, y a pesar de ello no se modifica sustancialmente el pH excepto en la resina MP64 y la WBA. Esto puede deberse a la aportación de iones H⁺ por parte de la propia resina, como se observa en la M500 en donde el pH llega a bajar aún más.

Licor: salida Ósmosis

Tipo de resina	V(L)	pH	Conductividad (mS)	Ácido Acético (mg/mL)
IR 120	0,1	3,46	0,15	trazas
	0,1	3,44	0,13	trazas
	0,1	3,48	0,13	trazas
MP 500	0,1	3,62	0,17	trazas
	0,1	3,33	0,23	trazas
	0,1	3,28	0,27	trazas
M500	0,1	2,69	0,99	trazas
	0,1	2,71	0,86	trazas
	0,1	2,81	0,76	trazas
WBA	0,1	5,6	0,06	trazas
	0,1	5,49	0,07	trazas
	0,1	5,45	0,05	trazas
MP 64	0,1	9,44	0,2	trazas
	0,1	8,83	0,06	trazas
	0,1	8,38	0,07	trazas

Tabla 10.- Resultados prueba resinas

- Se concluye que la única resina capaz de conseguir valores de pH comprendidos entre los exigidos para el vertido (pH: 6-9) es la **MP 64**.

Como se sabe, las resinas se deben regenerar cada cierto tiempo para que mantengan su capacidad inicial de intercambio. El fabricante de la resina nos proporciona el proceso por el cual se regenera la resina utilizada, este proceso es el siguiente:

SEPARACIÓN DE LAS RESINAS

Partimos con todas las válvulas cerradas. Dura 10 minutos y consiste en pasar agua desmineralizada en sentido ascendente por el lecho de resina.

ASENTAMIENTO

Se cierran las válvulas y se deja reposar durante 5 minutos.

AGUA DE DILUCIÓN

Dura 2 minutos y consiste en pasar agua desmineralizada en sentido ascendente y descendente en el lecho de resina.

REGENERACIÓN

Dura 20 minutos y consiste en pasar agua desmineralizada y ácido sulfúrico en sentido ascendente y agua desmineralizada y sosa en sentido descendente por el lecho de resina.

LAVADO

Dura 30 minutos y consiste en pasar agua desmineralizada en sentido ascendente y descendente en el lecho de resina.

ASENTAMIENTO Y LAVADO PARCIAL

Dura 3 minutos y consiste en dejar reposar la resina y vaciar parte del agua.

MEZCLA DE RESINAS

Dura 15 minutos y consiste en pasar aire en sentido ascendente por el lecho de resina.

LLENADO

Dura 5 minutos y consiste en llenar el lecho de resina.

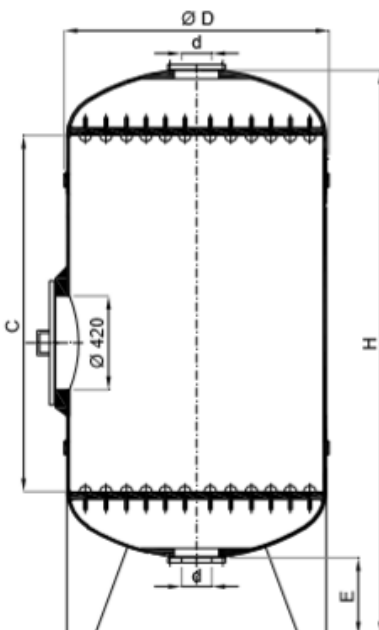
LLENADO RÁPIDO

Dura 10 minutos y consiste en producir con la cadena regenerada pero echándolo al sumidero.

9.2.5 Columna carbón activo

Se instala una columna de carbón activo ya existente en otra planta y en desuso. Dicha columna tiene las siguientes características:

Columna modelo KPP-1160, fabricada en poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV - laminado). Conexiones mediante bridas moldeadas en poliéster. Placa de crepinas fabricada en fibra de vidrio junto con el fondo de la columna. Presión de diseño: 6 Kg/cm², Presión de prueba: 9 Kg/cm². Altura cilíndrica: 1500 mm.



Modelo	ØD	H (C=1500)	H (C=2000)	E
KPP-1010	1010	2325	2825	350
KPP-1160	1160	2415	2915	350
KPP-1260	1260	2440	2940	350
KPP-1440	1440	2505	3005	370
KPP-1640	1640	2585	3085	370
KPP-1840	1840	2685	3185	370

Fig. 8.- Características columna carbón activo

Como puede verse se tiene un diámetro de 1160 mm, por lo que la velocidad de paso del agua a tratar ($Q = 4 \text{ m}^3/\text{h}$) a través del filtro es muy baja:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{4 \text{ m}^3/\text{h}}{\pi \frac{D^2}{4} H} = \frac{4 \text{ m}^3/\text{h}}{\pi \frac{1,16^2 \text{ m}^2}{4} * (2,415 - 0,35) \text{ m}} = 1,83 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} / \text{m}^2$$

Con esta velocidad de paso tan baja se asegura que no hay problema de pérdida de carga, ya que el fabricante asegura que para velocidades menores de $40 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ no habrá arrastre de carga, así como que el agua bruta se distribuirá por toda la superficie de la columna, evitando que aparezcan caminos preferenciales y el agua no sea filtrada debidamente.

Para determinar la cantidad de carbón activo que se debe utilizar se estudia lo siguiente:

- Como se ha explicado para la resina, se considera que se debe ocupar aproximadamente un 75 % del volumen total de la columna. Se hace así por el mismo motivo explicado anteriormente.
- El volumen total de la columna se calcula de la siguiente manera:

$$V = \pi \frac{D^2}{4} * H = \pi \frac{1,16^2}{4} * (2,415 - 0,35) = 2,18 \text{ m}^3$$

- Se necesita, por tanto, el siguiente volumen de carbón activo:

$$V_{\text{carbón}} = 0,75 * 2,18 \text{ m}^3 = 1,64 \text{ m}^3$$

Se considera que este volumen de carbón activo es la carga suficiente para el afino que se quiere realizar.

Para seleccionar el tipo de carbón activo que se va a utilizar se han mandado muestras de agua bruta osmotizada mediante el módulo 1 a la empresa Hydrocombus, que estudian en laboratorio distintos carbones activos y proponen el óptimo para el tratamiento del agua.

En este estudio se han realizado las siguientes pruebas con carbones activos:

- **02/03/2016: Carbones Hydrocombus**

Primeramente se analiza el agua de la muestra, obteniendo los siguientes parámetros:

Muestra	pH	Conductividad (μS)	DQO (ppm)	Observaciones
Agua osmotizada	3,67	90,8	6984	

Tabla 11.- Análisis agua osmotizada 1

Se hacen pasar 200 ml de agua osmotizada por un filtro de papel que contiene carbón activo.

Muestra	pH	Conductividad (μS)	DQO (ppm)	Observaciones
Cabón activo CG 900	5,03	284	5820	Bastante burbujeo del agua al pasar por el carbón, se escapa algo de carbón al agua filtrada
Carbón activo PK-1-3	4,58	324	6208	
Carbón activo 9-CO organoso	6,96	1204	5820	Se escapa algo de carbón al agua filtrada
Carbón activo MG-1050	4,91	178,1	5820	

Tabla 12.- Pruebas carbón activo 1

- **07/03/2016: Carbones Hydrocombust**

Primeramente se analiza el agua de la muestra, obteniendo los siguientes parámetros:

Muestra	pH	Conductividad (μS)	DQO (ppm)	Observaciones
Agua osmotizada	3,81	80,3	2352	El agua hoy olía algo a corrompido.

Tabla 13.- Análisis agua osmotizada 2

En un vaso de precipitado con 200 ml de agua osmotizada se le añaden 40 gramos de carbón activo. Se deja agitando en depósito con agitador durante 30 minutos. A continuación se filtra la muestra con papel de filtro.

Muestra	pH	Conductividad (µS)	DQO (ppm)	Observaciones
Cabón activo CG 900	9,55	320	2548	Burbujeo al adicionar el carbón. Agua queda con algo de color gris
Carbón activo PK-1-3	9,64	968	1568	Agua con algo de color
Carbón activo 9-CO organoso	9,75	3880	1372	Burbujeo al adicionar el carbón. Agua filtrada con color gris.
Carbón activo MG-1050	9,35	289	1568	Burbujeo al adicionar el carbón al agua.

Tabla 14.- Pruebas carbón activo 2

- **09/03/2016: Carbones Hydrocombust**

Primeramente se analiza el agua de la muestra, obteniendo los siguientes parámetros:

Muestra	pH	Conductividad (µS)	DQO (ppm)	Observaciones
Agua osmotizada	4,51	184,6	2772	

Tabla 15.- Análisis agua osmotizada 3

A vaso de precipitado con 200 ml de agua desmineralizada se le añaden 50 gramos de carbón activo en todos los carbones excepto en el PK1-3 que tiene menos densidad y en el SK1 de Brenntag que es carbón en polvo (usado en refinería benzopireno). En estos dos últimos casos se añaden 40 gramos de carbón. Se pretende con esto lavar el carbón y separar finos, pero los sólidos más finos quedan en suspensión, por tanto, se lava el carbón pero no se separan los finos. Se escurre el carbón lavado y se echa a un vaso de precipitado que contiene 200 ml de agua osmotizada del Tejar. En un depósito las muestras están agitándose durante 1 hora. Al filtrarse con papel de filtro, todas las muestras quedan sin olor.

Muestra	pH	Conductividad (μS)	DQO (ppm)	Observaciones
Cabón activo CG 900	9,77	339	1260	Agua queda con algo de color gris
Carbón activo PK-1-3	10,02	918	1470	Agua totalmente transparente
Carbón activo 9-CO organoso	9,68	3960	1470	Agua filtrada muy gris, muchos finos, incluso filtrándose 2 veces con papel.
Carbón activo MG-1050	9,43	270	1260	Agua totalmente transparente
Carbón polvo SK1 Brenntag	8,71	275	2520	Agua totalmente transparente que tarda en filtrar por filtro de papel

Tabla 16.- Pruebas carbón activo 3

- **01/04/2016: Carbón Hydrocombust BETACARB M12*40**

Primeramente se analiza el agua de la muestra, obteniendo los siguientes parámetros:

Muestra	pH	Conductividad (μS)	DQO (ppm)	Observaciones
Agua osmotizada	3,6	298	2772	Agua con olor a corrompido

Tabla 17.- Análisis agua osmotizada 4

En un vaso de precipitado con 200 ml de agua osmotizada se le añaden 40 gramos de carbón activo. Se deja agitando en depósito con agitador durante 1 hora. A continuación se filtra la muestra con papel de filtro.

Muestra	pH	Conductividad (μS)	DQO (ppm)	Observaciones
Carbón activo BETACARB	7,60	84	600	Sin olor y totalmente transparente

Tabla 18.- Pruebas carbón activo 4

- **05/04/2016: Carbón Hydrocombust BETACARB M12*40 (Aurelio)**

Primeramente se analiza el agua de la muestra, obteniendo los siguientes parámetros:

Muestra	pH	Conductividad (µS)	DQO (ppm)	Observaciones
Agua osmotizada	3,83	107,4	3.686	Agua con olor a corrompido

Tabla 19.- Análisis agua osmotizada 5

En un vaso de precipitado con 200 ml de agua osmotizada se le añaden 40 gramos de carbón activo. Se deja agitando en depósito con agitador durante 1 hora. A continuación se filtra la muestra con papel de filtro.

Muestra	pH	Conductividad (µS)	DQO (ppm)	Observaciones
Carbón activo BETACARB	6,27	141	1.746	Con algo de olor y algo de color

Tabla 20.- Pruebas carbón activo 5

- **Conclusión:**

Se concluye que el carbón con el que se obtienen mejores resultados es el BETACARB, ya que es capaz de conseguir una mayor disminución de DQO, además de unos valores de pH y conductividad dentro de los parámetros exigidos.

Como se sabe, como consecuencia de la adsorción que realiza el carbón activo llega un momento o punto de ruptura en que el adsorbente ya no es eficaz, por lo que a partir de ese instante deberá ser regenerado. Para regenerar el carbón activo utilizado se manda al fabricante, el cual se encarga de su regeneración mediante ácido fosfórico.

9.2.6 Depósitos polietileno Dep. 15 – Dep.16

Se instalan dos depósitos de agua en Polietileno. Ø 2.000 mm. Altura: 1.200 mm. 3.000 l. de capacidad. Para almacenar las aguas procedentes del módulo 2 de ósmosis inversa y de la columna de resina, respectivamente.

10 MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO (MAES)

10.1 Intercambiadores de calor (Ahorro térmico)

10.1.1 Introducción

Un intercambiador de calor es un sistema de intercambio de energía en forma de calor entre un fluido caliente y un fluido frío. Teóricamente, toda la potencia cedida por el fluido caliente es absorbida por el fluido frío.

La clasificación más común de los intercambiadores es atendiendo al grado de contacto entre los fluidos. Así, se distinguen los siguientes tipos:

- **Intercambiadores de contacto directo.** Son aquellos en los que el intercambio de calor se hace por mezcla física de los fluidos. No son muy frecuentes dada la contaminación que supone para uno o para ambos fluidos. Sin embargo, hay veces que esto no importa, como en el caso de la torre de refrigeración, en las que el agua es enfriada por el aire atmosférico en un proceso combinado de transferencia de masa y de calor.
- **Intercambiadores de contacto indirecto.** Son aquellos en los que los fluidos no entran en contacto directo, no se mezclan, sino que están separados por un tabique sólido, un espacio o incluso un tiempo. El calor se transmite por convección y conducción a través de la pared separadora.

Estos, a su vez, pueden clasificarse:

- **Intercambiadores alternativos.** En ellos, ambos fluidos recorren el mismo espacio de forma alternada, de forma que una superficie recibe el calor de un fluido caliente, para secuencialmente, transmitírselo a otro más frío, al contactar con la misma superficie. Existe un cierto contacto entre ambos fluidos, pero puede suponerse despreciable en los casos en los que la contaminación no es determinante. Cuando sí lo es, el uso de estos aparatos es inviable. Son de este tipo, muchos acumuladores y recuperadores de calor.
- **Intercambiadores de superficie.** En ellos el proceso de transmisión de calor está invariablemente relacionado con la superficie de un sólido que los separa, de modo que no existe la posibilidad de contacto entre ellos. Son los más utilizados en todo tipo de aplicaciones.

Atendiendo a la forma de la superficie separadora, estos intercambiadores pueden ser:

- **Intercambiadores de placas.** Son aquellos en los que la superficie de separación entre los fluidos es una pared plana. Son relativamente recientes, pero sus ventajas respecto de los clásicos multitubulares, están desplazando a estos en la mayoría de las aplicaciones.
- **Intercambiadores de tubos.** En ellos la separación entre los fluidos es siempre la pared de un tubo cilíndrico, por cuyo interior circula uno de ellos, mientras el otro lo hace por el exterior.

Si se atiende a la dirección del flujo de ambos fluidos a través de la superficie, pueden ser:

- **Intercambiadores de flujos cruzados.** Cuando las corrientes de los dos fluidos, forman un ángulo entre sí. Son más utilizados para intercambios entre un líquido y un gas.
- **Intercambiadores de flujos paralelos.** Cuando las corrientes de ambos fluidos discurren paralelas en la misma dirección.

Atendiendo al sentido de circulación, pueden ser:

- **Intercambiadores en equicorriente.** Si ambas corrientes circulan en la misma dirección y en el mismo sentido.
- **Intercambiadores en contracorriente.** Si las dos corrientes siguen la misma dirección pero sentidos contrarios.

10.1.2 Ahorro de energía con intercambiadores de calor

Como se ha visto, se decide instalar, en el proceso de depuración, dos intercambiadores de calor, uno tubular y otro de placas, ya existentes y en desuso, con el fin de intercambiar energía en forma de calor entre el agua bruta a depuración y el agua de aporte a caldera.

El objetivo principal de este intercambio de calor es elevar la temperatura de aporte a caldera, con el consiguiente ahorro de energía que ello supone, debido al menor aporte de calor necesario para conseguir la evaporación de dicha agua. Además, se consigue disminuir la temperatura del agua bruta a depuración, consiguiendo así optimizar el proceso de decantación y evitar posibles daños y problemas en los equipos de depuración posteriores al intercambiador de placas debido a altas temperaturas del agua.

El siguiente esquema muestra la situación de los intercambiadores, así como las temperaturas de los fluidos caliente y frío, medidas en planta:

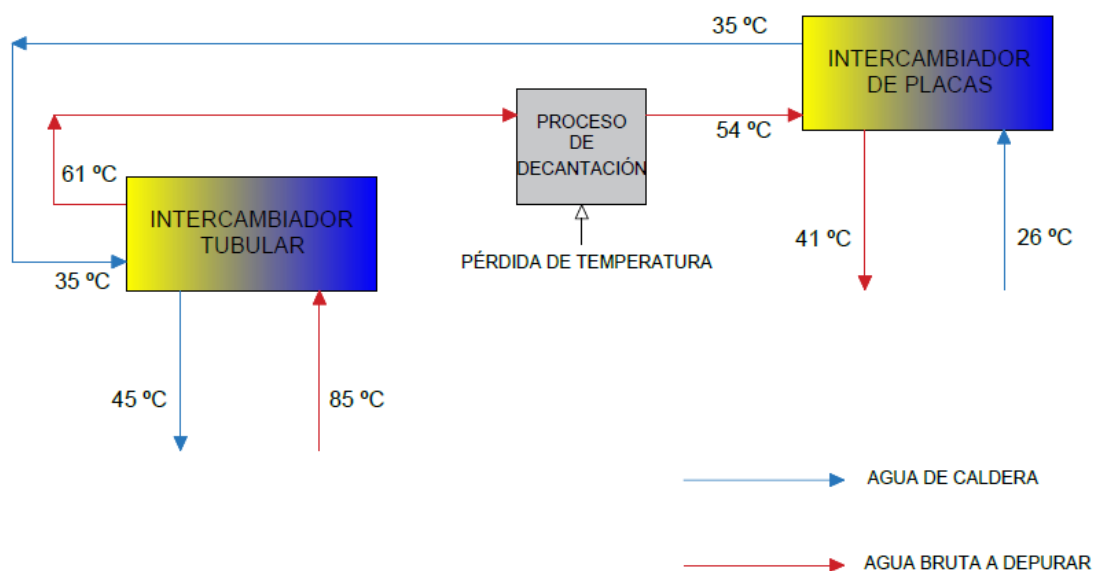


Fig. 9.- Esquema intercambiadores de calor

Como se observa, la temperatura de aporte a caldera sería de 26 °C si no existieran ambos intercambiadores, gracias al uso de ellos conseguimos elevar dicha temperatura hasta 45 °C, consiguiendo así un importante ahorro de energía.

Se calcula el ahorro conseguido de la siguiente manera:

$$Q = \dot{m} * C_p * \Delta T$$

Donde:

Q = Energía calorífica (Kcal/H).

\dot{m} = Caudal de agua de aporte a caldera, 4000 l/H.

C_p = Capacidad calorífica del agua de aporte a caldera, 1 Kcal/Kg °C.

ΔT = Diferencia de temperatura (°C).

Por tanto:

$$Q = 4000 * 1 * (45 - 26) = 76000 \text{ Kcal/H}$$

Este ahorro supone, así mismo, un ahorro de combustible. El combustible utilizado en la caldera de vapor es hueso de aceituna, cuyo PCI es de 3500 Kcal/Kg, por tanto, para generar 76000 Kcal/H de energía térmica se necesitan:

$$Q = m_{comb} \cdot PCI \quad \longrightarrow \quad m_{comb} = \frac{76000}{3500} = 21,7 \text{ Kg/H de hueso de aceituna}$$

El precio del hueso de aceituna es de 90 €/Tm, considerando que la planta funciona durante 8000 H/año, conseguimos el siguiente ahorro:

$$Ahorro = 21,7 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 8000 \frac{\text{H}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ Tm}}{1000 \text{ Kg}} * 90 \frac{\text{€}}{\text{Tm}} = 15624 \text{ €/año}$$

Se concluye que el uso de ambos intercambiadores supone un importante ahorro energético y, por consiguiente, económico para la propiedad.

10.2 Variadores de frecuencia (Ahorro eléctrico)

10.2.1 Introducción

Un variador de frecuencia es, básicamente, un dispositivo electrónico que permite variar la velocidad rotacional de un motor, actuando sobre la frecuencia de la corriente eléctrica.

Hay unas fórmulas físicas, denominadas leyes de los ventiladores o de proporcionalidad, que relacionan el caudal, la presión y la potencia eléctrica con la velocidad rotacional del motor.

VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD

$$\text{Caudal } q_v = q_{v0} \frac{n}{n_0}$$

$$\text{Presión } p_F = p_{F0} \left(\frac{n}{n_0} \right)^2$$

$$\text{Potencia } P_r = P_{r0} \left(\frac{n}{n_0} \right)^3$$

$$\text{Nivel Potencia sonora } L_{wt} = L_{wt0} + 50 \log \frac{n}{n_0}$$

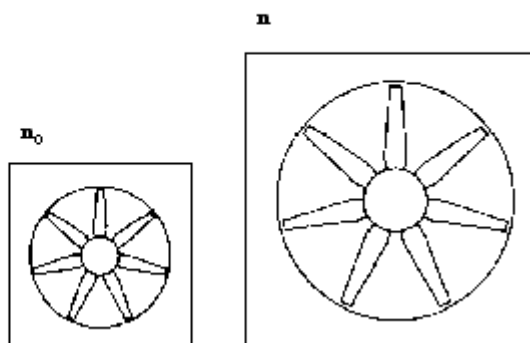


Fig. 10.- Leyes de los ventiladores

Como se observa en la tabla, si se actúa sobre la frecuencia, varía la velocidad de giro de los motores, y en consecuencia, variará también el caudal, la presión, y la potencia eléctrica. Para ello, será necesario realizar la programación del variador de frecuencia con las características del motor asociado.

Es fácil imaginar, que las aplicaciones principales serán en los elementos que dispongan de motor eléctrico y cumplan con las leyes físicas descritas anteriormente. Es decir, en ventiladores y bombas centrífugas.

Los variadores de frecuencia sacan partido de las leyes de proporcionalidad, para lograr la principal ventaja del uso de estos equipos, que es el ahorro energético.

Otra forma de calcular el ahorro energético que supone el uso de variadores de frecuencia, mucho más usada en la práctica, consiste en calcular la intensidad, en trifásica, del motor sin el variador y con el variador, considerando que el uso del variador de frecuencia supone un factor de potencia igual a 1.

La intensidad, en trifásica, se calcula de la siguiente manera:

$$I = \frac{P * 1000}{\sqrt{3} * V * \cos \phi}$$

Donde:

I = Intensidad (A).

P = Potencia (kW).

V = Tensión (V).

cos ϕ = Factor de potencia.

Además de la principal ventaja que es el gran ahorro de energía obtenido, los variadores de frecuencia aportan otras ventajas, que no dejan de ser importantes:

- Control mejorado de caudal y presión.
- Corrección del Factor de potencia del motor.
- Eliminación de la Energía reactiva.
- Arranque suave de los motores.
- Menor mantenimiento.
- Eliminación de ruidos por vibraciones.
- No se producirán cavitaciones en las bombas hidráulicas.

10.2.2 Ahorro de energía con variadores de frecuencia

Se decide el uso de variadores de frecuencia en las siguientes bombas del proceso de depuración:

BOMBA 1 (B-1)

Se instala en dicha bomba un transmisor de nivel por presión diferencial, el cual hace que la salida de agua del pozo Pz1 sea lo más constante posible, evitando arranques y paradas continuas de la bomba, con los problemas que ello conlleva. Además, al ser continuo y estable el caudal de agua de salida de proceso, hace más eficiente el intercambiador tubular existente.

BOMBA 2 (B-2)

Se instala en dicha bomba, de aporte a floculación, un variador que regula el caudal de agua a depurar, siendo este constante durante todo el día, por lo que se optimiza el funcionamiento del decantador lamelar. Además, también se optimiza el intercambio de temperatura del agua a depurar en el intercambiador de placas existente, bajando esta temperatura para evitar daños y problemas en las membranas de ósmosis inversa, y ganando energía calorífica en el agua de aporte a caldera.

BOMBA 3 (B-3)

Se instala en dicha bomba un variador de frecuencia cuyo objetivo es controlar el aporte de agua al decanter.

BOMBA 7 (B-7)

Se instala en dicha bomba un variador de frecuencia controlado por un transmisor de presión, que controla la presión de todo el proceso de filtración y microfiltración, evitando así que resulten dañados los equipos de dichos procesos.

BOMBA 9 (B-9)

Se instala en dicha bomba un variador de frecuencia controlado por un transmisor de presión, que controla la presión del proceso de ósmosis inversa, evitando así que resulten dañadas las membranas de los módulos de ósmosis inversa.

Se procede ahora al **cálculo del ahorro de energía** que supone el uso de estos variadores de frecuencia:

BOMBA 1

DATOS:

Potencia: 5,5 kW; Tensión en trifásica: 400 V; Se supone un factor de potencia $\cos \phi = 0,85$.

CÁLCULOS:

Se calcula primero la intensidad del motor sin variador de frecuencia:

$$I_{sv} = \frac{P * 1000}{\sqrt{3} * V * \cos \phi} = \frac{5,5 * 1000}{\sqrt{3} * 400 * 0,85} = 9,34 \text{ A}$$

Ahora se calcula la intensidad del motor con variador de frecuencia, considerando que el uso del variador supone que el factor de potencia sea 1:

$$I_{cv} = \frac{P * 1000}{\sqrt{3} * V * \cos \phi} = \frac{5,5 * 1000}{\sqrt{3} * 400 * 1} = 7,94 \text{ A}$$

El ahorro que se consigue es:

$$Ahorro = I_{sv} - I_{cv} = 1,4 \text{ A}$$

$$P = \frac{\sqrt{3} * I * V * \cos \phi}{1000} = \frac{\sqrt{3} * 1,4 * 400 * 1}{1000} = 0,97 \text{ kW/H}$$

BOMBA 2

DATOS:

Potencia: 0,75 kW; Tensión en trifásica: 400 V; Se supone un factor de potencia $\cos \phi = 0,85$.

CÁLCULOS:

$$I_{sv} = \frac{P * 1000}{\sqrt{3} * V * \cos \phi} = \frac{0,75 * 1000}{\sqrt{3} * 400 * 0,85} = 1,27 \text{ A}$$

$$I_{cv} = \frac{P * 1000}{\sqrt{3} * V * \cos \phi} = \frac{0,75 * 1000}{\sqrt{3} * 400 * 1} = 1,082 A$$

El ahorro que se consigue es:

$$Ahorro = I_{sv} - I_{cv} = 0,188 A$$

$$P = \frac{\sqrt{3} * I * V * \cos \phi}{1000} = \frac{\sqrt{3} * 0,188 * 400 * 1}{1000} = 0,13 kW/H$$

BOMBA 3

DATOS:

Potencia: 0,75 kW; Tensión en trifásica: 400 V; Se supone un factor de potencia $\cos \phi = 0,85$.

CÁLCULOS:

$$I_{sv} = \frac{P * 1000}{\sqrt{3} * V * \cos \phi} = \frac{0,75 * 1000}{\sqrt{3} * 400 * 0,85} = 1,27 A$$

$$I_{cv} = \frac{P * 1000}{\sqrt{3} * V * \cos \phi} = \frac{0,75 * 1000}{\sqrt{3} * 400 * 1} = 1,082 A$$

El ahorro que se consigue es:

$$Ahorro = I_{sv} - I_{cv} = 0,188 A$$

$$P = \frac{\sqrt{3} * I * V * \cos \phi}{1000} = \frac{\sqrt{3} * 0,188 * 400 * 1}{1000} = 0,13 kW/H$$

BOMBA 7

DATOS:

Potencia: 4 kW; Tensión en trifásica: 400 V; Se supone un factor de potencia $\cos \phi = 0,85$.

CÁLCULOS:

$$I_{sv} = \frac{P * 1000}{\sqrt{3} * V * \cos \phi} = \frac{4 * 1000}{\sqrt{3} * 400 * 0,85} = 6,79 A$$

$$I_{cv} = \frac{P * 1000}{\sqrt{3} * V * \cos \phi} = \frac{4 * 1000}{\sqrt{3} * 400 * 1} = 5,77 A$$

El ahorro que se consigue es:

$$Ahorro = I_{sv} - I_{cv} = 1,02 A$$

$$P = \frac{\sqrt{3} * I * V * \cos \phi}{1000} = \frac{\sqrt{3} * 1,02 * 400 * 1}{1000} = 0,707 kW/H$$

BOMBA 9

DATOS:

Potencia: 15 kW; Tensión en trifásica: 400 V; Se supone un factor de potencia $\cos \phi = 0,85$.

CÁLCULOS:

$$I_{sv} = \frac{P * 1000}{\sqrt{3} * V * \cos \phi} = \frac{15 * 1000}{\sqrt{3} * 400 * 0,85} = 25,47 A$$

$$I_{cv} = \frac{P * 1000}{\sqrt{3} * V * \cos \phi} = \frac{15 * 1000}{\sqrt{3} * 400 * 1} = 21,65 A$$

El ahorro que se consigue es:

$$Ahorro = I_{sv} - I_{cv} = 3,82 A$$

$$P = \frac{\sqrt{3} * I * V * \cos \phi}{1000} = \frac{\sqrt{3} * 3,82 * 400 * 1}{1000} = 2,65 kW/H$$

Finalmente, el ahorro total conseguido es:

$$Ahorro = 0,97 + 0,13 + 0,13 + 0,707 + 2,65 = 4,587 \text{ kW/H}$$

Lo que supone, conociendo que el precio de la electricidad es de 90 €/MW, y que la depuradora trabaja 8000 H/año:

$$Ahorro = 4,587 \frac{\text{kW}}{\text{H}} * 8000 \frac{\text{H}}{\text{año}} = 36,7 \text{ MW/año}$$

$$Ahorro = 36,7 \frac{\text{MW}}{\text{año}} * 90 \frac{\text{€}}{\text{MW}} = 3303 \text{ €/año}$$

BIBLIOGRAFÍA

RIGOLA LAPEÑA, Miguel. *Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales*. Marcombo, 1989.

SEOÁNEZ CALVO, Mariano. *Manual de las aguas residuales industriales*. S.A. McGraw-Hill / Interamericana de España, 2012.

RODRÍGUEZ, Antonio, et al. *Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales*. Informe de vigilancia tecnológica de la Universidad de Alcalá del Círculo de Innovación en Tecnologías Medioambientales y Energía (CITME), España, 2006.

LLOYD RUSSELL, David. *Tratamiento de aguas residuales: un enfoque práctico*. Reverté, 2012.

ANEXOS

ANEXO A. Estación depuradora de aguas residuales industriales para 225 m³/día

A.1 Introducción

Se redacta ahora el presente Anexo, con el fin de recoger las características técnicas de las instalaciones y equipos que conforman la Estación de Aguas Residuales Industriales (EDARI) tras la mejora proyectada.

A.2 Características de la instalación

A.2.1 Análisis agua de aporte

PH:	3-9
DBO ₅ :	1.500 mg/l.
DQO:	5.000 mg/l.
Sólidos Suspendidos:	75 mg/l.
Conductividad:	hasta 4.000 µs/cm.

A.2.2 Análisis agua de salida

Cumpliendo normativa Europea para vertido a cauce público, el agua de salida debe cumplir:

PH:	6-9
DBO ₅ :	<25 mg/l.
DQO:	<125 mg/l.
Sólidos Suspendidos:	< 50 mg/l.
Conductividad:	2.000 µs/cm.

A.3 E.D.A.R.I. Fase 1 – Floculación Coagulación

A.3.1 Depósitos pulmón proceso depuración (DEP.11 / DEP.12)

<i>Dimensiones:</i>	Ø 2500 mm. Altura: 5300 mm.
<i>Material:</i>	Poliéster.
<i>Volumen:</i>	26.000 l.
<i>Función y Uso:</i>	Depósitos pulmón para aguas a depuradora conectados con válvula intermedia.

A.3.2 Bomba B1 Pozo

CARACTERISTICAS GENERALES

<i>MARCA:</i>	KSB
<i>MODELO:</i>	KRTF 40-250 / 82 YC1-P
<i>Potencia Nominal:</i>	5,5 Kw
<i>Función y Uso:</i>	Bomba sumergible en pozo Pz1, de agua de proceso a depósitos pulmón de la depuradora. Dispone de variador de frecuencia comandado por nivel

A.3.3 Intercambiador tubular agua bruta – agua caldera

CARACTERISTICAS GENERALES

<i>MARCA:</i>	DOBLAS
<i>Nº de tubos:</i>	90
<i>Longitud tubos:</i>	6 m
<i>Diámetro tubos:</i>	30 mm
<i>Espesor tubos:</i>	3,5 mm
<i>Material:</i>	Acero inoxidable
<i>Presión de timbre:</i>	2 kg/cm ²
<i>Función y Uso:</i>	Intercambiador tubular agua bruta-agua de caldera

A.3.4 Bomba B2 Aporte agua bruta a floculación

CARACTERISTICAS GENERALES

MARCA:	Bombas FELEZ
MODELO:	S-185
Potencia Nominal:	1 CV
Variador de frecuencia:	SI
Función y Uso:	Bomba de aporte de agua bruta de Dep.11 y Dep.12 a floculación-coagulación. Dispone de variador de frecuencia para mantener constante el proceso de depuración.

A.3.5 Bomba B3 recirculación agua reactor

CARACTERISTICAS GENERALES

MARCA:	LIVERANI
MODELO:	0069628 11
Potencia Nominal:	0,75 Kw
Función y Uso:	Bomba de recirculación de agua en el reactor de floculación-coagulación.

A.3.6 Reactor floculación - coagulación

CARACTERISTICAS GENERALES

MARCA:	TIMSA
Potencia Nominal:	0,75 KW
Dimensiones:	1800 x1150 x1740 mm.
Volumen:	3.600 l.
Función y Uso:	Agitación con agua bruta y floculante-coagulante. Por rebose el agua pasa al decantador lamelar.

A.3.7 Depósito floculante d1

CARACTERISTICAS GENERALES

<i>MARCA:</i>	ALMO
<i>MODELO:</i>	RLA 90S 8 S1
<i>Potencia Nominal:</i>	0,37 KW
<i>Dimensiones:</i>	Ø 600 mm. Altura: 950 mm.
<i>Volumen:</i>	250 l.
<i>Función y Uso:</i>	Depósito para diluir floculante-coagulante con agitador y dosificador a reactor mediante bomba

A.3.8 Bomba dosificadora Bd1

CARACTERISTICAS GENERALES

<i>MARCA:</i>	MILTON ROY
<i>MODELO:</i>	CEGA10P1T3
<i>Caudal max.:</i>	10 l/h
<i>Presión max.:</i>	12 bar
<i>Función y Uso:</i>	Depósito para diluir floculante-coagulante con agitador y dosificador a reactor mediante bomba

A.3.9 Decantador lamelar

CARACTERISTICAS GENERALES

<i>MARCA:</i>	ECOTEC
<i>MODELO:</i>	0110049
<i>MATERIAL:</i>	Polipropileno
<i>Dimensiones:</i>	Anchura: 1180 mm. Longitud: 1892 mm. Altura: 2850 mm
<i>Superficie lamelas:</i>	10 m ²

<i>Función y Uso:</i>	Decantación Lamelar con salida de sólidos a decantación centrífuga y agua con pocos sólidos en suspensión a siguientes etapas
------------------------------	---

A.3.10 Bomba B4 aporte decantación centrífuga

CARACTERISTICAS GENERALES

<i>MARCA:</i>	MONO PUMPS
<i>MODELO:</i>	CB03KAC2R1/6
<i>Potencia Nominal:</i>	0,75 KW
<i>Función y Uso:</i>	Bomba alimentación separadora centrífuga horizontal

A.3.11 Separadora centrífuga horizontal

CARACTERISTICAS GENERALES

<i>MARCA:</i>	ALFA LAVAL
<i>MODELO:</i>	UVNX 904
<i>Potencia Nominal:</i>	4 KW
<i>Capacidad unitaria:</i>	1-2 m ³ /h
<i>Función y Uso:</i>	Decanter horizontal para separación de sólidos. El agua separada vuelve al inicio del proceso de depuración

A.3.12 Bomba B5 recirculación a reactor

CARACTERISTICAS GENERALES

<i>MARCA:</i>	MONO PUMPS
<i>MODELO:</i>	CB03KAC2R1/6
<i>Potencia Nominal:</i>	0,75 KW
<i>Función y Uso:</i>	Bomba recirculación de agua procedente de separadora centrífuga a reactor.

A.3.13 Intercambiador de placas agua bruta – agua caldera

CARACTERISTICAS GENERALES

MARCA:	ALFA LAVAL
MODELO:	M6-MFG-30PL
Nº Placas:	30
Dimensiones:	Altura: 920 mm. Anchura: 320 mm.
Máximo caudal:	15 kg/s
Máxima temperatura:	160 °C
Máxima presión:	16 bar
Función y Uso:	Intercambiador de placas agua bruta-agua de caldera

A.3.14 Intercambiador agua bruta – agua Sistema de refrigeración

CARACTERISTICAS GENERALES

MARCA:	APV
MODELO:	HXU-8
Función y Uso:	Intercambiador de placas agua bruta a filtración-agua del sistema de refrigeración con válvula reguladora en función de la temperatura del agua bruta.

A.3.15 Bomba B6 agua a filtración

CARACTERISTICAS GENERALES

MARCA:	LIVERANI
MODELO:	EP MIDEX 1"1/4 GAS EST. TF/1400
Potencia Nominal:	0,75 KW
Función y Uso:	Bomba aporte agua a filtración (E.D.A.R.I. fase 2)

A.4 E.D.A.R.I. Fase 2 – Filtración

A.4.1 Depósito a filtración DEP.13

CARACTERISTICAS GENERALES

MATERIAL:	Polietileno
Dimensiones:	Ø 2.000 mm. Altura: 3.300 mm.
Volumen:	10.000 l.
Función y Uso:	Depósito de alimentación a etapa de Filtración

A.4.2 Bomba B7 aporte agua bruta

CARACTERISTICAS GENERALES

MARCA:	LOWARA
MODELO:	SHE 32/200/40
MATERIAL:	Cuerpo y ejes en INOX
Potencia Nominal:	4 Kw
Caudal max.:	15 m ³ /h
Presión max.:	4,7 m.c.a.
Función y Uso:	Bomba aporte agua bruta a filtración

A.4.3 Filtros Sílex – Antracita (2 ud)

CARACTERISTICAS GENERALES

MARCA:	ASTRALPOOL
MODELO:	PRAGA 2000
MATERIAL:	Poliéster bobinado
Dimensiones:	Ø 2.000 mm. Altura: 2.040 mm.
Volumen:	4.400 l.
Presión max.:	2,5 Kg/cm ²
Función y Uso:	1ª Filtración sílex-antracita
Lecho Filtrante:	1 m.
Carga Filtro 1:	1.050 Kg. Sílice 2-4 mm.
	900 Kg. Sílice 1-2 mm.
	1.050 Kg. Antracita

Carga Filtro 2:	1.050 Kg. Sílice 2-4 mm.
	900 Kg. Sílice 1-2 mm.
	900 Kg. Sílice 0,5-1 mm.
	650 Kg. Antracita

A.4.4 Filtros Sílex – Carbón activo (2 ud)

CARACTERISTICAS GENERALES

MARCA:	ASTRALPOOL
MODELO:	PRAGA 1050
MATERIAL:	Poliéster bobinado
Dimensiones:	Ø 1.050 mm. Altura: 1.640 mm.
Volumen:	1.050 l.
Presión max.:	2,5 Kg/cm ²
Función y Uso:	2º Paso filtración sílex-carbón activo
Lecho Filtrante:	1 m.
Carga Filtro 3:	450 Kg. Sílice 2-4 mm.
	300 Kg. Sílice 1-2 mm.
	350 Kg. Carbón Activo
Carga Filtro 4:	450 Kg. Sílice 2-4 mm.
	300 Kg. Sílice 1-2 mm.
	300 Kg. Sílice 0,5-1 mm.
	250 Kg. Carbón Activo

A.4.5 Depósito lavado filtros

CARACTERISTICAS GENERALES

MATERIAL:	Polietileno
Dimensiones:	Ø 2.000 mm. Altura: 3.300 mm.
Volumen:	10.000 l.
Función y Uso:	Depósito de agua filtrada para lavado de filtros

A.4.6 Bomba B8 lavado filtros

CARACTERISTICAS GENERALES

MARCA:	ESPA
MODELO:	XN 40-200/55
Potencia Nominal:	5,5 Kw
Caudal max.:	15 m ³ /h
Presión max.:	1,5 bar
Función y Uso:	Bomba lavado filtros

A.4.7 Microfiltración 5 micras (2 ud)

CARACTERISTICAS GENERALES

MARCA:	TAM (Tecno Agua Mallorca)
MODELO:	TA 12/50
MATERIAL:	Acero inoxidable
Dimensiones:	Ø 300 mm. Altura: 50"
Sistema filtración:	Cartucho 100 % polipropileno
Nº cartuchos:	12
Grado de filtración:	5 micras
Función y Uso:	Garantizar un agua totalmente libre de materias en suspensión superiores a 5 micras

A.4.8 Microfiltración 1 micra (2 ud)

CARACTERISTICAS GENERALES

MARCA:	TAM (Tecno Agua Mallorca)
MODELO:	TA 19/50
MATERIAL:	Acero inoxidable
Dimensiones:	Ø 500 mm. Altura: 50"
Sistema filtración:	Cartucho 100 % polipropileno
Nº cartuchos:	19
Grado de filtración:	1 micras
Función y Uso:	Garantizar un agua totalmente libre de materias en suspensión superiores a 1 micras

A.5 E.D.A.R.I. Fase 2 – Módulo de ósmosis inversa

A.5.1 Bombeo de alta presión B9

CARACTERISTICAS GENERALES

MARCA:	LOWARA
MATERIAL:	Acero inoxidable AISI 316
Fluido:	Agua
Caudal:	15 m ³ /h
Altura:	170 m.c.a.
Velocidad:	3.000 r.p.m.
Potencia Instalada:	11 Kw.
Motor:	Trifásico
Velocidad:	3.000 r.p.m.
Tensión:	380-660 V

A.5.2 Módulo de primera ósmosis inversa

CARACTERISTICAS GENERALES

MARCA:	CODE LINE
MODELO:	BEL8-S-300
Nº Tubos:	2
Nº Elementos	4
Conexión	Lateral
Diámetro	8''
Presión Nominal	300 PSI
Disposición	Doble etapa
Nº Membranas	8
Longitud	40''
Configuración	Espiral
Material	Poliamida

A.5.3 Depósito agua osmotizada a reutilización

CARACTERISTICAS GENERALES

MATERIAL:	Polietileno
Dimensiones:	Ø 2.000 mm. Altura: 1.700 mm.
Volumen:	5.000 l.
Función y Uso:	Depósito de agua osmotizada para reutilización en proceso de extracción.

A.5.4 Bomba B11 aporte a reutilización

CARACTERISTICAS GENERALES

MARCA:	LOWARA
MODELO:	SHE 50/200/110
Potencia Nominal:	3 Kw.
Función y Uso:	Bomba aporte agua a reutilización en proceso de extracción

A.5.5 Depósito Dep.14 agua osmotizada a segunda ósmosis

CARACTERISTICAS GENERALES

MATERIAL:	Polietileno
Dimensiones:	Ø 2.000 mm. Altura: 1.700 mm.
Volumen:	5.000 l.
Función y Uso:	Depósito de agua osmotizada a segunda ósmosis

A.5.6 Bomba B12 aporte a segunda ósmosis

CARACTERISTICAS GENERALES

MARCA:	LOWARA
MODELO:	SHE 50/200/110
Potencia Nominal:	3 Kw.
Función y Uso:	Bomba aporte agua a segunda ósmosis. Cuerpo e impulsor en Ac. Inox.

A.5.7 Bombeo de alta presión B13

CARACTERISTICAS GENERALES

MARCA:	LOWARA
MATERIAL:	Acero inoxidable AISI 316
Caudal:	15 m ³ /h
Presión:	17 bar
Potencia Instalada:	11 Kw.

A.5.8 Módulo de segunda ósmosis inversa

CARACTERISTICAS GENERALES

MARCA:	CODE LINE
MODELO:	BEL8-S-300
Nº Tubos:	1
Nº Elementos	2
Conexión	Lateral
Diámetro	8''
Presión Nominal	300 PSI
Nº Membranas	4
Longitud	40''
Configuración	Espiral
Material	Poliamida

A.5.9 Depósito Flushing

CARACTERISTICAS GENERALES

MATERIAL:	Polietileno
Dimensiones:	Ø 2.000 mm. Altura: 1.200 mm.
Volumen:	3.000 l.
Función y Uso:	Depósito de agua osmotizada para barrido de membranas

A.5.10 Bomba Flushing B10

CARACTERISTICAS GENERALES

MARCA:	LOWARA
MODELO:	SHE 40-200/55
Potencia Instalada:	5,5 Kw.
Función y Uso:	Bomba de aporte de agua a flushing

A.5.11 Depósito Dep.15 agua osmotizada a columna resina

CARACTERISTICAS GENERALES

MATERIAL:	Polietileno
Dimensiones:	Ø 2.000 mm. Altura: 1.200 mm.
Volumen:	3.000 l.
Función y Uso:	Depósito de agua osmotizada a columna resina

A.5.12 Bomba B15 aporte agua a columna de resina

CARACTERISTICAS GENERALES

MARCA:	LOWARA
MODELO:	SHE 32-200/40
Material:	Cuerpo y ejes en inoxidable
Potencia Instalada:	4 Kw.
Función y Uso:	Bomba de aporte de agua a columna de resinas

A.5.13 Columna de resina

CARACTERISTICAS GENERALES

MARCA:	CALPLAS
MODELO:	KPP-1260
Material:	poliéster reforzado con fibra de vidrio
Dimensiones:	Ø 1260 mm. Altura: 2440 mm. Altura cilíndrica: 1500 mm.

Presión de diseño:	5 kg/cm ²
Presión de prueba:	7,5 kg/cm ²
Función y Uso:	Columna de resina para afinar

A.5.14 Depósito Dep. 16 agua de columna de resina a columna de carbón activo

CARACTERISTICAS GENERALES

MATERIAL:	Polietileno
Dimensiones:	Ø 2.000 mm. Altura: 1.200 mm.
Volumen:	3.000 l.
Función y Uso:	Depósito de agua desde columna resinas a filtración carbón activo

A.5.15 Bomba B16 aporte agua a columna de carbón activo

CARACTERISTICAS GENERALES

MARCA:	LOWARA
MODELO:	SHE 32-200/40
Material:	Cuerpo y ejes en inoxidable
Potencia Instalada:	4 Kw.
Función y Uso:	Bomba de aporte de agua a filtro carbón activo

A.5.16 Columna de carbón activo

CARACTERISTICAS GENERALES

MARCA:	CALPLAS
MODELO:	KPP-1160
Material:	poliéster reforzado con fibra de vidrio
Dimensiones:	Ø 1160 mm. Altura: 2415 mm. Altura cilíndrica: 1500 mm.
Presión de diseño:	6 kg/cm ²
Presión de prueba:	9 kg/cm ²
Función y Uso:	Columna de carbón activo para afinar

A.5.17 Depósito rechazo

CARACTERISTICAS GENERALES

MATERIAL:	Poliéster
Dimensiones:	Ø 3.000 mm. Altura: 3.900 mm.
Volumen:	27.000 l.
Función y Uso:	Depósito de agua de rechazo

A.6 Planta piloto

A.6.1 Bomba aporte a bomba de alta presión

Fabricante:	ITUR
Cantidad:	1
Caudal de alimentación:	1,0 m ³ /h
Altura manométrica:	30 m.c.a.
Voltaje:	1 x 220
Frecuencia:	50 Hz
Potencia instalada:	0,75 Kw.

El agua llega con un caudal no inferior a 400 l/h y una presión comprendida entre 3-4 Kg/cm², desde la bomba de aporte.

Drenaje:

$$Q = 400 \text{ l/h.}$$

Electricidad:

Tensión de acometida 220 V 50 Hz.

Potencia instalada: 1,1 kW.

A.6.2 Equipo de filtración automático de Silex-Carbón activo modelo TR-FSCA 30/5600

Construido principalmente por:

- Un cuerpo cerrado en poliéster reforzado con fibra de vidrio, capaz de soportar una presión de hasta 5 Kg/cm².
- Cabezal multivía automático en material bronce que se encarga de dirigir las diferentes fases del proceso.

- Los procesos de lavado y limpieza se realizan de manera automática en los intervalos de tiempo programados.
- 1 Carga de carbón activo de granulometría seleccionada.
- 1 Carga de sílex de granulometría seleccionada.
- Tuberías y accesorios en PVC.
- Gran rendimiento de filtración.

CARACTERISTICAS TÉCNICAS

<i>Cantidad:</i>	1 ud.
<i>Diámetro:</i>	257 mm
<i>Altura:</i>	1.124 + 180 mm
<i>Diámetro de conexión:</i>	1" gas
<i>Caudal tratado:</i>	600 lts/h
<i>Velocidad de filtración:</i>	11,57 m ³ /m ² h
<i>Superficie de filtración</i>	0,05 m ²
<i>Presión máxima admisible:</i>	5 Bar
<i>Temperatura máxima de trabajo:</i>	50 °C
<i>Lecho filtrante:</i>	sílex-carbón activo.
<i>Altura de lecho:</i>	600 mm.
<i>Cantidad de lecho:</i>	30 litros.

A.6.3 Equipo dosificador automático de producto anti-incrustante modelo TR-TK 4

Para dosificar al caudal de agua de entrada producto anti-incrustante para el control de las incrustaciones salinas sobre las membranas de ósmosis inversa.

DESCRIPCIÓN:

- Una bomba dosificadora analógicas con caudal constante y control analógica
- Caudal ajustable manualmente por potenciómetro en el panel frontal, dos frecuencias de funcionamiento (0-20% y 0-100%), con led indicador.
- Válvula de purga manual
- Membrana PTFE, cabezal estandar de PVDF
- Carcasa fabricada en PP reforzada con fibra de vidrio, protección IP65
- Kit de instalación estándar con válvula de pie en PVC, válvula inyección en PVC, tubo de aspiración PVC, tubo de impulsión PEAD

CARACTERISTICAS TÉCNICAS

<i>Alimentación:</i>	100-230 V-50 Hz
<i>Número de inyecciones:</i>	0-160 impulsos/min.

<i>Presión máxima:</i>	12 bar
<i>Caudal máximo:</i>	8 litros/hora
<i>Conexiones:</i>	tubo de polietileno 4 x 6 mm.
<i>Potencia absorbida aprox:</i>	12,2 W protección IP 65.
<i>Fluido a vehicular:</i>	producto anti-incrustante
<i>Racor de inspección:</i>	3/8
<i>Dosificación regular:</i>	0-100 %
<i>Otros datos:</i>	Aspiración con filtro de protección Auto-aspirante hasta una altura máxima de 1,5 m Depósito para preparación del reactivo

A.6.4 Equipo de ósmosis inversa automático modelo TR-O 200 E-2

Consistente en una máquina desaladora automática y dotado de un sistema de flushing, destinado a la conservación y mantenimiento de las mismas.

Material de la tubería, valvulería y conexionado de baja presión en PVC, y en acero inoxidable para conducciones de alta presión.

Preensamblado sobre un bastidor autoportante de acero inoxidable.

Lo integran como componentes esenciales:

- Filtración por cartuchos recambiables modelo TR-F 10/5
- Bomba de alta presión
- Módulos de ósmosis inversa

A.6.4.1 Filtración por cartuchos recambiables modelo TR-F 10/5

<i>Cantidad</i>	1
<i>Caudal por filtro</i>	0.4 m ³ /h
<i>Tipo de carcasa</i>	AMETEK 10"
<i>Material de la carcasa</i>	polipropileno
<i>Tipo de cartucho</i>	5 μ
<i>Longitud del cartucho</i>	10"
<i>Diámetro del cartucho</i>	2,5"
<i>Otras características:</i>	Manómetros. Tubería y conexión en PVC.

A.6.4.2 Bomba de alta presión

<i>Fabricante</i>	LOWARA/GRUNDFOS o similar
<i>Cantidad</i>	1
<i>Caudal de alimentación</i>	1,0 m ³ /h
<i>Altura manométrica</i>	120 m.c.a.
<i>Voltaje</i>	1 x 220
<i>Frecuencia</i>	60 Hz
<i>Potencia instalada</i>	1,1 Kw.

A.6.4.3 Módulos de ósmosis inversa

<i>Fabricante</i>	Hydranautics o similar
<i>Cantidad</i>	1
<i>Material</i>	Thin film composite (TFC)
<i>Configuración</i>	Arrollamiento en espiral
<i>Modelo de recipiente</i>	PO-4204-01
<i>Cantidad</i>	3
<i>Disposición</i>	1: 1 : 1
<i>Conversión aproximada</i>	50 - 65 %

A.6.5 Cuadro central

Un Cuadro central para señalización, mando y protección de todos los elementos de la Instalación.

Los componentes serán de Telemecánica o calidad similar.

El automatismo irá dirigido por un Control Lógico Programable marca OMRON / RELE PROGRAMABLE o calidad similar. Incluye los siguientes componentes:

- Disyuntor térmico para protección de la bomba de alta presión.
- Transformador eléctrico de 220 V-24 V.
- Relés de apoyo para maniobras de dosificación, lavado de filtros, sondas de nivel, etc.
- Conductivímetro digital para control de la calidad iónica del agua a la salida de la planta.

A.6.6 Instrumentación y control

Los principales parámetros de gestión del funcionamiento de la planta se encuentran controlados mediante elementos de seguridad.

* Medidores de caudal (tipo flotámetro):

Caudal de agua tratada, que permite conocer en todo momento el caudal de agua producto obtenido.

Mediante las válvulas de rechazo y regulación, podemos ajustar los parámetros de funcionamiento de la unidad.

* Medidores de presión:

Entrada a filtro de sílex-carbón activo.

Salida de filtro de sílex-carbón activo.

Salida de microfiltración.

Entrada a módulos de osmosis inversa.

* Medida de conductividad:

Mediante un conductivímetro digital medimos, de forma continua, la conductividad del agua obtenida por la planta.

A.6.7 Automatismo de la planta

La planta es totalmente automática, contando así mismo con todos los elementos necesarios para su operación manual alternativa.

El automatismo va controlado mediante un relé programable.

A.7 Automatización y control

La EDARI está controlada por:

- Unidad de plcomron CJ1M-CPU12 con 10k de capacidad de programa, módulo de comunicación Ethernet, puerto serie RS232 y USB.

Capacidad de entradas y salidas:

- 20 entradas analógicas 4-20mA. Con resolución de 12 bit
- 8 salidas analógicas 4-20mA/0-10v. Con resolución de 12bit.
- 64 entradas digitales PNP/NPN
- 64 salidas digitales a rele.

El PLC de la E.D.A.R.I. se desarrolla siguiendo las etapas del sistema de depuración:

- Floculación
- Filtración
- Osmosis

Con estas pantallas, controladas desde el cuadro de depuradora y desde la sala de control de la extractora, se puede seguir y controlar todo el proceso de depuración.

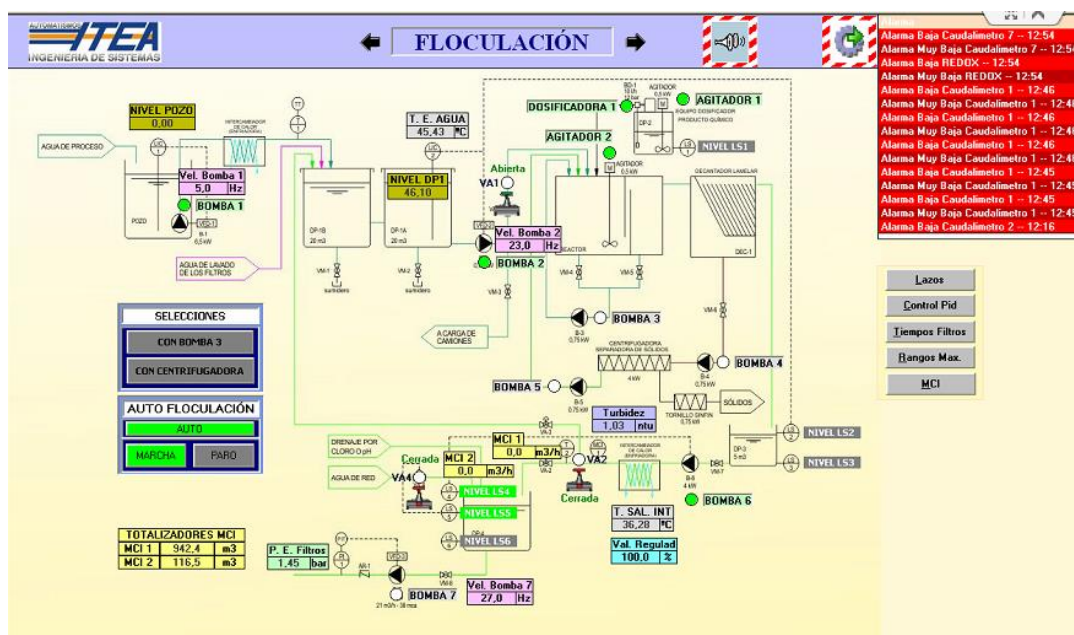


Fig. 11.- Automatización floculación

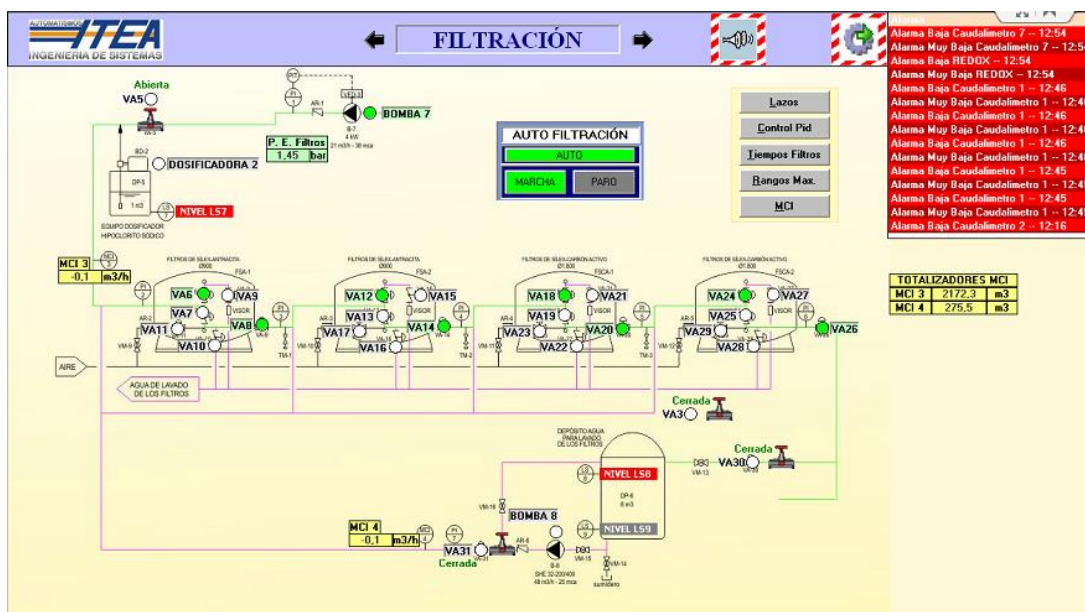


Fig. 12.- Automatización filtración

A.7.1 Automatización lavado filtros

SERVICIO:

- Marcha B-7 → con VFD → sonda PIR-1 (PID)
- Abrir VA-5 y marcha BD-2.
- Abrir VA-6, VA-8, VA-12, VA-18, VA-20, VA-24, VA-26 y VA-30.
- Cuando se alcance LS-8 se temporizara 1 minuto (ajustable) y se cierra va-30.
- Cuando se baje de LS-8 se temporizara 1 minuto (ajustable) y se abrirá de nuevo VA-30.

Durante el lavado de cualquier filtro, no se puede filtrar al mismo tiempo y por ello, debemos de asegurar tener en primer lugar, el depósito DP-6 lleno. Además, se debe realizar los lavados en el momento más propicio para no interferir en el buen desarrollo de la producción.

CONDICIONES PARA LAVAR LOS FILTROS:

1. Horas de funcionamiento (servicio) ajustable.
2. Valor de NTU (ajustable)
3. Volumen aportado por MCI-1 (ajustable).
4. Rotación de los lavados de tal forma que el filtro nº 1 se ensucia más que los siguientes.
5. Lavado manual a voluntad de un operario (pulsando un botón temporizado para confirmar la operación).

Cada válvula automática debe poder abrirse de forma manual forzosa.

Cada lavado de filtro dispondrá de la siguiente información:

- Tiempo de cada etapa en curso (ajustable)
- Visualizar cada tiempo en curso
- Botón de “avance de etapa”
- Botón de “inicio de lavado”
- Botón de “paro tiempo etapa”
- Botón de “cancelar lavado”
- Display de frecuencia de los lavados (ajustable) solo se abrirán las válvulas implicadas (el resto de válvulas permanecerán cerradas).

LAVADO DEL FILTRO Nº1 (FSA-1):

1ª etapa: vaciado parcial

Tiempo: 30 segundos (ajustable)

Válvulas abiertas: VA-9 y VA-10

2ª etapa: agitación de aire

Tiempo: 3 minutos (ajustable)

Válvulas abiertas: VA-9 y VA-11

3ª etapa: agitación con agua y aire

Tiempo: 30 segundos (ajustable)

Válvulas abiertas: VA-7, VA-9, VA-11, VA-31 y B-8

4ª etapa: contralavado

Tiempo: 10 minutos (ajustable)

Válvulas abiertas: VA-7, VA-9, VA-31 y B-8

5ª etapa: lavado final o rápido

Tiempo: 3 minutos (ajustable)

Válvulas abiertas: VA-6, VA-10, VA-31 y B-8

LAVADO DEL FILTRO N°2 (FSA-2):

1ª etapa: vaciado parcial

Tiempo: 30 segundos (ajustable)

Válvulas abiertas: VA-15 y VA-16

2ª etapa: agitación de aire

Tiempo: 3 minutos (ajustable)

Válvulas abiertas: VA-15 y VA-17

3ª etapa: agitación con agua y aire

Tiempo: 30 segundos (ajustable)

Válvulas abiertas: VA-13, VA-15, VA-17, VA-31 y B-8

4ª etapa: contralavado

Tiempo: 10 minutos (ajustable)

Válvulas abiertas: VA-13, VA-15, VA-31 y B-8

5ª etapa: lavado final o rápido

Tiempo: 3 minutos (ajustable)

Válvulas abiertas: VA-12, VA-16, VA-31 y B-8

LAVADO DEL FILTRO N°3 (FSCA-2):

1ª etapa: vaciado parcial

Tiempo: 30 segundos (ajustable)

Válvulas abiertas: VA-21 y VA-22

2ª etapa: agitación de aire

Tiempo: 3 minutos (ajustable)

Válvulas abiertas: VA-23 y VA-21

3ª etapa: agitación con agua y aire

Tiempo: 30 segundos (ajustable)

Válvulas abiertas: VA-19, VA-21, VA-23, VA-31 y B-8

4ª etapa: contralavado

Tiempo: 10 minutos (ajustable)

Válvulas abiertas: VA-19, VA-21, VA-31 y B-8

5ª etapa: lavado final o rápido

Tiempo: 3 minutos (ajustable)

Válvulas abiertas: VA-18, VA-22, VA-31 y B-8

LAVADO DEL FILTRO N°4 (FSCA-2):

1ª etapa: vaciado parcial

Tiempo: 30 segundos (ajustable)

Válvulas abiertas: VA-27 y VA-28

2ª etapa: agitación de aire

Tiempo: 3 minutos (ajustable)

Válvulas abiertas: VA-27 y VA-29

3ª etapa: agitación con agua y aire

Tiempo: 30 segundos (ajustable)

Válvulas abiertas: VA-25, VA-27, VA-29, VA-31 y B-8

4ª etapa: contralavado

Tiempo: 10 minutos (ajustable)

Válvulas abiertas: VA-25, VA-27, VA-31 y B-8

5ª etapa: lavado final o rápido

Tiempo: 3 minutos (ajustable)

Válvulas abiertas: VA-24, VA-28, VA-31 y B-8

A.7.2 Automatización ósmosis inversa

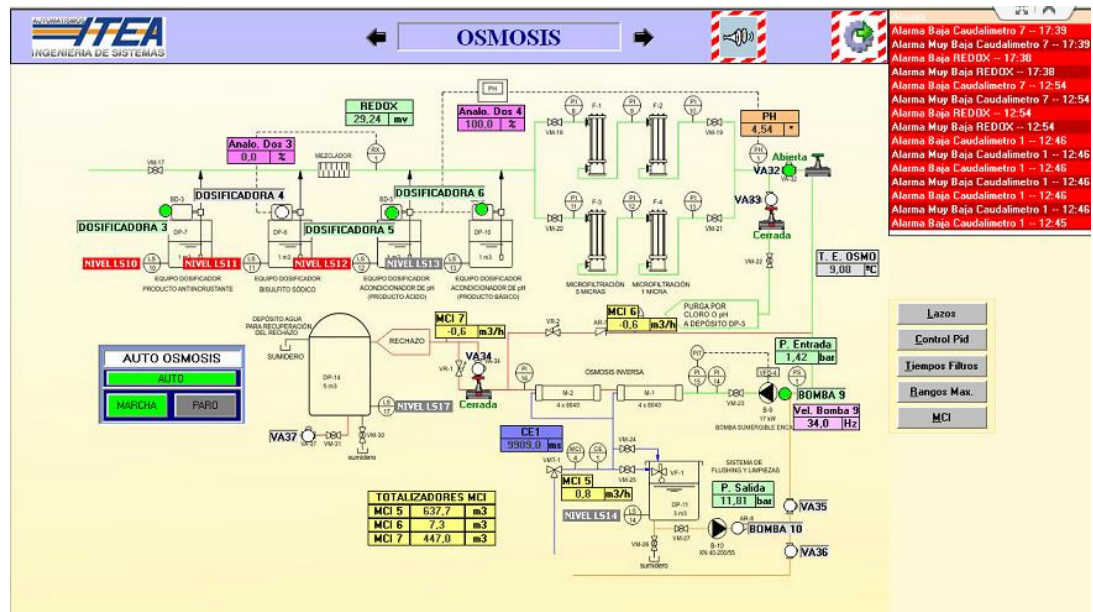


Fig. 13.- Automatización ósmosis

PROCESO DE ARRANQUE ÓSMOSIS INVERSA:

1. Poner las válvulas de los filtros en servicio.
2. Abrir VA-32, VA-34, marcha BD-3 y BD-4 (pid-rx-1)
3. Marcha BD-5 o BD-6 para atender a la consigna del PID (ph-1) y B-7.
4. Temporizador 30 segundos (ajustable).
5. Cerrar VA-34.
6. Temporizar 20 segundos.
7. Marcha B-9: esta bomba deberá tener en cuenta el valor del (MCI-5) (PID) para mantener un caudal de producción estable.
8. Una vez este B-9 en marcha, se temporizaran 2 contadores:
 - 1º contador (barridos): cada 2 horas de marcha sin interrupción, se parara la unidad para hacer UN barrido a las membranas y luego volverá a Ponerse en marcha.
 - 2º contador: si la planta no lleva al menos 5 minutos en marcha y se debiera parar por cualquier causa, esta no realizaría el barrido.

BARRIDO:

Con planta parada.

Al menos ha trabajado 5 minutos desde el ultimo arranque.

Esperar 1 minuto después de parar toda la planta.

Marcha B-10 y VA-34 abierta.

El barrido se para después de un tiempo ajustable (5 minutos) o por alcance de nivel bajo LS-14.

Cerrar VA-34 y paro bomba B-10.

A.7.3 Alarmas del sistema

Cada alarma:

- Quedará registrada la hora/minuto del evento.
- Quedará registrada cuando se entera el operario.
- Quedará registrada cuando se repare.

Cada valor analógico tendrá una curva para ver la tendencia del valor con una curva.

Cada información de caudal (MCI):

- Tendrá contador parcial reseteable
- Tendrá contador total no reseteable

ALARMAS (RDX-1):

Alto redox.

Osmosis inversa en marcha.

- Redox alto de entrada a osmosis si se supera la consigna (400 MV)
- Paro de la unidad de osmosis, pero se dejan las válvulas de los filtros abiertas y B-7 también.
- Se mantiene la BD-4 en marcha.
- Se abre VA-33
- Temporizamos 5 minutos (ajustable)
- Si pasado este tiempo el valor de los MV no baja a 350 MV (paro total y alarma).
- Alarma acústica

ALARMA: ALTA TURBIDEZ DE ENTRADA

>5 NTU (Ajustable)

- Abrir VA-3 y cerrar VA-2
- Temporizar (ajustable)
- Alarma acústica

ALARMA: ALTA TEMPERATURA DE AGUA TI-2

>35 °C

- Abrir VA-3 y cerrar VA-2
- Temporización (5 minutos) ajustable
- Alarma acústica

ALARMA: BAJO CAUDAL MCI-1

Planta en marcha

Caudal inferior a < 10.000 l/h ajustable a partir de la apertura de VA-2

- Temporizador (2 minutos) ajustable
- Alarma acústica y paro B-6

ALARMA: BAJO CAUDAL MCI-2

Planta en marcha

VA-4 abierta y si caudal inferior a 10.000 l/h (ajustable)

- Temporizador (1 minuto) ajustable
- Alarma acústica

ALARMA: ALTA PRESIÓN PI-1

Con bomba en marcha (B-7)

Si se supera la consigna de 2 bar (ajustable)

- Temporizar 30 segundos (ajustable)
- Alarma acústica y paro bomba B-7

ALARMA: BAJA PRESIÓN PI-1

Con bomba en marcha (B-7)

Si baja por debajo de la consigna de 0,5 bar (ajustable)

- Temporizar 30 segundos (ajustable)
- Alarma acústica y paro bomba B-7

ALARMA: BAJO CAUDAL MCI-3 AGUA A FILTROS

Con bomba B-7 en marcha

Con la consigna < 5.000 l/h (ajustable)

- Temporizador 30 segundos (ajustable)
- Alarma acústica, paro bomba B-7, filtros y osmosis

ALARMA: BAJO CAUDAL MCI-4 LAVADO FILTROS

Con bomba B-8 en marcha

Consigna < 2000 l/h (ajustable)

- Temporizar 60 segundos (ajustable)
- Alarma acústica y paro bomba B-8
- Cancelar el lavado del filtro en curso y repetir el lavado, una vez reseteada la alarma.

ALARMA: BAJO CAUDAL MCI-5 TRATADA OSMOSIS

Con osmosis en marcha

Consigna < 5.000 l/h (ajustable)

- Temporizar 600 segundos (ajustable)
- Alarma acústica
- Paro unidad de osmosis

ALARMA: BAJO CAUDAL MCI-6 RECIRCULACIÓN RECHAZO

Con osmosis en marcha

Consigna <500 l/h (ajustable)

- Temporizar 120 segundos (ajustable)
- Alarma acústica
- Paro unidad osmosis

ALARMA: BAJO CAUDAL MCI-7 RECHAZO

Con osmosis en marcha

Consigna <2.000 l/h (ajustable)

- Temporizar 120 segundos (ajustable)
- Alarma acústica
- Paro unidad osmosis

ALARMA: PH-1 BAJO

Con osmosis en marcha

Consigna <pH 6 (ajustable)

- Temporizar 120 segundos (ajustable)
- Paro unidad de osmosis inversa y alarma acústica

ALARMA: PH-1 ALTO

Con osmosis en marcha

Consigna <pH 8 (ajustable)

- Temporizar 120 segundos (ajustable)
- Paro unidad de osmosis y alarma acústica

ALARMA: PH-2 BAJO

Con osmosis en marcha

Consigna < 0,5 bars (ajustable)

- Temporizar 3 segundos (ajustable)
- Paro unidad de osmosis
- Pasado 1 minuto (ajustable) abrir VA-32 y las de servicios de los filtros, además de B-7 comprobar que la presión es superior a 1 bar
- Vuelta a la marcha de la unidad de osmosis
- Si no vuelve la presión, se para B-7 y cerramos VA-32
- Volvemos a intentar 3 veces (ajustable) si no vuelve, paro total y alarma.

ALARMA: ALTA TEMPERATURA TI-3 ENTRADA OSMOSIS

Con osmosis en marcha

Consigna > 35 °c (ajustable)

- Temporizar 1 minuto (ajustable)
- Paro unidad y alarma acústica

ALARMA: ALTA PRESIÓN ENTRADA MEMBRANAS PI-3

Con osmosis en marcha

Consigna > 15 bar (ajustable)

- Temporizar 120 segundos (ajustable)
- Paro unidad
- Alarma acústica

ALARMA: BAJA PRESIÓN ENTRADA MEMBRANAS PI-3

Con osmosis en marcha

Consigna <5 bar (ajustable)

- Temporizar 60 segundos (ajustable)
- Paro unidad
- Alarma acústica

ALARMA: ALTA CONDUCTIVIDAD AGUA TRATADA CE-1

Con osmosis en marcha

Consigna > 50 μ s (ajustable)

- Temporizar 300 segundos (ajustable)
- Alarma acústica
- No paro de la unidad

ALARMA: BAJO NIVEL FLOCULANTE LS-1

Si nivel LS-1 bajo

- Temporizar 60 segundos (ajustable)
- Alarma acústica
- Paro bomba B-2

ALARMA: BAJO NIVEL DP-3 (LS-3)

Si nivel LS-3 bajo

- Temporizar 60 segundos (ajustable)
- Alarma acústica
- Paro bomba b-6

ALARMA: BAJO NIVEL DP-4 (LS-6)

Si nivel LS-6 bajo

- Temporizar 60 segundos (ajustable)
- Alarma acústica
- Paro bomba B-7

ALARMA: BAJO NIVEL HIPOCLORITO LS-7

Con filtros en servicio

Nivel bajo LS-7

- Temporizar 60 segundos (ajustable)
- Paro bomba B-7 y paro filtros y osmosis
- Alarma acústica

ALARMA: BAJO NIVEL DEPÓSITO DP-6 AGUA FILTRADA LS-9

Si filtros en servicio

- Si no alcanzamos el nivel LS-9 antes de 10 minutos (ajustable)
- Alarma acústica

ALARMA: BAJO NIVEL ANTI-INCRUSTANTE LS-10

Con osmosis en marcha

Si nivel LS-10 bajo

- Temporizar 60 segundos (ajustable)
- Alarma acústica y paro unidad de osmosis y filtros

ALARMA: BAJO NIVEL BISULFITO SÓDICO LS-11

Con osmosis en marcha

Si nivel LS-11 bajo

- Temporizador 60 segundos (ajustable)
- Alarma acústica y paro de la unidad de osmosis y filtros

ALARMA: BAJO NIVEL AJUSTE PH ACIDO LS-12

Con osmosis en marcha

Nivel LS-2 bajo

- Temporizar 60 seg. (ajustable)
- Alarma acústica y paro unidad de osmosis

ALARMA: BAJO NIVEL AJUSTE PH ALCALINO LS-13

Con osmosis en marcha

Nivel LS-13 bajo

- Temporizar 60 segundos (ajustable)
- Alarma acústica y paro unidad de osmosis

ALARMA: ALTA TEMPERATURA TI-1

Con bomba B-1 en marcha

Consigna > 35 °C (ajustable)

- Temporizar 30 segundos (ajustable)

-
- Alarma acústica y paro bomba B-1

ALARMA: BAJO NIVEL LIC-1

Consigna < (x) (ajustable)

- Paro bomba B-1
- Alarma acústica

ALARMA: BAJO NIVEL LIC-2

Consigna < (x) (ajustable)

- Paro bomba B-2
- Alarma acústica

ALARMA: DISPARO TERMICO B-1

- Paro bomba B-1
- Alarma acústica

ALARMA: DISPARO TERMICO B-2

- Paro bomba B-2
- Alarma acústica

ALARMA: DISPARO TERMICO B-3

- Paro bomba B-3, B-4 y B-5
- Paro BD-1
- Alarma acústica

ALARMA: DISPARO TERMICO B-4

- Paro bomba B-4 y B-5
- Alarma acústica

ALARMA: DISPARO TERMICO B-5

- Paro bomba B-4 y B-5
- Alarma acústica

ALARMA: DISPARO TERMICO B-6

- Paro bomba B-6
- Alarma acústica

ALARMA: DISPARO TERMICO B-7

- Paro B-7
- Paro filtros
- Paro osmosis inversa
- Alarma acústica

ALARMA: DISPARO TERMICO B-8

- Paro bomba 8
- Paro lavado filtro
- Repetir el lavado una vez la alarma este reseteada
- Alarma acústica

ALARMA: DISPARO TERMICO B-9

- Paro bomba 9
- Paro osmosis inversa
- Paro filtros
- Alarma acústica

ALARMA: DISPARO TERMICO B-10

- Paro bomba 10
- Alarma acústica

ALARMA: FALLO VARIADOR B-1

- Alarma acústica
- Paro bomba 1

ALARMA: FALLO VARIADOR B-2

- Paro bomba 2
- Alarma acústica

ALARMA: FALLO VARIADOR B-7

- Paro bomba 7
- Paro filtros
- Paro osmosis inversa
- Alarma acústica

ALARMA: FALLO VARIADOR B-9

- Paro bomba 9 y b-7
- Paro osmosis inversa
- Paro filtros
- Alarma acústica

ALARMA: DISPARO TÉRMICO BD-1

- Paro bd-1 y paro bd-2
- Alarma acústica

ALARMA: DISPARO TERMICO AGITADOR PRODUCTO

- Paro agitador producto
- Alarma acústica

ALARMA: DISPARO TERMICO AGITADOR REACTOR

- Paro agitador reactor
- Paro bomba b-2
- Alarma acústica

PLANOS
