

# GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS LÍQUIDOS: ESTUDIO DE CASO DE UNA PLANTA REFINADORA DE ACEITE DE PESCADO

## INTEGRAL LIQUID WASTE MANAGEMENT: CASE STUDY OF A FISH OIL REFINING PLANT

DAFNE HERMOSILLA ESPINOZA<sup>1</sup>, CRISTIÁN OLIVA SAN MARTÍN<sup>2</sup>, GLADYS VIDAL SÁEZ<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción, Chile.

<sup>3</sup> Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile. Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Concepción, Chile.

\* Autor para correspondencia: glvidal@udec.cl

### RESUMEN

Los procesos productivos de la industria refinadora de aceites de pescado pueden causar fuertes impactos ambientales. Como ejemplo, los efluentes presentan una elevada carga orgánica, concentración de ácidos grasos, sólidos suspendidos y sulfatos, entre otros. El objetivo de este trabajo es analizar el proceso de una industria refinadora de aceite de pescado, evaluando la implementación de alternativas blandas de producción limpia y proponiendo alternativas de tratamiento para dar cumplimiento legal de las descargas de los efluentes industriales. Entre las alternativas blandas para el mejoramiento del proceso productivo, se propuso la recirculación de la línea de enfriamiento, el cambio de válvulas, donde se evidenció filtración y el manejo adecuado de residuo arcilloso, obtenido de una etapa intermedia del proceso. Como alternativas duras, se evaluaron distintos sistemas de tratamientos de efluentes, pudiéndose finalmente determinar que la mejor opción es una secuencia de tres etapas: pre-tratamiento de decantación de tres pasos para separar el sobrenadante y obtener un líquido con menor cantidad de grasa. Una segunda etapa consistente en un sistema DAF (Dissolved Air Flotation) con la adición de coagulante y seguido de la adición de un polímero aglomerante, usado como floculante.

**Palabras clave:** Tratamiento de efluentes, aceite de pescado, producción limpia

### ABSTRACT

The fish-oil refining industry is responsible for massive production of highly polluted effluents. High organic matter, sulphate content, fatty acids & oil, suspended solids among others, are the main effluent physic-chemical characteristics. The goal of this work is to analyze the processes in a fish-oil refining industry. The evaluation focus is to improve the process efficiency taking into account the pollution prevention option. Soft clean production alternatives were considered. Also, different effluent technology was evaluated as hard clean production alternatives for improving the environmental behavior of this industry. Cooling flow recirculation and valves changing where filtration and adequate clay waste management obtained at an intermediate level appeared, are the main proposals as soft clean production. To improve the quality of the final effluent, a specific technology treatment as hard clean production alternatives was proposed. An effluent technology in three consecutive stages was proposed as the best option. A settler as a pre-treatment was suggested for removing solid and fatty compounds. As a second stage, a Dissolved Air Flotation (DAF) equipment was proposed to remove the residual fatty acid and oil. In that case, the operation should consider the addition of  $\text{FeCl}_3$  and/or polymeric compounds used as flocculants.

**Keywords:** Effluent treatments, fish-oil refining industry, clean production.

Recepción: 08/01/08. Revisión: 28/01/08. Aprobación: 02/04/08.

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Consideraciones generales

La industria del aceite de pescado ha generado grandes problemas de contaminación en las bahías de las comunas de Coronel y Talcahuano, tanto en su proceso de producción a través de las plantas reductoras de harina y aceite de pescado, como en su refinación para su posterior comercialización. Los sistemas de tratamiento implementados no permiten reducir el alto nivel de materia orgánica, ni de sulfatos, generándose un ambiente tóxico para la vida acuática y para la salud de las personas que frecuentan la zona (Rhins y Anacona, 2004).

Estudios realizados han puesto en evidencia que descargas de efluentes provenientes de plantas de harina y aceite de pescado son altamente saturados en ácidos grasos de aceite de pescado, lo cual constituye un riesgo de toxicidad para el desarrollo de la vida acuática. En la Bahía de San Vicente se detectó un alto déficit de oxígeno y material orgánico alto en sedimentos (Ahumada *et al.*, 2004) y en Lota un alto impacto provocado principalmente en el periodo de verano por los vertidos descargados a la bahía (Ahumada *et al.*, 2004). Según las alternativas de reducción de la contaminación es factible recuperar materia orgánica reutilizable, y a la vez prever que para industrias de mayor tecnología se puede recuperar el costo de la inversión del sistema de tratamiento y aumentar las utilidades al cabo de cinco años (Roedel *et al.*, 1996).

Debido a lo descrito anteriormente, la producción limpia entendida como una herramienta de prevención de la contaminación y/o gestión de ésta en el origen, resulta ser altamente apropiada para evaluar la condición de los procesos y la implementación de tecnologías blandas, con una posterior evaluación y proposición de implementación de tecnologías duras. Actualmente, existe un

programa de producción limpia apoyado por distintas entidades del Estado que a través de un subsidio motiva a las empresas a implementar planes de producción limpia y a comprometerse en un acuerdo. El plan de producción limpia implica dos etapas: a) una auditoría de tecnologías blandas y b) implementación de tecnologías duras.

El objetivo del presente trabajo es analizar el proceso productivo de una planta refinadora de aceite de pescado y su desempeño ambiental, debido a la gestión de procesos y residuos. Se plantea que, como hipótesis de trabajo, la planta refinadora de aceite de pescado puede cumplir con las normativas medioambientales vigentes en el manejo de residuos líquidos y sólidos, a través de medidas de tecnologías blandas (producción limpia de baja inversión), gestión ambiental en el proceso y tecnologías duras.

### 1.2. Proceso de refinación de aceite de pescado

**Principales etapas del proceso.** Las principales etapas de refinamiento de los aceites en general, incluye: desgomado, refinación, alcalina, blanqueo, winterizado, hidrogenación (proceso selectivo para ciertos aceites cuando se quiere obtener un producto sólido o semi-sólido) y desodorización.

#### Descripción de las distintas etapas del proceso

- *Neutralización.* El objetivo es remover los ácidos grasos libres del aceite, glicerol, carbohidratos, resinas, metales y proteína animal.

Este proceso se lleva a cabo con soda cáustica o hidróxido de sodio a una temperatura que fluctúa entre 85 - 95 °C, producto del cual se forman los jabones:

Acete + acidez libre + hidróxido de sodio → acete neutro + jabón

Idealmente, el jabón debería ser removido por medio de centrifugación, asegurándose una óptima separación del aceite neutro de los jabones.

En general, para aceites con una acidez que varía entre 1 y 5%, se emplea hidróxido de sodio de 20°Be (4,25 N); para aceites de mayor acidez se requiere hidróxido de sodio entre 4,3 y 7 N, con el propósito de reducir el aceite neutro en el jabón.

Para reducir pérdidas en esta etapa, se puede agregar carbonato o sulfato de sodio, considerando entre 70-100 kg/m<sup>3</sup>. En lo posible, se debe evitar utilizar NaCl por los problemas de corrosión que acarrea.

–*Lavado*. El propósito de esta etapa es remover el jabón residual que contenga el aceite neutro, lo cual se realiza con agua caliente.

Se sabe que las pérdidas producidas en esta etapa alcanzan al 0,3% del aceite crudo. Idealmente, en esta etapa el agua debería tener una temperatura de 85 - 95°C, en una cantidad que represente el 10 - 15% respecto al volumen de aceite y a una velocidad media.

–*Secado*. Producto del lavado, los aceites contienen un 0,1 - 0,2% de agua disuelta y restos de jabón. El secado se produce al vacío, hasta alcanzar una humedad aproximada del 0,05%.

En esta etapa es importante disponer de una bomba adecuada que permita desplazar el fluido libremente.

–*Blanqueado*. La finalidad de esta etapa es eliminar los pigmentos coloreados, restos de jabón y otras sustancias no deseadas como trazas de metales y productos de la oxidación del aceite, debiendo requerir especial cuidado para no alterar los componentes deseados. Estos componentes son removidos con arcilla, carbón activo, tierras activa-

das que poseen un alto nivel de porosidad, por lo que al ponerlos en contacto con el aceite y agitar los pigmentos contenidos en éste son adsorbidos por estas tierras.

–*Filtrado*. En esta etapa se separa el aceite del material sólido a través de filtros prensa, obteniéndose un sólido como material de desecho más fácil de transportar.

–*Winterización*. Este proceso se aplica a aquellos aceites con un índice de yodo de aproximadamente 105 que contienen glicéridos de puntos de fusión lo suficientemente altos como para depositarse en forma de cristales sólidos cuando se mantienen a temperaturas moderadamente bajas. Para lograrlo, es necesario precipitar previamente los componentes de punto de fusión altos, separándolos por filtración.

### 1.3. Alternativas de tratamiento de efluentes

Existen antecedentes del desarrollo de tecnologías limpias en industrias relacionadas como lo son las conserveras de productos marinos, donde se ha podido constatar la generación de aceites y grasas como parte de sus efluentes (García-Sandá *et al.*, 2004). Por las características de composición de los residuos, se ha comprobado que los sistemas de tratamiento que han dado mejores resultados son los de: a) Flotación por Aire Disuelto (DAF), y b) Flotación por Aire de Cavitación (CAF).

El sistema de flotación, conocido como DAF, consiste en la inyección de microburbujas de aire en una unidad de aireación, en que el agua a reciclar junto con el aire se somete a una presión de 5 bar, lo que implica que el aire se disuelva en el agua. Al producir la salida de la mezcla líquido-aire a presión hacia un tanque a presión atmosférica, el aire se desolubilizará a la forma de

pequeñas burbujas asociadas y entremezcladas con la fase distinguible formada por aceites, grasas, sólidos suspendidos, etc. De esta forma, las partículas, flotan hacia la superficie del tanque estático a la forma de "nata" o "burbujas". Posteriormente el material flotante es retirado por un sistema mecánico o por rebalse, recuperándose los sólidos.

Alternativamente, se puede incorporar una unidad de recirculación, donde parte del efluente, entre un 15-20% es recirculado presurizado y semi-saturado con aire, el cual se mezcla con el afluente antes de ser admitido en el estanque de flotación (Metcalf y Eddy, 1995).

En industrias, donde la generación de efluentes tiene composición similar es la industria avícola, donde si bien ha funcionado el sistema DAF seguido por un estanque equalizador y un tratamiento biológico, para producciones hasta del orden de 165 m<sup>3</sup>/h, con un proyecto de ampliación de planta 165 m<sup>3</sup>/h a 284 m<sup>3</sup>/h se consideró que la mejor alternativa es incorporar al sistema ya existente un reactor de película fija (Cannizzaro, 1994).

De acuerdo a antecedentes entregados por Zaror (2002), las operaciones más apropiadas para la eliminación de contaminantes que contienen grasas y aceites libres y emulsificados, están dadas por: a) separación por gravedad, b) filtración y c) flotación.

En cuanto a la eficiencia del tratamiento para la separación de sólidos y para la sedimentación, con un tiempo de residencia de 2-4 horas, se logra una remoción de sólidos del 50-98% y de DBO<sub>5</sub> (Demanda Biológica de Oxígeno) una remoción del 10-30%. En el caso de la flotación, el tiempo de residencia es de 5-30 min, para una eliminación de sólidos de 75-98% y del orden de 10-30% de DBO<sub>5</sub> (Zaror, 2002). Sin embargo, si se considera un sistema con recirculación, se logra una remoción de DBO<sub>5</sub> sobre el 75% (Arundel, 2000).

Estudios realizados indican que, para el

proceso de clarificación, el período de retención es de 20-30 minutos, con tasas de ascenso de unos 0,061 (m<sup>3</sup>/min/m<sup>2</sup>). Si se quiere aumentar aún más el nivel de clarificación, se recomienda adicionar algún reactivo de floculación, mediante lo cual se logra aumentar la velocidad de ascenso de las partículas de 20-60 cm/min.

Aunque se aplican pre-tratamientos basados en la flotación con bastante éxito en todos los parámetros excepto los sulfatos generados en la etapa de inversión de los ácidos grasos, por la adición de ácido sulfúrico y en la etapa del tratamiento físico-químico mediante la neutralización con el mismo ácido y la utilización de sulfato de aluminio u otra sal como agente coagulante. En el caso de adicionar sulfato ferroso o sulfato de aluminio en conjunto con el polielectrolito, existe un potencial problema de generación de sulfuro de hidrógeno por el alto nivel de DBO<sub>5</sub> en el efluente (Arundel, 2000).

Por otra parte, dada las propiedades del aceite, comparativamente con otro combustible, el aceite de "desecho" recuperado a través de uno de los dos sistemas de tratamiento mencionados, se puede utilizar como combustible para alimentar a una caldera y generar energía. En la Tabla I se comparan dos combustibles: aceite de pescado y fuelóleo, en términos de poder calorífico, características de azufre y cenizas.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Auditoría ambiental y evaluación de puntos de control de pérdidas

El trabajo en terreno consistió en efectuar monitoreos en distintos puntos de control que se consideraron relevantes. En forma paralela, se hizo una revisión del diagrama de proceso efectuándose un análisis de cada una de las etapas involucradas.

Se realizaron los cálculos pertinentes para

evaluar las entradas y salidas en las distintas etapas del proceso, piping, bombas, con apoyo de material técnico, materiales para me-

dición como huincha, multitester y un programa computacional para estimar las pérdidas de carga.

**Tabla I.** Comparación de los principales parámetros como combustible del aceite obtenido a partir del procesado de materias flotantes separables y Fuelóleo N° 1.

	Aceite de pescado	Fuelóleo N°1
Poder calorífico superior (Kcal/Kg)	9.273	10.100
Poder calorífico inferior (Kcal/Kg)	8.716	9.600
Azufre (%)	0,09	2,7
Cenizas (%)	0,28	10

Fuente: García- Sandá *et al.* (2004).

## 2.2. Caracterización físico química del efluente

Se caracterizó el efluente proveniente de una planta refinadora de aceite de pescado, entre los que se incluyen la determinación de: DQO (demanda química de oxígeno),

DBO<sub>5</sub>, pH, fósforo soluble, sólidos totales y suspendidos y sales. La determinación de todos los parámetros fue realizado de acuerdo a Standard Methods (APHA, 1985), por el Laboratorio de Química del Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile de la Universidad de Concepción, los que se ilustran en la Tabla II.

**Tabla II.** Características de los efluentes generados de la planta.

Parámetro	Valor
pH	4,7
Temperatura inicial (°C)	37
Color (absorbancia a 440nm)	0,59
SST (g/l)	25,8
SSV (g/l)	3,9
Sólidos sedimentables (ml/l)	1,5
Nitratos (mg/l)	357
DBO <sub>5</sub> filtrada (mg/l)	3.480
DQO sin filtrar (mg/l)	10.187
DQO filtrada (mg/l)	4.988
Grasas y Aceites (mg/l)	2.900

### 3. RESULTADOS

#### 5.1. Cuantificación de algunas pérdidas

Se cuantificó las pérdidas de carga en piping debido al importante aumento del consumo de energía eléctrica por la diferencia de

diámetro de las tuberías y bombas que operan para un caudal determinado. En la Tabla III se indican los detalles de las pérdidas. Mientras que en la Tabla IV se indican los costos incurridos en el cambio de bombas alimentación de caldera multietapa y cambio en algunos tramos de tuberías.

**Tabla III.** Coeficiente Global de pérdidas en distintas etapas del proceso de Refinación del aceite.

	Línea de recirculación del aceite		Línea descarga de aceite a blanqueado	
	Succión	Descarga	Succión	Descarga
Nº Codos de 90°	5	8	2	9
Diámetro tubería (plg.)	3	2	3	2
Densidad aceite (kg/m <sup>3</sup> )	870	870	870	870
Velocidad tubería (m/s)	3,13	7,05	1,22	2,74
Pérdidas totales (m)	101,085		33,43	
Diámetro propuesto (plg.)	3	3	3	3
Pérdidas (m)	24,64		12,77	

#### 3.2. Propuesta de cambios a realizar para minimizar las pérdidas

En la Tabla IV se detallan los cambios propuestos para minimizar las pérdidas y presentar una propuesta factible al sistema de tratamiento de efluentes. Los valores en pesos chilenos corresponden a estimaciones realizadas según cotizaciones de mercado. Se puede observar que todos los costos son inversiones recuperables en el corto, mediano plazo y largo plazo como máximo 5 años como es el sistema de tratamiento indispensable para cumplir con la normativa y permitir el funcionamiento de la planta.

### 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos, existen dos alternativas para el sistema de tratamiento de efluente: Sistema DAF, y sistema DAF más tratamiento biológico. Las experiencias de otras empresas aceiteras indican que después del tratamiento físico-químico del efluente, no se logra disminuir significativamente los niveles de sulfato y DBO<sub>5</sub>. Debido a esto, se propone la aplicación de tecnologías limpias en el proceso y posterior tratamiento del efluente. Un análisis comparativo se muestra en la Tabla V, construida de acuerdo a la información obtenida de

**Tabla IV.** Balance económico para distintas opciones de cambio a implementar.

Opciones	Beneficios	Inversión (M\$)	Ahorro (M\$/ año)	Período Retorno
Cambio bomba alimentación de caldera de multietapa.	Mantenimiento del caudal de alimentación requerido por la caldera, bomba debería tener una presión de 8,75 Kg/cm <sup>2</sup> , 1,25 veces la presión de la caldera.	350.000	3.000	1 mes
Aislamiento de tuberías.	Disminución de pérdidas de calor.	1.000	500	2 años
Cambio piping en algunos tramos de las líneas del sistema (2 a 3 plg).	Reducción de pérdidas de carga por exceso de codos en tuberías y cambio de diámetro.	500	1.000	6 meses
Desvío de aguas lluvias.	Disminución del caudal a tratar.	200	1.150	2 meses
Implementación de sistema de control y registro del aceite recepcionado.	Construcción de base de datos de respaldo para control de proveedores y clientes.	2.400		1 año
Implementación de sistema de recirculación del agua de enfriamiento.	Reaprovechamiento del recurso.	5.000	1.000	5 años
Implementación de sistema de mantenimiento preventivo.	Reducción de fugas de vapor y condensado por válvulas en mal estado. Disminución de pérdidas en bombas de aceite.	3.000	1.000	3 años
Regulación sistema de tratamiento de agua de caldera. Incorporar 2 <sup>do</sup> ablandador.	Control de régimen de purgas. Mejoramiento calidad del vapor disminuyendo las incrustaciones de SiO <sub>2</sub> en los tubos.	1.000	500	2 años
Control funcionamiento caldera (pH condensado = 9,0).	Regulación pH del condensado de 10,5-11,0.	1.200	1.200	1 año
Incorporar válvula en línea de enfriamiento del intercambiador de calor.	Control de flujo y temperatura en caldera, entrada de vapor al intercambiador de calor y estanque de descarga del efluente.	150	150	1 año
Incorporación de medidores de presión temperatura y caudal en equipos y accesorios.		300	100	3 años
Implementación de Sistema de Tratamiento DAF.	Cumplimiento con la normativa ambiental. Competitividad.	30.000	6.000	5 años
Costo operación DAF/3 m <sup>3</sup> día (240 días/año), 1 operario.	Cumplimiento normativa. Se evita cierre planta	2.390	2.390	1 año

distintas plantas antes y después de aplicar un sistema de tratamiento mediante el sistema DAF, donde se presentan además alternativas de tratamiento para disminuir el nivel de sulfatos.

En vista de los antecedentes revisados, la secuencia de etapas de tratamiento debería ser la siguiente:

- *Cámara desgrasadora.* La cámara desgrasadora tiene por objetivo remover físicamente grasas y aceites libres sin necesidad de incorporar producto químico. Las grasas removidas pueden ser recicladas al proceso de desdoblamiento de ácidos grasos.
- *Estanque de equalización.* Aquí, el propósito es obtener un caudal del efluente a tra-

**Tabla V.** Eficiencia de reducción de los principales parámetros de un efluente proveniente de un proceso de refinación de aceite por sistema DAF.

Parámetro físico-químico	Antes tratamiento	Después del tratamiento	Planta Estudio	D.S.609/98 <sup>1</sup>
DBO5 (mg/l)	3000-20000	200-600	3.480	300
Sólidos suspendidos (mg/l)	3000-50000	50-300	25000	300
Aceites y grasas (mg/l)	2000-20000	30-200		150
Detergentes (mg/l)	2-30	0,5-2		
Sulfatos				1000 <sup>2</sup>
Eficiencia en reducción de sulfatos y DBO5	Sulfatos (mg/l)	DBO5 (mg/l)		
Lodos Activados	no remueve	< 30		
Osmosis Inversa + Evaporación	< 30	< 30		
VYRAKVI	< 50	< 30		

<sup>1</sup> D.S. 609/98 Decreto Supremo "Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado".

<sup>2</sup> Se aceptarán concentraciones entre 1000 y 1500 mg/l, si se cumple pH 8-9 y  $T^{\circ} \leq T^{\circ}$ .

tar con características homogéneas. Lo ideal es que el tiempo de retención no sea inferior a 6 h.

- *Aplicación de tratamiento químico.* Tiene como propósito separar la materia suspendida de grasas y aceites, lo cual implica a su vez en: a) realizar un ajuste de pH, para facilitar la coagulación, b) Procedimiento alternativo: desdoblamiento con vapor, lo cual tendría que realizarse a pH ácido (< 2.0) y alta temperatura, para desdoblar los ácidos grasos en dos fases, siendo la oleosa reprocessada. Por el alto costo no se utiliza y se prefiere la coagulación.
- *Coagulación.* Para la formación de coágulos coloidales se utiliza la adición de una sal química (Fe o Al).
- *Adición de floculante.* Con el propósito de formar coágulos de gran tamaño, para ser removidos posteriormente por flotación, se dosifica un polielectrolito. Esto requiere un sistema de dosificación de control automá-

tico para disminuir pérdidas y costos de operación.

- *Flotación por aire disuelto (DAF).* En esta etapa se distinguen dos tecnologías: CAF o DAF. Existen otras dos tecnologías de menor uso en el proceso de flotación de plantas procesadoras de aceite por los mayores costos de operación, IAF (Induced Air Flotation) y electroflotación.

Entre las características sobresalientes del Sistema DAF se encuentran: Alta carga de sólidos, compacto, exclusivo sistema deshidratado, operación fácil y flujo laminar.

Para operar el sistema DAF se han realizado estudios del efecto del cloruro férrico con variaciones entre 30 y 110 mg/l y se han detectado variaciones en el pH del efluente entre 5,1 y 7,6. Se mantuvieron constantes tiempos de floculación de 60 minutos, gradiente de velocidad de  $60 \text{ s}^{-1}$ , presión de saturación de 450 kpa y consi-



derando una fracción de recirculación del 20%, con velocidad de flotación variable entre 5 y 25 cm/min. Los mejores resultados arrojaron una remoción de DQO de 91% con una dosis de 65mg/l de cloruro férrico y pH 5,3. Se logró una remoción de fósforo total de 95%, Sólidos totales de 95%, turbiedad de 97% y color de 92%.

–*Tratamiento de sulfatos.* Por su alta solubilidad en agua, resulta difícil removerlos, siendo las tecnologías más utilizadas las siguientes: a) Remoción biológica con bacterias sulforeductoras en un acuífero artificial (Método VYRAKVI), b) Concentración con osmosis inversa y evaporación del rechazo y c) Cristalización por lecho fluidizado.

De acuerdo a los resultados obtenidos se pueden indicar los siguientes comentarios finales y conclusiones:

- De los puntos de control de pérdida más importantes, una vez terminado este trabajo, se llevaron a cabo algunos de los cambios importantes recomendados, como por ejemplo: cambio de bombas y aislación del sistema eléctrico.
- Se pudo constatar en terreno una gran falencia de sistemas de control en todo el proceso productivo, lo que limita la cuantificación de flujos y pérdidas. La implementación de equipamiento y sistemas de control y automatización ayuda en gran medida a mejorar la eficiencia del proceso productivo, elevándose los índices de producción y disminuyendo la generación de residuos y, por ende, disminuyendo el impacto ambiental de la empresa.
- De acuerdo a los antecedentes y por las características de composición del efluente, el sistema más apropiado resultó ser el DAF, precedido por un sistema de control de ajuste de pH, uso de floculante y aglomerante para facilitar la suspensión y aglomeración de residuos aceitosos. El efluente

tratado no presentó problemas de concentración de sulfatos, lo cual no generó la necesidad de implementar un tratamiento biológico para cumplir con la normativa ambiental relacionada.

- Para disminuir los costos de tratamiento y controlar el flujo del efluente a tratar, se debe cubrir el sistema de tratamiento para evitar el ingreso de aguas lluvias, y hacer recircular el agua de enfriamiento, los cuales aumentan el flujo en forma descontrolada.
- Debido al trabajo realizado en terreno, se ha podido constatar que el principal factor que incide en la gestión ambiental y por ende en el cumplimiento de las normativas medioambientales, es la real toma de conciencia del empresario de que necesita invertir en producción limpia, cuyos costos asociados son recuperables en el tiempo.

## 5. REFERENCIAS

- APHA-AWWA-WPCF (1985) Standard methods for examination of water and wastewater, 16 Ed. Washington, E.U.A.
- AHUMADA R, RUDOLPH A and CONTRERAS S (2004) Evaluation of coastal waters receiving fish processing waste: Lota Bay as a case study. Environmental Monitoring and Assessment, 90:89-99.
- ARUNDEL J (2000), Tratamientos de aguas negras y efluentes industriales. Editorial Acribia, S.A., Zaragoza, España.
- CANNIZZARO, G (1994) Tratamiento de efluentes de establecimientos avícolas usando reactores de Película Fija. Revista Agua 18, 94:64.
- GARCÍA-SANDÁ, E, OMIL, F. and LEMA, J (2004) Desarrollo de tecnologías limpias en la industria conservera de productos marinos. Universidad de Santiago de Compostela, Escuela Superior de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química, España.
- METCALF G and EDDY, C (1995) Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y

- reutilización, 3ª ed., Vol. I y II, McGraw-Hill, Madrid.
- RHINS, A y ANACONA, C (2004) Riesgos ambientales asociados a sitios contaminados. Proyecto FDI, CORFO, Santiago, Chile.
- ROECKEL M, ASPÉ L and MARTÍ M (1996) Transferencia de tecnología limpia y aumento de productividad en el sector pesquero. *Ciencia y Ambiente*, 12:82-89.
- ZAROR C (2002) Introducción a la ingeniería ambiental para la industria de procesos. Concepción, Chile: Editorial Universidad de Concepción.