

**“Aportes técnicos para mejorar la
calidad de los efluentes líquidos
emitidos por las plantas de harina de
pescado del Partido de General
Pueyrredón”**



Universidad F.A.S.T.A.

Carrera: Ingeniería Ambiental

Alumno: Guillermo Guadagna

Tutora: Ing. Claudia Baltar

Agradecimientos:

- A mi familia y a mi novia
- A la Ing. Claudia Baltar
- A las empresas que me permitieron recabar información
- A Osse
- Al Ing. Pablo Buono
- A la familia Oteiza
- Al INTI
- Al Ing. Froilan Gonzales

Abstract

La industria de harina de pescado puede hacer una gran contribución a la nutrición humana tanto de manera directa o indirecta dado que sus productos aportan grandes cantidades de proteínas a nuestra dieta.

El proceso de producción de harina de pescado es sumamente importante tanto para los seres humanos, como para el medio ambiente, ya que reutiliza los desechos de otras industrias, que de no existir este proceso irían directamente al relleno sanitario. Pero como toda actividad industrial, además de generar un producto, produce desechos. Dentro de los desechos que se generan se encuentran los efluentes líquidos, quienes producen cambios al efluente cloacal en el Ph, DBO, DQO, temperatura, sólidos sedimentables, grasas y otros agentes contaminantes. Todos estos cambios, generan grandes problemáticas a OSSE (Obras Sanitarias Mar del Plata) ya que desbalancean el efluente que llega a la planta de pretratamiento de Camet.

En la realización de este trabajo, se buscará posicionar la calidad de los vertidos de nuestra ciudad en comparación con los de los principales productores de harina de pescado a nivel mundial, evidenciar la importancia relativa de estos vertidos dentro de los efluentes que maneja OSSE, analizar los procesos productivos en los cuales se generan los efluentes y el porqué. También se tratará de proponer soluciones técnicas para cada uno de los parámetros de vertido a fin de mejorar la calidad del efluente generado por la industria de harina de pescado de la ciudad.

Índice	Página
1. Objetivos	6
1.1. Objetivo General	6
1.2. Objetivos Específicos	6
2. Introducción	7
3. Capitulo 1: El Producto: Harina de Pescado	8
3.1. El producto final: Harina de Pescado	9
3.2. Diferentes usos para la harina de pescado	11
3.3. Cerdos	12
3.4. Aves de corral	13
3.5. Polluelos/Pollos barrilleros	13
3.6. Aves de Cría/Ponedoras	14
3.7. Rumiantes	14
3.8. Ovejas	14
3.9. Vacas Lecheras	15
4. Capitulo 2: El Proceso Productivo	16
4.1. Proceso de Elaboración de Harina de Pescado	17
4.2. Balance de Masas	18
4.3. Descripción de etapas	19
4.3.1. Recepción de la materia prima	19
4.3.2. Cocción	20
4.3.3. Prensado	21
4.3.4. Tratamiento de los líquidos de prensado	23
4.3.5. Secado	26
4.3.7. Elaboración final	31
5. Capitulo 3: Marco Teórico Particular	34
5.1. Caracterización de la Industria Local Puerto Mar del Plata	35
5.2. Principales características de los vertidos de las Plantas de Harina de Pescado	39
5.2.1. Sólidos totales	39
5.2.2. Temperatura	41
5.2.3. Materia Orgánica	42
5.2.4. Ph	45
5.2.5. Metales Pesados	45
5.2.6. Sulfuros	46
6. Capitulo 4: Marco Legal	48
6.1. República de Chile	49

6.2. República de Perú	52
6.3. República de Japón	53
6.4. República de México	53
6.5. Estados Unidos	54
6.6. República de Noruega	54
6.7. República Argentina	55
6.7.1. Decreto 2009/60	55
6.7.2. Decreto N° 3970/1990	56
6.7.3. Resolución N° 336/2003	57
6.7.4. Resolución N° 198/00	59
6.8. Cuadro comparativo de límites de descarga de parámetros contaminantes entre Países Productores de Harina de Pescado	60
7. Capítulo 5: La Problemática	61
8. Capítulo 6: Soluciones Técnicas	68
8.1. Caracterización de los tipos de efluentes generados	69
8.1. Agua de sangre o Sanguaza	69
8.2. Agua de Cola	70
8.3. Estimaciones de pérdidas de materia prima en el agua de sangre y el Agua de Cola.	71
8.4. Solución Técnica numero 1: Recolección y recuperación de materia prima del agua de sangre	74
8.5. Solución Técnica numero 2: Recuperación de la materia prima del agua de sangre por medio del secado spray	90
8.6. Solución Técnica numero 3: Alternativa para separación mecánica de fases del agua de cola	94
8.7. Solución Técnica numero 4: Recuperación de proteínas de la fase acuosa del agua de cola Opción I	98
8.8. Solución Técnica numero 5: Recuperación de proteínas de la fase acuosa del agua de cola Opción II	106
8.9. Solución Técnica numero 6: Tratamiento de los efluentes de la Planta de Harina de Pescado	114
9. Conclusion	129
10. Anexo 1	134
11. Bibliografía	136

Objetivos

○ Objetivo General

Diseñar soluciones técnicas para los efluentes líquidos emitidos por una planta de harina de pescado de la ciudad de Mar del Plata.

○ Objetivos específicos:

Analizar las distintas operaciones que se llevan a cabo en el proceso productivo de harina de pescado, las características de los efluentes líquidos emitidos por la harinera y proponer soluciones técnicas para no sobrepasar los límites de vertido que fijan las reglamentaciones vigentes cada uno de los parámetros listados a continuación:

1. Ph
2. Temperatura
3. DBO y DQO
4. Sólidos sedimentables de 10 minutos
5. Sólidos sedimentables de 2 horas.
6. Grasas
7. Sulfuros

Introducción

En el mundo se pescan alrededor de 75 millones de toneladas de pescado por año, pero solo el 1% se usa para consumo humano, aun cuando contiene el 10 % de la proteína animal que necesita el ser humano. Actualmente se utiliza aproximadamente un tercio de la pesca mundial para la producción de harina de pescado.

Originalmente los desechos de pescado eran utilizados como fertilizantes, pero con el cambio al siglo XX, se comenzó a utilizar como harina de pescado para alimentar animales.

Definiendo el concepto de harina de pescado en, el producto sólido obtenido de quitarle el agua y el aceite a los sobrantes de pescado, siendo su uso principal en dietas para pollos, cerdos y peces, quienes necesitan proteínas de alta calidad, a diferencia de los vacunos y bovinos, en quienes también se puede utilizar con excelentes resultados.

Hoy en día, el 90 % del pescado reducido a harina y aceite proviene de los llamados pescados industriales, como las anchoitas o las sardinas. La porción de la pesca mundial que se utiliza para harina, son los peces pequeños o que se han despedazado o que entran en estado de putrefacción rápidamente, además de los sobrantes de las fabricas de procesamiento de pescado.

La industria de harina de pescado puede hacer una gran contribución a la nutrición humana tanto de manera directa o indirecta dado que sus productos aportan grandes cantidades de proteínas a nuestra dieta.

El proceso de producción de harina de pescado es sumamente importante tanto para los seres humanos, como para el medio ambiente, ya que reutiliza los desechos de otros procesos industriales, que de no ser por este proceso irían directamente al relleno sanitario.

Pero como toda actividad industrial, además de generar un producto, produce desechos. Dentro de estos desechos se encuentran los efluentes líquidos, quienes producen cambios al efluente en el Ph, DBO, DQO, temperatura, sólidos sedimentables, grasas, metales pesados y sulfuros. Todos estos cambios, generan grandes problemáticas a OSSE ya que desbalancean el efluente que llega a la planta de pretratamiento de Camet.

Esta problemática es real, pero los beneficios que generan las plantas de harina de pescado son mayores a ella. Por esto, en este trabajo de tesis de grado, se tratara de proponer soluciones técnicas a la misma, con el fin de mejorar a un mas los beneficios que generan las plantas de harina de pescado a la ciudad de Mar del Plata.

Capitulo 1

El Producto: Harina de Pescado



El Producto final: Harina de Pescado

En general, las harinas de pescado se distinguen de las corrientes por corresponder a un producto elaborado con materia prima muy fresca, procesado rápidamente después de su captura y que, en sus etapas de secado y concentración, emplea procesos térmicos de baja temperatura y tiempos cortos, evitándose así que se destruyan los nutrientes principales.

La frescura de la materia prima constituye un 60 ó 70% de la razón del éxito en la producción de una buena harina de pescado.

En la determinación de la frescura de la materia prima existen diversos factores que pueden ser ponderados, pero, en general, el más importante es el Nitrógeno Volátil Total (TVN).

La mayor o menor calidad del TVN que tenga la materia prima indicará su grado de frescura, ya que la formación de amoníaco y otros compuestos nitrogenados volátiles significan que partes de las materias proteicas se han descompuesto y se han transformado en sales amoniacales, compuestos amínicos, aminas biogénicas, etc.

Otro aspecto importante es la digestibilidad de las harinas de pescado, debiendo ser ésta, en general superior al 92% en pruebas in Vitro con pepsina diluida.

Existen diferentes procesos mensurables en una materia prima no fresca; estos parámetros son, entre otros, el contenido de aminas biogénicas y el de amoníaco libre.

Habitualmente en aminas biogénicas, se determina la histamina, cuya cantidad no debería ser superior a 1000 ppm.

Se estima que en la composición química los porcentajes de proteínas no deben ser inferiores a 67%; la materia grasa no debe ser superior al 12%; los ácidos grasos libres no deben superar el 12%; la humedad debe estar comprendida entre un 6% mínimo y un 10% máximo; la sal no debe exceder el 3%, y la arena al 1%. Un factor importante en una buena harina especial, es el que haya sido deshidratada a valores que no sean inferiores a 6%, puesto que en caso de deshidratarse a valores más bajos se corre el peligro de destruir parcialmente algunos de los principios nutritivos del producto, como serían la lisina y otros aminoácidos esenciales, y podrían producirse reacciones negativas como la reacción de Maillard (*glucosilación no enzimática de proteínas*), que conspiran contra la adecuada digestibilidad del producto final.

De lo anterior podemos concluir que las harinas de pescado presentan claras conveniencias si las comparamos con las otras harinas de origen vegetal y animal. Entre estas ventajas se pueden mencionar las siguientes¹:

- Alto contenido de proteínas (65 a 70%) cifra superior por ejemplo a la de las sojas (45%), harinas de carne y hueso (50 a 55%). Además las harinas de pescado bien elaboradas presentan factores de digestibilidad en vivo superiores a la de los productos en competencia, ya que en el caso de las harinas especiales el porcentaje de digestibilidad de proteínas es superior al 90%.
- Los aminoácidos esenciales presentan una mejor distribución en las harinas de pescado en comparación con sus competencias, siendo además muy ricas en aminoácidos tales como la lisina y la metionina.
- Su contenido vitamínico es superior al de los productos de la competencia, principalmente en lo que se relaciona al complejo vitamínico B y al contenido de vitamina D (este último solo se presenta en las harinas de pescado).
- En cuanto al contenido de sustancias minerales también es un producto aventajado ya que es rico en elementos oligodinámicos tales como el calcio, el fósforo, el hierro y el selenio.
- Al tener en su composición las harinas de pescado un 10% aproximado de materia grasa, ésta le da claramente una ventaja sobre todos los demás productos de origen vegetal y animal, ya que esta materia grasa contiene en su formulación ácidos grasos de cadena larga (hasta 22 átomos de carbono) con elevada insaturación (5 a 6 insaturaciones) y de conformación Omega 3. Los principales ácidos grasos de este tipo son el EPA y el DHA, ácidos grasos que no se encuentran presentes ni en los alimentos proteicos vegetales ni animales. Las ventajas de estos ácidos grasos son las de ser indispensables para la conformación y formación del sistema nervioso central y de la retina del ojo. Además el EPA actúa como elemento reforzador de los sistemas inmunológicos, protector del sistema cardiovascular evitando infartos y

¹ Zaldívar Larrain, F. J., 2002. Las harinas y aceites de pescado en la alimentación acuícola.

también actúa como elemento antifeccioso y antiinflamatorio. Todas estas propiedades son de vital importancia en los alimentos.

Tabla 1: Parámetros de Calidad de la harina de pescado

Parámetro de calidad evaluado	Parámetros que se consiguen actualmente en Argentina
Proteínas (mínimo)	62%
Cenizas (máximo)	23%
Grasa (máximo)	10%
Humedad (min. – máx.)	6% - 10%
TVN (max) (mg/100g)	120
Ácidos Grasos Libres (máx.)	12
Digestibilidad (mínimo)	92%
Histaminas	250
Sal y arena (máximo)	2%

Fuente: FAO²

Diferentes usos para la harina de pescado

- Nutrición y Salud de Animales Terrestres

La harina y el aceite de pescado mejoran la salud y el bienestar de los animales asegurando un ganado de alta calidad, especialmente en animales jóvenes y de cría. Lo mismo sucede para los peces y los crustáceos cultivados, particularmente especies carnívoras tales como los salmónidos y los camarones.

La harina de pescado proporciona una fuente concentrada de proteína y grasa (de 8-10%) de alta calidad rica en los ácidos grasos esenciales omega-3 EPA y DHA. Estos se depositan en la carne, los huevos etc. de animales cuando se utilizan como suplementos en sus alimentaciones. Los animales son más sanos y alternadamente producen una carne más magra y de mejor calidad. Sus altas características nutritivas le dan una ventaja única como suplemento en dietas iniciales para los polluelos, densas en nutrientes y para cerdos tempranamente destetados.

² Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación



Foto 1: Cerdos alimentos con harina de pescado

La alimentación con harina/aceite de pescado ha demostrado las siguientes ventajas para la salud, el bienestar y la productividad de animales:

- Inmunidad mejorada; mayor resistencia a enfermedades.
- Mortalidad reducida en animales, particularmente corderos y cerdos jóvenes
- reduce la severidad de enfermedades inflamatorias (EPA y DHA son antiinflamatorios).
- aporta una amplia gama de los nutrientes esenciales, muchos de los cuales no se encuentran en los productos vegetales, mejorando así el estado nutricional del animal
- Elevada productividad con incrementos en la curva de crecimiento y de la alimentación, reduciendo el coste de producción animal. (Aunque el coste de la alimentación en algunos casos puede aumentar levemente, esto es compensado por el costo unitario reducido de producir el animal).

Cerdos

La harina de pescado es particularmente beneficiosa para los cerdos recién nacidos/destetados y las cerdas de crianza, debido a las exigentes demandas de los cerdos en el destete, y los elevados requisitos alimentarios exigidos por la cerda en los últimos estados del embarazo y lactancia.

Los principales beneficios son:

- Crecimiento más rápido – especialmente en cerdos tempranamente destetados.

- Reacción alérgica reducida en cerdos tempranamente destetados comparado con otras proteínas no-lácteas. Esto puede reducir la incidencia de diarrea y siguiente mortalidad.
- Reduce la necesidad de utilizar costosos productos lácteos
- Mejora la resistencia a enfermedades, especialmente en cerdos alimentados con dietas sin medicamentos
- Fertilidad mejorada e incremento de la natalidad.
- Mejor calidad de las grasas de la carne DHA y EPA depositadas en la carne.

Aves de corral

Los polluelos/pollos parrilleros y aves de cría quienes se benefician con la alimentación con harina de pescado.



Foto 2: Pollitos alimentados con una dieta a base de harina de pescado

Los principales beneficios son:

Polluelos/Pollos parrilleros

- Crecimiento más rápido y conversión del alimento mejorado resultando en costes de producción reducidos.
- Inmunidad mejorada
- Su inclusión en dietas iniciales para polluelos puede ayudar a prevenir el canibalismo.
- Mejor desarrollo del sistema nervioso, estructura de huesos.
- Cambia la composición de la grasa en la carne con la incorporación de niveles bajos de DHA y EPA. Mas eficaz que cualquier otro ingrediente en este aspecto. Resultando en una carne con mejor proporción de ácidos grasos omega-3 : omega-6 y la presencia de DHA y EPA, sin comprometer la calidad de la misma.

- Reacción alérgica reducida en cerdos tempranamente destetados comparado con otras proteínas no-lácteas. Esto puede reducir la incidencia de diarrea y siguiente mortalidad.
- Reduce la necesidad de utilizar costosos productos lácteos
- Mejora la resistencia a enfermedades, especialmente en cerdos alimentados con dietas sin medicamentos
- Fertilidad mejorada e incremento de la natalidad.
- Mejor calidad de las grasas de la carne DHA y EPA depositadas en la carne.

Aves de corral

Los polluelos/pollos parrilleros y aves de cría quienes se benefician con la alimentación con harina de pescado.



Foto 2: Pollitos alimentados con una dieta a base de harina de pescado

Los principales beneficios son:

Polluelos/Pollos parrilleros

- Crecimiento más rápido y conversión del alimento mejorado resultando en costes de producción reducidos.
- Inmunidad mejorada
- Su inclusión en dietas iniciales para polluelos puede ayudar a prevenir el canibalismo.
- Mejor desarrollo del sistema nervioso, estructura de huesos.
- Cambia la composición de la grasa en la carne con la incorporación de niveles bajos de DHA y EPA. Mas eficaz que cualquier otro ingrediente en este aspecto. Resultando en una carne con mejor proporción de ácidos grasos omega-3 : omega-6 y la presencia de DHA y EPA, sin comprometer la calidad de la misma.

Aves de Cría/Ponedoras

Los principales beneficios son:

- Productividad elevada.
- Mayor resistencia a enfermedades.
- Fertilidad mejorada – en ambos machos y hembras.
- Valor nutricional de huevos para humanos mejorado a través del depósito de DHA y EPA.

Rumiantes

La harina de pescado proporciona proteínas y grasas. La proteína de alta calidad que escapa la degradación en el rumen puede proporcionar los aminoácidos necesarios para la digestión, mejorando el equilibrio de los aminoácidos absorbidos del intestino. La proteína degradada en el rumen mejora la digestión de la fibra, lo cual aumenta la productividad.

Los ácidos grasos de cadena larga omega-3 en la harina de pescado (EPA+DHA) escapan en parte la hidrogenación en el rumen y contribuyen a la absorción de los ácidos grasos. La fertilidad, el desarrollo del embrión y los recién nacidos se ven beneficiados y además mejora la resistencia a enfermedades. En el rumen uno de los productos de aceite de pescado es el ácido linoleico conjugado (CLA). Esto alza lo producido por los lípidos del forraje, y se deposita en la carne y leche. CLA se ha demostrado ser una protección contra cáncer, aterosclerosis y enfermedades inflamatorias. Las ventajas de la alimentar con harina de pescado a especies rumiantes son las siguientes:

Ovejas

- Fertilidad mejorada.
- Crecimiento más rápido de los corderos.
- Mortalidad reducida de corderos en ovejas de colina.
- DHA+EPA depositados en la carne.
- Mejora las dietas de alto forraje.
- Puede adelgazar corderos demasiado gordos.

Vacas Lecheras

- Mayor Producción de leche - incrementa 1 a 2 litros por día.
- Incremento en el contenido de proteína en la leche - por 0.1 a 0.2% unidades.
- Pueden bajar el contenido graso de la leche - importante para consumidores concientes de la salud.
- Fertilidad, mejora los índices concepción – entre un 10 a 15%.

Ganado Vacuno



Foto 3: Vacas alimentados con una dieta a base de harina de pescado

- Crecimiento más rápido.
- Incrementa el DHA+EPA depositado en la carne.
- Mejora las de dietas de alto forraje.

Capitulo 2

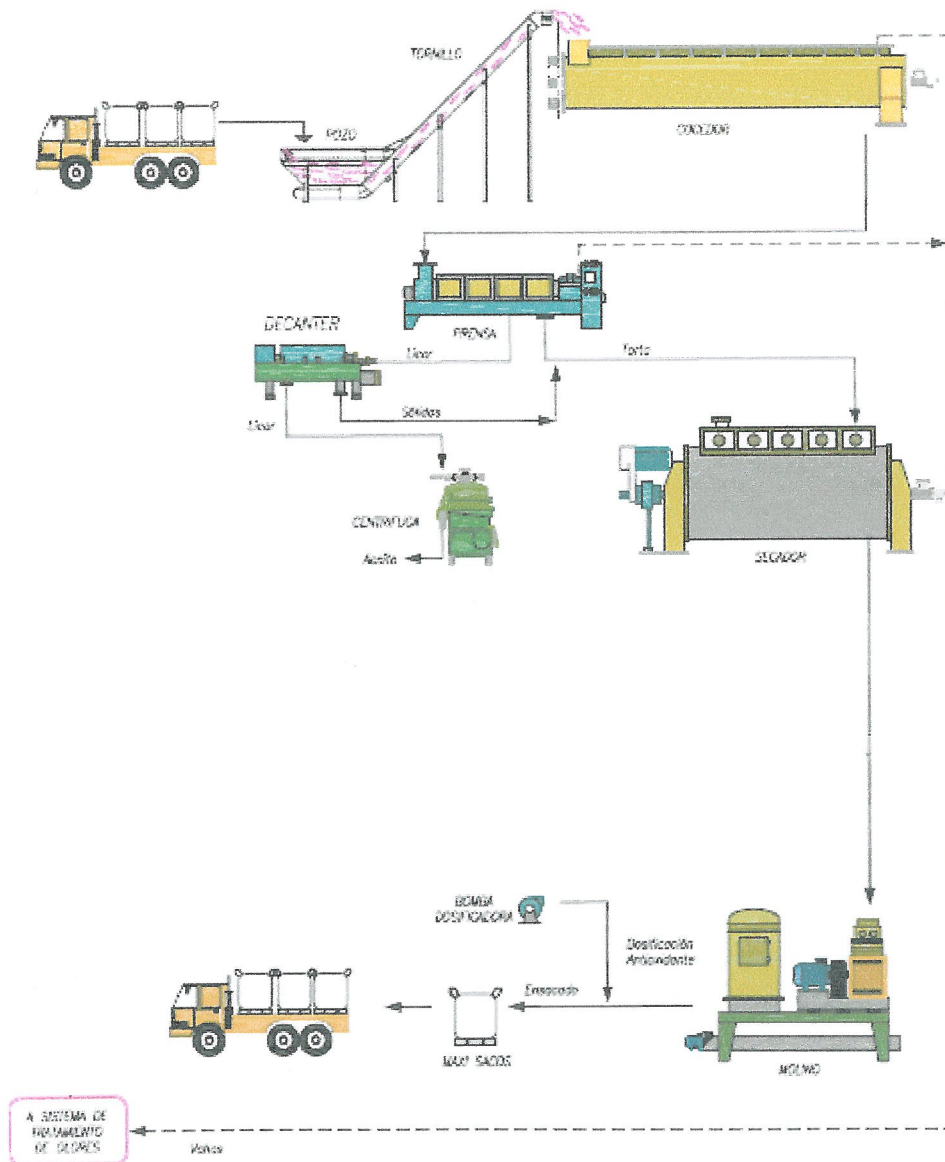
El Proceso Productivo



PROCESO DE ELABORACIÓN DE HARINA DE PESCADO

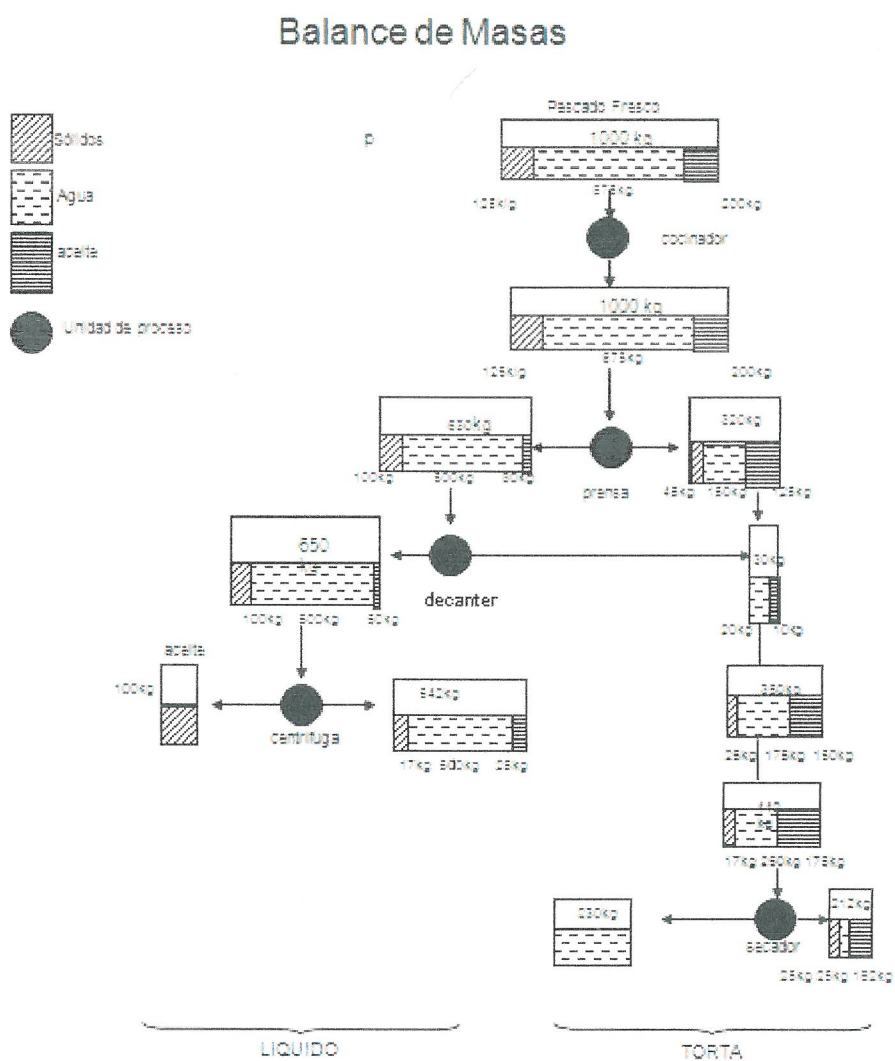
La elaboración de Harina de Pescado consiste, esencialmente, en la separación parcial de los tres principales componentes del pescado: sólidos, aceite y agua. El contenido en agua debe reducirse desde un 70-80% a un 10 % aproximadamente para evitar de esta forma cualquier tipo de descomposición. Su contenido en aceite debe reducirse a menos del 12 % en la harina con objeto de mejorar su estabilidad.

Fig 1: Lay out



Existen diversos métodos para la fabricación de harina de pescado, pero aquí solo se detallará el empleado para la elaboración de la mayor parte de la harina de pescado del mercado mundial. En la FIG 2. se presenta la composición del producto en proceso en cada una de las fases de su elaboración que a continuación se detallan.

Fig 2: Balance de Masas



Descripción de las Etapas Productivas

Recepción de la materia prima

El pescado es un recurso altamente perecedero y su elaboración en forma de harina da lugar a un producto estable, con un elevado contenido proteico, que resiste casi por completo la alteración durante almacenamientos de meses e incluso años. Esto da lugar a que la elaboración del pescado se deba hacer en el menor tiempo posible para evitar su descomposición y posterior transformación en una Harina de pescado de baja calidad.

Como conservante se puede utilizar Hielo, pero es costoso y agrega agua al producto que luego hay que eliminar. Es por esto que la mejor solución para obtener un producto de alta calidad es procesar el pescado rápidamente, dentro de las 30 horas de su captura o descongelamiento.

Otro dato a tener en cuenta, es que la calidad del pescado a utilizar tiene una gran influencia en el producto terminado. Por ejemplo, la harina de pescado producida a partir de desechos tiene un mayor contenido de cenizas.

Tabla 2: Composición de la Materia Prima

% Humedad	% Lípidos	% Proteínas	% Cenizas	Valor Calórico (Kcal./100 grs.)
51,4	2,01	8,87	37,72	53,59

Durante la recepción de la materia prima y su almacenamiento previo a su elaboración, se generan los primeros efluentes líquidos a tener en cuenta y que llamaremos Efluente de sangre. El mismo se detalla a continuación:

- **Efluente de sangre (sanguaza):**

Se produce por el exudado de agua, sangre y otros humores de los restos de pescado crudo almacenados para su manufactura, comúnmente se lo llama agua de sangre o sanguaza. Su composición está acotada entre los siguientes valores:

Tabla 3: Composición del Efluente de Sangre o Sanguaza

DBO (ppm)	Sólidos Totales (ppm)	Sólidos volátiles (ppm)	Grasas (ppm)
00.500 - 325.000	46.741 - 61.760	29.533 - 46.247	10665

Fuente: Informe FAO³

Cabe destacar que este efluente es diluido por el condensado de vapor o por el agua de limpieza.-

Cocción

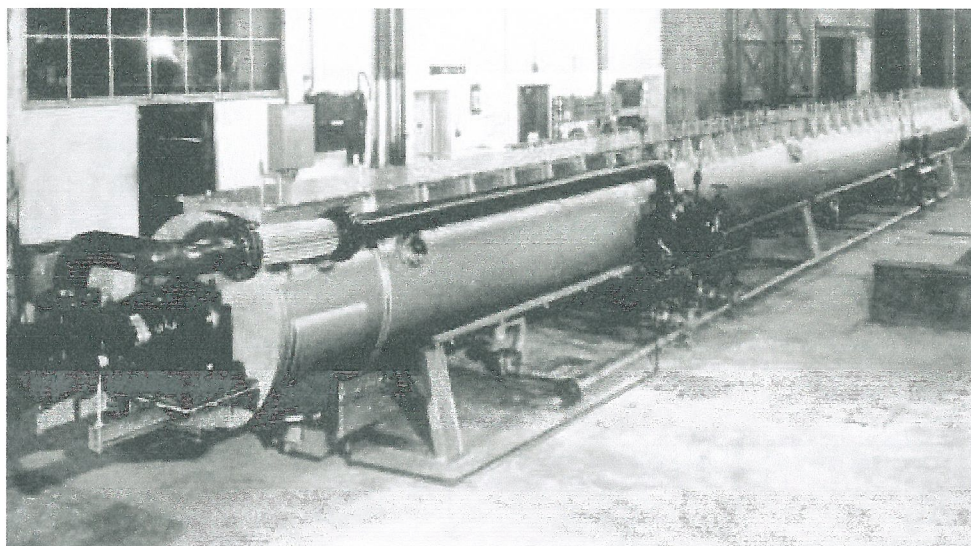
Cuando el pescado se calienta alrededor de 100 °C sus proteínas coagulan, lo que produce la ruptura de la membrana celular que da lugar a liberación de aceite y del agua fisiológicamente ligada.

La materia prima que no ha sufrido todavía la cocción, soporta una presión considerable sin pérdida significativa de estos componentes. La simple cocción libera una proporción importante de líquidos celulares que con frecuencia es superior al 60% del total de la materia prima. Las condiciones óptimas para la cocción no son fáciles de determinar, ya que dependen considerablemente del tipo de materia prima y de su calidad. Experiencias de laboratorio han demostrado que para la mayor parte de materiales no grasos, la separación se mejora al incrementar la temperatura desde 60 a 100 °C. Respecto a esto, parece existir una considerable diferencia de comportamiento entre las diversas especies de pescados grasos. Así, por ejemplo, tras la cocción a 100 °C las anguilas de arena liberan alrededor del 63% de su peso total, mientras que el espadín solo libera el 52%. La descomposición de la materia prima acentúa todavía más estas diferencias. Con algunas especies de pescados grasos, como por ejemplo el capelín, se ha comprobado que la separación, especialmente del aceite, se mejora si se calienta solo a 50-60 °C.

El cocinador (Foto 4) consiste principalmente, en un cilindro alargado con una camisa de vapor, por el que pasa el pescado impulsado por un tomillo sin fin calefaccionado. A su vez posee un dispositivo que permite la inyección directa de vapor sobre la materia prima, pero esta operación no suele ser beneficiosa ya que añade agua al producto que deberá más tarde eliminarse durante el proceso de elaboración.

³ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

Foto 4: Cocinador con tornillo sin fin calefaccionado y camisa calefaccionada.



Fuente: FAO⁴

Los cocinadores poseen también sistemas de control automático de nivel de materia prima, de temperatura, y poseen dispositivos para detectar sustancias extrañas. Todos estos equipos tienen paneles desmontables para su inspección y limpieza y son de construcción sencilla, su misión es conseguir que todo el pescado alcance y mantenga una temperatura próxima a los 100 °C.

Como la materia prima empleada es muy variada es difícil establecer cuáles son las condiciones ideales de cocción por lo que deben, por tanto, establecerse a base de pruebas, tratando siempre de conseguir una masa de fácil prensado que da lugar a una harina con un bajo contenido de aceite. Existen, desde luego, las condiciones óptimas de cocción, por ejemplo si se cocina poco, el procesado resulta poco eficaz para la eliminación de líquidos y de aceite y si se cocina mucho, la masa se hace demasiado blanda aumentando así la producción de partículas en suspensión en el líquido de prensado, lo que dificulta los procesos posteriores.

Prensado

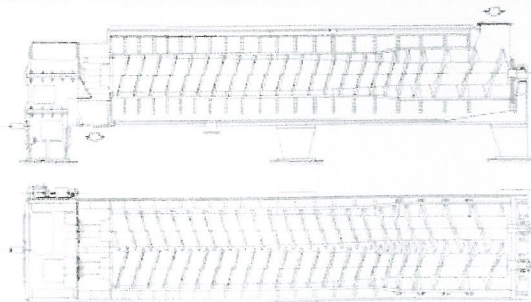
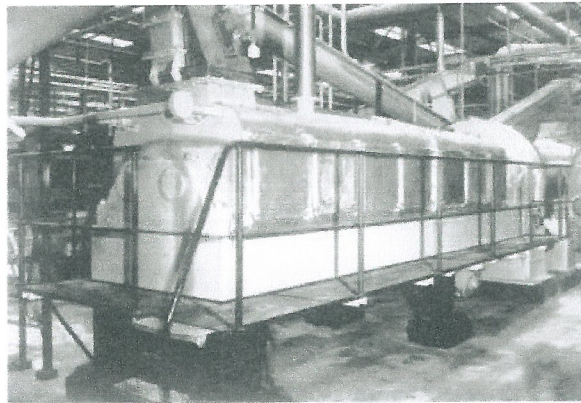
En el cocinador no se produce ninguna separación física y el material que entra es el mismo que el que sale. La mayor parte del líquido de cocción se puede separar simplemente por drenaje, lo cual se consigue, generalmente, pasando el material cocido a lo largo de un tornillo sin fin con fondo perforado (desaguador). En este procedimiento antes del prensado ya se elimina un líquido compuesto por aceite y

⁴ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

agua, que contiene sustancias disueltas y sólidos en suspensión. La materia prima filtrada pasa, seguidamente, a la prensa, que consiste esencialmente en una jaula cilíndrica por la que pasa el pescado, empujado por un tornillo sin fin de diámetro decreciente en sentido longitudinal. Esto hace que el pescado, a medida que progresa en la prensa, sufra un incremento de presión al quedar reducido el volumen que deberá ocupar en su paso por la misma. Los líquidos que se van liberando en esta operación se eliminan por el fondo perforado. Después de esta operación la torta que sale de la prensa contiene el 57% de humedad y un 2 a 4% de aceite.

La operación central en el proceso de fabricación de harina de pescado es obtener una buena torta de prensado, lo que dependerá del establecimiento de las condiciones más idóneas de cocción y de calidad de la materia prima. La materia prima de mala calidad, en especial la que ha sufrido alteración enzimática que la ha transformado en un producto semilíquido, resulta de muy difícil prensado y no permite la obtención de una torta de consistencia sólida. Este material posee dos inconvenientes: resulta difícil de prensar, y los líquidos de prensado son muy pastosos. La solución a este problema consiste, evidentemente, en trabajar con materia prima de buena calidad y si se trata de un producto alterado nada puede hacerse.

Foto 5: Prensa de doble tornillo



Fuente: FAO⁵

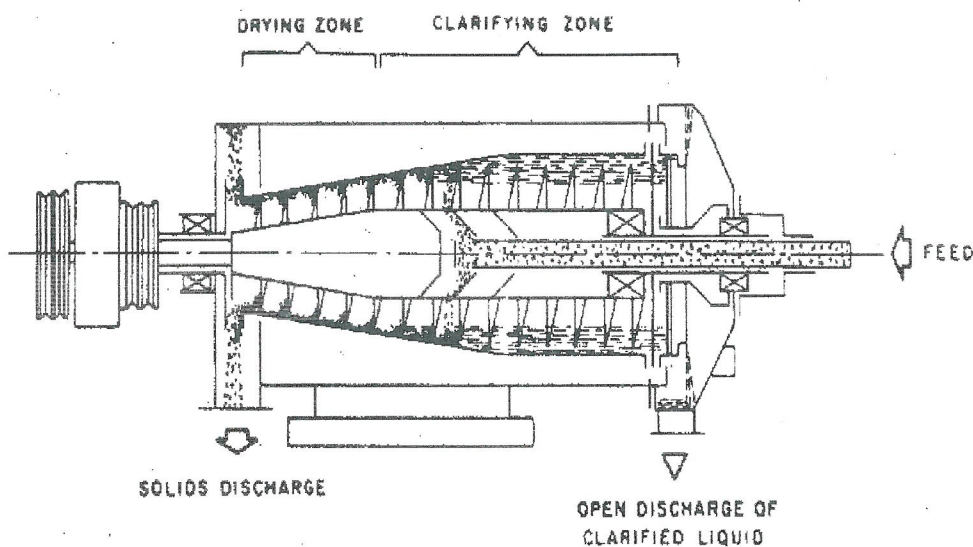
⁵ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

Tratamiento de los líquidos de prensado

Los líquidos de prensado, es decir los eliminados en la prensa, están constituidos por una mezcla de agua, aceite y sólidos. La composición típica de un líquido de prensado en el caso de desechos de merluza es la siguiente: 85/87% de agua, 8/9%% de sólidos y 3.5/5% de aceite (fuente FAO). Los sólidos están constituidos por sustancias disueltas y materiales en suspensión. El propósito de esta parte del proceso de elaboración consiste en separar lo mejor posible el aceite de la fracción acuosa y concentrar seguidamente, por un procedimiento económico, los sólidos disueltos en el agua, para posteriormente añadirlos de nuevo al producto terminado.

La primera operación consiste, generalmente, en filtrar el líquido de prensado para eliminar las partículas sólidas de mayor tamaño. Seguidamente se pasa el líquido a una centrifuga para separar los sólidos de menor tamaño que se hallan en suspensión. Como hemos visto anteriormente, si la materia prima era de mala calidad habrá una mayor proporción de estos sólidos que deberán ser eliminados. El decanter consiste en un rotor cilindro cónico que posee interiormente un transportador cilíndrico. La fuerza centrífuga ejercida obliga al líquido a trasladarse a la periferia del rotor, atravesándolo y pasando a la cara externa. El transportador de tornillo rueda con el rotor, pero a una velocidad ligeramente inferior y retira de forma continua los sólidos de la superficie. El decanter se halla dispuesto de tal forma que estos sólidos se van eliminando continuamente por un extremo mientras que por el otro (con poca proporción de sólidos en suspensión) se elimina el líquido centrifugado. Los sólidos pueden ingresar de nuevo en el proceso y secarse conjuntamente con la torta de prensado. Seguidamente, el líquido de prensado se separa en dos fracciones: el aceite y la fracción acuosa conocida como agua de cola.

Fig 3: Decanter



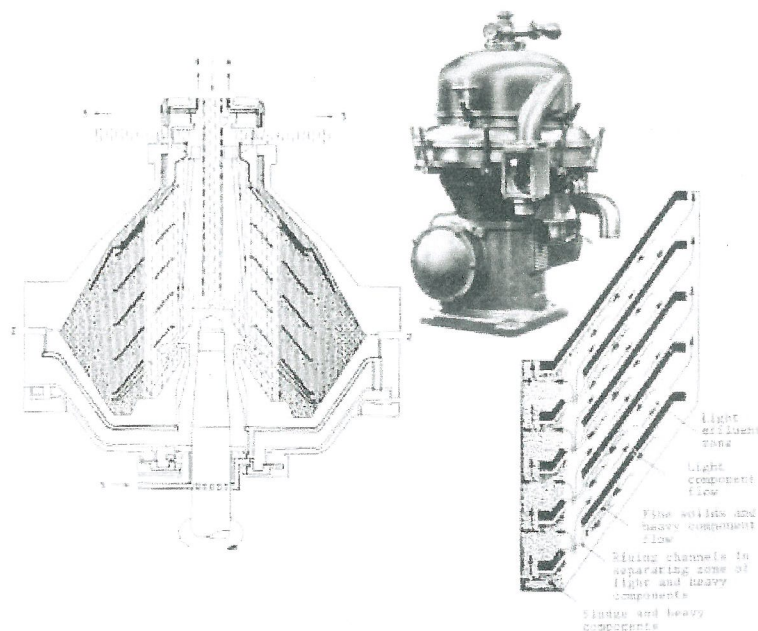
Fuente: FAO⁶

La separación del aceite y el agua de cola se realiza mediante el paso por centrifugas continuas (en serie, cumpliendo la segunda la función de purificadora). En las centrifugas se produce una acumulación de sólidos cuya descarga puede programarse.

Las centrifugas contienen una serie de discos cónicos perforados, superpuestos a una distancia entre ellos de 0,5 a 2 mm, de forma que el líquido puede así atravesarlos. El líquido a centrifugar penetra en la centrifuga por el centro. Los aceites, menos densos, permanecen en él y salen por el otro extremo mientras que el agua de cola es desplazada hacia los conos. La separación entre los conos puede ajustarse y este ajuste permite mejorar la separación entre las dos fracciones. La última operación consiste en la "purificación" del líquido obtenido para eliminar por completo los sólidos y la fracción acuosa, que provocaría una rápida alteración del aceite durante su almacenamiento.

⁶ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

Fig 4: Centrifuga



Fuente: FAO⁷

Para la purificación se añade agua caliente y se centrifuga controlando cuidadosamente la temperatura ya que la densidad y la viscosidad del aceite dependen de ella. Para esta operación resulta adecuada una temperatura de 95 °C. El aceite purificado por este procedimiento se almacena a continuación en tanques secos siendo ésta la última manipulación que suelen sufrir los aceites en una fábrica de harina de pescado.

En esta etapa también se generan efluentes líquidos con las siguientes características:

○ **Efluente a la salida de las centrifugas:**

El líquido a evacuar es el proveniente de las centrifugas de aceite. El mismo tiene la siguiente composición aproximada:

⁷ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

Tabla 4:

DBO (ppm)	Sólidos Totales (ppm)	Sólidos volátiles (ppm)	Materias grasas (ppm)
47.000	53.000	45.500	18.000

Fuente: Informe FAO⁸

Secado

Durante el proceso de deshidratación la torta del prensado y el concentrado de agua de cola (o soluble de pescado) se deshidratan simultáneamente pasando su contenido de agua del 50/60 al 6/10 % aproximadamente. Este bajo contenido de agua hace al producto estable frente a posibles alteraciones por bacterias o enzimas. La deshidratación reduce también el volumen del producto y facilita la elaboración de un polvo que supone una economía de manejo en el almacenamiento y transporte. Aunque la deshidratación constituye básicamente una operación sencilla, se requiere una considerable habilidad para conseguir las condiciones adecuadas en el proceso. Si la harina no está suficientemente deshidratada se puede producir el crecimiento de mohos y bacterias y el valor nutritivo del producto, en consecuencia, se reduce. Si se deshidrata demasiado, existe el riesgo de que se reduzca su valor nutritivo, aparte del mayor gasto que supone en consumo de combustible.

Solamente existen dos tipos de secadores; los directos y los indirectos. Los secadores directos, correctamente manejados tienen las ventajas de una mayor capacidad y economía de combustible. Se utilizan mucho en las grandes pesquerías industriales que se abastecen de pequeñas especies pelágicas de pescados grasos. Sus principales desventajas las constituyen su mayor consumo de aire, lo que genera mayores problemas de olores y una mayor posibilidad de sobrecalentamiento de la harina, aunque, sin embargo, esto último ocurre muy pocas veces. Los secadores indirectos se calientan generalmente con vapor. La eficacia en la transferencia de calor es ligeramente inferior en estos sistemas y el consumo de combustible es mayor, pero este método constituye un procedimiento menos drástico y con menos problemas de olores ya que utiliza una cantidad de aire mucho menor.

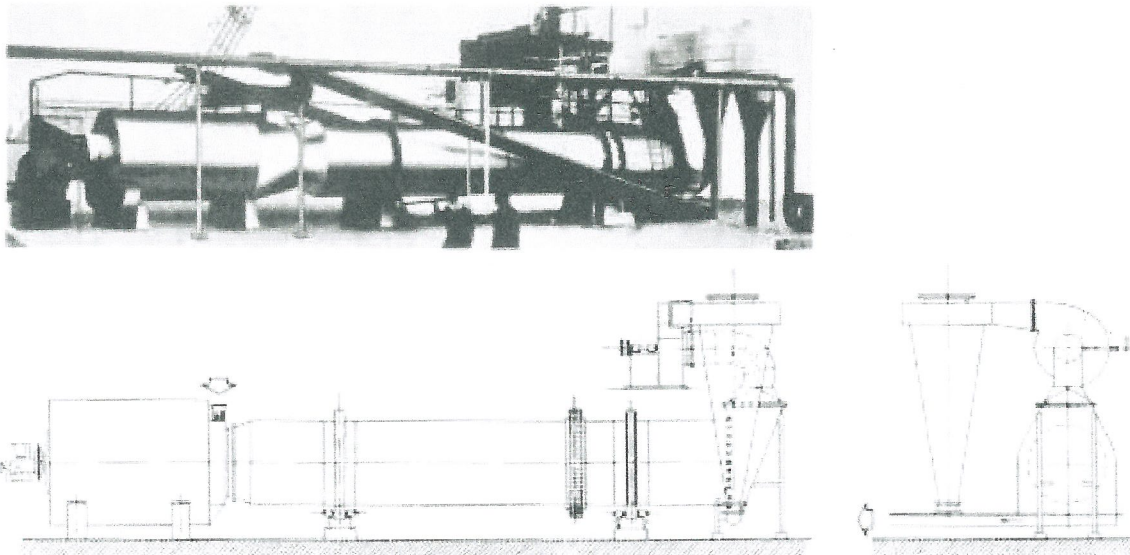
⁸ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

Secador directo

Los secadores directos, llamados a veces deshidratadores de llama o fuego directo, consisten en un tubo de gran tamaño, en rotación, en el que la torta de prensado da vueltas con rapidez en un flujo de aire muy caliente que entra a una temperatura de 600 °C. El volteo de la torta se produce por el movimiento de rotación del secador y por la existencia en su cara interna de deflectores a modo de repisas que transportan la torta hasta la parte superior del túnel desde donde cae, consiguiendo de esta forma un mejor contacto entre el aire y el producto que se deseca. La corriente de aire se produce por la inyección de un aire atmosférico que arrastra los gases de combustión. Las partículas de harina no alcanzan las temperaturas tan elevadas ya que la rápida evaporación del agua de la superficie de las mismas provoca su enfriamiento al eliminarse el calor latente de evaporación. La harina, normalmente no supera la temperatura de 80 °C. Como puede apreciarse, en los secadores directos, la presencia en el aire caliente de sustancias como, óxidos de nitrógeno, azufre, etc. pueden contaminar la harina e incluso reaccionar con ella. Por ello, en estos secadores, debe emplearse un combustible bastante puro con bajo contenido de azufre y de nitrógeno y deben reajustarse periódicamente los dispositivos de combustión para asegurar que ésta sea completa. Ello, en cualquier caso, también es necesario desde el punto de vista de la economía del combustible. En estas instalaciones el aire y el pescado se mueven concurrentemente. De hecho la elevada velocidad del aire contribuye al transporte de la harina a lo largo del deshidratador. La velocidad de aire es, de hecho, una variable importante y debe ajustarse para que asegure la correcta permanencia del producto en el mismo.

Aunque el tiempo adecuado de permanencia es algo que se determina en la práctica y depende del tipo de materia prima, suele ser de unos 15 minutos. El grado de calentamiento puede lógicamente variarse también y deberá adaptarse al tipo, cantidad y calidad de la materia prima, por lo que será diferente en cada caso.

Fig 6: Secador directo



Fuente: FAO⁹

El agua de cola previamente concentrada debe añadirse a la torta de prensado para su deshidratación conjunta. A este respecto constituye un problema conseguir que la operación de mezclado sea correcta para evitar la formación de grumos o de porciones muy húmedas que tienden a pegarse a las superficies calientes. La adición del agua de cola concentrada puede efectuarse, bien sobre la torta de prensado antes de entrar en el secador, o bien a una fracción del material previamente deshidratado. Cuando se utilizan dos deshidratadores directos instalados en serie, la adición de agua de cola puede efectuarse después de pasar por el primero. Los secadores directos suelen utilizarse en las pesquerías industriales más importantes como las del Perú y Sudáfrica, que se abastecen generalmente de especies de anchoa y sardina. Raramente se utilizan para la elaboración de harina de pescado blanco, o cuando se emplean especies de gran tamaño. La capacidad de los deshidratadores directos es muy elevada. Se fabrican deshidratadores con una capacidad de 1.000 Tn. de materia prima cada 24 horas. Los indirectos no suelen fabricarse en tamaños tan grandes.

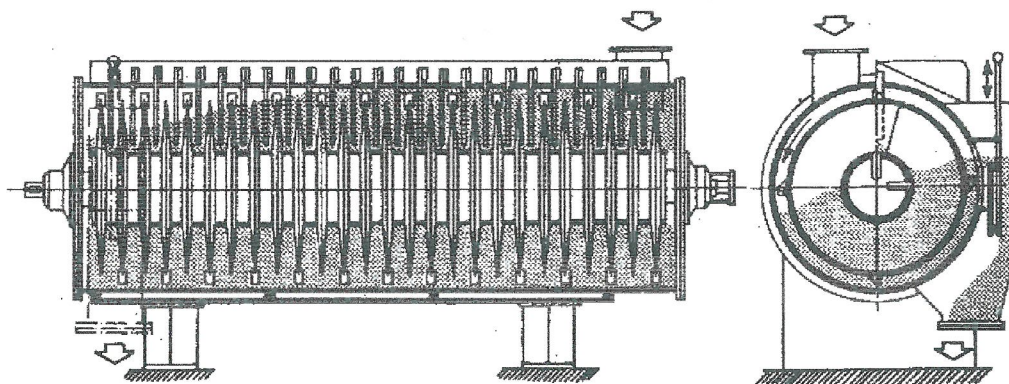
Secadores indirectos

Los secadores indirectos son también deshidratadores rotatorios constituidos por un cilindro de gran tamaño donde se produce la deshidratación pero, en los que el

⁹ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

calentamiento se suministra de forma indirecta por contacto con discos, tubos, o serpentines, o por la propia pared del deshidratador calentado con vapor o aire caliente.

Fig 7: Secador Indirecto



Fuente: FAO¹⁰

A lo largo del secador se introduce una corriente de aire para que elimine el vapor de agua producido por el calentamiento. Este aire, generalmente no ha sido precalentado y se mueve en dirección opuesta a la de la harina. El movimiento rotatorio de los discos, serpentines o tubos y la existencia de deflectores en la pared interna del secador asegura la agitación del producto.

Estos secadores suelen llevar instaladas láminas o dispositivos semejantes para evitar que el producto se pegue a las superficies calientes lo que afectaría negativamente a la eficacia del proceso. Obviamente, la temperatura de la superficie del deshidratador depende de la del vapor en el interior de los discos, tubos o serpentinas; en el caso proyectado se utilizara un Rotadisc o secador a discos e indirecto. Existe un límite para la presión a la que el vapor puede emplearse, que depende de los materiales con que se ha construido el secador. Los secadores indirectos son instalaciones más complicadas que los directos y son, en esencia, recipientes que funcionan a presión. En ellos se suele utilizar vapor a una presión de 6 atmósferas (relativas) que corresponde a una temperatura de vapor de unos 170 °C. Tampoco aquí las partículas de harina suelen alcanzar esta temperatura debido a la rápida evaporación del agua de su superficie.

Al contrario de lo que sucede con los directos, solo ruedan el rotor y los discos. Los tiempos de permanencia de la harina en los indirectos son aproximadamente el doble

¹⁰ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

del de los directos: lo corriente son unos 30 minutos por lo menos. El flujo de aire que circula en contracorriente se produce por la acción de un ventilador centrífugo y el propio deshidratador tiene generalmente un espacio por encima de los discos para permitir el paso de este aire.

La harina se extrae del secador por un sistema de compuertas por lo que el tiempo de permanencia puede ajustarse ajustando la altura de las mismas como también se ajustaría modificando el diseño y la disposición de las láminas y deflectores.

Ninguno de los dos tipos de secadores dispone por el momento todavía de un método instrumental eficaz para la determinación continua del contenido en humedad de la harina a la salida del secador.

La elección del tipo de secador dependerá de la naturaleza de la materia prima, del suministro y costo del combustible, la capacidad del secador, el espacio disponible y la "importancia de reducir los olores".

En esta etapa el lavado de los gases genera efluentes líquidos, con las siguientes características:

- **Purga del agua de lavado de gases provenientes del secador (pueden ser vertidos directamente a la atmosfera):**

El vapor liberado en la etapa de secado, es extraído del secador rotativo por medio de un ventilador centrífugo de alta presión e introducido en una torre lavadora. El agua de lavado será reutilizada en circuito cerrado y se realizará en la misma una rutina de purgas para evitar su saturación y no alterar la eficiencia del proceso de lavado de gases. La composición de salida del vapor del secador estará acotada dentro de los valores que a continuación se detallan:

Tabla 6:

DBO (ppm)	Sólidos Totales (ppm)	Sólidos volátiles (ppm)	Grasas (ppm)
120 - 300	14.171 - 18.949	1.006 - 7.957	46

Fuente: Informe FAO¹¹

¹¹ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

Elaboración final

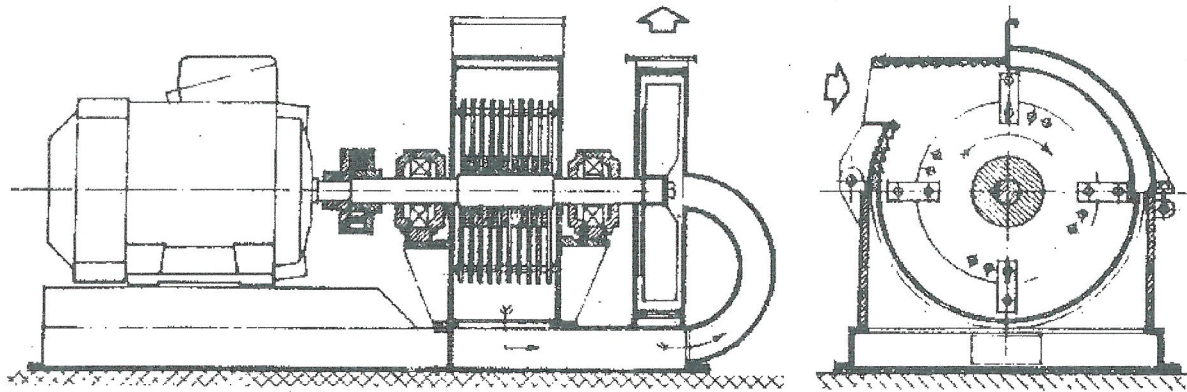
Molienda

El material procedente de los secadores posee un tamaño de partícula muy variado que va desde fragmentos relativamente grandes de hueso a polvo fino. Su composición varía también mucho. El objeto del proceso de molienda consiste en producir un polvo homogéneo, exento de sustancias extrañas, con buen aspecto, que pueda pesarse, ensacarse y transportarse y que pueda mezclarse sin dificultad con el resto de los componentes de la ración. Antes de la molienda se somete el producto a un zarandeo por vibración y a un campo magnético mediante el cual se eliminan sustancias extrañas como maderas, clavos, anzuelos o bolsas de plástico.

Con frecuencia los clientes requieren diferentes tamaños de partícula por lo que debe procurarse elaborar un producto con un tamaño de partícula lo más próximo posible a estas exigencias. Resulta difícil elaborar harina que no tenga una variación relativamente grande, pero la mayor parte de los clientes desean una harina sin una gran proporción de partículas de pequeño tamaño ya que de lo contrario se producen pérdidas y la propia formación de polvo resulta molesta. La producción de partículas tan finas puede reducirse efectuando un zarandeo previo antes de la molienda para evitar así reducir más el tamaño por la trituración de las partículas ya de por sí pequeñas. Esto, por otra parte, ahorra energía en el proceso de molienda. La mayor parte de los clientes exigen un tamaño de partícula entre 2 y 0,1 mm.

Para la elaboración de harina de pescado existen en el mercado diversos tipos de molinos, pero los de martillos resultan especialmente adecuados. En los molinos de martillos, la molienda se produce por el choque violento de los martillos que ruedan a gran velocidad con la harina, que una vez desmenuzada sale del molino atravesando una placa perforada. El molino dispone de placas con perforaciones de diversos tamaños de acuerdo con el tamaño de partícula que se desea producir. Los molinos de este tipo son robustos y no suelen dar problemas, siendo su única desventaja real el hecho de que son muy ruidosos.

Fig 8: Molino de Martillos



Fuente: FAO¹²

El molino debe ubicarse en la fábrica en un lugar adecuado y aislado del resto entre paredes como precaución para una eventual explosión producida por el polvo y también para rebajar el nivel sonoro. Debe también tenerse un cuidado especial en el montaje de estos molinos con objeto de reducir al máximo la vibración. Inmediatamente antes de la molienda, o durante la misma, se añaden a algunas harinas de pescado, antioxidantes. El aceite de algunas de estas harinas reacciona con mayor facilidad que otras. Las que más fácilmente parecen reaccionar son las de anchoa y sardina. Antes del empleo de los antioxidantes era frecuente que estas harinas se recalentasen durante su transporte por mar. El sobrecalentamiento se produce por una reacción del aceite con el oxígeno de la atmósfera, reacción ésta que puede afectar al valor nutritivo en la harina en cuestión.

La experiencia permite saber si una harina de pescado se va a hallar expuesta a este tipo de alteración, pero las pruebas en el laboratorio pueden también poner en evidencia la velocidad a la que la harina reacciona con el oxígeno. Por lo general, cuanto mayor es el índice de yodo del aceite mayor es la proporción de antioxidante que es preciso añadir para su estabilización. El producto frecuentemente empleado para la estabilización de la harina de pescado es el Ethoxiquina y la concentración a la que se emplea depende de cada caso pero suele oscilar entre los 400 - 1.000 mg/kg. No existe un método satisfactorio que permita detectar la concentración de antioxidante en la harina por lo que es preciso que la adición de antioxidante se controle perfectamente para conseguir que las pequeñas cantidades añadidas se distribuyan homogéneamente. El antioxidante se suele añadir a la harina a la salida del secador,

¹² Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

en el propio transportador helicoidal que lo pasa al molino. Resulta absolutamente imprescindible la existencia de controles automáticos para que la adición de antioxidante vaya efectuándose de acuerdo con la cantidad real de harina que pasa por el transportador.

Existe otra alternativa a la adición de antioxidante, que consiste en "madurar" la harina de pescado, disipando de esta forma durante la maduración el calor que se genera por la oxidación de los aceites. Ello puede efectuarse manteniéndola durante las primeras cuatro semanas ensacada en sacos apartados entre si, apilándolos seguidamente, pero de tal forma que se permita una posterior disipación del calor del conjunto. Si la harina se almacena a granel debe removerse de cuando en cuando y los montones no deben superar los 2 m de altura. Debe también controlarse la temperatura con termómetros efectuando mediciones cada tres metros, a un tercio de su altura desde el suelo. La temperatura en las pilas debe ser inferior a 35 °C. La adición de antioxidantes suele dar lugar a un producto de mejor calidad.

La harina de pescado que no se transporta a granel se suele envasar en bolsas de polipropileno de 50 Kg. La elección del envase más adecuado depende del material en cuestión, de la distancia y el sistema de transporte, de las condiciones probables durante el mismo y de las preferencias del cliente.

Los sacos sellados, que protegen al producto de la acción del aire y de la humedad poseen la ventaja de que evitan la oxidación, por lo que en ellos la harina puede envasarse más apretada ya que no existe riesgo de calentamiento. Además, la harina de pescado envasada de esta forma, no se percibe el olor y resiste a la lluvia. Sin embargo, estos sacos son más frágiles a posibles perforaciones, se escapan más fácilmente de las manos y son más difíciles de apilar.

Capítulo 3

Marco Teórico Particular

Caracterización de la Industria local Puerto Mar del Plata

La actividad industrial y comercial de la ciudad genera distinto tipo de efluentes como consecuencia de la actividad productiva. Una parte de estos desechos conforma los efluentes que son volcados a la red cloacal y otra parte son retenidos en decanters, interceptores de grasa u otros sistemas de tratamientos instalados en las industrias, los cuales tienen por objeto mejorar la calidad del vertido a la red y ajustar el mismo a las normas establecidas. De esta manera se logra evitar inconvenientes al sistema de infraestructura sanitaria (por ejemplo, taponamiento de cañerías, concentración de sólidos, corrosión, etc.) y además se evitan los impactos generados al medio ambiente, como ser emanación de olores y contaminación del medio receptor entre otras.

Los residuos retenidos dentro de las industrias y que no encuadran dentro de la categoría de residuos especiales, ley 11.720 de la Pcia. De Buenos Aires, en general son retirados por camiones atmosféricos y transportados hacia la planta de pre tratamiento en Camet para su posterior evacuación.

Por ende, las industrias generan dos tipos de efluentes: los que son vertidos al sistema cloacal y los que son retenidos en instalaciones internas. El buen funcionamiento del sistema sanitario, es decir colectoras, planta de tratamiento y medio marino receptor depende de la calidad de los vertidos industriales que recibe. Cuando estos se encuadran dentro de las normas exigidas en la provincia, el sistema sanitario mantiene una capacidad operativa. Pero en cambio, cuando los vuelcos, no se encuadran dentro de estas normas, la capacidad operativa del sistema sanitario se ve disminuida o llegado el caso puede colapsar.

Una de las problemáticas mas importantes del sistema sanitario en Mar del Plata, esta vinculado al aporte de sustancias grasas en exceso, situación común con otras ciudades del mundo, pero que necesita monitoreo constante y soluciones efectivas.

Lo anteriormente descrito, expone la importancia de la calidad de los efluentes industriales que son vertidos a la red cloacal. En consecuencia las instalaciones y el monitoreo para obtener efluentes que encuadren dentro de los parámetros expuestos por la ley son de vital importancia dentro de cada industria.

El conocimiento de las características físicas, químicas y biológicas de los efluentes líquidos es esencial para el proyecto y funcionamiento de las instalaciones para su recogida, tratamiento y evacuación de manera correcta.

Como en muchas otras operaciones con alimentos, el mayor impacto ambiental asociado con las actividades de procesamiento de pescado son el alto consumo de agua, el consumo de energía y la descarga de efluentes con un alto contenido orgánico (debido a la presencia de proteínas, grasas, aceites y sólidos en suspensión) y de fosfatos, nitratos y sulfuros.

En nuestro caso, es muy importante entender y saber que es lo que se esta volcando a la red cloacal y los perjuicios que le genera a la misma para poder proponer soluciones técnicas adecuadas.

A modo de ejemplo, algunas problemáticas detectadas por vuelcos industriales indebidos de las plantas de harina de pescado son:

- Taponamiento de cañerías
- Mal funcionamiento de bombas
- Olores
- Impermeabilización de cribas
- Formación de sulfuros por falta de oxígeno disuelto

Los principales parámetros utilizados para caracterizar las aguas residuales se citan en la siguiente tabla:

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL

PARÁMETRO	ORIGEN
FÍSICAS	
Sólidos	Suministro de agua,* residuos industriales y domésticos
Temperatura	Residuos industriales y domésticos
Color	Residuos industriales y domésticos
Olor	Agua residual en descomposición, residuos industriales

QUÍMICAS

Orgánico:

Proteínas	Residuos comerciales y domésticos
Carbohidratos	Residuos comerciales y domésticos
Grasas animales, aceites y grasas minerales	Residuos industriales, comerciales y domésticos
Agentes tensoactivos	Residuos industriales y domésticos
Fenoles	Residuos industriales
Pesticidas	

Inorgánico:

pH	Residuos industriales
Cloruros	Suministro de agua doméstica, residuos industriales, infiltración de aguas subterráneas
Alcalinidad	Residuos domésticos, suministro de agua doméstica, infiltración de aguas subterráneas.
Nitrógeno	Residuos agrícolas y domésticos
Fósforo	Residuos industriales y domésticos, derrame natural
Azufre	Suministro de agua doméstica y residuos industriales
Compuestos tóxicos	Residuos industriales, infiltración de aguas subterráneas
Metales pesados	Residuos industriales

Gases:

Oxígeno	Suministro de agua doméstica, infiltración de agua de superficie
Sulfuro de Hidrógeno	Descomposición de aguas domésticas
Metano	Descomposición de aguas domésticas

BIOLÓGICAS

Protistas	Residuos doméstico, plantas de tratamiento
-----------	--

Virus	Residuos domésticos
Plantas	Corrientes de agua al descubierto y plantas de tratamiento
Minerales	Corrientes de agua al descubierto y plantas de tratamiento

Fuente: Unidad Temática 6: Control y Disposición de Aguas Residuales

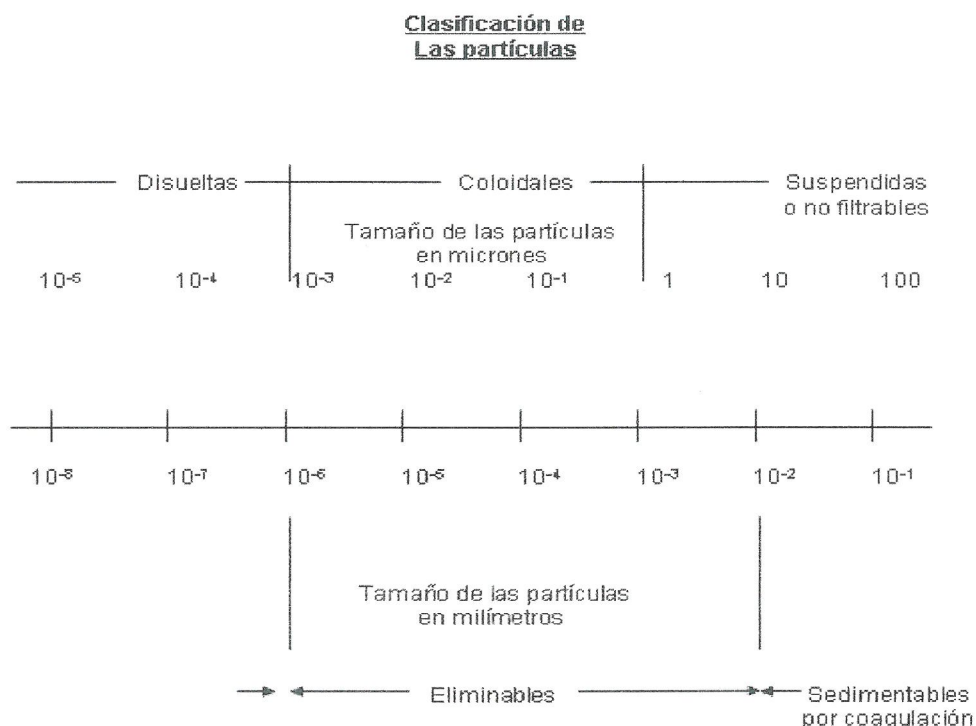
Principales características de los vertidos de las Plantas de harina de Pescado

Sólidos totales

Analíticamente, el contenido total de sólidos de un agua residual se define como toda la materia que queda como residuo de evaporación a 103 – 105 °C. La materia que tengo una presión de vapor significativa a dicha temperatura se elimina durante la evaporación y no se define como sólido. Los sólidos totales, o residuos de evaporación, pueden clasificarse como sólidos suspendidos o sólidos filtrables, a base de hacer pasar un volumen conocido de un líquido por un filtro. Por lo general, el filtro se elige de modo que el diámetro mínimo de los sólidos suspendidos sea aproximadamente una micra (μm); la fracción de sólidos suspendidos incluye los sólidos sedimentables que se depositarán en el fondo de un recipiente en forma de cono (llamado cono Imhoff) durante un período de 10 minutos. Los sólidos sedimentables son una medida aproximada de la cantidad de fango que se eliminará mediante sedimentación. Sólidos sedimentables en dos horas (en volumen). Expresa la cantidad de sólidos en suspensión en mililitro/litro que sedimentan en los conos Imhoff durante un período de dos horas. Su determinación permite establecer la eficiencia de instalaciones de sedimentación.

La fracción de sólidos filtrables se compone de sólidos coloidales y disueltos. La fracción coloidal consiste en partículas con un diámetro aproximado que oscila entre 10^{-3} y $1(\mu\text{m})$. Los sólidos disueltos se componen de moléculas orgánicas e inorgánicas e iones que se encuentran presentes en disolución verdadera en el agua. La fracción coloidal no puede eliminarse por sedimentación. Por lo general, se requiere una coagulación u oxidación biológica seguida de sedimentación para eliminar estas partículas de la suspensión.

Clasificación de intervalo de tamaño de las partículas presentes en el agua



Fuente: Unidad Temática 6: Control y Disposición de Aguas Residuales, Cátedra: Manejo de Aguas Residuales, Ing. Spinal.

A su vez, cada una de estas clases de sólidos puede clasificarse de nuevo en base a su volatilidad a 600°C . La fracción orgánica se oxidará y será expulsada como gas a dicha temperatura, permaneciendo la fracción inorgánica como ceniza. Por tanto, los términos "sólidos suspendidos volátiles" y "sólidos suspendidos fijos" se refieren, respectivamente, al contenido orgánico e inorgánico (mineral) de los sólidos suspendidos.

La turbidez, es la medida de la propiedad de transmisión de la luz del agua, es otro ensayo utilizado para indicar la calidad de los vertidos de aguas residuales y aguas naturales con respecto a la materia coloidal. La materia coloidal dispersa o absorbe la luz evitando así su transmisión.

En el caso de las plantas de harina de pescado, los vuelcos de sólidos totales, ya sean sedimentables o suspendidos, generan taponamientos en las cañerías y mal funcionamiento de las bombas de la red cloacal.

Temperatura

La temperatura de los vertidos es generalmente más alta que la del suministro, debido a las actividades industriales.

La temperatura del agua es un parámetro muy importante por su efecto en la vida acuática, con las reacciones químicas y velocidades de reacción y en la aplicabilidad del agua a usos útiles. Una temperatura más elevada puede, por ejemplo, producir un cambio en las especies piscícolas que existen en el agua. A las empresas industriales que utilizan aguas superficiales para la refrigeración les interesa mucho la temperatura del agua de captación.

Por otro lado, el oxígeno es menos soluble en el agua caliente que en la fría. El aumento de la velocidad de las reacciones químicas que supone un aumento de la temperatura, junto con la disminución del oxígeno presente en las aguas superficiales, puede frecuentemente causar graves agotamientos, en los meses de verano, de las concentraciones de oxígeno disuelto. En efecto se ven aumentados cuando se vierten cantidades suficientemente grandes de agua caliente a las aguas naturales receptoras. Debe tenerse presente que un cambio repentino en la temperatura puede dar como resultado un alto porcentaje de mortalidad de la vida acuática. Finalmente, las temperaturas anormalmente elevadas pueden dar lugar a un crecimiento indeseable de las plantas acuáticas y hongos.

En los ríos, un aumento de la temperatura causado por descargas de líquidos residuales tales como agua de condensadores, tienen diversos efectos adversos. Así por ejemplo, aguas de cursos que varían en la temperatura en forma horaria, son muy dificultosas para procesar en plantas de tratamientos.

Además, dado que el agua caliente es más liviana que el agua fría, se desarrolla estratificación y esto causa la muerte a la mayoría de los peces, la retirada al fondo del lecho de un río. Como puede haber menos oxígeno disuelto en el agua caliente que en la fría, la vida acuática sufre y cualquier contaminación orgánica descargada en esta agua superficial caliente, tendrán menos oxígeno aprovechable para la degradación biológica natural.

Los vertidos de las harineras de pescado, devuelven los efluentes con temperaturas mayores a las de ingreso en planta, pero no siempre estas están fuera de los parámetros exigidos por la ley, no obstante ayudan a la corrosión de las cañerías y a la generación de olores nauseabundos por la descomposición de la materia orgánica

en el efluente cloacal ya que disminuyen la cantidad de oxígeno y ayudan al desarrollo de bacterias.

Materia orgánica

En los vertidos de las harineras los sólidos suspendidos y los sólidos filtrables son de naturaleza orgánica. Proceden del reino animal. Los compuestos orgánicos están formados generalmente por una combinación de carbono, hidrógeno y oxígeno, junto con nitrógeno en algunos casos. Otros elementos importantes tales como azufre, fósforo y hierro pueden hallarse también presentes. Los principales grupos de sustancias orgánicas hallados en los vertidos son las proteínas, carbohidratos y grasas y aceites.

Proteínas. Las proteínas son el principal componente del organismo animal. En las plantas se encuentran presentes en menor grado. Todos los alimentos crudos de origen vegetal y animal contienen proteínas. La cantidad presente varía desde pequeños porcentajes en frutas con mucha agua, tales como el tomate, y en los tejidos grasientos de la carne, hasta elevados porcentajes en alubias o carnes magras. Las proteínas son de estructura química compleja e inestable, estando sometidas a muchas formas de descomposición. Algunas son solubles en agua y otras en cambio, no lo son. La química de la formación de proteínas supone la combinación o formación de cadenas de un gran número de aminoácidos. Los procesos moleculares de las proteínas son muy altos desde 20.000 hasta 20 millones. Todas las proteínas contienen carbono, que es común a todas las sustancias orgánicas, así como oxígeno e hidrógeno. Además contienen como característica que las distingue una proporción bastante elevada y constante de nitrógeno de alrededor del 16%. En muchos casos, también son componentes el azufre, fósforo y hierro. Las proteínas son las principales fuentes de nitrógeno en los vertidos; cuando este elemento se halle presente en grandes cantidades, es posible que se produzcan olores extremadamente desagradables debido a su descomposición.

Carbohidratos. Ampliamente distribuidos por la naturaleza, los carbohidratos incluyen azúcares, almidones, celulosa y fibra de madera. Todos ellos se encuentran en los vertidos. Contienen carbono, hidrógeno y oxígeno. Los carbohidratos comunes contienen seis, o un múltiplo de seis, átomos carbono en una molécula, e hidrógeno y oxígeno en las proporciones en que estos elementos se encuentran en el agua. Algunos carbohidratos, especialmente los azúcares, son solubles en agua; otros, tales

como los almidones, son insolubles. Los azúcares tienen predisposición a la descomposición; con las enzimas de ciertas bacterias y los fermentos dan lugar a una fermentación seguida de producción de alcohol y dióxido de carbono. Los almidones, por su lado, son más estables pero se transforman en azúcares por la actividad microbiana así como por los ácidos minerales diluidos.

Los carbohidratos no son relevantes en los efluentes de las plantas de harina de pescado.

Grasas animales, aceites y grasa. Las grasas animales y los aceites son cuantitativamente el tercer componente de los alimentos. El término *grasa*, normalmente utilizado, incluye las grasas animales, aceites, ceras y otros constituyentes que se hallan en los vertidos. El contenido de grasa se determina mediante extracción de la muestra residual con hexano (la grasa es soluble en hexano).

Las grasas animales y aceites son compuestos (ésteres) de alcohol o glicerol (glicerina) y ácidos grasos. Los ésteres de ácidos grasos que son líquidos a la temperatura ordinaria se llaman aceites y los que son sólidos se llaman grasas. Son químicamente muy semejantes, estando compuesto por carbono, hidrógeno y oxígeno en diversas proporciones.

El contenido de grasa en los vertidos puede motivar muchos problemas tanto en las alcantarillas como en las plantas de tratamiento.

Si la grasa no se elimina antes del vertido, puede interferir con la vida biológica en las aguas y crear películas y materias en flotación imperceptibles.

Las concentraciones de grasas de los efluentes de las fabricas de harina de pescado de encuentran por encima de los límites permitidos por la normativa actual.

Ello genera una serie de inconvenientes a la red cloacal. Primero, el taponamiento de cañerías. Segundo, el mal funcionamiento de bombas. Tercero, la generación de olores en la colectora y en la Planta Ing. Baltar. Cuarto, la impermeabilización de cribas de pretratamiento. Quinto, ponen fuera de funcionamiento la planta Ing. Baltar, lo que afecta la calidad estética del medio aledaño de descarga y a la salud pública. Sexto, generan corrosión prematura de instalaciones de conducción y tratamiento. Séptimo, producen una deficiencia en el funcionamiento del sistema difusor del futuro emisario submarino. Y por último, la película que generan sobre la superficie de la colectora impide que se oxigene el líquido cloacal, por lo que se va agotando el oxígeno disuelto y se forman sulfuros.

Las grasas, son el principal problema de los efluentes líquidos que vuelcan las plantas de harina de pascado, es por esto que son el punto clave a resolver. Tanto en disminución de volumen vertido, como en la calidad de los mismos.

Medida del contenido orgánico

Los métodos de laboratorio más utilizados hoy día son el de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO)

DBO. El parámetro de polución orgánica más utilizado y aplicable a las aguas residuales y superficiales es la DBO a los cinco días (DBO_5).

Supone esta determinación la medida del oxígeno disuelto utilizado por los microorganismos en la oxidación bioquímica de materia orgánica. La medida de la DBO es importante en el tratamiento de aguas residuales y para la gestión técnica de la cantidad del agua porque se utiliza para determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar bioquímicamente la materia orgánica presente. Los datos de la DBO se utilizan para dimensionar las instalaciones de tratamiento y medir el rendimiento de alguno de estos procesos. Con los datos de la DBO podrá asimismo calcularse la velocidad a la que se requerirá el oxígeno.

DQO. El ensayo de la DQO se emplea para medir el contenido de materia orgánica tanto en las aguas naturales como de las residuales. El equivalente de oxígeno de la materia orgánica que puede oxidarse se mide utilizando una fuente agente químico oxidante en medio ácido. El dicromato potásico resulta excelente para tal fin. El ensayo debe realizarse a temperatura elevada. Para facilitar la oxidación de ciertas clases de compuestos orgánicos se necesita un catalizador (sulfato de plata). Puesto que algunos compuestos inorgánicos interfieren con el ensayo, se tendrá cuidado en eliminarlos previamente. La reacción principal utilizando dicromato como agente oxidante puede representarse de un modo general por la siguiente ecuación esquemática:

El ensayo de la DQO utiliza igualmente para medir la materia orgánica en aguas residuales industriales y municipales que contengan compuestos tóxicos para la vida biológica. La DQO de un agua residual es, por lo general, mayor que la DBO porque es mayor el número de compuestos que pueden oxidarse por vía química que biológicamente. En muchos tipos de aguas residuales es posible correlacionar la DQO con la DBO. Ello puede resultar muy útil porque la DQO puede determinarse en tres

horas comparado con los cinco días que supone la DBO. Una vez que la correlación ha sido establecida, pueden utilizarse las medidas de DQO para el funcionamiento y control de la planta en tratamiento.

Ph

(*pH*). La concentración del ion hidrógeno es un importante parámetro de calidad tanto de las aguas naturales como de las residuales. El intervalo de concentración idóneo para la existencia de la mayoría de la vida biológica es muy estrecho y crítico. El agua residual con una concentración adversa de ion hidrógeno es difícil de tratar por medios biológicos y si la concentración no se altera antes de la evacuación, el efluente puede alterar la concentración de las aguas naturales.

La concentración del ion hidrógeno en el agua se haya íntimamente relacionada con la cuantía en que se disocian las moléculas de agua. El agua se disocia en iones hidrófilo e hidrógeno del siguiente modo:

El pH de las descargas debe regularse, pues las aguas ácidas generan corrosión, deterioran los conductos y las bombas de impulsión y pueden originar el desprendimiento de gases tóxicos. Las aguas marcadamente calientes producen el mismo efecto perjudicial sobre los conductos y las bombas.

Los cursos de agua afectados por descargas ácidas o alcalinas se tornan inapropiados, no solamente para usos recreacionales, sino también para la propagación de peces y otras vidas acuáticas.

En el caso de las plantas de harina de pescado, los vertidos se encuentran generalmente dentro de los estándares permitidos por la legislación actual, pero se los debe monitorear para que se mantengan de esta manera.

Metales pesados.

Vestigios de muchos metales, tales como el níquel (Ni), manganeso (Mn), plomo (Pb), cromo (Cr), cadmio (Cd), cinc (Zn), cobre (Cu), hierro (Fe) y mercurio (Hg) son importantes constituyentes de muchas aguas. Algunos de estos metales son necesarios para el desarrollo de la vida biológica y su ausencia en cantidades suficientes podría, por ejemplo, limitar el crecimiento de las algas. La presencia de cuales quiera de los metales citados en cantidades excesivas interferirá con muchos usos provechosos del agua dada su toxicidad; por tanto, conviene casi siempre medir y controlar las concentraciones de dichos metales.

Los métodos para determinar las concentraciones de estos metales varían en complejidad según las posibles sustancias productoras de interferencias que se encuentran presentes. Además, las cantidades de muchos de estos metales pueden determinarse a concentraciones muy bajas por métodos instrumentales como polarografía y espectroscopia de absorción atómica. Para la revisión de los efectos de los metales pesados sobre el medio ambiente se recomienda el estudio realizado por McKee y Wolf.

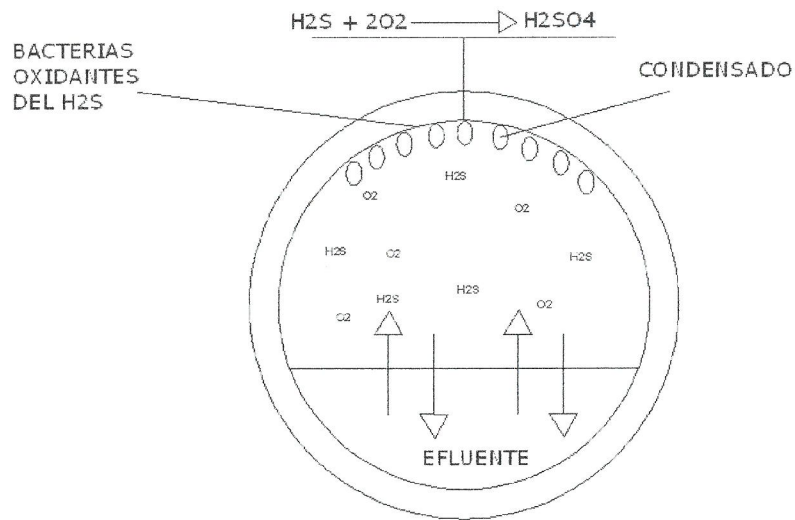
El proceso de harina de pescado no utiliza ni adiciona metales pesados en su proceso productivo, pero dado que la materia prima son residuos de pescado, estos a veces vienen con elementos desconocidos como metales, clavos, tornillos, etc. Lo que puede generar que se detecten metales pesados en sus efluentes líquidos, pero no se los considera relevantes.

Sulfuros

El ion azufre se presenta naturalmente en la mayoría de los suministros de agua y también en el agua residual. El azufre es requerido en la síntesis de las proteínas y es liberado en su degradación. Los sulfatos son reducidos químicamente a sulfuros y a sulfuros de hidrogeno por las bacterias en condiciones anaerobias.

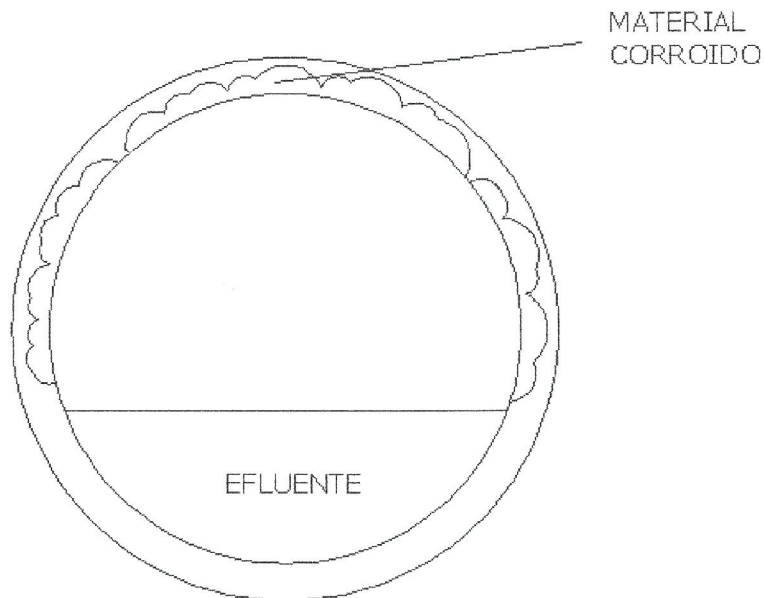
El sulfuro de hidrogeno puede ser oxidado biológicamente a ácido sulfúrico, el cual es corrosivo para las tuberías del alcantarillado, lo cual genera el llamado efecto corona. Luego de su emisión a la atmósfera interna del sistema cloacal, el siguiente paso en el proceso de corrosión consiste en su transferencia a la zona de paredes del conducto situadas por encima de la superficie del líquido. Las paredes del conducto se encuentran húmedas debido a la condensación, el sulfuro de hidrogeno de la atmósfera quedara fijado a las paredes tan pronto entre en contacto con ella. Una vez en las paredes el sulfuro de hidrogeno será transformado en ácido sulfúrico por la acción de bacterias del tipo thiobacilus.

Fig:9



Luego el ácido sulfúrico reacciona con el cemento del hormigón y de forma similar con el hierro de los conductos, dando lugar a un material pastoso, que será arrastrado por la corriente del agua residual.

Fig 10:



Los vertidos de las plantas de harina de pescado, presentan un alto incumplimiento respecto de los parámetros exigidos por la normativa actual sobre sulfuros.

Capitulo 4

Marco Legal

Marco Legal

El tratamiento de los efluentes Industriales ha cobrado una creciente importancia en los últimos 15 años, sobre todo en el extranjero, principalmente en EE.UU. Lo cual se ve reflejado en su legislación vigente, reformada en forma periódica con el objeto de proteger los cuerpos receptores disminuyendo su nivel de contaminación.

La legislación que rige a los efluentes líquidos, es nuestro parámetro guía, para poder proponer las soluciones técnicas adecuadas. Ya que es necesario saber dentro de que límites debemos trabajar, para no proponer soluciones parciales o transitorias al problema, sino que el fin de este trabajo es lograr darle una solución total al problema de los efluentes líquidos vertidos por las harineras de pescado en la ciudad de Mar del Plata.

Dado que la Argentina no es uno de los principales productores de harina de pescado del mundo, se comparo la legislación actual que rige a los efluentes líquidos en Argentina, con la legislación que rige a los principales productores de harina de pescado del mundo: Chile, Perú, Japón, México, Estados Unidos y Noruega.

REPÚBLICA de CHILE

La industria pesquera contamina los cuerpos de agua liberando grandes cantidades de material orgánico durante la descarga de las embarcaciones y en las plantas procesadoras de pescado. Esto puede reducir drásticamente el oxígeno en los sistemas acuáticos. Sistemas cerrados o semi-cerrados, como las bahías, son particularmente susceptibles a este fenómeno.

La tabla siguiente muestra la descarga de efluentes líquidos en Bahía Concepción, de las mayores compañías pesqueras, mediante dos indicadores D B O y sólidos suspendidos totales (TSS).

Nombre	Efluente	DBO ₅	TSS	rasas y aceites
	L/sec	mg/l	mg/l	mg/l
Camanchaca	43.6	2,100	2,440	1,190
Iquique	11.2	12,040	14,020	6,860
Vásquez	2.58	1,240	1,440	710
San José	8.1	10,240	11,930	5,830
Golfo	N/A	9,960	320	250

Landes	93.6	740	860	420
Tamarugal	0.3	340	400	200
San Miguel	35.4	930	680	530
Alimar	193.6	440	50	250
Itata	154.7	670	780	380
Londor Saavedra	0.1	1,530	1,120	1,090
Bio Bio	94.8	1,060	1,240	600
Timonel	0.1	690	800	390
Torres y Riveira	41.7	880	1,020	500
Confish	16.4	2,040	2,380	1,160
San Pedro	283.5	1,130	1,310	640
Pacific Protein	181.2	670	780	380

Las emisiones de olor de las plantas de harina son de preocupación en Chile. Estudios llevados en Talcahuano muestran que el 92% de la población se siente molesta por los malos olores. Además, dichas emisiones pueden causar irritación ocular, tiene efecto sobre la membrana mucosa y causan problemas respiratorios.

La tecnología del vapor evita los gases de combustión: se provee energía través del vapor y los gases de combustión que produce la caldera (SO₂ CO) son menos importantes que las emanaciones de productos pesqueros secados por calor directo.

Cocinar y secar por combustión directa emite ácido sulfúrico, trimetilamina, aldehídos y cetonas, partículas y humos de carbón y sulfuro deshidratado.

Calidad de agua:

El gobierno regularmente monitorea las emisiones de las compañías pesqueras. Los estándares del agua se fueron volviendo más estrictos. Los límites de emisión fijados en 60 mg/l para DBO₅ 100mg/l para TSS y 60 mg/l para grasas y aceites están bajo discusión. Para cumplir estas normas, la industria debería gastar al menos USD 27millones. Los costos estimados para alcanzar dicha norma, para las mayores compañías pesqueras se presentan en la siguiente tabla:

Costos de inversión anual para cumplir las normas bajo discusión.

Compañía	Costos para cumplir (USD/año)	Costos para cumplir (USD/año)	Costos para cumplir (USD/año)
	Para normas DBO ₅	Para normas TSS	Para normas grasas y aceites
Camanchaca	939,708	37,968	7,593

Iquique	240,082	12,125	2,425
Vásquez	N/A	N/A	N/A
San José	174,927	8,835	1,766
Golfo	N/A	N/A	N/A
Landes	2,124,738	858,480	17,169
Tamarugal	5,738	1,275	255
San Miguel	763,741	30,858	6,171
Alimar	4,272,968	N/A	33,720
Itata	N/A	134,769	26,953
Londor Saavedra	3,335,547	N/A	N/A
Bio Bio	2,043,740	82,575	16,515
Timonel	1,530	340	68
Torres y Riveira	898,435	36,300	7,260
Confish	353,435	17,850	3,570
San Pedro	6,112,260	246,960	49,392
Pacific Protein	3,904,569	157,760	31,552
TOTAL	25,171,414	1,626,095	204,409

Fuente: CONAMA, 1997 (1993 data).

PROYECTO NORMA / DECRETO

Fuente emisora: es el establecimiento que descarga residuos líquidos a uno o más cuerpos de agua receptoras, como resultado de su proceso o actividad, con una carga contaminante media diaria de valor característico superior en uno o más parámetros indicados en la siguiente tabla.

Contaminante	Unidad	Valor característico
pH	u pH	6 – 8
Temperatura	°C	20
Aceites y grasas	mg/ l	60
Sólidos sedimentables	mg/ l	6 (1h)
DBO ₅	mg/ l	250

Los establecimientos de servicio sanitario, que atiendan una población menor o igual a 30.000 habitantes y que reciban descargas de residuos industriales líquidos provenientes de establecimientos industriales, estarán obligados a cumplir la presente norma.

Parámetro	Límites para descarga		
	pH	D.B.O.	Aceites y Grasas
Unidad	u pH	mg/l	mg/l
Cuerpos de agua lacustre	6.0-8.5	≤ 35	≤ 20
Descarga a cuerpo de agua fluvial	6.0-8.5	≤ 35	≤ 20
Descarga a cuerpo de agua fluvial considerando la capacidad de dilución del receptor	6.0-8.5	≤ 300	≤ 50
Cuerpos de agua marinos dentro de la Zona de protección	6.0-9.0	≤ 60	≤ 20
Cuerpos de agua marinos fuera de la Zona de protección	5.0-9.0	-	≤ 350

A partir de la entrada en vigencia del presente decreto, los límites máximos permitidos establecidos en él, serán obligatorios para toda fuente nueva. Las fuentes existentes deberán cumplir con los límites máximos permitidos, a contar del quinto año de la entrada en vigencia del presente decreto.

REPÚBLICA de PERÚ

DECRETO LEY N° 17752

La Ley General de Aguas no establece límites de descargas de efluentes industriales. Solo clasifica los cursos de agua y las zonas costeras del país.

CONTAMINACIÓN E IMPACTO AMBIENTAL EN LA BAHÍA DE CHANCAY

Se conoce que el agua de mar de la Bahía de Chancay presenta valores, llegando en escasos extremos a 0.00 ml/l de oxígeno disuelto y 120 mg/l de DBO5.

Durante el mes de enero de 2000, en el nivel superficial de las aguas costeras de la bahía, las concentraciones de oxígeno disuelto registraron valores mínimos de 5.44 ml/l (punto de toma Est 2) y valores máximos de 6.23 ml/l (Est. 6). Por otra parte, durante el mes de marzo, etapa que coincide con el procesamiento de harina de pescado, las concentraciones de oxígeno disuelto estuvieron en el rango de 0.00ml en la Est. 4 y de 1.25 ml/l en la est. 10.

En el nivel de fondo, las concentraciones de oxígeno disuelto tienden a disminuir en el rango de 1.07 ml/l en Est.6 en la est.2 en marzo, en este mismo nivel, las concentraciones

de oxígeno estuvieron en el rango de 0.00ml/l en la est.2,4,5 y 13 y de 0.70 ml/l en la Est. 6.

En el nivel superficial de las aguas costeras de la bahía, las concentraciones de DBO5, durante el mes de enero del 2000, estuvieron en el rango de 0,31 mg/l en la Est. 4 y 2,44mg/l en la Est. 2

Durante el mes de marzo, las concentraciones se incrementan producto de la carga orgánica de los efluentes de la actividad industrial de la harina de pescado, en el rango de 55.40 mg/l en la est. 6 a 120 mg/l en la est. 2.

Del mismo modo, en el mes de noviembre se encuentran concentraciones de 112.08 mg/l en superficie en la est. 2 (período de intensa actividad en el sector pesquero).

REPÚBLICA de JAPÓN

Los estándares de efluentes nacionales se aplican en forma uniforme en Japón. Están hechos en base a dos categorías esenciales: protección de la vida humana y protección del medio ambiente vivo.

Para protección del medio ambiente vivo

Contaminante	Límite permisible
pH	No-Marino 5-8-8-6 Marino 5.0-9.0
DBO	160 mg/l (Promedio diario 120 mg/l)
DQO	160 mg/l (Promedio diario 120 mg/l)

La norma también establece (al igual que en Perú) los parámetros de calidad del agua dependiendo del uso de la misma.

REPÚBLICA de MEXICO

NORMA OFICIALMEXICANA NOM-CCA-028-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminación en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de preparación y envasado de conservas de pescado y mariscos y de la industria de producción de harina y aceites de pescado.

5.2 Las descargas de aguas residuales provenientes de la industria de producción de harina y aceite de pescado debe cumplir las siguientes especificaciones

Límite máximo permisible.

Contaminante	Promedio diario	instantáneo
pH	6-9	6-9
DBO (mg/l)	200	240
Grasas y aceites (mg/l)	40	80

ESTADOS UNIDOS

ESTADO DE CALIFORNIA

COMPLAINT NO. R2-2002-0127

B. Límites para efluentes

Los efluentes no deben exceder el siguiente límite DQO:

Promedio mensual	Promedio semanal	Diario máximo
30 mg/l	45 mg/l	60 mg/l

REPÚBLICA de NORUEGA

INSTITUTO NORUEGO DE INVESTIGACIÓN DEL AGUA

Las plantas con tratamiento mecánico químico muestran disminuciones de aproximadamente 60% del DBO y DQO. La concentración promedio de efluente es, sin embargo, en DQO 38 mg/l, lo que está por debajo de las normativas (límite de DQO 125 mg/l).

Actualmente, las fuentes de agua fresca están a pleno, con una utilización del recurso de menos del 1% (uno de los más bajos en el mundo)

La entrada de nutrientes a las costas tienen diversas fuentes, tales como:

- descargas directas municipales e industriales
- drenajes de agricultura
- transporte por corrientes acuáticas
- depositación atmosférica por precipitaciones
- acuicultura

Las aguas costeras tienen una concentración de oxígeno de 8 mg/l

REPUBLICA ARGENTINA

En Argentina las principales plantas de Harina de pescado se encuentran en Mar del Plata o en el sur del país.

Las normativas que rigen a los vuelcos de los efluentes líquidos de la ciudad de Mar del Plata se enumeran a continuación:

- **Decreto 2009/60**
- **Decreto N° 3970/1990**
- **Resolución N° 336/2003**
- **Resolución N° 198/00 esta derogada, se adhieren a la provincial.**

A continuación, se describen las partes de las leyes que se relacionan con los límites permitidos de vuelco para cada parámetro descrito en el marco teórico particular:

Decreto 2009/60

Protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera: reglamentación de la Ley 5.965.

Fecha Publicación: 21/03/1960

La Plata, 25/02/1960

Todo establecimiento o inmueble ubicado dentro del radio servido por cloacas, deberá descargar en dicha red los efluentes que produzcan, siempre que, por su volumen y calidad no originen inconvenientes alguno en el presente o en lo previsto para el futuro inmediato y previa autorización de organismo provincial competente.

Las condiciones físicas y químicas mínimas, que deben reunir los líquidos que se han de volcar a la red cloacal son las siguientes:

a) Temperatura: no superior a los 45 grados centígrados. b) pH: estará comprendido entre 7 y 10, pudiendo llegar hasta 11 cuando la neutralización se efectúe con cal.) No se admitirán sólidos sedimentables de peso específico elevado;

d) La presencia de otros sólidos sedimentables flotantes o disueltos, se admitirá siempre que, a criterio de la Dirección de Obras Sanitarias, no pueda originar ni directa ni

indirectamente, inconveniente alguno en la colectora, es decir, que no obstruya, dañe, incruste o reduzca la capacidad de la misma. Los límites se fijarán para cada caso;

e) No se admitirán gases o líquidos nocivos, inflamables o explosivos o sustancias que puedan producirlos, en cantidad superior al límite que se fijará en cada caso por las reparticiones provinciales competentes.

f) No se admitirá ninguna sustancia orgánica o inorgánica que pudiera atacar u originar otras que dañen en una u otra forma el conducto o que puedan interferir en los procesos de depuración natural o artificial.

g) Debe cumplir, además, los requisitos exigidos para descargar al cuerpo o cuerpos colectores, como conductores intermediarios o receptor final.

Ningún efluente deberá tener material alguno capaz de obstruir el desagüe natural o normal, ni material orgánico o inorgánico capaz de originar en un momento dado, fermentaciones, focos de contaminación o infección, olores, residuos, gaseosos, tomar aspecto desagradable, favorecer la proliferación de insectos causar cualquier otro inconveniente que en una u otra forma influyan perjudicialmente sobre el bienestar de la población.

Los lodos, residuos sólidos o semisólidos, deberá ser tratados hasta un grado tal, que resulten a juicio de las reparticiones provinciales competentes inocuos e incapaces de producir perjuicios a la salud o bienestar público.

Decreto N° 3970/1990

Reglamentación de la Ley N° 5.965

La Plata, 11/10/1990

EL GOBERNADOR DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES DECRETA

La presencia de otros sólidos sedimentables, suspendidos o disueltos, se admitirá siempre que, a criterio de la Administración General de Obras Sanitarias (A.G.O.S.B.A.), no puede originar ni directa ni indirectamente, inconveniente alguno en la colectora, es decir, que no obstruya, dañe, incruste o reduzca la capacidad de la misma. Los límites serán fijados por esa Administración General.

No se admitirá ninguna sustancia orgánica o inorgánica que pudiera atacar u originar otras que dañen en una u otra forma el conducto o que puedan interferir en los procesos de depuración natural o artificial. Los entes operadores o prestatarios de sistemas cloacales que dispongan de instalaciones de depuración previo a la descarga, podrán fijar los límites para cada caso en acuerdo con la A.G.O.S.B.A. y con sujeción a lo establecido en el presente artículo. Las descargas de los sistemas cloacales a cuerpos receptores deben cumplir los requisitos exigidos para las descargas directas indicadas en el artículo 4.

No se admitirá la descarga de efluentes que contengan sustancias flotantes, sean grasas o de cualquier otro tipo, que cambie el aspecto natural o propio de un cuerpo receptor, no afectado por descargas impropias, ni ocasionar cualquier otro inconveniente.

Si por naturaleza del cuerpo receptor, éste admitiera sustancias de este tipo, el máximo total admisible será de 50 mg. por litro.

Resolución Nº 336/2003

Anexo I - Anexo II - Anexo III

EL DIRECTORIO DE LA AUTORIDAD DEL AGUA DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES RESUELVE:

La Plata, 15 de octubre de 2003

AUTORIDAD DEL AGUA – Buenos Aires

Firmado: Presidente: Dr. Héctor Hugo Domínguez

Vicepresidente: Dr. Carlos José Zeliz Casals

Directores Vocales: Ing. Marcelo Gustavo Balatti, Ing. Juan C. Schefer, Ing. Julián Carlos Palacios

ANEXO II

PARÁMETROS DE CALIDAD DE LAS DESCARGAS LÍMITE ADMISIBLES

GRUPO	PARAMETRO	UNIDAD	CODIGO TECNICA ANALITICA	LIMITE PARA DESCARGAR A:			
				Colectora Clotcal	Cond. Pluv o cuerpo de agua superficial	Absorción por el suelo (h)	Mar Abierto
I	Temperatura	°C	2550 B	≤45	≤45	≤45	≤45
	pH	upH	4500 H+ B	7,0-10	6,5-10	6,5-10	6,5-10
	Sólidos Sedim 10 Min (2)	ml/l	Cono Imhoff	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
	Sólidos Sedimen 2 Horas (2)	ml/l	Cono Imhoff	≤5,0	≤1,0	≤5,0	≤5,0
	Sulfuros	mg/l	4500 S=D	≤2,0	≤1,0	≤5,0	NE (G)
	S.S.E.E. (1)	mg/l	5520 B (1)	≤100	≤50	≤50	≤50
	Cianuros	mg/l	4500 CN C y E	≤0,1	≤0,1	Ausente	≤0,1
	Hidrocarburos Totales	mg/l	EPA 418.1 o ASTM3921-85	≤30	≤30	Ausente	≤30
	Cloro Libre	mg/l	4500 Cl G (DPD)	NE	≤0,5	Ausente	≤0,5
Coliformes Fecales (f)	NMP/100ml	9225 A	≤20000	≤2000	≤2000	≤20000	

II	D.B.O.	mg/l	5210 B	≤200	≤50	≤200	≤200
	D.Q.O.	mg/l	5220 D	≤700	≤250	≤500	≤500
	S.A.A.M.	mg/l	5540 C	≤10	≤2,0	≤2,0	≤5,0
	Sustancias fenolicas	mg/l	5510 C	≤2,0	≤0,5	≤0,1	≤2,0
	Sulfatos	mg/l	4500 SO4 E	≤1000	NE	≤1000	NE
	Carbono orgánico total	mg/l	5310 B	NE	NE	NE	NE
	Hierro (soluble)	mg/l	3500 Fe D	≤10	≤2,0	≤0,1	≤10
	Manganeso (soluble)	mg/l	3500 Mn D	≤1,0	≤0,5	≤0,1	≤10

III	Cinc	mg/l	3111 B y C	≤5,0	≤2,0	≤1,0	≤5,0
	Niquel	mg/l	3111 B y C	≤3,0	≤2,0	≤1,0	≤2,0
	Cromo Total	mg/l	3111 B y C	≤2,0	≤2,0	Ausente	NE
	Cromo Hexavalente	mg/l	3500 Cr D	≤0,2	≤0,2	Ausente	NE
	Cadmio	mg/l	3111 B y C	≤0,5	≤0,1	Ausente	≤0,1
	Mercurio	mg/l	3500 Hg B	≤0,02	≤0,005	Ausente	≤0,005
	Cobre	mg/l	3500 Cu D ó 3111 B y C	≤2,0	≤1,0	Ausente	≤2,0
	Aluminio	mg/l	3500 Al D ó 3111 B y C	≤5,0	≤2,0	≤1,0	≤5,0
	Arsénico	mg/l	3500 As C	≤0,3	≤0,5	≤0,1	≤0,5
	Bario	mg/l	3111 B	≤2,0	≤2,0	≤1,0	≤2,0
	Boro	mg/l	4500 B B	≤2,0	≤2,0	≤1,0	≤2,0
	Cobalto	mg/l	3111 B y C	≤2,0	≤2,0	≤1,0	≤2,0
	Selenio	mg/l	3113 C	≤0,1	≤0,1	Ausente	≤0,1
	Plomo	mg/l	3111 B y C	≤1,0	≤0,1	Ausente	≤0,1
	Plaguicidas Organoclorados (g)	mg/l	6630 B	≤0,5	≤0,05	Ausente	≤0,05
	Plaguicidas Organofosforados (g)	mg/l	6630 B	≤1,0	≤0,1	Ausente	≤0,1

IV	Nitrógeno total (d)	mg/l	4500 N org B (NTE)	≤105	≤75	≤105	≤105
	Nitrógeno Amomiacal (d)	mg/l	4500 NH3+J	≤75	≤25	≤75	≤75
	Nitrógeno Orgánico (d)	mg/l	4500 N org B	≤30	≤10	≤30	≤30
	Fósforo Total (d)	mg/l	4500 PC	≤10	≤1,0	≤10	≤10

Las técnicas utilizadas son las extraídas del Standard Methods- 18 th Edition para análisis de agua de bebida y agua de desecho.

(1) Utilizando éter etílico.(2) Sólidos sedimentables en 10 minutos y 2 horas. Se coloca 1 litro de muestra bien homogeneizada en un cono Imhoff y luego de 10 minutos ó 2 horas (según sea el parámetro) se lee el volumen sedimentado.

Los parámetros de calidad de las descargas de los límites admisibles deberán cumplirse en la Cámara de Toma de Muestras.

Resolución N° 198/00 (quedó derogada. Ahora sólo se cumple la 336)

Parámetros	Unidad	Técnica Analítica	Caudal (m3/día)	Límites Admisibles	
Temperatura	C	SM 18th ED		<=45	
ph	uph	SM 18th FD		7-10	
Sulfuros	mg/l	SM 18th ED		Ausentes	
SSEE	mg/l	Método de Partición Gravimétrico		Muestra	
				Puntual	Compuesta
			<20	700	130
			>20 y <100	150	30
			100 y <150	100	20
			>150	60	10
Sol. Sed. 10 min.	ml/l	Según Resolución 389/98 AGOSBA		Ausentes	
Sol. Sed. 2 hs.	ml/l	Según Resolución 389/98 AGOSBA		<=5,0	
DBO				No se establece valor límite	
DQO				No se establece valor límite	

Cuadro comparativo de límites de descarga de parámetros contaminantes entre Países Productores de Harina de Pescado

		País							
		Chile	Perú	Japón	Noruega	México	EE.UU.	Argentina	
Contaminante	Unidad	Valor característico	Valor característico	Valor característico	Valor característico	Valor característico	Valor característico	Valor característico	
pH	u pH	6 – 8		No-Marino 5-8-8-6 Marino 5.0-9.0		6 – 9		entre 7 y 10	
Temperatura	°C	20						<= 45	
Aceites y grasas	mg/l	60				40		<= 100	
Sólidos sedimentables 10 min.	ml/l							Ausentes	
Sólidos sedimentables 2 hs.	ml/l							<= 5	
Sólidos sedimentables	mg/l	6 (1h)							
DQO / DBO ₅	mg/l	250		160 (Promedio diario 120 mg/l)	25	240	60	<= 200	

Capitulo 5: La Problematica



MONITOREO DE LOS EFLUENTES LIQUIDOS ZONA PUERTO

Los desechos que generan las plantas harineras, están ayudando al colapso de buena parte de la red cloacal.

Las cañerías están prácticamente inutilizadas a causa de la corrosión o de taponamientos. Sumado a eso, la planta de pre-tratamiento cloacal de Camet también sufre serias consecuencias debido a que la enorme cantidad de grasa que llega allí hace que, cada tanto los equipos destinados para tratar efluentes domiciliarios queden fuera de servicio. Según los últimos estudios realizados por OSSE. En este caso, el principal problema deriva de la materia orgánica que ingresa a las cañerías que tarda alrededor de dos horas en viajar desde el puerto hasta Camet. En el camino esa materia orgánica se descompone provocando posclásicos malos y se solidifica convirtiéndose en grasa.

Después de tantos años algunos tramos de las cañerías del puerto – instaladas en los años '70- prácticamente desaparecieron como consecuencia de la corrosión o están obstruidas casi por completo.

El deterioro es tal que la empresa municipal ahora está obligada a renovar las instalaciones cloacales de la zona, lo cual demandará una inversión de varios millones de pesos. Además la magnitud del problema varía de acuerdo a la realidad económica del país. Hace cuatro años, cuando el puerto estaba prácticamente parado, casi no se registraron casos de este tipo.

Un control efectuado durante un día completo en julio durante 2004, en la estación de bomberos ubicada en la escollera sur reveló que a las 9 de la mañana llegó a haber 26.110 miligramos de grasa por litro. Se supone que en ese momento varias fábricas habían concluido con sus tareas tras una madrugada de trabajo y que la mayoría de ellas habían volcado sus residuos a las cloacas.

La gran cantidad de grasa no es lo único que perjudica a la red. Las altas temperaturas que a veces tienen los líquidos que despiden las fábricas también contribuyen con su deterioro.

En la planta de pre- tratamiento de Camet es donde todo el problema se concentra. Allí es donde llegan los efluentes con gran cantidad de grasa que obstruye las Cribas, que son los grandes "coladores" que deben impedir que los sólidos terminen en el mar.

A esto, en Camet se le suman los malos olores, ya que después de recorrer kilómetros de cañería, los efluentes con un poco de oxígeno despiden un aroma varias veces mas

nauseabundo que el que tienen cuando son volcados en las fábricas, por lo que los vecinos cercanos a la planta son los mas perjudicados.

RESULTADOS 20/10/2005

FECHA/ HORA	Limite s colect ora cloaca l estaci ón N°	Temp e- ratur a ° C	p H	Solid. Sedim 10min. MI/l AUSEN TE	Soli d. Sedi m 2 h. MI/ ≤ 5	Sulfur os Mg/l ≤ 2	S:S:E :E: mg/l ≤ 100	DQO mg/l ≤ 700	Sólido s totale s (gram os/ lt)	Activid ad en empre sas
19.10 05 10:20	1	18	7, 5	250	210	*	5.200	>50.0 00	88,3	Poca
	2	19	7	6	80		5.400	22.40	16,6	
	3	32	7,	0,1	900		9.600	0	51,1	
	4	35	5	0,5	450		4.200	>50.0	50,9	
	5	29	7,	0,8	80		2.200	00	26,5	
	6	31	5	0,9	50		3.000	>50.0	22,4	
			7, 5 7					00 >25.0 00 18.50 0		

Tabla 7: Muestra de efluentes recibidas el 20-oct-05. La fila que contiene los datos de "Límites colectora cloacal" refleja los valores límites expresados en la resolución de AGOSBA 389/1998. *En este muestreo no se determinó la concentración de sulfuros.
*Valores mayores al límite permisible. (Fuente: Informe para Osse de Silvia Elena Murialdo, Noviembre 2005)

RESULTADOS 9/11/2005

FECHA A/ HORA	Limite s colect ora cloaca l estaci ón N°	Temp e- ratur a ° C	p H	Solid. Sedim 10min. MI/l AUSEN TE	Soli d. Sedi m 2 h. MI/ ≤ 5	Sulfur os Mg/l ≤ 2	S:S:E :E: mg/l ≤ 100	DQO mg/l ≤ 700	Sólido s totale s (gram os/ lt)	Activid ad en empre sas
09.11 . 05	1	20	6, 5	4	12	1,5	2.000	14.50 0	15,8	media na
	1 bis	25	7	0,5	40	0,6	10.60	28.40	27	
	2	27	7	1		0,8	0	0	6,2	
	2 bis	60	8	0	0,1	0,1	2.000	23.60	44,2	
	3	57	8	10	60	0,1	13.40	0	38,8	
	4	55	8	6	25	0,2	0	>50.0	22,2	
	5 bis	34	9	0,1	0,5	0,1	17.00	00	2,7	
	6	41	9	1	40	2	0	44.00	17	
							3.200	0		
							2.000	22.50		
							2.000	0		
								19.40		
								0		
								>50.0		
								00		

Tabla 8: Muestra de efluentes recibidas el 9-Nov.-05. La fila que contiene los datos de "Límites colectora cloacal" refleja los valores límites expresados en la resolución de AGOSBA 389/1998. (Fuente: Informe para Osse de Silvia Elena Murialdo, Noviembre 2005)

- valores mayores al límite permisible

RESULTADOS 02/2006

Los análisis físico-químicos efectuados en Febrero de 2006 por el Laboratorio de Efluentes de Obras Sanitarias Sociedad de Estado muestran que los efluentes líquidos provenientes de las fábricas de harina de pescado, tienen las siguientes características:

MUESTRA	COLECTORA CLOACAL FÁBRICA DE HARINA PESCADO 1	COLECTORA CLOACAL FÁBRICA DE HARINA PESCADO 2	COLECTORA CLOACAL FÁBRICA DE HARINA PESCADO 3	Límites Resolucion DE 336/03
OLOR	No objetable	No objetable	No objetable	
ASPECTO SEDIMENTO	Floculoso	Floculoso	Floculoso	
pH	7.3	9.2	10.1	7-10 uph
SÓLIDOS SEDIMENT. EN 10'	900 ml/l	0.2 ml/l	0.1 ml/l	Ausente
SÓLIDOS SEDIMENT. EN 2 HORAS	500 ml/l	4 ml/l	0.1 ml/l	<= 5,0 mg/l
SULFUROS TOTALES	1.5 ml/l	No se detecta	No se detecta	
SUSTANCIAS GRASAS (S.S.E.E)	3420 mg/l	535 mg/l	50 mg/l	<=100 mg/l

Tabla 9: Características de los efluentes líquidos.

Conclusiones

La mayoría de las muestras tomadas en el año 2005 exceden los valores de referencia de sólidos Sedimentables a los 10 minutos y las 2 horas, como así también en sólidos solubles en éter etílico (SSEE-grasas principalmente), y la demanda química de oxígeno (DQO, una estimación de la carga contaminante global de la muestra), tanto en las muestras recibidas el 20 de octubre como en las del 9 de noviembre. También hay valores de sulfuro cercanos o en el límite superior admitido.

A partir del análisis de la información de las muestras tomadas en el año 2006 surgen las siguientes conclusiones:

Presentan un contenido de sustancias grasas promedio superior en dos órdenes de magnitud al límite máximo fijado por la normativa vigente provincial, además de exceder considerablemente los valores promedio de sólidos sedimentables en 10 minutos, sólidos sedimentables en 2 horas, sulfuros y sólidos totales respecto de los valores límites correspondientes.

Estos resultados pusieron en aviso al entonces presidente de OSSE, Arq. Carlos Katz, quien expuso en una nota al diario La Capital de la ciudad de Mar del Plata que "el deterioro es tal que la empresa municipal ahora está obligada renovar las instalaciones cloacales de la zona, lo cual demandará una inversión de varios millones de pesos".

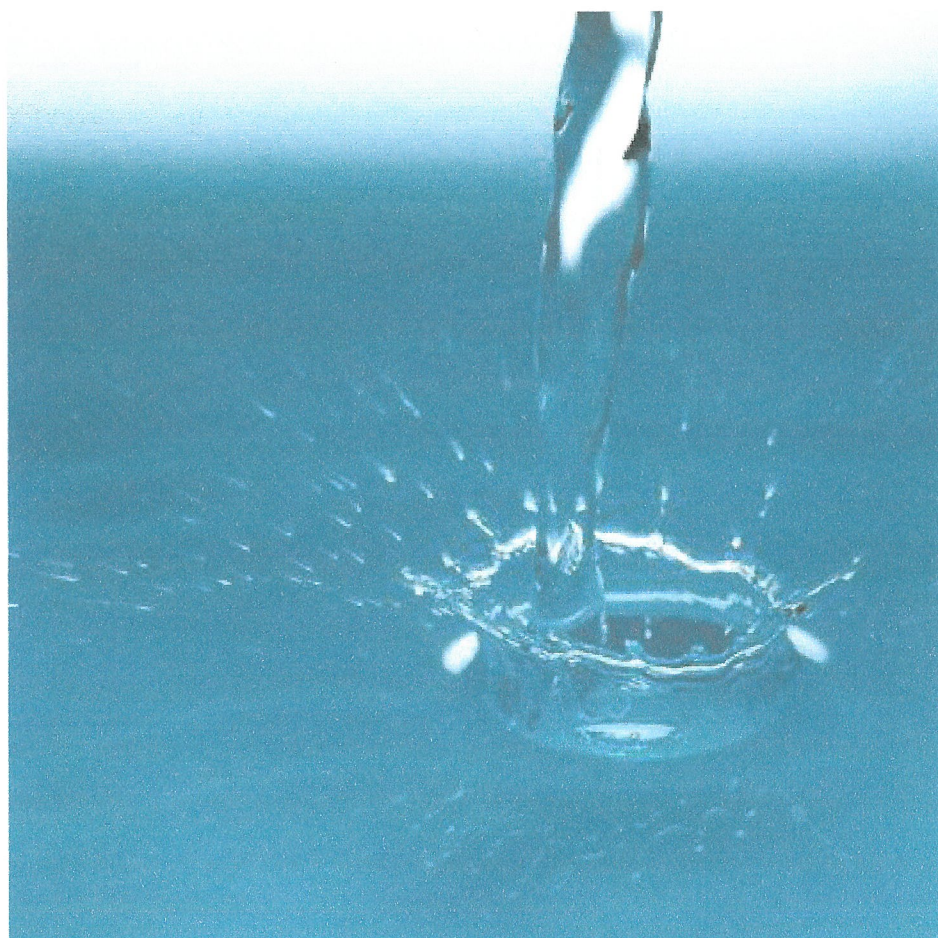
Asimismo el funcionario destacó que el vuelco de esta clase de residuos no es constante. La magnitud del problema varía de acuerdo a la coyuntura económica. Hace tres años, cuando el puerto estaba prácticamente parado, casi no se registraron casos de este tipo."

Respecto a los problemas que generan estos vertidos comento el Arq. Kats,

"Lo que ocurre es que la planta no está preparada para recibir este tipo de efluentes por lo que cada tanto hay que sacarla de funcionamiento para limpiara. En el peor de los casos, la planta podría quedar inactiva de manera automática."

Por Ultimo cuando se le pregunto que se esta haciendo al respecto dijo, " Obras Sanitarias hace muchos esfuerzos e invierte mucho dinero para mitigar este problema. Inyectamos peróxido de hidrógeno y oxígeno a la red e instalamos aireadores pero aún así no podemos ofrecer una solución definitiva".

Capitulo 6: Soluciones Técnicas

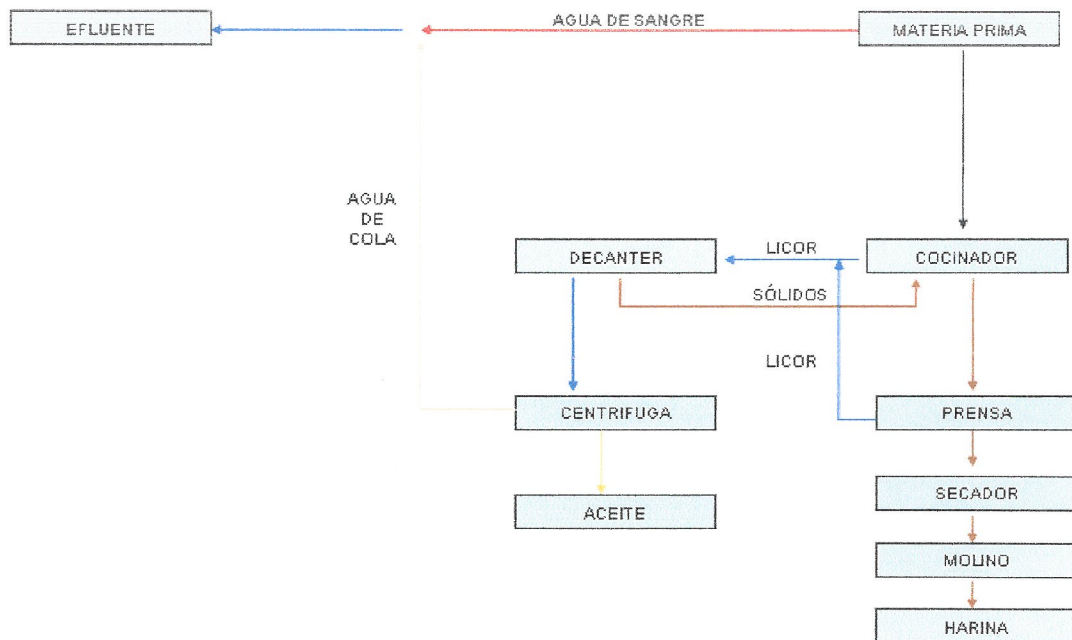


Soluciones Técnicas a la problemática de los efluentes líquidos de las harineras de pescado de la zona puerto

Conociendo los problemas que generan los efluentes líquidos provenientes de las fábricas de harina de pescado, es necesario proponer soluciones técnicas que sean efectivas y viables. Es decir, que generen un beneficio ambiental y que sean factibles de aplicar.

A continuación analizaremos posibles soluciones técnicas a la problemática generada por los efluentes líquidos de las fábricas de harina de pescado de la zona industrial puerto de Mar del Plata.

A fin de poder proponer soluciones acordes y efectivas, debemos conocer cuales son las características de los dos focos principales de vertido.



Focos de vertido

Caracterización de los tipos de efluentes generados

Agua de sangre o Sanguaza

El agua de sangre constituye uno de los principales efluentes líquidos de una planta de harina de pescado y es una fuente significativa de residuos orgánicos. Esta se forma cuando se almacena el residuo de pescado en las fosas antes de ser procesado. Existen dos razones primarias para la generación del agua de sangre. Primero, el pescado en las capas intermedia y profunda está presionado. Segundo, la actividad bacteriana y la auto digestión por las enzimas que están en el estómago del pez inducen a una licuefacción del mismo. Esta reacción se acelera con la temperatura y como resultado se pierden tanto proteínas como aceite. El agua de sangre, como se la define aquí, es solamente el líquido producido durante el almacenamiento del pescado en planta. Está constituida de sangre de la materia prima, escamas, sólidos y agua de mar encontrada en el pescado.

El agua de sangre, no solo constituye una pérdida de materia prima, sino también una fuerte carga contaminante para el vehículo receptor (sistema cloacal). Debe señalarse que no es usual encontrar efluentes industriales con valores tan altos para DBO (Nemerow, 1978; Gurnham, 1965).

En el pasado, el agua de sangre se consideraba un desecho y simplemente se vertía al sistema cloacal. Hoy en día, muchas plantas de harina de pescado están reintroduciendo la misma al proceso productivo, reduciendo con ello su descarga de efluentes, recuperando materia prima perdida y aumentando ganancias. De hecho, esta práctica ya no es vista como un lujo, sino como una necesidad por cualquier planta que desee competir en el mercado actual y permanecer en operación bajo las actuales leyes.

Agua de Cola

El agua de cola constituye el otro efluente de una planta de harina de pescado y puede ser una fuente significativa de descarga orgánica si no se procesa para recuperar la materia orgánica disuelta. El pescado que entra a proceso se cocina y se prensa para separar los sólidos de los líquidos. Los sólidos se cocinan y secan y se convierten en harina mientras que el líquido va a más procesos para recuperar sólidos suspendidos que puedan haber escapado de la prensa y para separar y recuperar el aceite. El agua remanente luego de recuperar el aceite se conoce como agua de cola. Por lo tanto el agua de cola comprende al agua presente en el pescado, pequeñas cantidades de agua de sangre, una pequeña cantidad de agua de mar, aceite suspendido y proteína disuelta

y otros sólidos y sales disueltas. Como regla general, cerca del 50% de la materia prima original se convertirá en agua de cola y ésta contendrá cerca de 8% a 10% de sólidos totales. Los componentes del agua de cola son todos valiosos en términos de ser producto potencial, haciendo que su recuperación sea crítica desde los puntos de vista técnicos, ambientales y económicos. En el pasado, el agua de cola simplemente se descargaba a las cloacas, al igual que el agua de sangre. Pero actualmente, las plantas están utilizándola en su proceso, reduciendo con ello sus efluentes y aumentando ganancias. De hecho, como la recuperación del agua de sangre, ésta práctica se ve como una necesidad.

Estimaciones de pérdidas de materia prima en el agua de sangre y el Agua de Cola

Agua de Sangre

Al no recircular el agua de sangre o Sanguaza, se están perdiendo proteínas y aceite de valor comercial para las empresas. El siguiente cálculo lo ejemplifica:

Basados en los resultados de las pruebas de proteína y aceite realizados para el proyecto USAID Perú, así como en otras fuentes de la industria, se puede asumir que, en promedio, el agua de sangre contiene por lo menos 200g/l (20%) de proteína y aceite. Factores tales como dilución con agua de mar y la frescura del pescado cuentan y generan un alto grado de variabilidad. La información de Perú sugiere que la concentración de proteína y aceite en el agua en sangre es cerca del 4%. Un estudio noruego coloca esta cifra en 10% - 15% para el capelan. Respecto al volumen de sanguaza generado, investigadores polacos han reportado que varía de 10 - 15% del peso original del pescado. Estudios conducidos en Chile en anchoveta y sardina han avalado estas cifras. Asumiendo que cerca del 10% de la materia prima se licua en el agua de sangre. Las pérdidas para una planta tipo de Mar del Plata que procesa 25 toneladas de materia prima por hora, y trabaja 3600 horas anuales (es decir 24 horas diarias durante 25 días del mes) son:

$3.600 \text{ hs.} \times 25 \text{ tons/hs.} \times 10\% \times 20\% = 1.800 \text{ tons. de proteína y aceite secas}$

$1.800 \text{ tons. (harina seca)} + (10\% \text{ de humedad de } 1.800 \text{ tons.}) = 1.980 \text{ tons de harina}$

$$1.980 \text{ tn} \times 1.112^{13} \text{ U}\$/\text{tn} = 2.201.760 \text{ U}\$$$

Agua de Cola

Como regla general, cerca del 50% de lo materia prima original se convertirá en agua de cola y ésta contendrá cerca de 8% a 10% de sólidos totales.

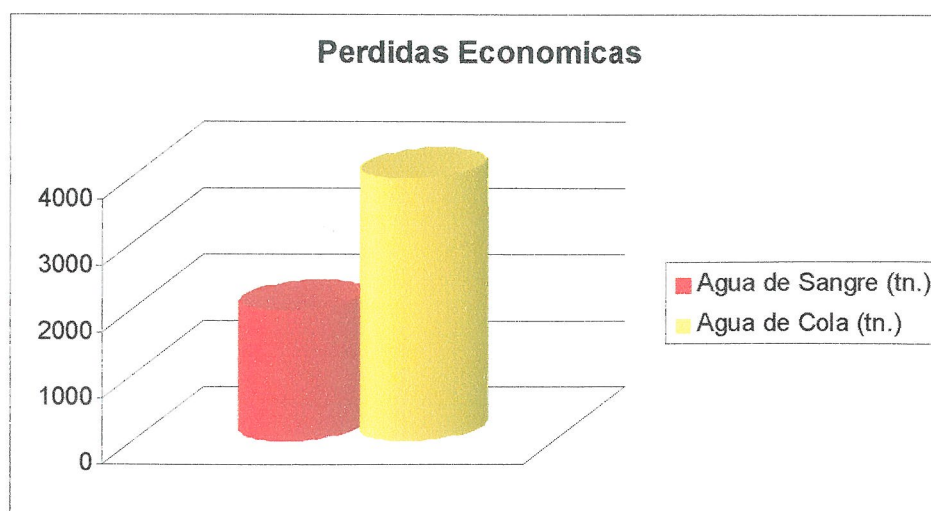
Perdidas :

$$3.600 \text{ hs.} \times 25 \text{ tons/hs.} \times 50\% \times 8\% = 3.600 \text{ tons. Secas de harina}$$

$$3.600 \text{ tons. (harina seca)} + (10\% \text{ de humedad de } 3.600 \text{ tons.}) = 3.960 \text{ tons de harina}$$

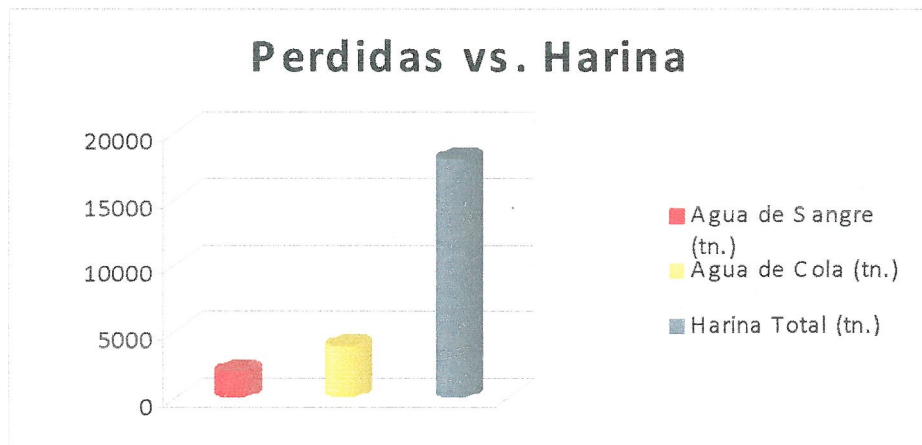
$$2.640 \text{ tn} \times 1.112^{14} \text{ U}\$/\text{tn} = 4.403.520 \text{ U}\$$$

Como se puede apreciar las pérdidas son más que considerables, por lo cual se debe prestar atención y dedicar tiempo a las soluciones técnicas para la recuperación de la materia prima disuelta en el agua de sangre y el agua de cola.



¹³ Servicio Nacional de Aduanas y Chile Sur FishOil. Precio FOB febrero de 2007.

¹⁴ Servicio Nacional de Aduanas y Chile Sur FishOil. Precio FOB febrero de 2007.



Por ultimo, las perdidas que generan el agua de sangre y el agua de cola equivalen al 33% de la harina total producida por la planta.

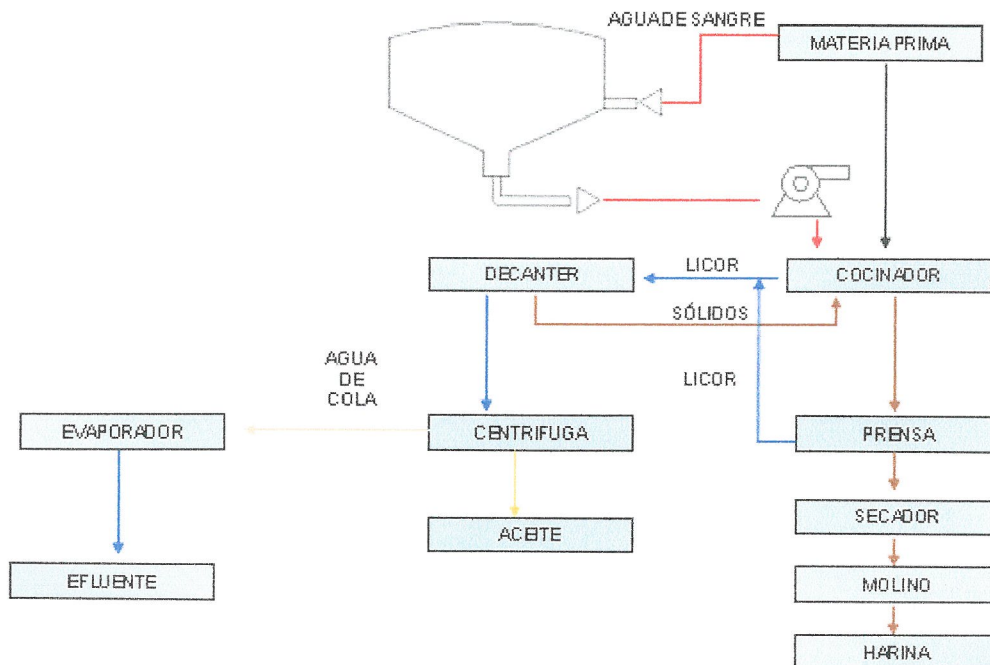
Soluciones

Solución Técnica numero 1: Recolección y recuperación de materia prima del agua de sangre

El primer efluente que se genera en una planta de harina de pescado es el agua de sangre, que tiene propiedades que la diferencian del otro efluente, el agua de cola, ya que se produce antes de comenzar con el proceso productivo, es decir que no ha sido cocinado aun.

La composición del agua de sangre variará según la composición de la materia prima y el tiempo que el pescado esté almacenado antes de ser procesado. Si no es procesado fresco, se pierde mucha materia prima valiosa en el agua de sangre.

Hay dos opciones para procesarla: uno enviar el agua de sangre al cocinador junto con el resto del pescado. Y dos procesarla por coagulación de las proteínas, separación del aceite y los sólidos y tratar la fase acuosa restante.



Solución Técnica 1

En muchas plantas, esto ya se aplica pero también hay muchas que no lo hacen. El agua de sangre o sanguaza contiene un gran porcentaje de proteínas, ya que en el

agua de sangre o sanguaza hay disuelto sangre y vísceras, que si son vertidas al sistema cloacal, se está desperdiciando el alto valor económico que poseen.

La manera de aplicar esta solución es, tomar el agua de sangre o sanguaza del sector de recepción de materia prima y almacenarlo en un tanque, que funcionara de buffer del sistema. De allí, transportar una vez alcanzado un volumen razonable el agua de sangre hacia el cocinador o el decanter por medio de un sistema de tuberías impulsado por bombas.

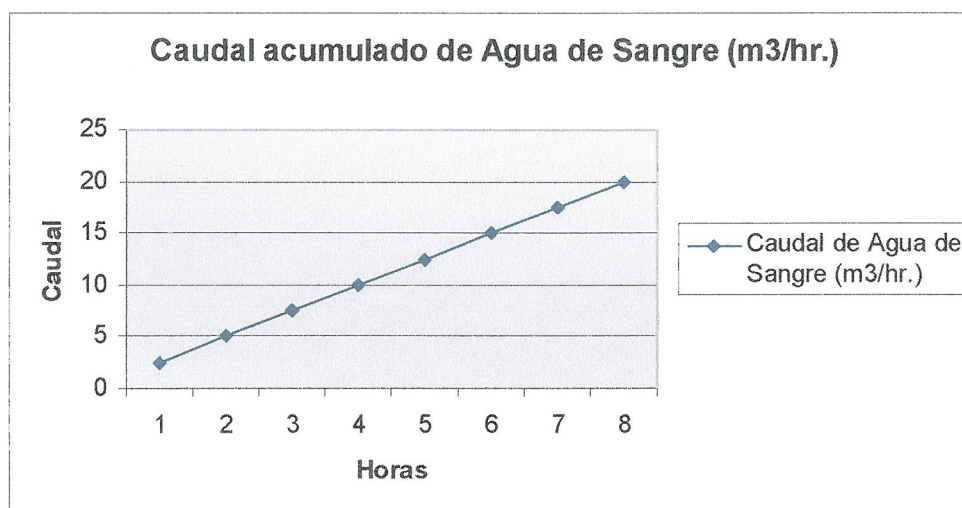
Parámetros de construcción y diseño

- Caudal del Agua de Sangre

$90000 \text{ tn. de pesca} \times 10\% = 9000 \text{ tn. de agua de sangre}$

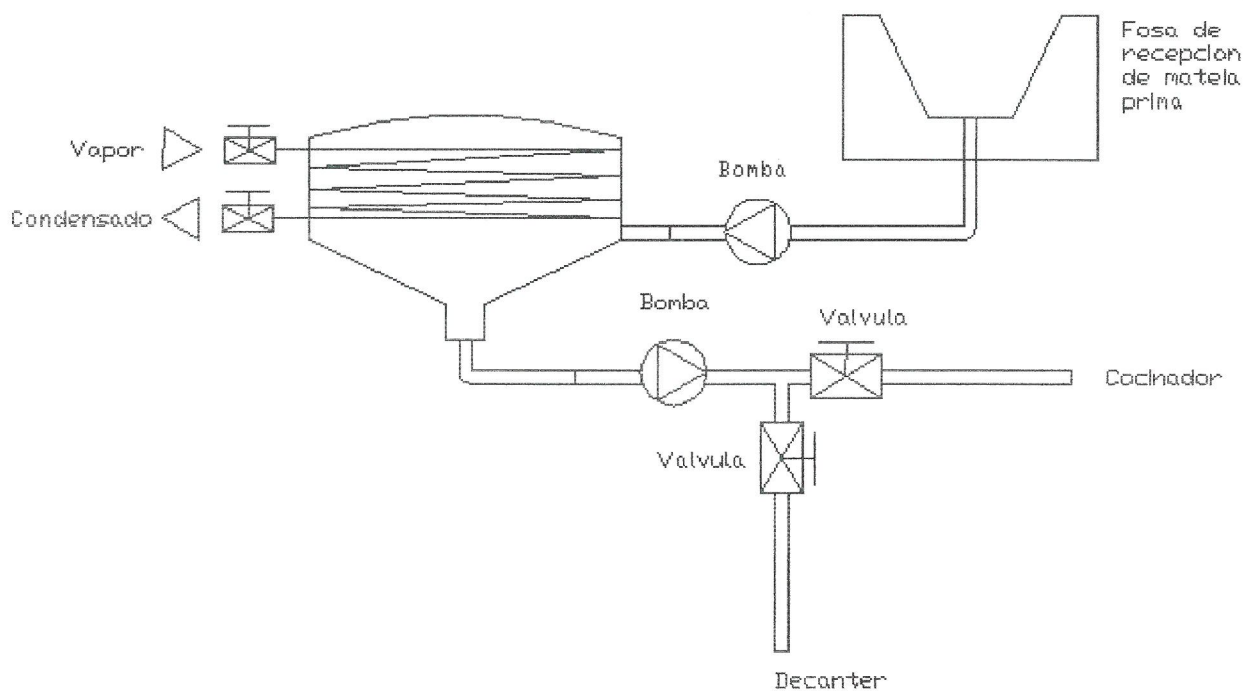
$9000 \text{ tn. de agua de sangre} \times 1 \text{ m}^3 / 1 \text{ tn.} = 9000 \text{ m}^3$

$9000 \text{ m}^3 \text{ de agua de sangre} / 3600 \text{ hr.} = 2,5 \text{ m}^3/\text{hr.}$



Este grafico representa el volumen acumulado por turno de 8 horas del efluente agua de sangre.

Esquema propuesto



Materiales y Dimensiones

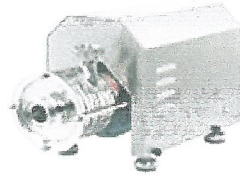
○ Tuberías

Las tuberías serán de 1 ½" de sección de acero inoxidable con un pulido interno. Se decidió utilizar acero inoxidable para evitar tener problemas de corrosión en las tuberías y el pulido interno es para evitar taponamientos y depósitos de material en los codos y costados de la misma por la rugosidad del material.

La cantidad de metros de tubería necesarios variara de acuerdo a la disposición particular de cada planta.

○ Bombas

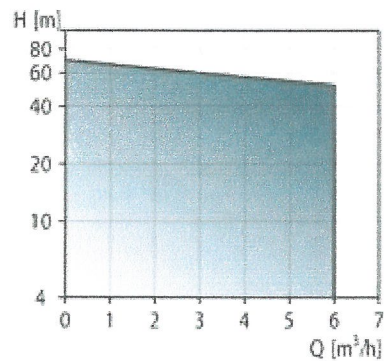
Las bombas a utilizar son de marca Durietta y su proveedor es Grundfos.



Información Técnica

Caudal, Q:	Max. 6 m ³ /h
Altura, H:	Max. 70 m
Temperatura operativa:	+ 90°C
Presion Operativa:	Max. 8 bar

Grafico de Rendimiento



Estas válvulas son controladas electrónicamente, aceptan una gran variedad de diámetros de cañería. Están construidas bajo los estándares 3 A y de material AISI 316 (DIN EN 1.4404/1.4571). Además, poseen un pulido sanitario que evita que se generen taponamientos u obstrucciones de material.

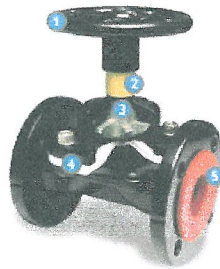
Para esta solución serán necesarias dos bombas como se indica en el esquema. Una previa al tanque para impulsar el agua de sangre acumulada en la fosa de recepción de materia prima. Y otra posterior al tanque, pero antes de las válvulas para impulsar el agua de sangre desde el tanque hacia el cocinador o el decanter.

- Válvulas

Se utilizarán válvulas Tipo Vertedero marca Valam y su proveedor es Valam S.A.

Estas válvulas nos garantizan hermeticidad y economía en un diseño a prueba de corrosión y erosión, con aislación del servicio. Las piezas internas no están en contacto con el fluido. Todas las piezas están fosfatizadas. El tratamiento de pintura epoxídica evita la corrosión externa.

Posen una larga vida útil del diafragma por su corto recorrido y un excelente resultado tanto en regulación como en ON-OFF.



Piezas

1. Volante:

Cómodo y de rápida operación.

2. Indicador Amarillo:

Indica a distancia la posición de la válvula, sin dificultar la operación de la misma.

3. Vástago:

Lubricado y aislado del medio ambiente por el borde sellador del indicador amarillo. Este lo protege de la contaminación externa.

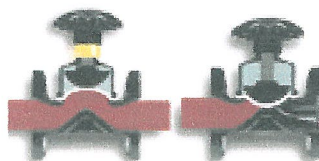
4. Diafragma:

Su diseño logra un diafragma fuerte y reforzado, brindando total hermeticidad, seguridad y larga vida.

5. Revestimientos:

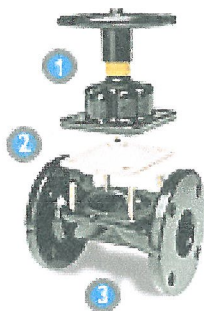
Variedad de materiales, con revestimiento de cauchos y polímeros.

Flujo en la válvula:



El diseño sin recesos logra un flujo parejo y aerodinámico en las válvulas vertedero.

Además tienen un bajo costo de mantenimiento:



Larga vida útil de las tres piezas (1) mecanismo (2) diafragma (3) cuerpo. El reemplazo del diafragma es rápido, sencillo y sin retirar la válvula de la cañería, lo cual es una ventaja. El cierre del diafragma sin roce garantiza hermeticidad absoluta, aún con partículas en suspensión. Es hermética tanto en presión positiva como en vacío.

Dimensiones pesos y presiones

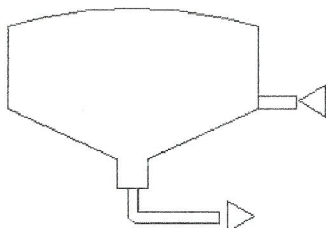
Tamaño de la válvula		Extremos Roscados Hembra		Extremos Bridados BS5156				Presión máxima de trabajo			Pesos	
(DN)		A	B (abierto)	A		B (abierto)		Diafragma			Rosca	Brida
mm	Pulgadas	Todos los Materiales		Metal	Cauchos	Polímeros o Vidrio		Caucho	PTFE	400		
08	1/4"			48	59	-		-	-	-		
10	3/8"	48	68	-	-	-	-	16	7	10	0,260	-
15	1/2"	64	91	108	114	110	100	16	7	10	0,525	1,550
20	3/4"	83	94	117	123	119	100	16	7	10	0,850	2,250
25	1"	108	115	127	133	129	110	16	7	10	1,400	2,950
32	1 1/4"	121	152	146	152	148	150	16	7	10	2,200	3,800
40	1 1/2"	140	164	159	165	161	160	16	7	10	2,700	4,750
50	2"	165	187	190	196	192	180	16	7	10	4,150	7,750
65	2 1/2"	203	224	216	222	218	214	10	7	10	10,300	13,200
80	3"	254	233	254	260	256	220	10	7	10	15,650	19,060
100	4"	-	-	305	311	307	300	10	7	10	-	32,030
125	5"	-	-	356	362	358	375	10	-	10	-	45,000
150	6"	-	-	406	412	408	430	10	-	6	-	67,000
200	8"	-	-	521	527	523	507	6	-	5	-	141,000
250	10"	-	-	635	641	637	588	5	-	4	-	240,000
300	12"	-	-	749	755	751	683	4	-	-	-	329,000
350	14"	-	-	749	755	751	893	3,5	-	-	-	429,100

Volante y vástago ascendente en DN 015-150. Volante no ascendente en DN 200-350.
Las dimensiones dadas son para planificar y no deben ser usadas para fabricación.

En esta solución serán necesarias dos válvulas como lo indica el esquema, para poder elegir el destino del efluente desde el tanque hacia el cocinador o hacia el decanter.

Las válvulas serán de 1 1/2" roscadas de material inoxidable con un pulido sanitario para evitar obstrucciones.

- Tanque Buffer



La función del tanque buffer, será la de ir acumulando el agua en sangre producida, para luego poder ir bombeándola nuevamente hacia el proceso productivo.

Medidas

El tanque tendrá un volumen de 20m³, es decir que puede retener la producción de un turno de ocho horas de agua de sangre.

- Volumen del Cilindro

$$Pi \times r^2 \times h = 18m^3$$

Si h=3 mts. Entonces r= 1.38mts

- Volumen Cono

$$(Pi \times r^2 \times h)/3 = 2m^3$$

Si r=1.38mts entonces h=1mts.

El tanque será construido en acero inoxidable y con forma circular para evitar la corrosión del mismo por el agua de sangre y la formación de depósitos. Y tendrá un final cónico para favorecer el vaciado del mismo aliviando el trabajo de la bomba situada a la salida del mismo y su limpieza.

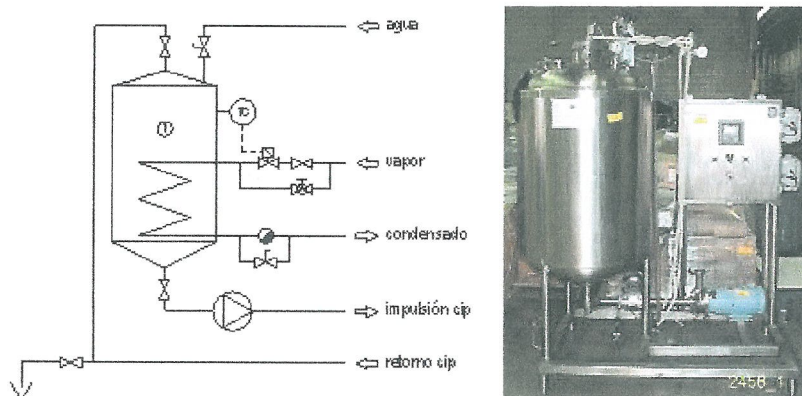
- Sistema de limpieza CIP (Clean in place) (opcional)

Los sistemas de producción incorporan cañerías, tuberías o sistemas cerrados por donde circulan productos o ingredientes. Para lograr una limpieza efectiva se

acostumbra a emplear una solución que incorpora detergentes y desinfectantes que se hace circular por los equipos e instalaciones durante un tiempo determinado.

El criterio aplicado para que se logre una limpieza efectiva es tratar de generar un flujo turbulento. Esta turbulencia se da cuando en el líquido las partículas se desplazan en forma desordenada generando pequeños remolinos. La circulación turbulenta sólo asegura la efectividad de la limpieza si presenta determinadas características de diseño dentro de valores adecuados. Para un flujo turbulento efectivo de limpieza son consideradas como variables a tener en cuenta la densidad, la viscosidad del líquido, la velocidad media de circulación y el diámetro de la cañería. Una planta que desee utilizar un sistema de limpieza CIP debe reunir ciertas condiciones especiales de diseño para asegurar la efectividad de la limpieza y desinfección. El acero inoxidable es el material preferido para todas las superficies y para todos los componentes que forman la línea de producción. La disposición de la planta y tuberías debe permitir un drenado completo de todos los circuitos. La implementación del sistema CIP tipo modular requiere de una mínima inversión. Por esta razón es recomendable la utilización de este tipo de equipamiento para esta solución. Con un diseño acorde a las necesidades tanto de infraestructura como también a la importancia del costo operativo.

Mini Planta Compacta CIP



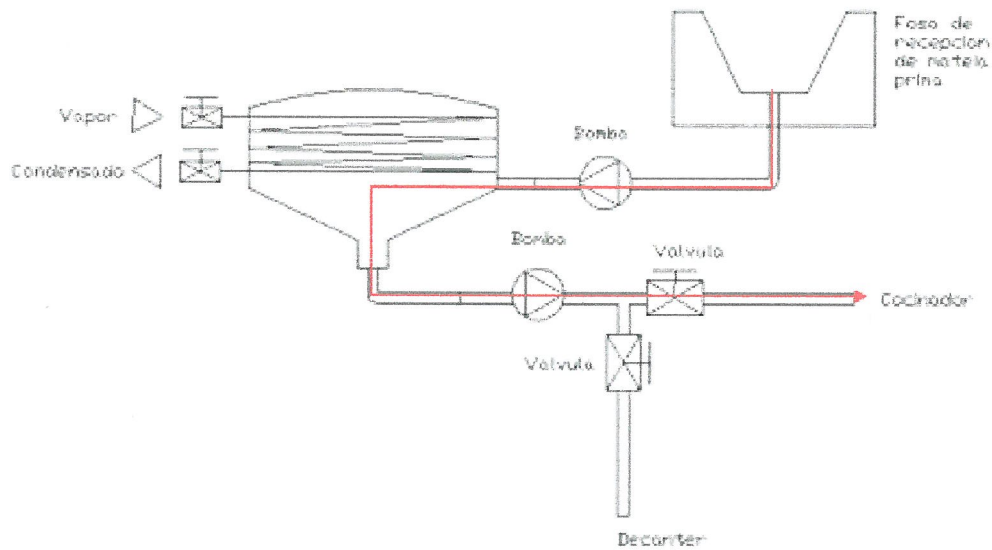
Materiales

Los tanques del equipo son construidos enteramente en Acero Inoxidable de manera que las partes en contacto con las soluciones de limpieza sean de calidad AISI 306 L y las restantes de calidad AISI 304. Protecciones, juntas y piezas no metálicas son construidas de caucho siliconado, PTFE y materiales nobles.

Principales componentes

- Tanque único para uso general, con serpentina.
- Bomba centrífuga para impulsión CIP.
- Cuadro de vapor con válvula on/off de accionamiento neumático.
- Sensor de temperatura con lazo de control a válvula on/off de vapor.
- Válvulas tipo mariposa de accionamiento manual.
- Piping de impulsión CIP, retorno CIP, vapor, condensado, agua y aire comprimido.
- Tablero de comando e instalación eléctrica.
- Estructura portante modular.

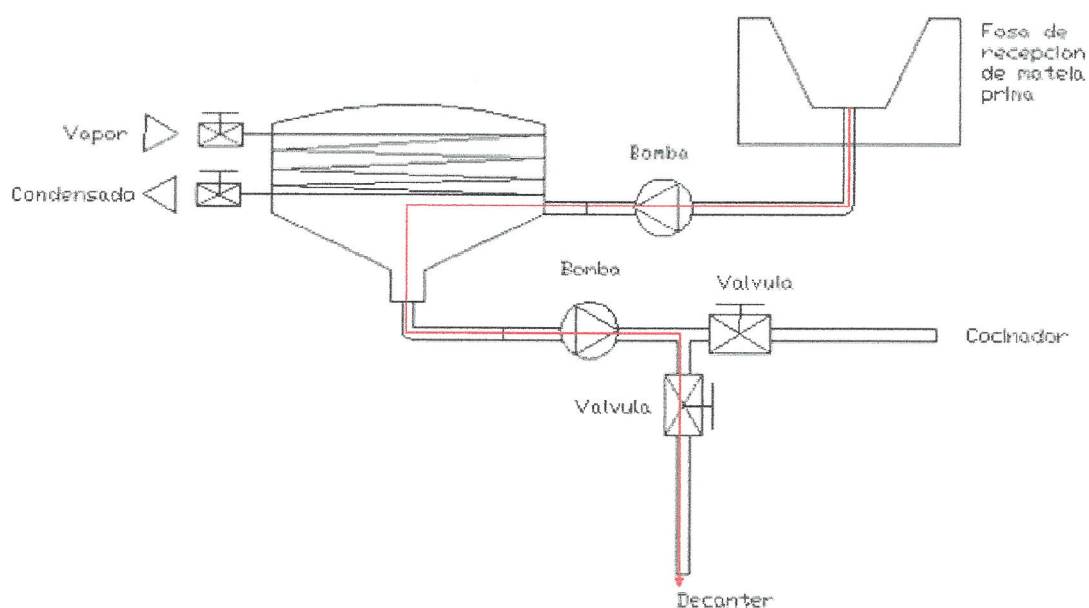
- *Opción 1: Recirculación de Agua de sangre o Sanguaza al cocinador.*



En este caso, se reinserta el agua de sangre al proceso productivo principal, lo cual tiene la ventaja de usar el mismo equipo con que se procesa el resto del pescado. El agua de sangre es cocinada, coagulando las proteínas y liberando el aceite. El agua y aceite se envían con el licor de prensa mientras que los sólidos, se combinan con los otros sólidos y son parte de la torta de prensa que luego se secará. El licor de prensa es separado en aceite y agua de cola, la cual es evaporada para producir el concentrado que luego es añadido a la harina. El aceite es mezclado con la producción principal del mismo. Esta solución funciona siempre y cuando el pescado sea fresco. Y el aceite producido se puede mezclar con el resto porque no se ha descompuesto en ácidos grasos libres.

Nuevamente, esta es una solución simple, práctica y de bajo costo. Siendo una solución que traerá beneficios tanto económicos por el aprovechamiento de las proteínas que anteriormente se perdían, ya que nos permite recuperar un 100% (teórico) de la materia prima presente en el agua de sangre. Como beneficios ambientales, ya que se suprime un punto de generación de efluentes líquidos en la planta.

o *Opción 2: Coagulación de las proteínas y separación por centrifugado*



En la opción dos, el agua de sangre es calentada en el tanque buffer y reinsertada en el decanter, esta opción es válida cuando el pescado a procesar no es fresco. El tanque buffer, está equipado con una serpentina por la cual circula vapor para elevar la temperatura a 70-80°C. así se coagula la proteína, luego el efluente es enviado al decanter para remover los sólidos coagulados y después es centrifugado para separar el aceite. Es conveniente que el efluente líquido resultante sea enviado junto al agua de cola para ser evaporado. La fracción sólida usualmente va a la línea de torta de prensa para su secado y el aceite, normalmente oscuro y de baja calidad se mantiene separado y es vendido a precios de oferta o mezclado con el combustible y quemado.

Pruebas realizadas en el Perú, en el Proyecto SEREM (CONAM-USAID) Gestión Sostenible del ambiente y los recursos naturales”, donde se analizó el efluente de Agua de sangre y el efluente líquido del decanter usado para separar sólidos y aceite del mismo. Los resultados revelaron que en promedio el efluente contiene 40 g/l de proteína y aceite.

Luego de ser tratado el decanter, la fase líquida de descarga contiene 30 g/l, entonces, la centrífuga ha recuperado sólo el 25% de la proteína y aceite presente en el agua de sangre. Aunque el muestreo no fue lo suficientemente exhaustivo como para afirmar

que estos resultados son concluyentes, éstos si sugieren que la opción dos, el proceso por coagulación y separación puede ser menos efectiva para la recuperación de materia prima, que alimentar el agua de sangre al cocinador junto con el resto del pescado directamente.

Los datos del proyecto indican también que una vez que el agua de sangre ha sido coagulada y separada existe aún cerca de un 76% de los nutrientes en la fase líquida. Si la fase líquida se descarga como efluente en lugar de evaporarla o realizarle cualquier otro tratamiento previo junto con el agua de cola, entonces la mayor parte de los nutrientes se está descartando. La evaporación parecería ser la mejor ruta para recuperar esta materia prima ya que las proteínas en el agua de sangre son solubles y no están siendo coaguladas por el proceso antes descrito.

Otras pruebas con este mismo tratamiento realizadas en Sudáfrica (J.M. Fourie, 1959), indican los siguientes resultados:

Pescado Procesado (tn.)	Agua de Sangre (lts.)	Lts. Agua de sangre / 100 tn. pescado
370	27.252	7.380,75
550	66.237,5	12.036,3
290	34.065	11.733,5

Volumen de Agua de Sangre (cm3)	Volumen Decantado (cm3)	Volumen Filtrado (cm3)	Volumen de torta (cm3)
1.000	-	750	250
1.000	250	540	210
1.000	280	500	220

Volumen de agua de sangre (cm3)	Peso de la torta seca (gr.)	Proteínas (%)	Grasa (%)	Cloruros (%)
1.000	44	74	8	9
1.000	33	69	7,5	10
1.000	36	70	7,5	9

-Tesis de Grado de Guillermo Guadagna-

Promedio Pescado Procesado (tn.)	Promedio Agua de sangre (lts.)	Lts. de Agua de sangre / 100 tn. pescado
403,3	42518,17	10383,5

Volumen de Agua de Sangre (cm3)	Promedio Volumen Decantado (cm3)	Promedio Volumen Filtrado (cm3)	Promedio volumen de torta (cm3)
1.000	176,7	596,7	226,6

Volumen de agua de sangre (cm3)	Promedio Peso de la torta seca (gr.)	Promedio Proteínas (%)	Promedio Grasa (%)	Promedio Cloruros (%)
1.000	37,7	71	7,7	9.33

Análisis de la Solución Técnica numero 1

Material recuperado:

- opción 1

1.980 tn de proteína y aceite X 100%(teórico) recuperado= 1.980 tn. de proteína y aceite secas.

$$1.980 \text{ tn} \times 1.112^{15} \text{ U\$S/tn} = 2.201.760 \text{ U\$S}$$

- opción 2

Según pruebas realizadas en el Perú, en el Proyecto SEREM (CONAM-USAID) Gestión Sostenible del ambiente y los recursos naturales”:

1.980 tn de proteína y aceite X 25% recuperado= 495 tn. de proteína y aceite secas.

$$495 \text{ tn} \times 1.112^{16} \text{ U\$S/tn} = 550.440 \text{ U\$S}$$

Según pruebas realizadas en Sudáfrica (J.M. Fourie, 1959):

¹⁵ Servicio Nacional de Aduanas y Chile Sur FishOil. Precio FOB febrero de 2007.

¹⁶ Servicio Nacional de Aduanas y Chile Sur FishOil. Precio FOB febrero de 2007.

Cada 90000 tn anuales de pescado que procesa una planta tipo en Mar del Plata, se generan 9.345 m³ de agua de sangre. Con lo cual por medio de las pruebas hechas en Sudáfrica, se podrían recuperar unas 352.3 toneladas de harina seca aplicando esta solución técnica.

$352,3 \text{ tn} + (10\% \text{ de humedad de } 352.3 \text{ tn.}) = 387,5 \text{ tn. de harina.}$

$387,5 \text{ tn} \times 1.112^{17} \text{ U\$S/tn} = 430.948 \text{ U\$S}$

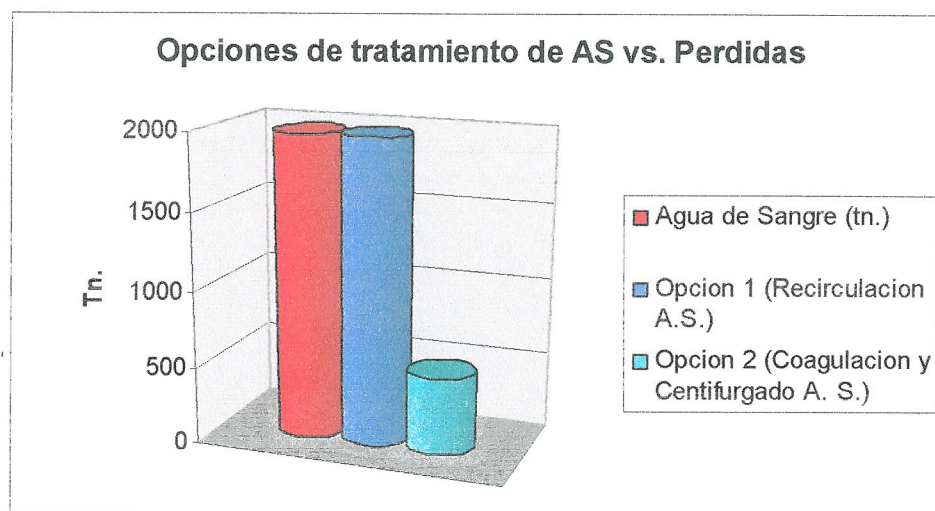
Los números reflejan que estas pruebas dieron un promedio de recuperación menor a los de las pruebas realizadas en Perú, 19.5% de la materia prima recuperada.

La opción 2, nos permite solamente recuperar el 25% de la materia prima que como reflejan los números que no es un volumen menor de harina, pero aun estamos volcando al efluente el 75% de la proteína y el aceite presentes en el agua de sangre, con lo cual necesitamos algún proceso de recuperación y/o tratamiento posterior del caudal producido para poder llegar a los límites de vuelco enunciados en la ley, como por ejemplo la evaporación o las membranas avanzadas de GE.

¹⁷ Servicio Nacional de Aduanas y Chile Sur FishOil. Precio FOB febrero de 2007.

Conclusión

En la solución técnica numero 1, ambas opciones son validas para resolver la problemática del efluente líquido Agua de Sangre y recuperar la materia prima presente, pero la *opción 1*, es más efectiva que la *opción 2*.



Además, como ilustra el grafico, la opción 1 permite recuperar el 100% (teórico) de la materia prima presente en el agua de sangre y la opción 2 el 25%.

Sin embargo, en ambas opciones, hay dos factores a tener en cuenta al momento de diseñar y llevarlas a cabo. Primero, el tiempo de almacenamiento del pescado en los tanques antes de ser tratada, ya que a medida que pasa el tiempo los sólidos presentes en el agua de sangre aumentan debido a la descomposición del pescado. Según un reporte de Chile¹⁸, la cantidad de sólidos presentes en el agua de sangre aumentaron un 5% luego de transcurrida una hora de almacenamiento y un 14.5% luego de 21.5 horas de almacenamiento. Y segundo, la temperatura es un factor clave para determinar la composición del agua de sangre. Para el arenque por ejemplo, por cada 6°C de incremento de temperatura, lo pérdida diaria de rendimiento casi se duplica¹⁹.

En conclusión, lo ideal para tratar el agua de sangre, es hacerlo lo mas rápido posible disminuyendo los tiempos de almacenamiento al máximo, manteniendo la temperatura lo mas baja y estable posible.

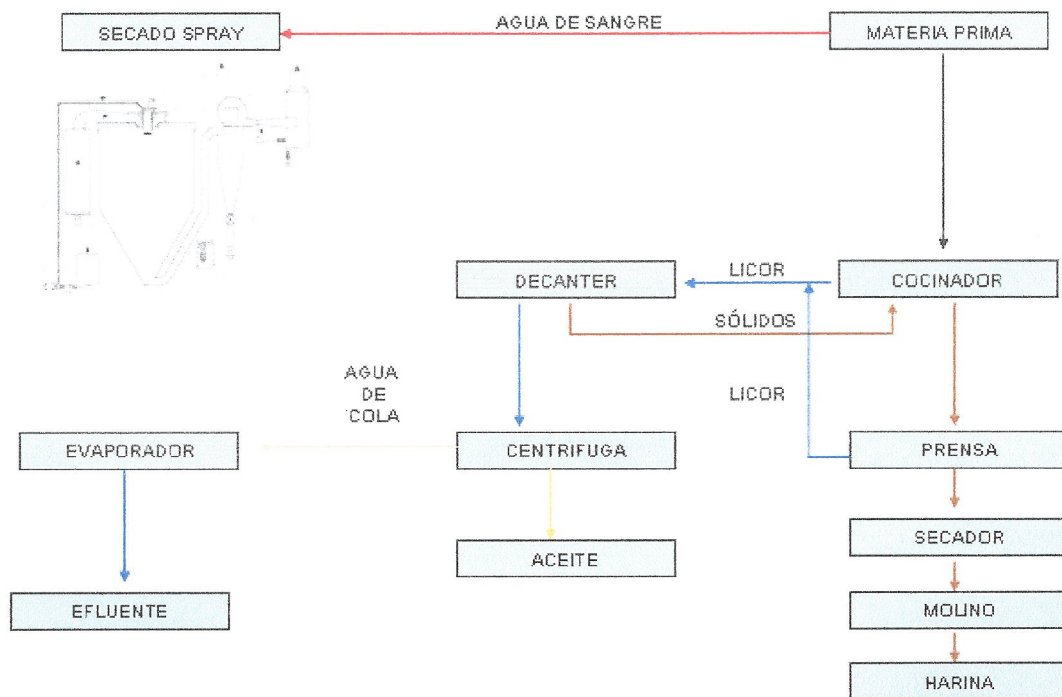
¹⁸Proyecto SEREM (CONAM-USAID) Gestión Sostenible del ambiente y los recursos naturales"

¹⁹Proyecto SEREM (CONAM-USAID) Gestión Sostenible del ambiente y los recursos naturales"

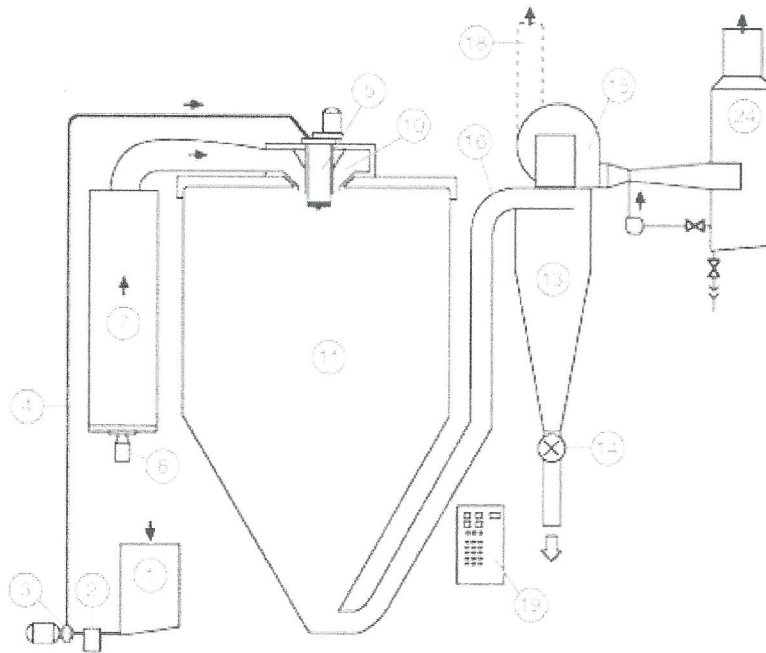
Esta solución, tiene una serie de ventajas adicionales, al poder enviar el efluente a uno u otro destino. Primero, si el cocinador fallara, tuviera una parada de limpieza o de reparación, o esta sobrepasado de materia prima y no se puede tratar el agua de sangre al mismo tiempo, el tanque buffer nos permite almacenar el agua de sangre durante 1 turno. O se puede enviar el efluente directamente al decanter y procesarlo para no esperar y obtener una harina recuperada de mejor calidad.

Solución Técnica 2: Recuperación de la materia prima del agua de sangre por medio del secado spray

El secado por atomización sirve para tratar el agua de sangre. Por medio de un proceso de simple aplicación y que requiere un solo operario para controlar la alimentación y realizar el embolsado del producto final. Además permite trabajar 24 horas y a alta temperatura lo cual disminuye los costos.



Esquema propuesto



- 1) Tanque alimentación.
- 2) Filtro de producto.
- 3) Bomba dosificadora.
- 4) Conjunto de cañerías, válvulas y accesorios.
- 5) Atomizador completo.
- 6) Conjunto de herramientas y repuestos para Atomizador
- 7) Generador de gases calientes directo.
- 8) Quemador completo.
- 9) Sistema de encendido y control de llama.
- 10) Dispersor de aire caliente.
- 11) Cámara de secado con puerta y mirillas.
- 12) Conjunto Martillos electromagnéticos automático.
- 13) Ciclón de salida de producto.
- 14) Válvula rotativa.
- 15) Ventilador de aspiración.
- 16) Conjunto de conductos de interconexión.
- 17) Registro de aire.
- 18) Chimenea.
- 19) Tablero de control y comando completo.
- 20) Conjunto de motores normaliz. Para el Equipo.
- 21) Instalación eléctrica completa.
- 22) Escalera y Plataformas con barandas.
- 23) Soportes y estructuras para la instalación.

El producto líquido se encuentra alojado en el tanque de alimentación (1). A través de un Filtro de producto (2), es impulsado por la bomba (3) y por el conjunto de tuberías y accesorios hasta el Atomizador (5).

El quemador del horno (8) y su Cámara (7) proveen la temperatura necesaria para la corriente de aire caliente, que forzada por el Ventilador (15), circula a través del Dispensor (10) distribuyéndose uniformemente alrededor del disco del Atomizador (5), del cual fluye el Líquido pulverizado.

Cuando éste último choca con el aire caliente el secado se produce en forma casi instantánea debido al tamaño de la gota.

Como parte de ésta es sólido (producto en determinada concentración) cae en forma de polvo en el interior de la Cámara de Secado (11), siendo aspirado por el Ventilador (15), es llevado por la tubería de interconexión (16) hasta al Ciclón (13) que es el encargado de separar el polvo del aire y extraerlo en forma de producto terminado. Este último sale mediante una Válvula Rotativa (14) para su envasado.

El aire separado escapará al exterior por medio de una chimenea (18) llevándose consigo un muy pequeño porcentaje de polvo. Para salvar esta pérdida se utiliza un sistema Lavador de Gases para evitar la contaminación ambiental.

Este proceso permite recuperar materia prima de alto valor, de manera homogénea y de muy buena calidad. Tomando en cuenta la composición del agua de sangre, podemos decir que por medio de este proceso se puede recuperar el total de los sólidos que componen el efluente. El cual sería el 20% en el agua de sangre. La harina que se obtiene puede venderse por separado o ser mezclada con la producción general de la planta.

Análisis Económico

El primer valor que a tener en cuenta a la hora de seleccionar el tamaño de la planta es el caudal del efluente, el cual se expresa en m³ por hora.

En nuestro caso el caudal sería el siguiente:

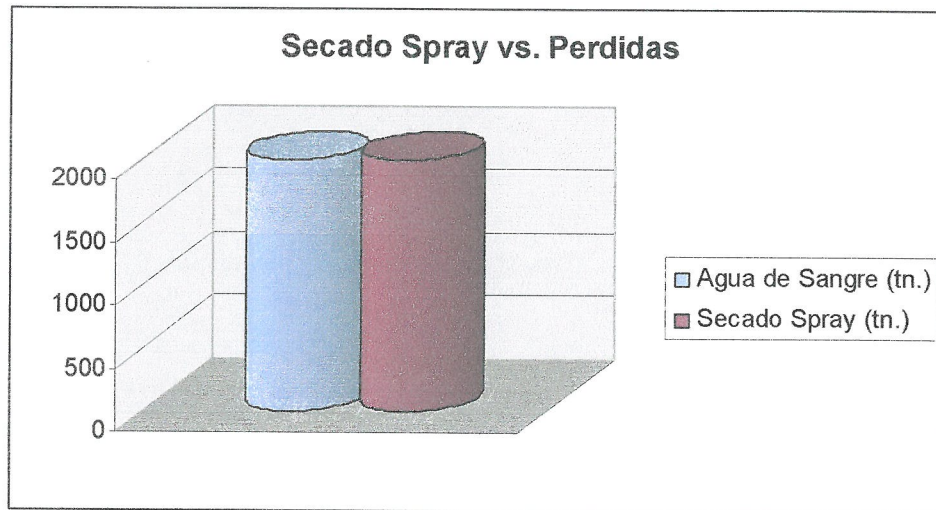
Caudal del agua de Sangre = 2,5 m³/hr.

La planta de secado por atomización de mayor tamaño procesa 2,4 m³/hr., con lo cual podríamos recuperar el efluente generado por el agua de sangre.

9.000 tn. de agua de sangre X 20%= 1.800 tons. Secas de harina

1.800 tons. (harina seca) + (10% de humedad de 1.800 tons.) = 1.980 tons de harina

1.980 tn x 1.112²⁰ U\$/tn = 2.201.760 U\$S



Tomando en cuenta que este tipo de instalación cuesta U\$S 2.385.000, estaríamos recuperando la inversión en el periodo de 1 año y 1 mes.

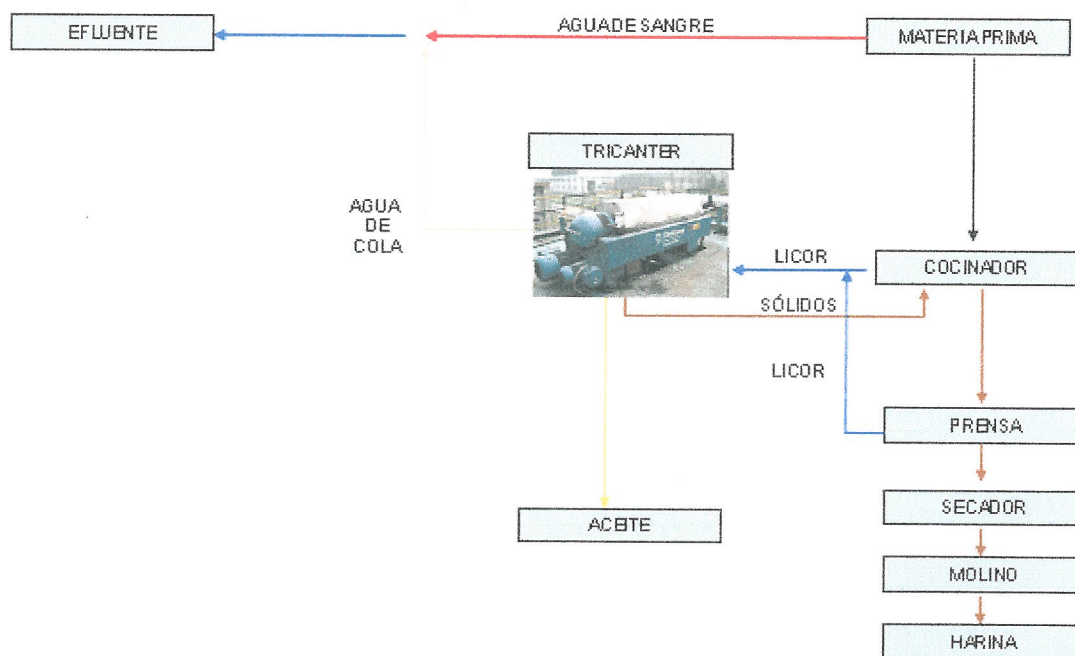
Si tomamos en cuenta que debemos evaporar 2 m³/hr de efluente de agua de sangre ya que el 0.5 restante son los sólidos que vamos a obtener como harina. Y tenemos una planta con la capacidad de evaporar 2.4 m³/hr. de agua, y el efluente solo tiene 2 m³/hr de agua para evaporar, los 0.4 m³ restantes de capacidad que sobran sirven como seguridad.

Esta tipo de solución es muy atractiva ya que nos permite recuperar el 100% de la materia prima en el efluente que tratemos, obteniendo harina de primera calidad y un sistema que se acopla perfectamente al proceso de harina de pescado, que requiere relativamente poco espacio 52,5 m² (7X7.5) y personal mínimo, 1 operario por turno.

²⁰ Servicio Nacional de Aduanas y Chile Sur FishOil. Precio FOB febrero de 2007.

Solución Técnica numero 3: Alternativa para separación mecánica de fases del agua de cola

- *Sustitución de las Centrifugas y decanters por TRICANTERS.*



El proceso normal de los licores, que permiten la separación del aceite de pescado se basa en la utilización de procesos del tipo centrífugo, de varias etapas.

En forma resumida, estas consisten en:

- Separación de sólidos insolubles a través de centrifugas del tipo horizontal, llamadas desborradoras, desludgers, decanters, o separadoras de sólidos.
- Separación del agua de cola y aceite en Centrifugas del tipo vertical.
- Purificadoras del aceite separado en la etapa anterior, dado el contenido de impurezas (sólidos y agua) que puedan presentar. En un proceso tradicional esta etapa es opcional.

Actualmente ha aparecido en el mercado, una nueva serie de equipos centrífugos, los cuales realizan las etapas de separación de los componentes de los licores, agua, sólidos y aceite en una sola etapa. Estos son los denominados TRICANTERS, los cuales cada vez son más usados en la Industria Pesquera, por algunas ventajas operacionales y económicas que presentan.



Tricanter

Antes de cada etapa de separación, el licor debe acondicionarse en cuanto a temperatura, por lo que se requieren de instalaciones que incluyen estanques, bombas, intercambiadores de calor y otros accesorios menores, los cuales mediante la utilización de esta nueva tecnología pueden ser minimizados.

Adicionalmente los costos de mantenimiento en las Centrífugas de tipo vertical son altos, y mediante la utilización de los Tricanter se eliminan. Los parámetros de separación de las diferentes fases, que se obtienen al operar Tricanter, se encuentran dentro de los rangos requeridos.

En el siguiente cuadro se comparan los dos sistemas:

TIPO DE PROCESO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Tradicional Decanter y Centrifugas	Proceso ampliamente conocido en cuanto a operación y resultados. Alternativas técnicas disponibles en	Mayor número de equipos operando y a mantener Mayor potencia instalada.

-Tesis de Grado de Guillermo Guadagna-

<p>verticales</p>	<p>varias marcas, la mayor parte de ellas con buenos servicios</p> <p>técnicos: Alfa-Laval, Westfalia, Flottweg y otros.</p> <p>Buena calidad de aceite y agua de cola.</p> <p>Humedades de sólidos bajas en Últimos diseños (58%).</p>	<p>Mayor Inversión en elementos complementarios: tks, Bombas, intercambiadores de calor.</p> <p>Requiere flujo de alimentación y condiciones de temperatura constantes</p> <p>Mayor requerimiento de espacio físico.</p> <p>Mayores costos de instalación y Obras civiles.</p>
<p>Tricanter</p>	<p>Equipos más simples de operar y mantener.</p> <p>Menor número de equipos y accesorios en operación.</p> <p>Menores costos de mantenimiento.</p> <p>Fácil operación y ajuste.</p> <p>Buena calidad de aceite y agua de cola.</p> <p>Menores costos de instalaciones y obras civiles.</p> <p>Permite procesar pesca entera situaciones críticas de la prensa, y/o materia prima.</p>	<p>Inversión unitaria en el equipo más Alta.</p> <p>Menor alternativa de suministro. Básicamente reducido a FLOTTWEG.</p> <p>Requiere flujo de alimentación y condiciones de temperatura constantes.</p> <p>Es necesario contar con un proceso de purificación del aceite.</p>

La decisión de utilizar tricanters da la posibilidad de tener el proceso mucho más controlado y ajustado a los parámetros. Además permite procesar pesca entera lo que

-Tesis de Grado de Guillermo Guadagna-

sirve como buffer en caso de situaciones criticas de la prensa. Esto significa un agua de cola de buena calidad con un bajo mantenimiento. Pero básicamente la decisión entre utilizar un sistema u otro pasa por la inversión y el servicio técnico disponible en la zona. Actualmente, una sola planta utiliza esta tecnología en Mar del plata.

Solución Técnica numero 4: Recuperación de proteínas de la fase acuosa del agua de cola Opción I

La solución más común y más implementada a nivel mundial, es la utilización de evaporadores.

Evaporación del "agua de cola"

La fracción acuosa denominada "agua de cola" proveniente de la centrifuga, contiene ahora una proporción muy baja de aceite, menos del 0,5% y puede contener tan solo un 7/7.5% de sólidos. Sin embargo, representa alrededor del 60% del peso original de la materia prima. Aproximadamente el 20% de la harina final proviene del agua de cola, por lo que merece la pena su recuperación. Como es mucha la proporción de agua que hay que eliminar, es muy importante que el procedimiento empleado resulte económico y que no degrade las proteínas y vitaminas. El agua de cola se concentra, generalmente, hasta un contenido en sólidos del 30-50%. A veces se comercializa por separado pero generalmente, se vuelve a añadir a la torta de prensado y se seca conjuntamente para dar lugar a la harina de pescado "completa". La concentración del agua de cola se realiza en evaporadores múltiples a contra corriente, que funcionan a base de pasar por una serie de placas o tubos calientes reaprovechando el vapor liberado en el efecto anterior pero empleándolo ahora a una presión más baja. Estas instalaciones no suelen poseer más de tres efectos. Cuanto mayor es el número, mayor es el costo de instalación, pero más eficaz el aprovechamiento del combustible.

En el caso de los evaporadores de triple efecto, el agua de cola suele entrar en el primero que funciona a una presión ligeramente superior a la atmosférica y salir del último, el cual funciona a un vacío relativo. Puede también alimentarse el agua de cola al segundo efecto y salir del primero donde la temperatura es más elevada, lo cual significa que es el concentrado el que se trata a una temperatura superior, lo que supone una ventaja pues disminuye su viscosidad y destruye cualquier bacteria patógena presente.

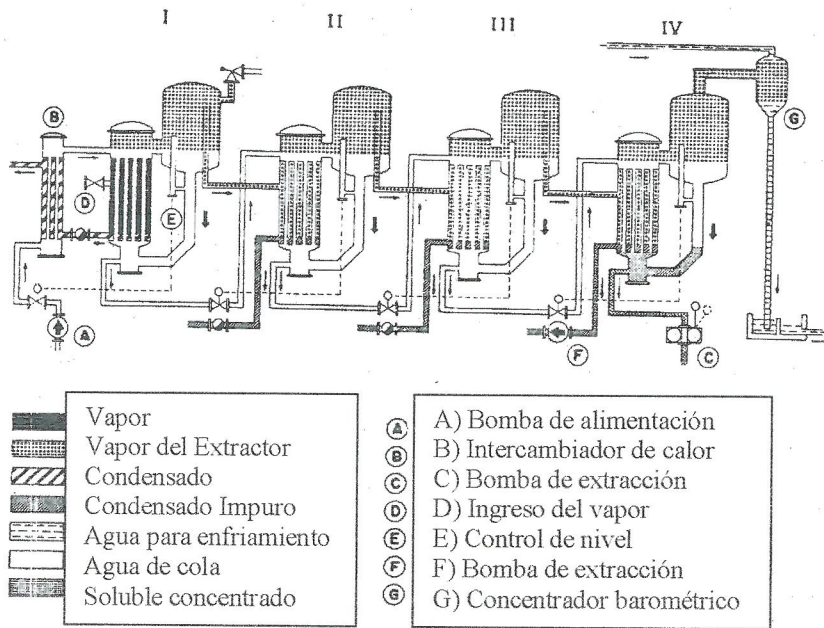
Por lo tanto, si la producción de vapor es muy barata y la temporada de fabricación es muy corta, resulta más adecuada una instalación con pocos efectos. En la situación contraria, o si se dispone de capital barato, es preferible la utilización de una instalación con mayor número de efectos. En líneas generales, el consumo de vapor en las

instalaciones de dos, tres o cuatro efectos serán de 0,6 , 0,4 y 0,3 kgs de vapor por kg de agua evaporada, respectivamente.

A veces el agua de cola, parcialmente concentrada, se centrifuga para eliminar el aceite que todavía contiene. El aceite recuperado por este procedimiento suele ser de inferior calidad, que el obtenido antes de la evaporación, por lo que resulta aconsejable almacenarlo por separado.

El único problema importante que puede presentarse en la evaporación es el depósito de sólidos en la superficie de los tubos, lo que da lugar a una considerable pérdida en la transferencia de calor y un aumento en el consumo de combustible. Por lo tanto, resulta esencial limpiar regularmente las superficies del evaporador, cuyos tubos deben ser preferentemente de acero inoxidable para evitar la corrosión y facilitar las labores de limpieza. La limpieza se puede efectuar por medios mecánicos, con varillas, o por medios químicos (CIP). Muchos evaporadores poseen tubos de hierro que pueden limpiarse aproximadamente una vez a la semana llenándolos con una solución de soda cáustica, calentando a 80 °C y dejándolos en contacto unas dos horas. Después de esta operación y antes de su utilización deben enjuagarse abundantemente. A pesar de ello puede resultar necesario realizar de vez en cuando una limpieza mecánica.

Fig 5: Evaporador de agua de cola de 4 efectos



Fuente: FAO²¹

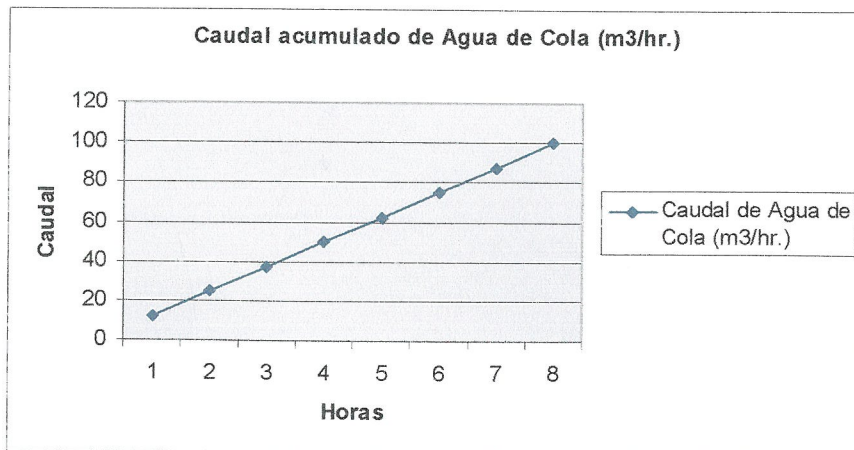
Parámetros de Construcción y diseño

- o Caudal del Agua de Cola

90000 tn. de pesca x 50% = 45000 tn. de agua de cola

45000 tn. de agua de cola x 1m³ / 1 tn. = 45000 m³ de agua de cola

45000 tn. de agua de cola / 3600 hrs. = 12,5 m³/hr.



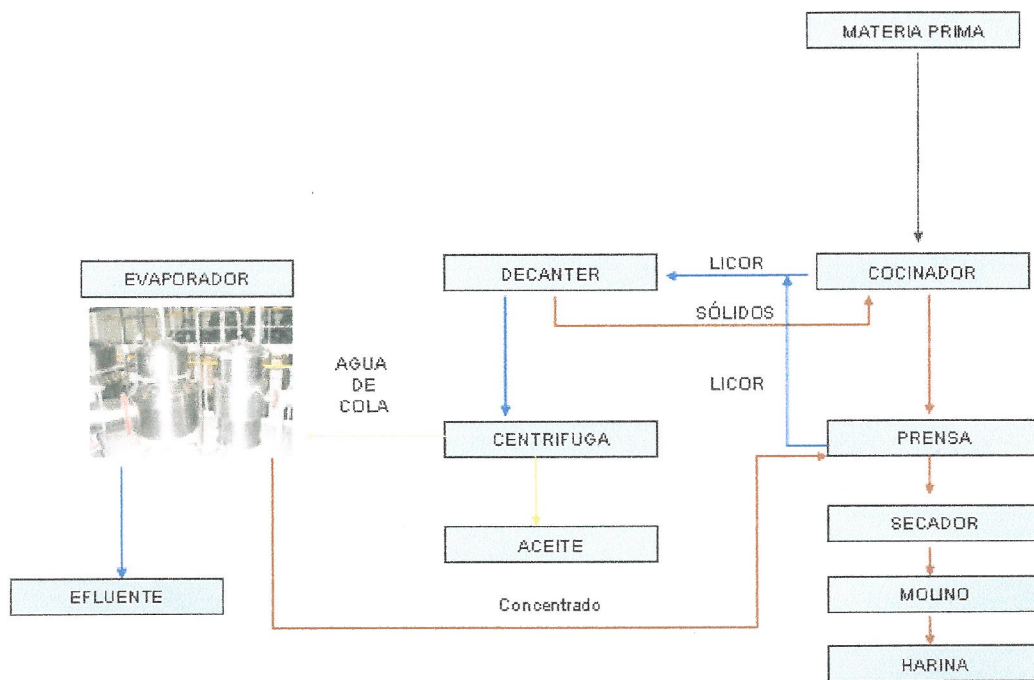
²¹ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

Este grafico representa el volumen acumulado por turno de 8 horas del efluente agua de cola.

- o Toneladas a evaporar

3600 tn. de sólidos en Agua de cola / 3600 hrs. = 1 tn./hr.

Evaporación del Agua de Cola



En todas aquellas plantas que no evaporan y procesan el agua de cola, las pérdidas de sólidos será de aproximadamente 48 kg/ton de pescado (Proyecto SEREM). El agua de cola contendrá cerca de un 8-10% de sólidos totales que están constituidos de aproximadamente 5.6% de proteína, 0.6 % de graso, 1.8 % de cenizas y 92% de humedad. El volumen y contenido del agua de cola varían con la condición y edad del pescado a procesar. Cuando el pescado es más viejo, mayor cantidad de su proteína se descompone en fracciones solubles y es liberada. Si se deja que pase mucho tiempo, el producto final será un pescado licuado. Todas las plantas de harina de pescado deberían tener una instalación para procesar su agua de cola.

Si el agua de cola no es recuperada, se pierde materia prima valiosa y el volumen del efluente de la fábrica contiene elevadas concentraciones de materia orgánica que pueden colmar el cuerpo receptor de agua.

Esta solución es una opción muy buena a la hora de reducir los sólidos y grasas en nuestro efluente. Pero como contrapartida, se debe realizar una inversión de miles de dólares, que dependerá del estado financiero de la empresa.

El proceso de agua de cola debe realizarse en evaporadores del tipo película descendente, cuyo principio operacional se selecciona según el tipo de secado a utilizar.

Las alternativas que se pueden presentar son:

1) Evaporadores tipo WHE : equipos de película descendente que utilizan los vapores generados en los secadores a vapor como fuente energética. Normalmente se utilizan 3 efectos, aunque esto depende del balance de masa y energía de cada proyecto en particular.

Las temperaturas a las cuales está sometido el líquido están en el rango 40-75 °C, con tiempos de residencia del orden de 20 minutos. Altas temperaturas y prolongados tiempos de residencia tienden a pardear el concentrado, obteniéndose un producto final más oscuro, de menor calidad y menor valor comercial.

2) Evaporadores tipo SHE: equipos de película descendente que utilizan vapor de calderas como fuente energética. Normalmente se utilizan 3-4 efectos, dependiendo de la evaluación técnica y económica de cada proyecto (ahorro de energía vs. Inversión). La temperatura de proceso está en el rango 40-85 °C, y los tiempos de residencia son de 5-7 minutos por efecto.

3) Evaporadores tipo WHE/SHE: configuración que es una mezcla de los anteriores, normalmente utilizada en procesos de secado de 2 pasos, y a veces en proyectos de un paso con secadores a vapor .

4) Evaporadores tipo Recompresión Mecánica o MVR: Son la mejor alternativa técnico económica para combinarlos con secadores de aire caliente en un solo paso. Los vapores generados en el proceso de concentración del agua de cola son comprimidos y

realimentados como fuente energética para el proceso. El consumo energético es de naturaleza eléctrica.

Pueden diseñarse sistemas operando con el líquido a 100 °C o a menores temperaturas. Los tiempos de residencia están en el orden de 20-25 minutos. Para esta alternativa se sugiere utilizar temperaturas de diseño para la ebullición, de 70 °C, aunque esto depende de la variable Inversión.

El concentrado de los evaporadores es reintroducido en el sistema productivo en la prensa y el vapor es conducido a un tanque donde es condensado y enfriado, para su posterior reutilización.

Parámetros de Entrada y Salida

Entrada:

Proteínas (mg/l)	Cenizas (mg/l)	Grasas (mg/l)	Agua (lts.)
60210	8030	7520	486,65

Fuente: Empresa harinera del puerto de Mar del Plata.

Salida:

Concentrado

Proteínas (mg/l)	Cenizas (mg/l)	Grasas (mg/l)	Agua (lts.)
427862	57096,9	53446,2	68,48

Agua Evaporada:

418,16 lts.

Fuente: Empresa harinera del puerto de Mar del Plata.

Análisis Económico

- *Costos de Inversión*

Cotización Evaporador Usado AZ Ingeniería



Evaporador usado de 3 efectos AZ Ingeniería

Esta unidad puede configurarse como una unidad de 3 efectos, que usa los vapores del secador como fuente de energía.

Alternativa 3 efectos: Efecto 1: 375 pcs – Efecto 2: 138 pcs – Efecto 3: 80 pcs – Condensador Indirecto.

- Capacidad de evaporación con vapor de calderas: 3.000/ 3.300 kg evap/hr sin/con enzimas.
- Capacidad de evaporación con vahos de secadores: 2.200/2.500 kg evap/hr sin/con enzima. Se requieren 1000/1.200 kg de vahos a 95 °C en esta modalidad.

Valor de la Planta FOB Melbourne Australia, US\$ 145.000.-

Adicionalmente se debe considerar una comisión para AZ de 5%.

Para dejar operativa la planta en aplicación pesquera, originalmente leche, considerar un valor en el rango de US\$ 60-80.000.-

Total de la inversión

U\$S 232.250

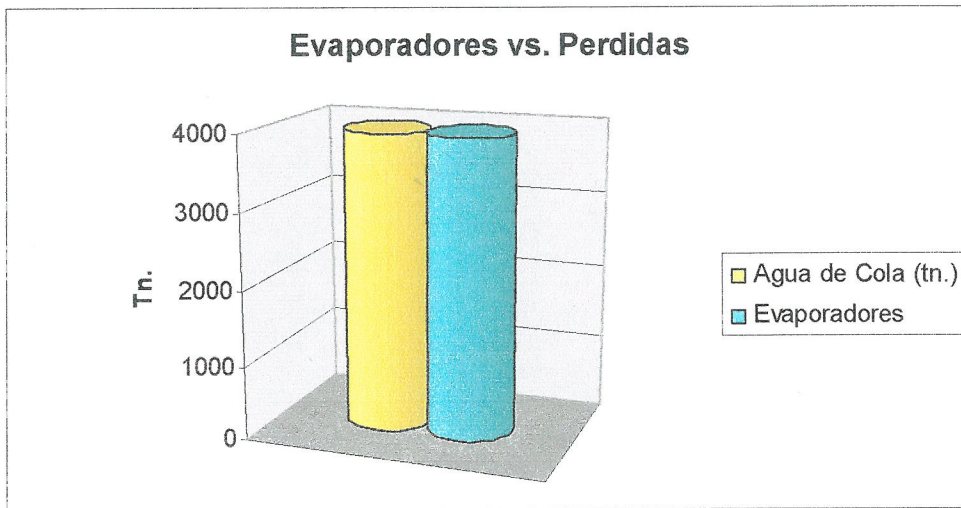
- *Material Recuperado*

3600 tn. de harina seca X 100% = 3600 tn. de harina seca.

3600 tn. de harina seca. + (10% de humedad de 3600 tn.) = 3960 tn de harina.

3960 tn de harina x 1.112²² U\$S/tn = 4.403.520 U\$S

²² Servicio Nacional de Aduanas y Chile Sur FishOil. Precio FOB febrero de 2007.

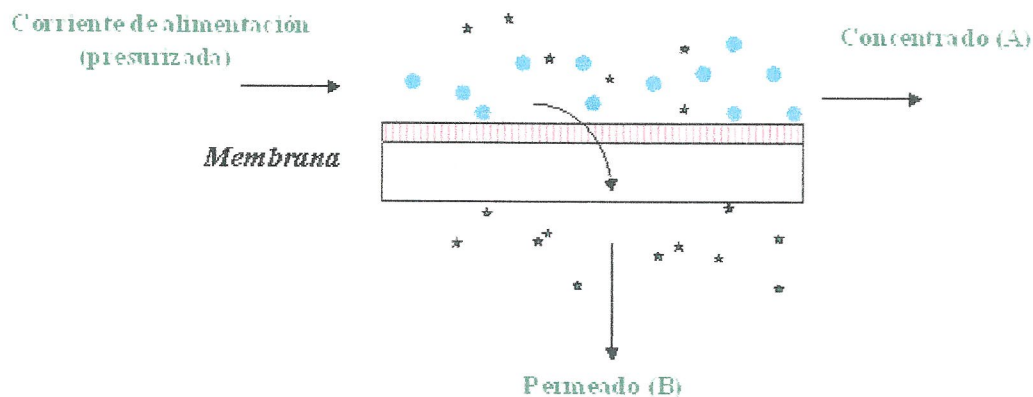


Como indican los números, agregar un evaporador al sistema productivo, es necesario y no debería faltar en ninguna planta de harina de pescado, ya sea por los beneficios económicos como por las mejoras ambientales que implica para la empresa.

Solución Técnica numero 5: Recuperación de proteínas de la fase acuosa del agua de cola Opción II

Esta solución es una variante para tratar el agua de cola reemplazando a los evaporadores.

La tecnología de membranas se basa en la acción separadora que ejerce una membrana sobre el efluente. Mediante una fuerza impulsora o presión se provoca el paso de aquellas especies químicas capaces de atravesar los poros presentes en la membrana. Se realiza una filtración tangencial, mediante la cual el fluido circula paralelamente a la interfase, con objeto de evitar la colmatación de dichas membranas y prolongar su vida media. Al final del proceso se obtienen dos corrientes líquidas: el permeado o agua filtrada y el concentrado.



Esquema básico del fundamento operativo de sistemas de separación por membranas

Las membranas poseen un tamaño de poro uniforme o *cut off* (corte), equivalente al peso molecular de una molécula patrón a partir del cual se produce la retención de más del 95% del soluto. En función del tamaño de poro, los procesos se clasifican de mayor a menor tamaño como microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración y ósmosis inversa.

	Microfiltración	Ultrafiltración	Nanofiltración	Ósmosis Inversa
diámetro de poro	0,1 - 10 μm	1 - 100 nm	1 nm	< 0,5 nm*

-Tesis de Grado de Guillermo Guadagna-

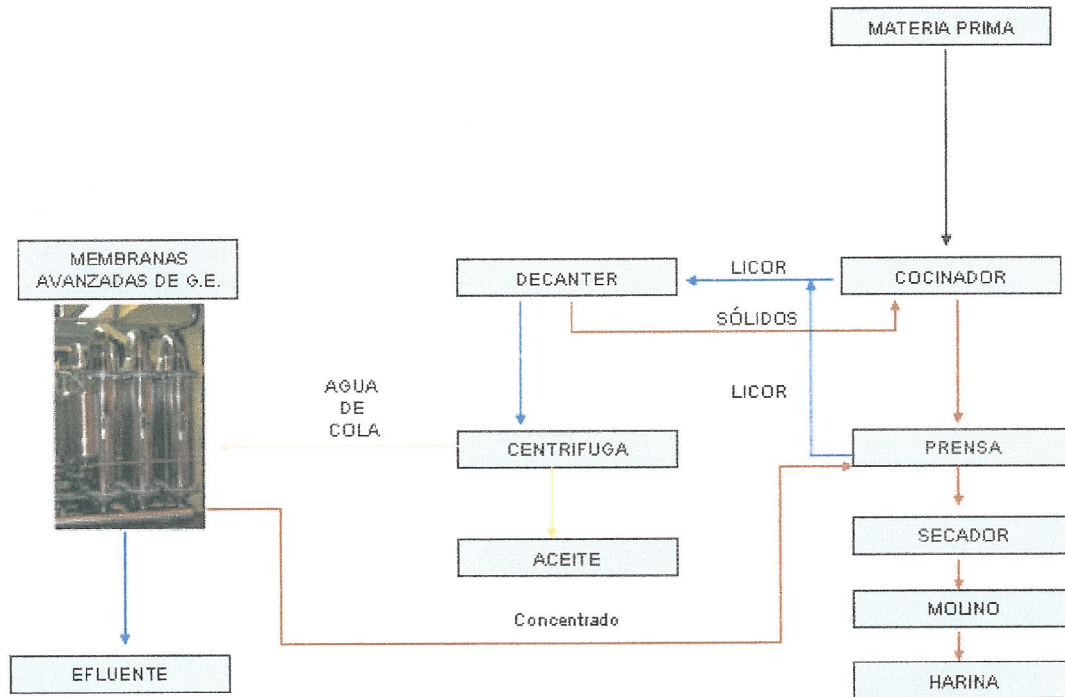
especies retenidas	partículas coloides	macromoléculas coloides	pequeñas moléculas (masa molecular de 300 g/mol)	sales
mecanismo de transferencia	capilar	capilar	solubilización-difusión + capilar	solubilización-difusión
presiones aplicadas (10 ⁵ Pa)	0,2 - 2	2 -10	10 - 40	30 - 80
caudales específicos ** (l/h.m ²)	150 - 1500	40 - 200	50 - 100	10 -60
Consumo energético		< 1 Kwh/m ³	0,5 a 2 Kwh/m ³	2 a 10 Kwh/m ³
procesos concurrentes	centrifugación filtración sobre diatomeas	precipitación química cromatografía sobre gel diálisis	intercambio iónico cromatografía	evaporación electrodialisis intercambio iónico

* Valor bastante teórico ya que el mecanismo de transferencia es del tipo difusional

** Valores no absolutos.

Para el caso del agua de cola se recomiendan membranas de ultrafiltración como las membranas avanzadas de GE.

Separación por Membranas Avanzadas de General Electric

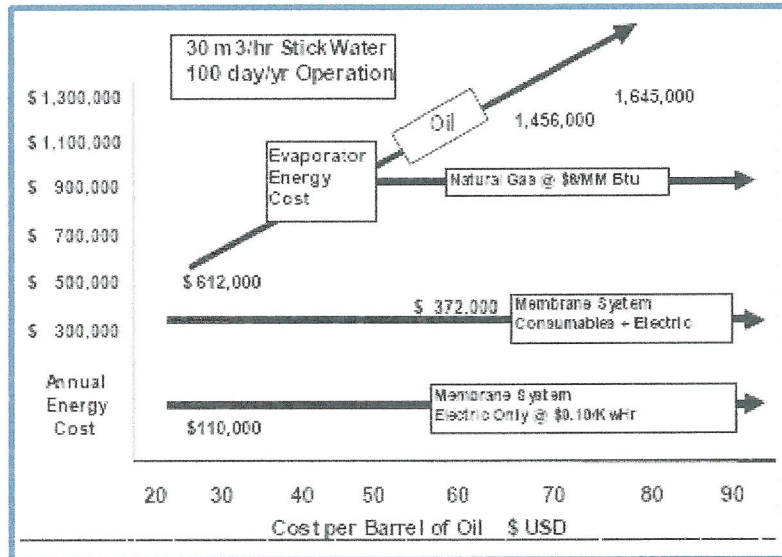


El procesado del agua de cola por medio de membranas avanzadas produce harina de alta calidad y ahorra energía.



Membranas Avanzadas de GE
Fuente: Catalogo GE 2006

Los costos de energía están empujando a realizar cambios debido a las altas demandas de energía de las plantas de harina. La solución de separación por membranas de GE puede eliminar los evaporadores o reducir considerablemente el tamaño de la etapa de evaporación necesaria.

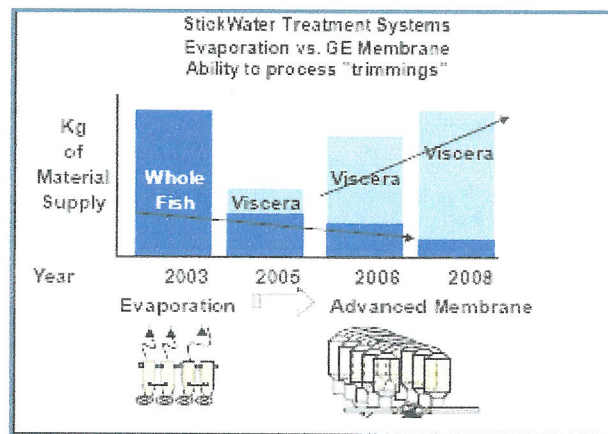


Fuente: Catalogo GE 2005

El gráfico muestra que los costos de separar los sólidos del agua de cola en fase líquida (membranas) es mejor que a través de evaporación, basándose en el petróleo como combustible. En los U\$S 372,000 de costo de operación del sistema de membranas están incluidos todos los químicos, cambio de filtros y membranas y la electricidad, con lo que se puede hacer una mejor comparación de costos versus la solución de evaporación.

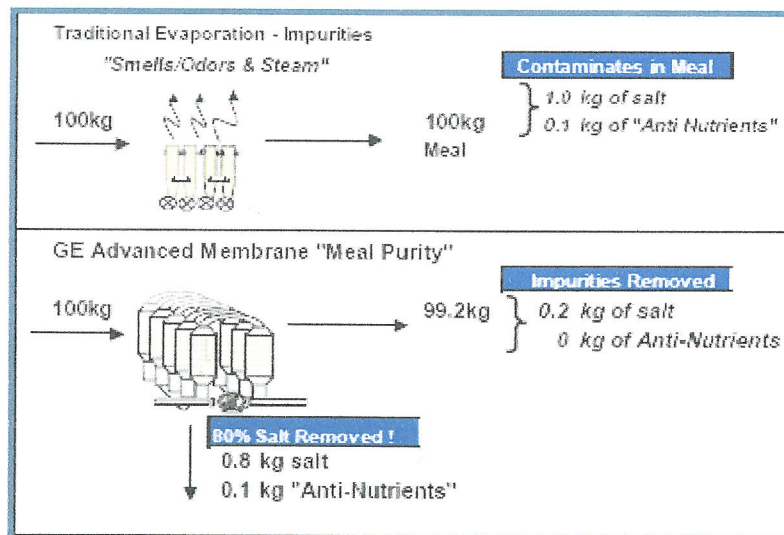
También posibilita tratar más desechos. Por ejemplo en Noruega la regulación en la cuota de pescado ha sido reducida en más de un 50% para lograr un ambiente marino sustentable. Limitando por la cantidad de pescado a procesar una planta de harina, la cual puede obtener vísceras y despuntes para hacer frente a la demanda de harina de pescado actual. La siguiente figura muestra la ventaja de usar el sistema de membranas de GE versus la evaporación para procesar desechos de pescado. En el caso de la harina de pescado producida en la ciudad de mar del plata la cual es casi 100%

proveniente de desechos de pescado, este es un factor a tener en cuenta sobre esta solución técnica.



Fuente: Catalogo GE 2005

Otro punto importante para destacar es, la calidad de la harina que se logra ya que esta tecnología permite la remoción de sales y aminos biogénicas. Los resultados se pueden apreciar en la figura a continuación, donde se comparan el método de evaporación versus las membranas avanzadas de GE.



Fuente: Catalogo de GE 2005

Por ultimo la descarga al efluente del agua de cola es transformada en ingresos, lo cual aumenta la rentabilidad de las plantas de harina de pescado. Además de reducir o eliminar, el condensado de los evaporadores.

Datos Técnicos

- Principales aplicaciones

Las membranas avanzadas de GE tienen la capacidad de tratar agua de cola de tres diferentes fuentes:

- 1) Agua de Cola desde de desechos de pescado recién procesados (cabezas, colas, vísceras)
- 2) Agua de cola de pescados enteros
- 3) Agua de cola de "Agua de cola "ensilada" o almacenada en silos (desechos preservados ácidos)

Requerimientos de Instalación y Suministros

Dimensiones:

- Área= 75m²
- Espacio libre= 3m
- Electricidad Energía = 10,000 KWH/día
- Servicio = 400 KVA
- Agua de lavado = 2.5 m³/día

Parámetros de Entrada

Skid de Pretratamiento:

- Flujo de Alimentación = 30m³/hr
- Flujo de Permeado = 24m³/hr
- Factor de Concentración = 5X
- Temperatura de Diseño= hasta 80°C
- Presión= 0.5-3.5 Bar

Skid Secundario:

- Flujo de Alimentación= 24m³/hr
- pH Alimentación = ~3.0
- Flujo Permeado = 21.6m³/hr
- Factor de Concentración = 10X
- Temperatura de Diseño = 70°C MAX.
- Presión= 20-35 Bar

Sistema Combinado:

- Recuperación de Proteína= ~80%
- Agua removida = ~85%

Parametros de entrada y salida

Entrada:

Proteinas (mg/l)	Cenizas (mg/l)	Grasas (mg/l)	Agua (lts.)
60210	8030	7520	486,65

Fuente: Empresa harinera del puerto de Mar del Plata.

Salida:

Concentrado

Proteinas (mg/l)	Cenizas (mg/l)	Grasas (mg/l)	Agua (lts.)
401369,9	53561,6	50137	73

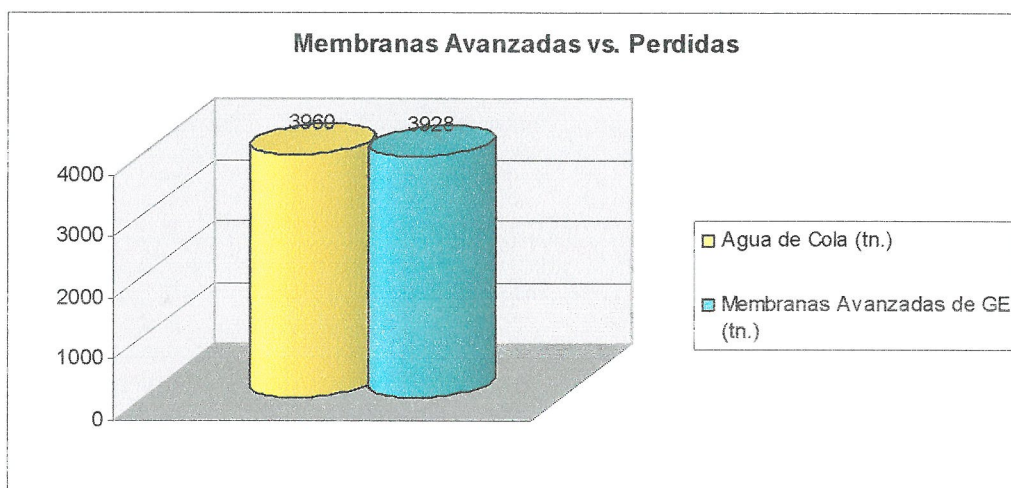
Agua Evaporada:

413,6 lts.

Analisis Economico

3.960 tn de harina perdida X 99,2% materia prima recuperada = 3.928 tn. de harina

$$3.928 \text{ tn} \times 1.112^{23} \text{ U\$/tn} = 4.367.936 \text{ U\$}$$

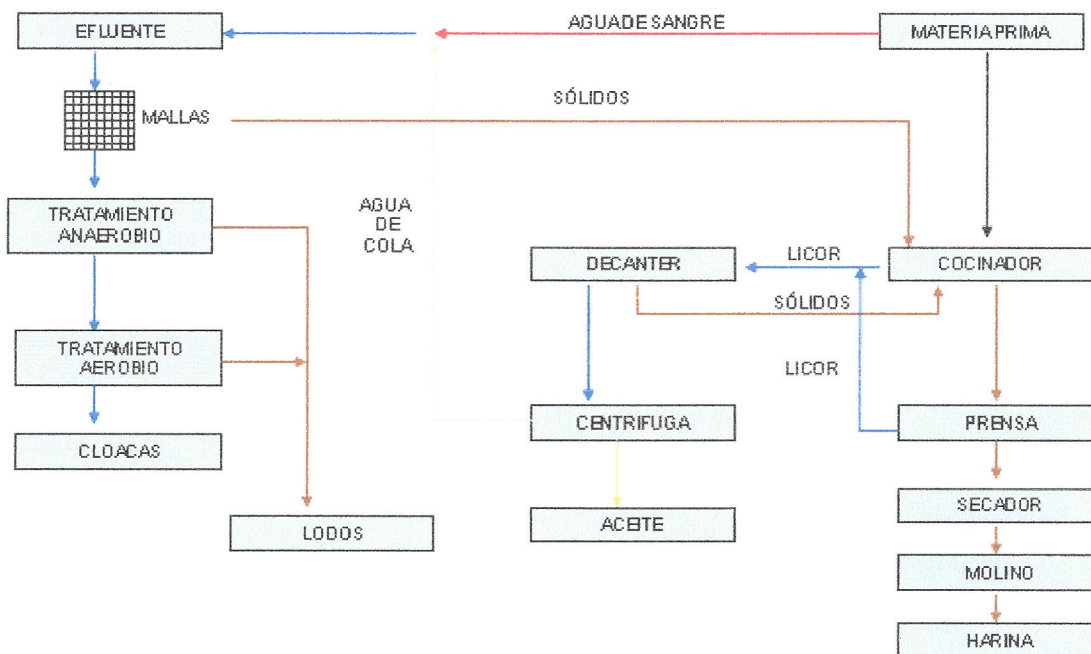


En conclusión, si aplicáramos esta tecnología a las plantas de harina de pescado de Mar del Plata, en las cuales se desechan 3960 tn. de harina que se pierden en el agua de cola, lograríamos recuperar 3.928 toneladas de harina de primera calidad lo que se traduce en U\$S 4.367.936 de ingresos, además de reducir los costos de funcionamiento de la planta, las emisiones gaseosas (olores) y los efluentes líquidos.

²³ Servicio Nacional de Aduanas y Chile Sur FishOil. Precio FOB febrero de 2007.

Solución Técnica número 6: Tratamiento de los efluentes de la Planta de Harina de Pescado

En este caso, la solución esta enfocada al tratamiento del efluente y no a la recuperación de la materia prima presente en el mismo.



Descripción de las Etapas

Mallas

- *Opción 1: Tamiz fijo*

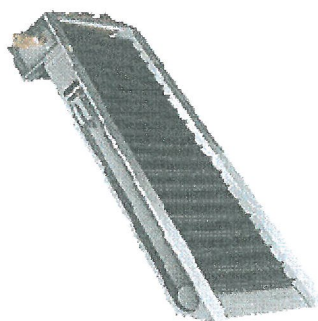
El tamiz fijo tiene como objetivo retener y separar los cuerpos flotantes y en suspensión que arrastra el efluente del agua de sangre, ya que el agua de cola ha pasado por el decanter y no es necesario. Esto permite evitar, depósitos posteriores, obstrucciones en maquinaria y tuberías del proceso, interceptar materia que podría dificultar el funcionamiento de unidades posteriores, aumentar la eficiencia de estas unidades e indirectamente mejorar la oxigenación del efluente.



Tamiz fijo

El tamiz fijo consiste en un bastidor o cuadro de barrotes separados uniformemente, que interceptan el flujo del efluente, reteniendo toda la materia de tamaño mayor a la separación entre barrotes.

Para el efluente de las planta de harina de pescado se recomienda utilizar un tamiz de 1mm de separación entre barrotes con limpieza mecanica. Es decir que la limpieza se realiza de manera automática por medio de peines que se accionan cuando el nivel de agua en el tamiz aumenta por la obstrucción generada por el material retenido.



Tamiz con limpieza mecanizada

Los sólidos recuperados, son reinsertados al proceso productivo en el cocinador. La utilización de mallas significa una tasa de remoción de sólidos suspendidos que varia del 40% - 75% (J.F. González, 1995).

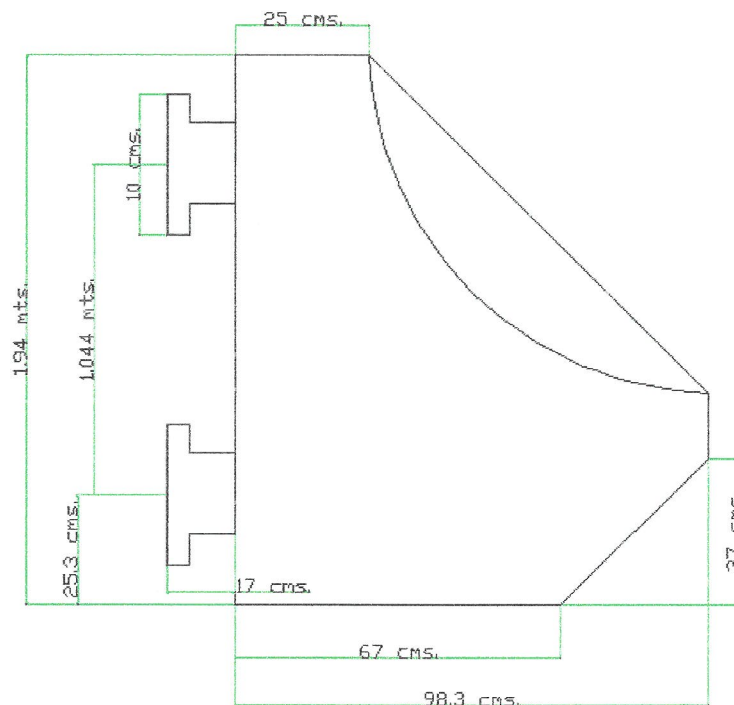
Este tipo de equipos han sido evaluados a escala industrial y piloto en países como Chile, Ecuador y junto a una adecuada aplicación tecnológica reducen aproximadamente a la mitad la carga orgánica (Roedel, 1991).

Medidas y materiales

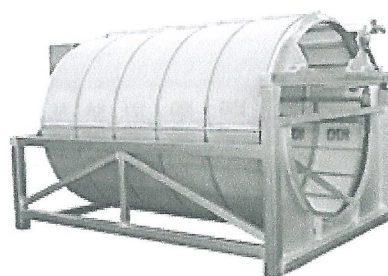
El primer dato a tener en cuenta para diseñar el tamiz fijo es el caudal máximo que tendrá que filtrar, en este caso será de 15m³/hr.

El tamiz fijo será de 1,94 metros de altura, 98,3 centímetros de largo y 30 centímetros de ancho y podrá filtrar un rango de caudales des 7 hasta 25 m³/hr.

El ángulo de la malla del tamiz será de 25 grados en la parte superior y de 35 grados en la inferior. El tamiz estará construido en su totalidad en acero inoxidable.



○ *Opción 2: Tamiz Rotativo*



Tamiz Rotativo

El tamiz rotativo es un filtro mecánico y de auto limpieza diseñado especialmente con objeto de alcanzar alto rendimiento. Su separación será de 1mm al igual que el tamiz fijo.

El filtro trabaja sin presión y tiene un diseño robusto con pocas partes móviles que aumentan la vida útil y disminuyen los costes de mantenimiento.



Funcionamiento del tamiz rotativo

Funcionamiento

El líquido se filtra con la periferia del tambor que rota lentamente. Asistido por la estructura especial de los elementos filtrantes, las partículas se separan cuidadosamente del líquido. Los sólidos separados se aclaran de la tela filtrante en la bandeja de la colección de los sólidos y se reenvían al proceso productivo.

Al igual que en el tamiz fijo su tasa de remoción de sólidos suspendidos varía del 40% - 75% (J.F. González, 1995).

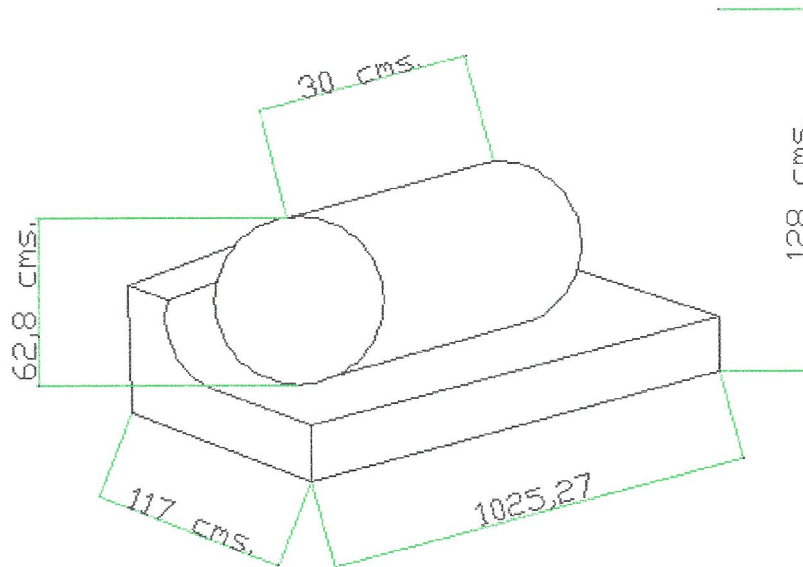
Este tipo de equipos han sido evaluados a escala industrial y piloto en países como Chile, Ecuador y junto a una adecuada aplicación tecnológica reducen aproximadamente a la mitad la carga orgánica (Roedel, 1991)

Además tienen una ventaja sobre los tamices fijos, ya que son autolimpiantes y evitan los taponamientos por incrustaciones en el tamiz.

Medidas y materiales

El primer dato a tener en cuenta para diseñar el tamiz rotativo es el caudal máximo que tendrá que filtrar, en este caso será de 15m³/hr.

El cilindro del tamiz rotativo será de 62,8 centímetros de diámetro y 30 centímetros de largo. Y su estructura ocupara un sector de 1,28 metros de alto, 1,17 metros de ancho y 92 centímetros de largo. Utilizara un motor eléctrico de 0,5 kw de potencia y estará construido en acero inoxidable.



Análisis Económico

El agua de sangre de residuos de merluza contiene un 4,45% de sólidos totales (M.A. Parin, E.M. Civit, H.M. Lupin, 1979) , principal residuo utilizado por las plantas de harina de pescado en Mar del Plata.

$9000 \text{ tn de agua de sangre} \times 4,45\% \times 75\% = 300,4 \text{ tn de sólidos totales secos}$

$300,4 \text{ tons. (harina seca)} + (10\% \text{ de humedad de } 300,4 \text{ tons.}) = 330,4 \text{ tons de harina}$

$330,4 \text{ tn} \times 1.112^{24} \text{ U\$S/tn} = 367.418,7 \text{ U\$S}$

Tratamiento Anaerobio

El mecanismo más importante para la remoción de la materia orgánica presente en el efluente líquido, es el metabolismo bacteriano. El metabolismo consiste en la utilización por parte de las bacterias, de la materia orgánica como fuente de energía y carbono para generar nueva biomasa.

²⁴ Servicio Nacional de Aduanas y Chile Sur FishOil. Precio FOB febrero de 2007.

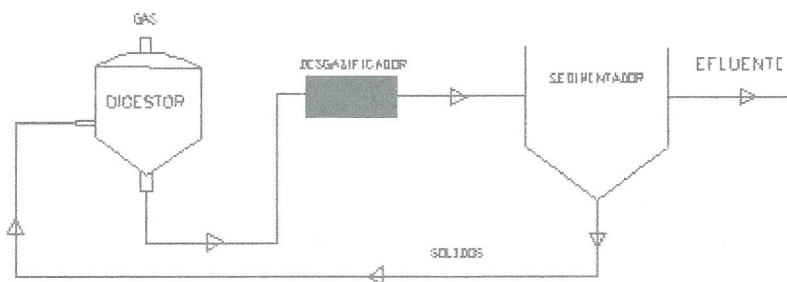
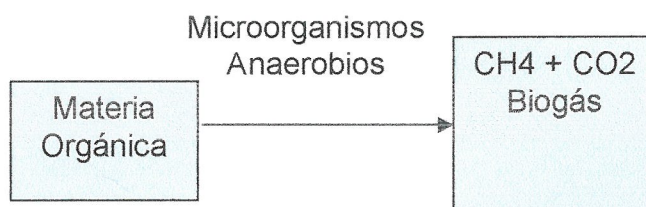


Diagrama del sistema de digestión anaeróbica

Fuente: FAO Fisheries Technical paper 355

La digestión anaerobia es el proceso fermentativo que ocurre en el tratamiento anaerobio de las aguas residuales. El proceso se caracteriza por la conversión de la materia orgánica a metano y CO₂, en ausencia de oxígeno y con la interacción de diferentes poblaciones bacterianas.



El tratamiento Anaerobio es un proceso de transformación y no de destrucción de la materia orgánica, como no hay presencia de un oxidante en el proceso, la capacidad de transferencia de electrones de la materia orgánica permanece intacta en el metano producido. En vista de que no hay oxidación, se tiene que la DQO teórica del metano equivale a la mayor parte de la DQO de la materia orgánica digerida (90 a 97%), una mínima parte de la DQO es convertida en lodo (3 a 10%). En las reacciones bioquímicas que ocurren en la digestión anaerobia, solo una pequeña parte de la energía es liberada, mientras que la mayor parte de esa energía permanece como energía química en el metano producido.

La degradación anaerobia de la materia orgánica requiere la intervención de diversos grupos de bacterias facultativas y anaerobias estrictas, las cuales utilizan en forma secuencial los productos metabólicos generados por cada grupo. La digestión anaerobia de la materia orgánica involucra tres grandes grupos tróficos y cuatro pasos de transformación:

1. Hidrólisis

Grupo I: bacterias hidrolíticas

2. Acidogénesis

Grupo I: bacterias fermentativas

3. Acetogénesis

Grupo II: bacterias acetogénicas

4. Metanogénesis

Grupo III: bacterias metanogénicas

El proceso se inicia con la hidrólisis de polisacáridos, proteínas y lípidos por la acción de enzimas extracelulares producidas por las bacterias del Grupo I. Los productos de esta reacción son moléculas de bajo peso molecular como los azúcares, los aminoácidos, los ácidos grasos y los alcoholes, los cuales son transportados a través de la membrana celular; posteriormente son fermentados a ácidos grasos con bajo número de carbonos como los ácidos acético, fórmico, propiónico y butírico, así compuestos reducidos como el etanol, además de H₂ y CO₂. Los productos de fermentación son convertidos a acetato, hidrógeno y dióxido de carbono por la acción de las bacterias del Grupo II, las cuales son conocidas como "bacterias acetogénicas productoras de hidrógeno".

Finalmente las bacterias del Grupo III o metanogénicas convierten el acetato a metano y CO₂, o reducen el CO₂ a metano. Estas Transformaciones involucran dos grupos metanogénicos que son los encargados de llevar a cabo las transformaciones mencionadas anteriormente: acetotróficas e hidrogenotróficas. En menor proporción, compuestos como el metanol, las metilaminas y el ácido fórmico pueden también ser usados como sustratos de el grupo metanogénico (Díaz-Báez, 2002).

Deben ser tenidos en cuenta dos puntos importantes, con respecto a los diferentes procesos que ocurren durante la digestión anaerobia de la materia orgánica:

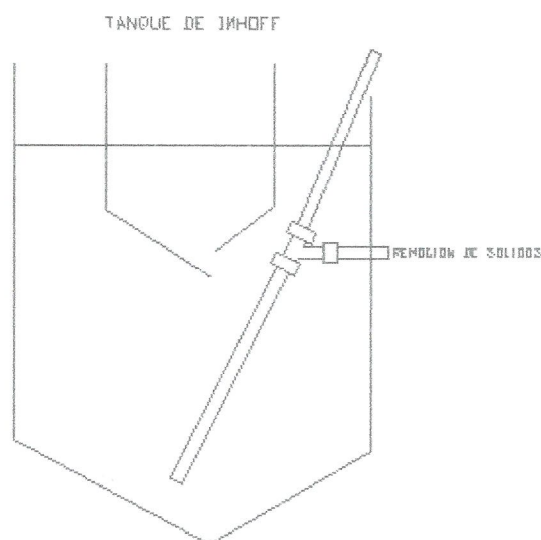
1) Solamente cerca del 30% de la materia orgánica afluyente es convertida a metano por la vía hidrogenofílica, por lo tanto una condición necesaria para obtener una óptima remoción de la materia orgánica en un sistema anaerobio, es que la metanogénesis acetoclástica se desarrolle eficientemente.

2) La fermentación ácida tiende a bajar el pH, debido a la producción de ácidos grasos volátiles (AGVs) y otros productos intermediarios, mientras que la metanogénesis solo se desarrolla cuando el pH esta cercano al neutro. Por lo tanto, si por alguna razón la tasa de remoción de AGVs a través de la metanogénesis no acompaña a la tasa de producción de AGVs, puede surgir una situación de inestabilidad: baja significativamente el pH del sistema, causando la inhibición de las bacterias

metanogénicas. Esta "Acidificación" del sistema es una de las principales causas de falla operacional en los reactores anaerobios. Lo anterior puede ser evitado cuando se garantiza un equilibrio entre la fermentación ácida y la fermentación metanogénica, a través de mantener una alta capacidad metanogénica y una buena capacidad buffer en el sistema (van Haandel, 1994)



Reactor Anaerobio



Fuente: FAO Fisheries Technical paper 355

La utilización del tratamiento anaerobio significa una remoción de la materia orgánica presente del 75 – 90% (J. F. González, 1995)(Ecopreneur S.A.).

Parámetros de Diseño

Caudal = 15 m³/hr

Velocidad media en el cuerpo del reactor = 0.5 m/hr

Sección del reactor = 15 m³/hr. / 0.5m/hr = 30m²

Tiempo de permanencia hidráulica = 10 hr

Volumen del reactor = $15 \text{ m}^3/\text{hr} \times 10 \text{ hr} = 150 \text{ m}^3$

Altura del reactor = $150 \text{ m}^3 / 30 \text{ m}^2 = 5 \text{ m}$

Numero de orificio de entrada = $30 \text{ m}^2 / 15 \text{ m}^2 \times \text{orificio} = 2 \text{ orificios}$

Tratamiento Aerobio

Existen variados antecedentes de tratamiento aerobio de efluentes, desde experiencias de laboratorio a experiencias a escala real; en este último caso el tipo de tratamientos el más utilizado es el de lodos activados o lagunas aireadas. Los datos reportados en la bibliografía son para efluentes de diferente naturaleza con valores de DQO entre 3000 mg/L y 48000 mg/L, los tiempos de residencia hidráulicos van 2.5 a 20 días y las eficiencias de remoción reportadas son mayores al 70% (Boyle y Ham, 1974; Cook y Foree, 1974; Uloth y Mavinic, 1977; Robinson y Maris, 1983, Maris et al., 1984) o van del 85 – 95 % (J. F. González, 1995).

El fundamento del sistema es la propiedad que tiene el efluente, despejado de sus sólidos sedimentables y sometido durante un tiempo a la inyección o mezcla de aire finamente dividido, de producir coagulación de aquellas sustancias en suspensión que, por su estado, son incapaces de sedimentar por si solas.

Por medio de este sistema se logra, coagular y sedimentar las sustancias en suspensión y estabilizar y oxidar la materia orgánica.

El mecanismo del proceso, se realiza de la siguiente manera. A la salida de las balsas de activación la mezcla de agua y lodos pasa a la decantación secundaria. El agua decantada constituye el efluente ya depurado. Los lodos sedimentados, se extraen del decanter, una parte se recircula a la activación como lodos activados. El resto pasa al tratamiento de digestión directamente.

Se debe tener en cuenta que el proceso se debe a la acción de los microorganismos, que se desarrollan gracias a la existencia de materia orgánica carbónica, DBO y a la existencia de nutrientes nitrógeno y fósforo, así como otros oligoelementos necesarios para el proceso aerobio de lodos activados.

Por ultimo, por medio del aporte artificial de aire al sistema se procura que los microorganismos encuentren el oxígeno suficiente para poder procesar la materia orgánica.

- Reactor Aerobio tipo lodos activados

Se utilizan reactores de material acrílico. Poseen una mampara removible que los divide en dos secciones: una cámara de aireación y una cámara de sedimentación. La aireación es suministrada a través de burbujas producida por una piedra porosa ubicada en el fondo de cada reactor. La agitación provocada por las burbujas de aire permite mantener el licor en estado de mezcla completa.



Reactor de Lodos Activados

- Reactor Aerobio tipo biodiscos

Los Biodiscos son como su nombre indica unos discos, generalmente de PVC, Polietileno o Polipropileno, que están girando parcialmente sumergidos en el agua residual y que sirven de soporte para que las colonias de bacterias se adhieran y formen una biomasa constante y confinada a una superficie determinada, de modo que si no se producen desprendimientos por mal funcionamiento o vertidos accidentales que contengan tóxicos o inhibidores, se trata de sistemas muy estables y con escasas variaciones en su rendimiento.

Se utilizan sistemas de biodiscos compuestos por cuatro módulos de doce discos cada uno con un diámetro de 29 cm y un espesor de 0.5 cm que fueron tratados con un material abrasivo a los efectos de facilitar una mejor adhesión de la biomasa. El sistema funciona a una velocidad de 7 r.p.m. con los cuatro módulos en serie.

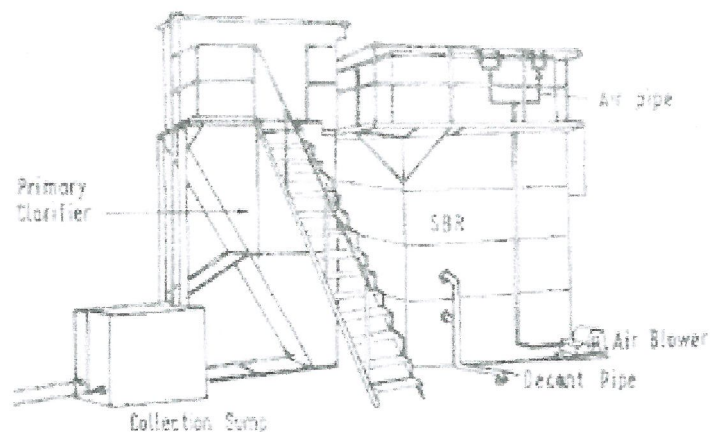


Reactor tipo Biodiscos

- SBR

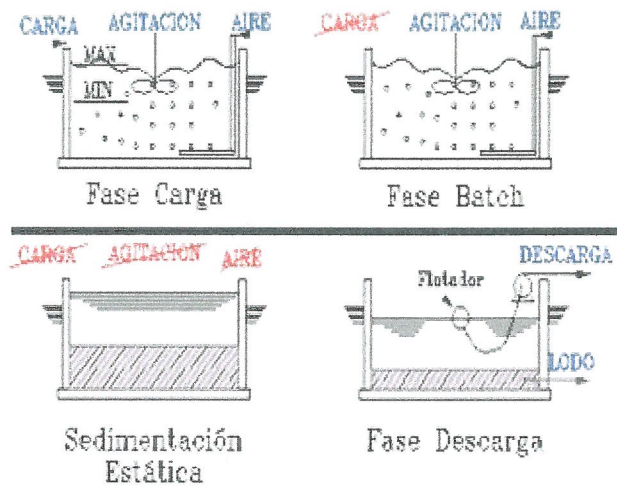
Los reactores estáticos, de carga secuencial (SBR o Sequencing Batch Reactors) pertenecen a las tecnologías de "lodos activos" porque se retiene (por sedimentación) una alta densidad de células en su interior.

Los SBR son, simplemente, reactores de llenado/vaciado, en contraste de los más conocidos reactores continuos en los que el fluido a tratar entra y rebalsa simultáneamente. Sin embargo, los SBR son históricamente previos a los reactores continuos.



Reactor SBR

En los SBR se dispone de un volumen de reactor que cumple operaciones secuenciales:



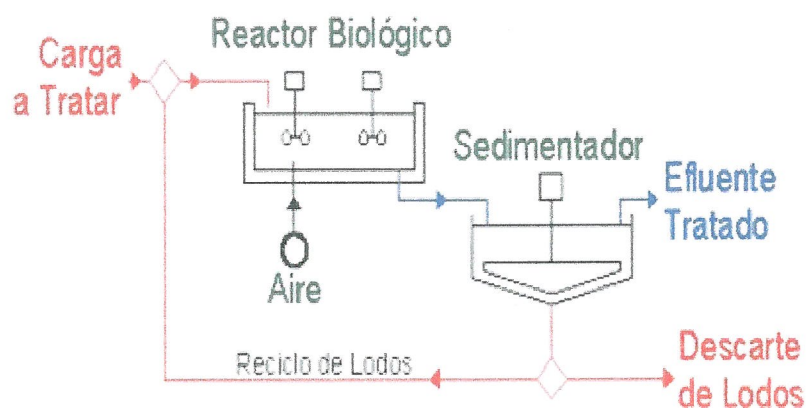
Etapas SBR

- CARGA: el reactor recibe flujo durante un tiempo dado (hasta llenarse), con o sin mezclado y aireación del reactor (según si se desea o no regular el nitrógeno efluente)
- REACCIÓN BATCH: se opera el reactor sin admitir flujo (operación batch o en lotes) durante el tiempo necesario para realizar las reacciones bioquímicas deseadas, recibiendo agitación y aireación
- SEDIMENTACIÓN: luego de tratado el volumen del reactor lleno, los contenidos se dejan sedimentar con el reactor completamente quieto (no hay agitación ni aireación) durante el tiempo necesario para la clarificación del sobrenadante (que es requisito de diseño para el efluente tratado)
- DESCARGA DE EFLUENTE: el líquido clareado (sobrenadante) se descarga hasta un cierto nivel del reactor (que según el diseño que se adopte varía entre un 75% hasta un 15% del volumen del reactor), dejando en su interior el material sedimentado, (que suele recibir el nombre de "lodos activos" o simplemente "los lodos" y que corresponde al material celular que realiza las reacciones bioquímicas) que debe ser retenido para tratar la siguiente alimentación del reactor
- DESCARGA DE LODOS: durante los últimos momentos de descarga de efluente tratado, se descarga la cantidad de lodos que se generaron durante el último ciclo, a fin de retener la actividad microbiológica precisamente necesaria y garantizar que el efluente tratado será clarificado en sucesivas sedimentaciones.

- EVENTUAL ESPERA: el reactor, ya descargado en algún grado (es decir, reteniendo lodos en la cuantía necesaria) puede tener un tiempo un tiempo de inactividad si es que no hay flujo disponible (por ejemplo, si un segundo reactor esta en carga)

Por medio del tratamiento aerobio de lodos activados, el cual fue electo no por el factor económico ya que es el proceso aeróbico de mayor costo (J. F. González, 1995). Sino porque requiere menor espacio físico que las lagunas de aireación, se logra una reducción de la DQO del 95%.

Esquema Propuesto



Diseño y Materiales

Parámetros de Diseño

	Industrial	Municipal
Relación alimento a microorganismos (F/M)	0.15 - 0.4/día	0.15 -0.6/día
Duración del ciclo de tratamiento	4.0 horas	4.0 – 24 horas
Concentración típica de sólidos suspendidos en el licor mezclado a nivel bajo de agua	2,000 – 2,500 mg/L	2,000 - 4,000 mg/L
Tiempo hidráulico de retención	6 - 14 horas	varía

Fuente: AquaSBR Design Manual, 1995.

La construcción de sistemas SBR normalmente requiere una superficie menor a la de los sistemas convencionales de lodos activados porque con el uso de SBR a menudo se elimina la necesidad de sedimentadores primarios y nunca se requieren los secundarios.

El tamaño de los tanques en sí mismos varía para cada sitio específico, pero en general se tiene una ventaja con el uso de sistemas SBR cuando el sitio propuesto tiene limitaciones de terreno.

El sistema de SBR consiste de un tanque, los equipos de aireación y mezcla, un decanter y un sistema de control. Los elementos centrales de un sistema de SBR son la unidad de control y los interruptores y válvulas automáticas que regulan la secuencia y duración de las diferentes operaciones.

En nuestro caso el tamaño del reactor SBR será de 5,49 metros por 3,6 metros es decir 19,76 metros cuadrados y será construido en acero con un revestimiento para evitar la corrosión.

Parámetros de entrada y salida de la Planta de tratamiento de efluentes

- Sólidos Totales

En el efluente de las plantas de harina de pescado los sólidos totales los aporta principalmente el agua de sangre, ya que el agua de cola ha pasado por el decanter y las centrifugas.

Es muy importante retener estos sólidos por medio de los tamices ya que sino los reactores anaerobios no funcionarían correctamente.

- DQO

Este parámetro nos permitirá analizar la efectividad de nuestra planta de tratamiento.

El promedio de vuelco de DQO según las muestras tomadas por OSSE:

Muestra de efluentes 20/9/05 (Promedio)
33180

Tratamiento Anaerobio	Tratamiento Aerobio
3318	165

Muestra de efluentes 9/11/05 (Promedio)
33985

Tratamiento Anaerobio	Tratamiento Aerobio
3398	170

Resultados expresados en mg/l

Conclusión

La planta de tratamiento de efluentes, no es una solución que nos permita recuperar mucha materia prima, pero es una opción a la hora de cumplimentar con las normativas de vuelco actuales, que exigen una DQO menor o igual a 700 mg/l.

Conclusiones

Conclusión

Las problemáticas que generan los efluentes de harina de pescado al sistema cloacal de la ciudad de Mar del Plata, ya son razón suficiente para buscar una solución a los mismos. Pero las pérdidas de materia prima que se generan, hacen aun más necesaria su recuperación.

Las perdidas de materia prima que se generan en una planta de harina de pescado tipo de la ciudad de Mar del Plata, ascienden a 1980 toneladas de harina para el agua de sangre y 3960 toneladas de harina para el agua de cola. El total de la sumatoria equivale al 33% de la producción de harina de la planta, que significan U\$S 6.605.280 perdidos enviados al sistema cloacal de la ciudad. Este volumen de perdidas de materia prima son inadmisibles en un mundo como el nuestro en el cual las fuentes de alimento escasean, los mares son depredados para alimentar especies marinas de alto valor comercial como los langostinos y la población mundial crece de manera exponencial. Además, las proteínas que se pierden en los efluentes de las plantas de harina de pescado son de alto valor por su calidad.

Todas estas razones llevaron a analizar y proponer diferentes soluciones para su recuperación:

La primera opción que se analizo fue el recirculado del agua de sangre. En este caso el efluente puede ser enviado en dos direcciones, ambas validas para tratarlo pero que dependen de la calidad del mismo.

En caso de ser enviado al cocinador, se recupera el 100% de la materia prima presente, pero el pescado a procesar debe ser fresco, ya que sino afecta la calidad de la harina procesada por la planta. En cambio, si el efluente es enviado al decanter, con un paso previo de coagulación el tanque buffer, se recupera solo el 25% de la materia prima presente, pero se puede tratar cualquier tipo de pescado. El 75% restante de materia prima presente en el efluente no puede ser volcado al sistema cloacal y debe recibir un tratamiento posterior junto al agua de cola.

Además esta opción nos permite utilizar el tanque como buffer en caso de roturas del cocinador o de paradas de mantenimiento, pudiendo tratar el agua de sangre por medio del decanter. Sumado a que requiere poco espacio y su operación puede ser a distancia o automática, con una inversión relativamente baja.

La segunda opción sugiere tratar el agua de sangre por separado del proceso principal de la planta de harina de pescado, por medio del secado spray. Este proceso es simple y nos permite recuperar el 100% de la materia prima presente en el efluente, pudiendo tratar cualquier tipo de pescado. Además requiere 1 solo operario y relativamente poco espacio para su instalación. Como contrapartida, se requiere una gran inversión para su instalación inicial. Por último, queda a decisión del gerente de producción de la planta si la harina obtenida por medio de este proceso se mezclara con el resto de la producción o se venderá por separado.

La tercer opción propone cambiar el sistema tradicional compuesto por los decanters y las centrifugas verticales por tricanters, maquinas más robustas y que nos permiten tratar pesca sin procesar directamente, lo cual que permite utilizarlos en caso de roturas de la prensa. Además requieren un menor espacio que el sistema tradicional. La única desventaja que tiene es que el servicio técnico más cercano se encuentra en Chile. Actualmente, esta solución esta siendo aplicada en una planta de la ciudad con muy buenos resultados.

La cuarta opción consiste en, recuperar el agua de cola por medio de evaporadores, esta tecnología es muy conocida y aplicada a nivel mundial. Esta solución nos permite recuperar el 100% de la materia presente en el efluente, además de poder recuperar y reutilizar el vapor utilizado. Sus desventajas, son los costos de instalación y funcionamiento, sumado a que genera olores debido a las aminas presentes en el efluente.

La quinta opción propuesta, son las membranas avanzadas de GE, que son una variante a los evaporadores a la hora de recuperar el agua de cola, estas permiten recuperar el 100% de la materia prima disuelta en el efluente pero con un mayor porcentaje de humedad que lo evaporadores. Sus ventajas son que

requieren un costo operacional por debajo del de los evaporadores, son muy efectivas a la hora de tratar desechos de pescado (principal materia prima de las plantas de harina de pescado de Mar del Plata), remueven aminas y sales y no generan olores. Y sus desventajas son, que requieren una superficie considerable para su instalación, nadie ha utilizado esta tecnología en el país y no se dispone de servicio técnico en el país.

Por ultimo, la sexta opción propuesta, es el tratamiento de los efluentes de las plantas de harina de pescado por medio de mallas, tratamiento anaerobio y tratamiento aerobio. En esta opción, no se busca la recuperación de la materia prima sino el saneamiento del efluente. Por medio de las mallas, se retienen los sólidos presentes en el efluente del agua de sangre, que podrían poner en peligro el funcionamiento de las etapas posteriores. Además, se recuperan 330 toneladas de sólidos que son reinsertados al proceso principal. Luego, por medio de los tratamientos anaerobios y aerobios se logra llevar los niveles de DQO por debajo de los parámetros exigidos por la normativa actual.

Todas las opciones antes descriptas son validas a la hora de resolver la problemática que causan los efluentes líquidos de las plantas de harina de pescado de la ciudad de Mar del Plata. La aplicación de una u otra solución o varias de ellas en conjunto, dependerá de la disponibilidad de espacios físicos, el grado de inversión que puede afrontar la empresa y el caudal y calidad del efluente de cada planta en particular.

En conclusión, las plantas de harina de pescado de la ciudad de Mar del plata deben aplicar alguna o varias de las soluciones para sanear sus efluentes líquidos.

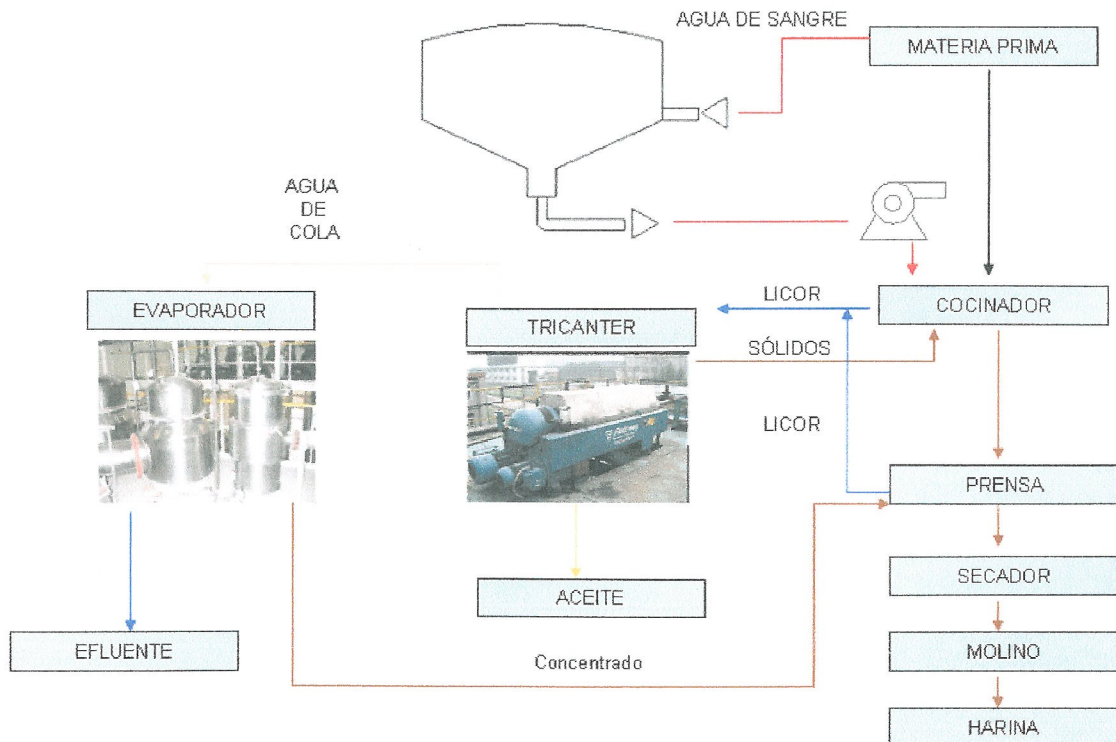
En base a lo investigado en este trabajo y a mi entender, las mejores opciones son recircular el agua de sangre, ya que nos permite tratar pescado fresco o deteriorado, además de poder usar el tanque como buffer. Sumado a que es de simple aplicación, requiere muy poco personal y nos permite recuperar materia prima valiosa.

Y evaporar el agua de cola, ya que es una tecnología conocida y aplicada mundialmente, con muy buenos resultados a la hora de recuperar la materia prima disuelta en el efluente.

Además, de estas soluciones para los efluentes, creo que se deberían instalar tricanters en todas las plantas de la ciudad, porque mejoran la separación mecánica de fases del agua de cola, reducen el volumen de maquinaria necesario y permiten procesar pesca completa, sumado a que la planta que ya los utiliza esta muy conforme con sus resultados.

Por ultimo, quiero agregar que a todas las soluciones antes mencionadas, hay que instalarles un sistema de limpieza de contra lavado tipo CIP. Y para los efluentes de limpieza generados por esta planta, será necesaria una planta de tratamientos secundario como la descrita en la solución numero seis, pero cuyo dimensionamiento y caracterización de parámetros de entrada y salida no están contemplado en el alcance de este trabajo.

Combinación de soluciones propuesta



Anexo 1

Perú: precio harina y aceite de pescado
Abril 2007*

HARINA DE PESCADO		
ESPECIFICACION	US\$/Ton	EMBARQUE
Harina standard (FAQ 64%)	1.100	FOB
Harina prime (SD 67/120)	1.180	FOB
Harina super prime (SD 68/500)	1.200	FOB

ACEITE DE PESCADO		
Crudo a Granel	805	FOB

Fuente: ChileSur FishOil.

FOB: Free on board (cargado en el barco).

(*): Precios transados en enero para embarques en mayo/junio.

FAQ 64%: Harina secada a fuego directo con 64% min. de proteínas.

SD 67/120: Harina secada a vapor indirecto con 67% min. de proteína y 120 máx. TVN.

SD 68/500: Harina secada a vapor indirecto con 68% min. de proteína y 500 ppm máx. histamina.

-Tesis de Grado de Guillermo Guadagna-

Bibliografía

Bibliografía

- METCALF EDDY, 1977. Tratamiento y depuración de las aguas residuales. Editorial Labor s.a. Barcelona.
- R.L. EARLE, 1968. Ingeniería de los alimentos. Editorial Acribia. España.
- MINISTERIO DE ECONOMIA Y OBRAS Y SERVICIOS PUBLICOS. SECRETARIA DE OBRAS PÚBLICAS Y COMUNICACIONES. CONSEJO FEDERAL DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO, 1993. Normas de estudio, criterios de diseño y presentación de desagües cloaca les para localidades de hasta 30000 habitantes. Volúmenes V y VII.
- INFORME OBRAS SANITARIAS, 2005. Situación vuelco efluentes puerto.
- **FAO FISHERIES TECHNICAL PAPER – 142 FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS FAO, Fishery Industries Division** FAO Fisheries Department Food and Agriculture Organization of the United Nations Via delle Terme di Caracalla, Rome, Italy **FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS Rome, 1986**
- R.S. Ramalho. Tratamiento de Aguas Residuales. Editorial Reverte S.A. Barcelona-Bogota-Buenos Aires-Caracas-México.
- **R. Pizarro-Cabrera, G. Salas-Colotta. DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA DE FLOTACION POR AIRE DISUELTO, DE EFLUENTES LIQUIDOS, A NIVEL DE LABORATORIO, SEPTIEMBRE 2000 - VOL.3 N°1.** Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Química e Ingeniería Química Instituto de Ingeniería Química Av.Venezuela s/n Lima-Perú
- Zaldívar Larrain, F. J., 2002. Las harinas y aceites de pescado en la alimentación acuícola.
- EPA
- www.napier-reid.com, Sistemas DAF. Ontario, Canada.
- MEMORIA DESCRIPTIVA DE LAS INSTALACIONES SANITARIAS DE PLANTA DE HARINA Y ACEITE DE PESCADO CORPESCA S. R. L.
- G&E, 2006. Boletín técnico separación por Membranas Avanzadas
- AZ Ingeniería y Maquinas Ltda., Chile.
- Juan Sebastián Ramírez, **TRATAMIENTO DE AGUAS TRATAMIENTO PRIMARIO Y PARÁMETROS HIDRÁULICOS I**

- www.globalwater.com, PRODUCTOS Y EQUIPOS ASOCIADOS A LAS ETAPAS DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
- José Antonio Muñoz Sánchez, Salvador Teruel Fernández, Manuel Santiandreu López. TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE DSM-DERETIL. Instituto de Investigación DSM DERETIL.
- Cabrera Carranza, Carlos Francisco. Estudio de la Contaminación de las Aguas Costeras en la Bahía de Chancay. Tesis UNMSM.
- www.alfalaval.com
- www.flottweg.com
- OPS, 2005. GUÍA PARA EL DISEÑO DE TANQUES SÉPTICOS, TANQUES IMHOFF Y LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN.
- Marlene Roeckel, Estrella Aspé y María Cristina Martí, Septiembre 1996. Transferencia de tecnología limpia y aumento de productividad en el sector pesquero. Revista Ambiente y Desarrollo.
- Borzacconi Liliana, López Iván, Arcia Esteban, Cardelino Luis, Castagna Alvaro, Viñas María. COMPARACIÓN DE TRATAMIENTOS AEROBIOS Y ANAEROBIOS APLICADOS A LIXIVIADO DE RELLENO SANITARIO. Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.
- www.novarsa.com.
- Servicio Nacional de Aduanas y Chile Sur FishOil. Precio FOB febrero de 2007.
- FAO Fisheries Technical paper 355.
- CONAM, 1998. PRÁCTICAS RECOMENDADAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE LOS PROCESOS EN LA INDUSTRIA DE HARINA DE PESCA00 Guía Técnica.
- www.infoleg.com
- www.estrucplan.com
- Diario La Capital Mar del Plata.
- Empresa Nutramar, Apartado Ambiental.
- Consulado de Estados Unidos.
- Consulado de Mexico.
- Consulado de Peru.
- Consulado de Noruega.
- www.valam.com

-Tesis de Grado de Guillermo Guadagna-

- Grundfos
- Catalogo GE 2006