

“Trabajo Final de la Carrera Especialista en Higiene y Seguridad en el Trabajo”

Departamento de Ingeniería Industrial

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional de Mar del Plata

“Reducción de la carga contaminante del efluente líquido y de los riesgos asociados para los trabajadores en su generación y tratamiento, en una planta de procesamiento de aceite de pescado”.

Alumno: Ing. Martín A. Titos.

Director: Dr. Jorge Froilán González.

Lugar y Fecha: Mar del Plata, julio 2017.



RINFI es desarrollado por la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

“Trabajo Final de la Carrera Especialista en Higiene y Seguridad en el Trabajo”

Departamento de Ingeniería Industrial

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional de Mar del Plata

“Reducción de la carga contaminante del efluente líquido y de los riesgos asociados para los trabajadores en su generación y tratamiento, en una planta de procesamiento de aceite de pescado”.

Alumno: Ing. Martín A. Titos.

Director: Dr. Jorge Froilán González.

Lugar y Fecha: Mar del Plata, julio 2017.

“Reducción de la carga contaminante del efluente líquido y de los riesgos asociados para los trabajadores en su generación y tratamiento, en una planta de procesamiento de aceite de pescado”.

Autor: Ing. Martín A. Titos.

Director: Dr. Jorge Froilán González.

Evaladores: Ing. Leonardo Bandera, Dra. Marcela Gerpe.

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Descripción de la situación inicial.....	1
1.2 Descripción del problema.....	1
1.3 Objetivos.....	1
1.4 Ordenamiento del informe.....	2
1.5 Evaluación del sistema de tratamiento de efluentes.....	2
1.5.1 Diagrama de flujo: Refinado de aceite crudo de pescado.....	2
1.5.2 Descripción del Proceso: Refinado de aceite crudo de pescado.....	3
1.5.3 Diagrama de flujo: Producción de aceite de pescado por Hidrólisis enzimática.....	6
1.5.4. Descripción del Proceso: Producción de aceite de pescado por Hidrólisis enzimática..	7
1.5.5. Planimetría.....	8
1.5.6. Caracterización del efluente.....	9
1.5.7 Características generales del sistema de tratamiento de efluentes líquidos.....	10
1.5.8 Tratamiento de los Desagües Industriales.....	11
1.5.9 Análisis de datos.....	12
2. MARCO TEÓRICO	
2.1 Marco Regulatorio.....	15
2.2 Tratamiento de efluentes.....	15
2.2.1 Características de los efluentes.....	15
2.2.2 Sistemas para el tratamiento de efluentes .....	16
2.2.2.1 Rejas, canastos y tamices .....	17
2.2.2.2 Trampa de grasas.....	17
2.2.2.3 Ecuilización.....	18
2.2.2.4 Ajuste de pH .....	19
2.2.2.5 Coagulación, floculación.....	20
2.2.2.6 Sedimentación.....	21
2.2.2.7 Filtración.....	21
2.2.2.8 Tratamiento biológico.....	22
2.2.2.8.1 Tratamiento anaeróbico.....	22
2.2.2.8.2 Tratamiento aeróbico .....	22
2.2.2.9 Desinfección del agua .....	23
2.2.2.10 Tratamiento de los sólidos.....	23
2.3 Análisis de Riesgos de los trabajadores del sistema de tratamiento de efluentes.....	24
2.3.1 Evaluación de Riesgos .....	24
2.3.2 Análisis de Riesgos .....	25
2.3.3 Valoración del riesgo .....	26

2.3.4 Tipos y Metodología de la evaluación de riesgos .....	28
2.3.5 Evaluación del puesto de trabajo .....	28
2.3.6 Intervención del riesgo .....	29
3. DESARROLLO	
3.1 Propuesta técnica para la mejora del sistema tratamiento de efluentes .....	31
3.1.1 Consideraciones generales del sistema de tratamiento de efluentes.....	31
3.1.2 Capacitación para la reducción del DQO del efluente .....	32
3.1.3 Cálculo del Ecuador .....	33
3.1.4 Cálculo de Canastos .....	34
3.1.5 Configuración del sistema .....	36
3.1.6 Costos de instalación y operación de las mejoras en el sistema de efluentes .....	37
3.2 Análisis de Riesgo de los trabajadores del sistema de tratamiento de efluentes .....	37
3.2.1 Caracterización del ámbito del puesto de trabajo .....	37
3.3.2 Análisis del riesgo .....	38
3.3.3 Intervención del riesgo .....	41
3.3.4 Costos estimados para la intervención del riesgo .....	43
4. CONCLUSIÓN .....	44
5. BIBLIOGRAFÍA .....	45
6. ANEXOS .....	46

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materias Primas del proceso de refinado de aceite de pescado.....	6
Tabla 2. Valores hallados de DQO.....	12
Tabla 3. Incremento tarifario según DQO.....	13
Tabla 4. Registro de multas aplicadas por vuelcos de efluentes con DQO excesivo.....	14
Tabla 5. Valoración cualitativa de la probabilidad y las consecuencias para la estimación del riesgo.....	26
Tabla 6. Valoración de la frecuencia de la tasa de ocurrencia .....	27
Tabla 7. Valoración de las consecuencias .....	27
Tabla 8. Valoración de las consecuencias en cuanto al daño en las personas .....	28
Tabla 9. Caudales medidos de los efluentes.....	33
Tabla 10. Costos de obras mejoras en sistema de efluentes. ....	37
Tabla 11. Riesgos y peligros asociados al puesto de trabajo.....	39
Tabla 12. Costos estimados para la intervención del riesgo .....	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I. Refinado de aceite crudo de pescado .....	3
Figura II. Producción de aceite de pescado por Hidrólisis enzimática.....	7
Figura III. Plano de planta con sistema de recepción, tratamiento y vuelco de efluentes.....	46
Figura IV. Gráfico de valores hallados de DQO .....	13
Figura V. Matriz de Análisis de Riesgo según RMPP.....	26
Figura VI. Diagrama del ecualizador.....	34
Figura VII. Diagrama de los canastos y los contenedores .....	36
Figura VIII. Plano de planta con de sistema de tratamiento de efluentes propuesto.....	48
Figura IX. Ficha relevamiento de Riesgo.....	39
Figura X. Matriz de Riesgo.....	41
Figura XI. Interceptores .....	50
Figura XII. Operario del sistema de tratamiento de efluentes.....	50



## TABLA DE SIGLAS

DQO: Demanda Química de oxígeno.

OSSE: Obras Sanitarias Sociedad de Estado Mar del Plata Batán.

POES: Procedimientos Operativos Estandarizados de Sanitización.

RCCELYRAT: “Reducción de la carga contaminante del efluente líquido y de los riesgos asociados para los trabajadores en su generación y tratamiento, en una planta de procesamiento de aceite de pescado”.

RMPP: Risk Management and Prevention Program (Programa de Gestión y Prevención de riesgos)

## RESUMEN

En el presente trabajo se abordan dos problemáticas existentes en un establecimiento ubicado en la ciudad de Mar del Plata dedicado al refinado de aceite marino: presencia de altos valores de la DQO en los efluentes volcados a la red cloacal municipal y la inexistencia de análisis de riesgos y aplicación de medidas para su control del puesto de trabajo de los operadores del sistema de efluentes.

En relación a la primer problemática relevada, durante los últimos dos años los valores medidos de DQO superaron en hasta un 1000% el límite máximo de 700 mg/l para la descarga a la red cloacal. Se propone para reducir dichos valores la inserción en el sistema de tratamiento de efluentes dos canastos para retener partículas de tamaños mayores a 10 mm y un ecualizador para amortiguar los picos de producción de efluentes con alta carga de materia orgánica, realizándose los cálculos de diseño pertinentes y la sugerencia de los lugares de inserción de los equipos necesarios.

El análisis de riesgos del puesto de trabajo de los operadores del sistema de efluentes reveló la siguiente información: riesgos de caída en altura, caída a nivel, inadecuado levantamiento de carga, probable intoxicación con gases de degradación de materia orgánica e infección con microorganismos patógenos. Dentro de las medidas planteadas para su reducción se incluyen la capacitación específica, instalación de barandas, rejas de contención y cañería de venteo, así como la utilización de elementos de protección personal.

Las propuestas desplegadas resultan de aplicación viable por su simpleza, bajo costo relativo, sencillez de operación y mantenimiento.

## PALABRAS CLAVES

Seguridad, higiene, tratamiento de efluentes, DQO, aceites marinos refinados, ecualizador, riesgo.

## ABSTRACT

This paper addresses two problems existing in an establishment located in the city of Mar del Plata dedicated to marine oil refining: presence of high DQO in the effluents in municipal sewage system and the absence of risk analysis and implementation of measures for its control of the work place of the operators of the effluent system.

In relation to the first relieved problem, during the last two years the measured values of DQO they overcame in up to 1000% maximum limit of 700 mg/l for the discharge to the sewage system. It is proposed to reduce said values insertion into the effluent treatment system two baskets to retain larger size particles greater than 10 mm and an equalizer to dampen production peaks effluent with high load of organic matter, carrying out the relevant design calculations and the suggestion of insertion positioning of the necessary equipment.

The risk analysis of the work place of the operators of the effluent system revealed the following information: Risks of fall in height fall at level, improper lifting of load, probable intoxication with organic matter degradation gases and infection with pathogenic microorganisms. Among the measures proposed for its reduction, include specific training, Installation of guardrails, containment grilles and vent pipe, as well as the use of personal protection elements.

The proposals presented so far are viable due to their simplicity, relative low cost, easy operation and maintenance.

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Descripción de la situación inicial

Las industrias refinadoras de aceite de pescado han logrado reducir el impacto ambiental que producían los desechos de los elaboradores de productos pesqueros, considerándolos ahora como un subproducto y agregándoles valor para su comercialización como un ingrediente de alto valor nutricional y biológico en la formulación de alimentos de consumo humano o animal.

Este trabajo se realiza a partir de la situación evidenciada en el vuelco de efluentes a la red cloacal de una industria refinadora de aceite de pescado del parque industrial. Los valores de DQO por la autoridad oficial (OSSE), se encuentran en la mayoría de las muestras realizadas, por encima de los límites admisibles, 700 mg/l. La consecuencia directa de esta problemática impacta en el medio ambiente y en la rentabilidad de la empresa por las sanciones económicas que debe afrontar.

Asimismo los trabajadores que realizan actividades sobre los procesos que emiten los efluentes con alta carga orgánica, se encuentran expuestos al propio riesgo laboral.

La ley 19587/72 de Higiene y Seguridad en el Trabajo en su Art. 6 establece que debe considerarse como primordial en las reglamentaciones sobre las condiciones de higiene de los ambientes de trabajo, las características de los diseños de las plantas y en particular en el inciso d), los efluentes industriales.

### 1.2 Descripción del problema

El límite máximo del DQO para la descarga a la red cloacal es de 700 mg/l. En promedio los valores medidos durante los últimos dos años superó esta cifra en un 1000 %.

El impacto al medio ambiente, las sanciones económicas aplicadas y los riesgos para los trabajadores han sido significativos.

Mejorar la calidad de efluente, no solo reduciría el impacto ambiental de la empresa y reduciría sus costos por el pago de contravenciones, sino que además elevaría su estándar como empresa sustentable y segura para sus trabajadores.

### 1.3 Objetivos

Los objetivos generales son:

## RCCELYRAT

- Proponer mejoras en el sistema de tratamiento de efluentes para reducir los valores de DQO.

- Identificar los riesgos asociados al manejo y generación de estos efluentes a los que se encuentran expuestos los trabajadores y proponer medidas para su reducción.

Los objetivos particulares son:

- Caracterizar la carga contaminante del efluente líquido. Releva el sistema de tratamiento de efluentes líquidos instalados y en operación.

- Proyectar las rectificaciones para la reducción de la carga contaminante del efluente.

- Releva los riesgos asociados a la generación y manipulación de los efluentes. Establecer las medidas preventivas. Proponer la protección para los trabajadores.

- Calcular la inversión necesaria para desarrollar el proyecto.

#### 1.4 Ordenamiento del informe

La primera parte del trabajo abordará la problemática del tratamiento de los efluentes y en la segunda el análisis de riesgos de los trabajadores.

#### 1.5 Evaluación del sistema de tratamiento de efluentes

El establecimiento desarrolla dos procesos para la obtención de aceite refinado de pescado. Desde sus inicios en el 2001, su actividad principal fue el refinado de aceite de pescado crudo proveniente de las harineras. Se produce en promedio unos 74.000 Kg/mes y como subproductos se obtiene jabón sólido derivado del proceso de neutralización que es vendido a empresas que lo utilizan como ingrediente en alimento para grandes animales.

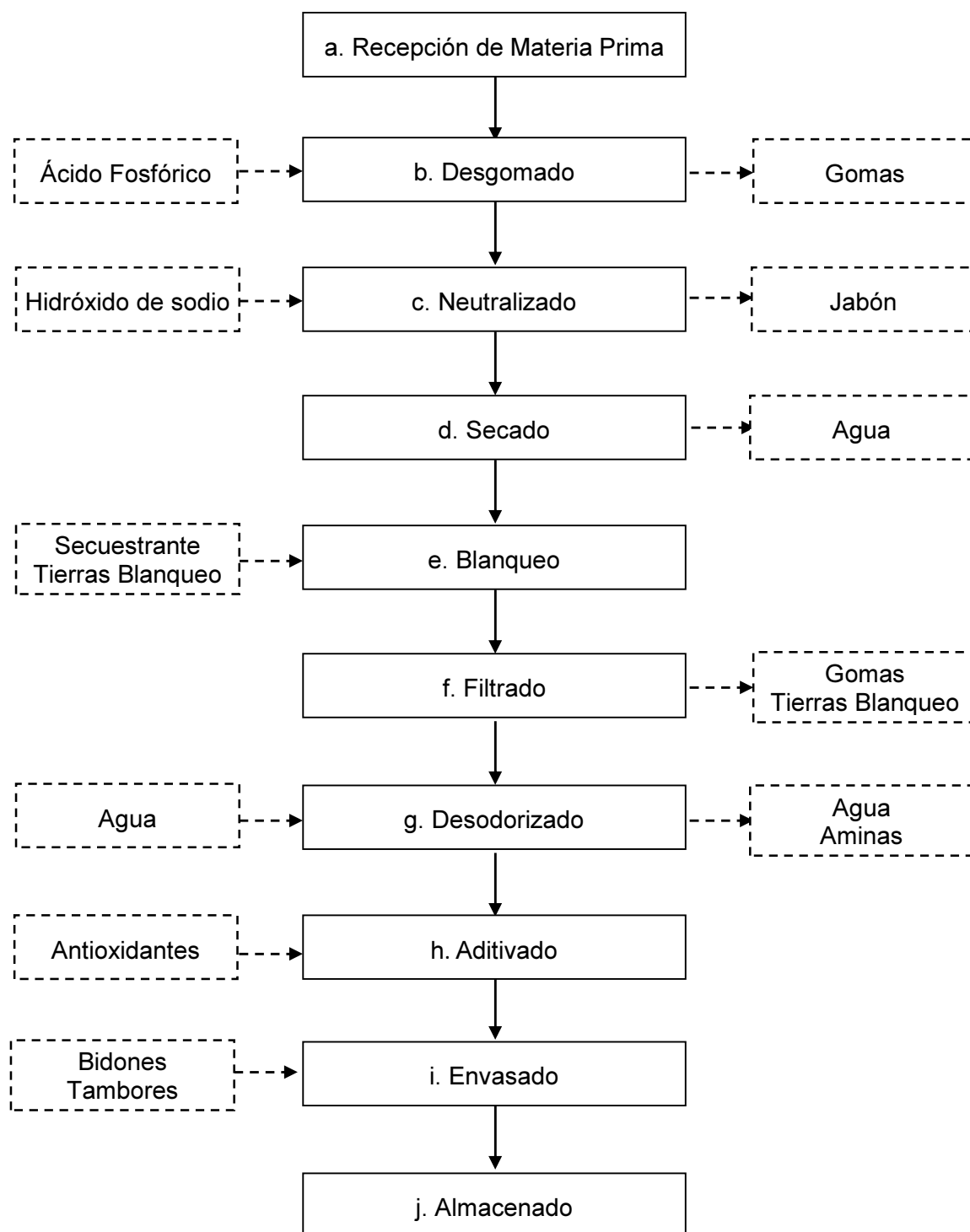
Desde hace unos cuatro años se introdujo un nuevo proceso para la obtención de aceite a partir de Hidrólisis Enzimática de hígados de pescado, principalmente de Raya, obteniendo como producto secundario un hidrolizado de proteínas también de gran valor comercial.

Para comprender la composición de los efluentes generados es necesario conocer los dos procesos desarrollados en el establecimiento.

##### 1.5.1 Diagrama de flujo: Refinado de aceite crudo de pescado

## RCCELYRAT

Figura I. Refinado de aceite crudo de pescado



Fuente: elaboración propia.

## 1.5.2 Descripción del Proceso: Refinado de aceite crudo de pescado

a) Recepción de materia prima: Se realiza en tanques plásticos de polietileno de alta densidad (PE-HD) llamados “Bins”, de 1.000 litros cada uno, conteniendo aceite crudo de pescado, 950

## RCCELYRAT

kg. aproximadamente. Llegan a la planta transportados en camión. Son descargados por un autoelevador en la parte lateral del establecimiento, y se ubican en el sector de depósito de materia prima. Luego se toma una muestra de cada uno de ellos, para realizar los análisis de acidez, peróxidos, humedad, impurezas, según Normas IRAM. Obtenidos sus parámetros, se clasifican y se trasvasan a alguno de los tres tanques de almacenamiento de 23 Tn cada uno, según su calidad.

b) Desgomado: Se procede a la carga del reactor de 4500 kg., por medio de una bomba y una cañería conectada al tanque de materia prima. Se agrega ácido fosfórico al 85 %, de calidad alimenticia, que actúa haciendo solubles en agua los fosfátidos que no lo son. Considerando que el aceite crudo contiene entre 0,01 y 0,03 %, se agrega una cantidad de ácido fosfórico calculada para que reaccione con los fosfátidos cuando se encuentran en la máxima concentración mencionada anteriormente.

c) Neutralizado: Luego se hace una neutralización o saponificación con una solución de soda cáustica, cuya cantidad depende del porcentaje de ácidos grasos libres presentes en la materia prima. La solución alcalina se prepara en un recipiente destinado para ese fin, utilizando agua blanda y agitando rápidamente mediante una recirculación con una bomba, para lograr su completa disolución. Se introduce al reactor por esa misma bomba con vigorosa agitación, para que pueda reaccionar con los ácidos grasos libres presentes en el seno del aceite.

Una vez neutralizado, se descartan los jabones mediante un separador centrífugo y el jabón formado se lo coloca dentro de bolsas de polietileno de alta densidad, las que una vez llenas se cierran. El jabón es enviado a otra empresa lo utiliza como alimento para grandes animales.

d) Secado: Cuando el encargado del proceso ha eliminado el jabón, se procede a secar el aceite por medio de vacío y alta temperatura. Aquí se comienza a hacer vacío con el aceite en reposo y se encienden las resistencias para calentarlo, mientras se va incrementando la velocidad de agitación desde cero. Una vez alcanzada la velocidad máxima, se considera que el aceite está seco cuando a través de la mirilla superior del reactor no se observan más burbujas de agua y en la mirilla inferior, el aceite se vuelve traslúcido.

e) Blanqueo: Cuando el aceite ya se encuentra seco, se procede al blanqueo, que consiste en retirar los restos de jabones. En un reactor secundario, se prepara el lodo utilizando cinco litros aproximadamente de aceite neutralizado y filtrado donde se disuelve una cantidad de secuestrante de jabones, agitando hasta que no quedan grumos visibles y se logre un lodo homogéneo. La cantidad es estimada de acuerdo al estado del aceite, calculada por el encargado del proceso. Este lodo se agrega por la parte superior del reactor principal,

## RCCELYRAT

dejándolo actuar por unos minutos con agitación fuerte. Luego se le agregan diez litros de aceite también neutralizado, blanqueado y filtrado junto con las tierras de blanqueo. Se deja actuar unos minutos sin modificar la velocidad de agitación. Los dos procesos se realizan manteniendo vacío en el reactor.

f) Filtrado: Se realiza con un filtro prensa, a una temperatura de 80 °C. El aceite se transfiere a un tanque pulmón o al desodorizador. Una vez retenidas las tierras en el filtro, éstas se encuentran casi totalmente desactivadas; y para neutralizarlas totalmente se las espolvorean con cal y luego son depositadas en bolsas en un contenedor.

g) Desodorizado: Consiste en una destilación con arrastre de vapor a alta temperatura y bajo vacío, logrando así eliminar los compuestos volátiles que le confieren el olor y sabor al aceite. Los compuestos odoríferos son condensados en una columna que opera a -40 °C. Una vez que la columna se encuentra completa, se invierte el circuito de refrigeración y se los cambia de estado (sólido a líquido) para ser depositados en bolsas en el contenedor. Para eliminar todo el agua remanente que haya quedado, se mantiene con vacío y a una temperatura constante hasta que se verifica en forma visual y experimental que se ha evaporado el agua presente en el aceite.

h) Aditivado: El aceite desodorizado es bombeado a los tanques de aditivación, en el cual se ha adiciona una cierta cantidad de antioxidante requerido por el cliente

i) Envasado: Se bombea el aceite aditivado al tanque de producto terminado. Se procede a cargar los envases, una vez llenos, se les agrega un gas inerte. Esto se realiza por medio de una pistola que se introduce por la tapa del bidón cubriendo el resto de la superficie con un papel para evitar que el aceite se derrame fuera del recipiente; el tiempo de aplicación es de 30-40 segundos arrastrando el oxígeno. Posteriormente se retira el papel y se tapa rápidamente quedando el aceite en una atmósfera inerte.

j) Almacenamiento: Los recipientes cargados son montados sobre un pallet de madera o de plástico, son zunchados para quedar sujetos, y se llevan por medio de una zorra hasta el sector de depósito de producto terminado, donde se procede a colocar un film en forma manual que los recubre por completo, colocándose un rótulo que contiene datos de la partida (fecha, n° de partida, n° de bidones, kilogramos netos), además del etiquetado correspondiente. .-

Los insumos utilizados en el proceso y que son parte también de los efluentes se describen en Tabla 1.



## RCCELYRAT

Tabla 1 - Materias Primas del proceso de refinado de aceite de pescado.

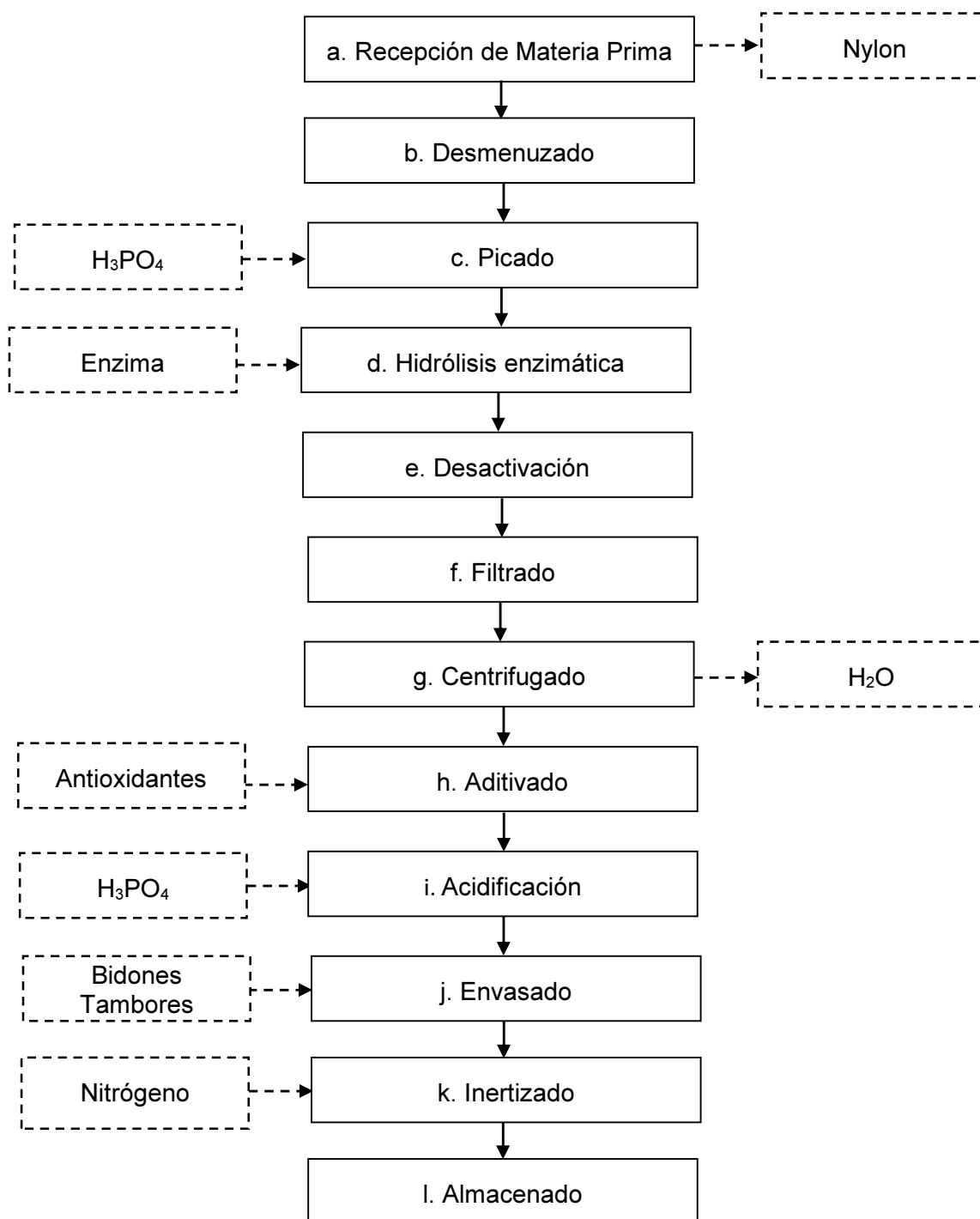
Aceite de Pescado crudo	92.500 Kg/mes
Tierra de blanqueo	370 Kg/mes
Agua potable	400.000 litros/mes
Ácido fosfórico	74 Kg/mes
Vitamina E	148 Kg/mes
Antioxidante	185 Kg/mes
Nitrógeno	74 m <sup>3</sup>
Soda cáustica	444 Kg/mes
Agua lavandina	148 litros/mes
Jabón líquido	148 Kg/mes
Detergente	148 Kg/mes
Toallas intercaladas	185 unidades/mes
Toallas en rollos	185 unidades/mes
Ácido cítrico	11 unidades/mes

Fuente: Proporcionada por la empresa.

## 1.5.3 Diagrama de flujo: Producción de aceite de pescado por Hidrólisis enzimática

## RCCELYRAT

Figura II. Producción de aceite de pescado por Hidrólisis enzimática



Fuente: Elaboración propia.

## 1.5.4. Descripción del Proceso: Producción de aceite de pescado por Hidrólisis enzimática

## RCCELYRAT

- a. Recepción de materia prima: Se recibe la materia prima y se verifican sus condiciones sanitarias. Luego de descargados los bloques de hígados congelados se acopian en un pallet plástico eliminando el nylon que los envuelve.
- b. Desmenuzado: Las pastillas acondicionadas ingresan a la desmenuzadora. Los bloques se separan en pequeños trozos para pasar a ser picados en la etapa siguiente
- c. Picado: En este paso los hígados desmenuzados ingresan a la picadora
- d. Hidrolisis enzimática: En el reactor se realiza la adición del picado, se calienta hasta los 55°C y se le incorpora una solución de hidróxido de sodio para llegar a pH 8.5 y se agrega la solución de enzima. El objetivo de esta etapa es lograr una hidrolisis eficiente que permita la mayor liberación de aceite en 45 minutos.
- e. Desactivación: Se aumenta la temperatura de la mezcla a 85°C con el objetivo de frenar la hidrolisis enzimática por desnaturalización de las enzimas.
- f. Filtrado: En esta etapa el producto, pasará a través de un filtro, previo a la centrifugación para evitar el pasaje de partículas de gran tamaño a la centrifuga, y asegurar su correcto funcionamiento
- g. Centrifugado: luego del filtrado, el producto pasará a través de una centrifuga, obteniendo de esta manera aceite crudo e hidrolizado.
- h. Aditivado: Los productos de la centrifugación son aditivados en esta etapa, para evitar la degradación con Butilhidroxianisol (BHA) para el aceite y el hidrolizado de los mismos.
- i. Acidificación: Se baja el pH a valores de 3,5 con el agregado de ácido fosfórico a fin de impedir el crecimiento microbiano.
- j. Envasado: Se envasa el aceite en bin o bag in box.
- k. Inertización: Se inyecta nitrógeno se realiza una vez que el bin y bag in box ya se encuentra cargado, con el objeto de eliminar el Oxígeno presente en el aceite e Hidrolizado y de esta forma asegurar una mayor vida útil del producto. Posteriormente se cierra el envase, logrando un cerrado hermético del mismo.
- l. Almacenado: Se envía a depósito sobre palletes con un fil protector sobre tapas de envases.

## 1.5.5. Planimetría

## RCCELYRAT

En la Figura III (ver anexo) se presenta el plano de planta actual, con el relevamiento total de todo el sistema de recepción, tratamiento y descarga del efluente.

#### 1.5.6. Caracterización del efluente

Se trata de un efluente principalmente compuesto por agua, lípidos y proteínas de origen marino, que pueden considerarse como compatibles ya que pueden ser degradados en forma conjunta. Acompañan también los detergentes y desinfectantes utilizados para la limpieza.

Las grasas y aceites presentes en este efluente, en forma significativa, causa problemas de obturación de cañerías, aspectos desagradables de superficies y disminución de la capacidad de reaireación del efluente.

Los sólidos están disueltos en el líquido efluente y suspendidos de manera particulada. La presencia de sólidos (especialmente los suspendidos) suelen causar también problemas de obturación de conductos cloacales o de depósitos sedimentarios en los cuerpos de agua receptores.

Tanto los sólidos disueltos, como los suspendidos constituyen la causa principal de que se alcancen los altos valores de DQO.

En los fondos de los tanques de sedimentación primaria, llamados aquí interceptores, se generan los lodos primarios que tienen densidades mayores que las del agua. La producción del lodo primario dependerá del caudal de agua residual de entrada, de la concentración de los sólidos y de la eficiencia del sistema de separación.

La situación presentada evidencia un sistema de tratamiento de efluentes subdimensionado o de funcionamiento ineficiente. Por lo tanto será necesario rediseñar el sistema de tratamiento de efluentes y redefinir sus componentes para los requerimientos actuales. Así también categorizar su contenido para verificar si el tratamiento es el adecuado.

Por otro lado las operaciones de limpieza derraman en el sistema detergentes tensioactivos que producen espuma y reduce la sedimentabilidad por su potencial de emulsificación lo cual redundará en la dificultad de remover carga contaminante, que de otro modo sería separable.

## RCCELYRAT

El sistema de tratamiento del efluente original fue calculado para que los parámetros de vuelco físicos, químicos y biológicos se ajusten a los límites permisibles establecidos por la Reglamentación de la Ley Provincial 5965, de aplicación en el Partido de General Pueyrredón.

La obtención de las tomas de muestra, con contra muestra lacrada para verificación y posterior análisis, son realizadas periódicamente tanto por la Dirección de Desagües Industriales de la Provincia de Buenos Aires (Autoridad del Agua) en su carácter de Ente Fiscalizador del control de la contaminación de los cursos de agua, como por Obras Sanitarias de Mar del Plata Sociedad de Estado que posee poder de policía para la inspección y control de la calidad del vuelco a la colectora, y por la propia firma en forma privada.

#### 1.5.7 Características generales del sistema de tratamiento de efluentes líquidos

**Efluentes cloacales:** La totalidad de los efluentes cloacales provenientes de los vestuarios, baños y comedor, son colectados por los distintos desagües, los que convergen a una cámara de inspección reglamentaria, desde donde sale un conducto de evacuación final de 4", conectado directamente a la colectora cloacal pública.

**Líquidos pluviales:** El agua de lluvia que escurre naturalmente por las pendientes de los techos, es conducida al nivel de piso por medio de canaletas de chapa galvanizada, descargando por escurrimiento hacia los terrenos absorbentes del predio.

**Desagües industriales:** En planta se dispone de canaletas impermeables dotadas de rejillas de hierro, que reciben los líquidos escurridos por las pendientes de los pisos y los conducen hacia diferentes cámaras de inspección previas a las plantas de tratamiento primario, interceptoras de sólidos, decantadoras de precipitables y a la vez separadoras de grasas.

Los decantadores interceptores están contruidos en estructuras de hormigón armado y están compuestos de dos curvas colocadas en la entrada y en la salida de éstos, sumergidos a 0,20 metros en el agua, con el objeto de evitar la turbulencia de la materia decantada.

La capacidad total del Decantador Interceptor N° 1 es de 16.920 litros de volumen efectivo, en tanto que el del Interceptor N° 2 es de 15.552 litros.

## RCCELYRAT

Posterior a cada tratamiento se encuentra la correspondiente Cámara de Toma de Muestras, dos aforadores y una cámara de corrección de nivel, donde una bomba absorbe los líquidos y los eleva a nivel de la descarga en la red cloacal.. También tienen sus paredes construidas en estructura de hormigón armado, terminado alisado y su piso de idénticas características constructivas.

La limpieza y vaciamiento de las unidades de tratamiento se realizan por medio de camiones atmosféricos habilitados, con una periodicidad que se determina en función de los volúmenes producidos.

### 1.5.8 Tratamiento de los Desagües Industriales

Los efluentes que provienen del sector de Neutralizado, son conducidos al Decantador Interceptor N° 1 para su tratamiento. Este interceptor tiene por objetivo, separar las grasas y precipitar la mayor parte de los sólidos, además de reducir su temperatura.

Por otro lado, el agua de los procesos de Blanqueo y Desodorización conjuntamente con el agua del lavadero de filtros, es conducida al Interceptor N° 2 para su tratamiento, con el mismo objetivo.

En la proyección del sistema de efluentes, utilizando análisis oportunamente realizados y los caudales teóricos previstos, se calcularon las unidades de tratamiento primario, teniendo en cuenta que el destino final del efluente es la colectora cloacal pública, estableciendo la construcción de una cámara para la retención de sedimentables y grasas flotantes, cuyas medidas internas son para el Interceptor N°1 de 2 metros de ancho, por 5 metros de largo y una profundidad de 1,8 m, subdivido en tres cámaras; y para el Interceptor N°2 2,40 metros de ancho, por 3,90 metros de largo y 1,8 metros de profundidad, subdivida en también en tres cámaras.

El interceptor N° 2 descarga el efluente al interceptor N°1. El efluente del Interceptor N°1 descarga sus efluentes tratado a la Cámara de Toma de Muestras, dos aforadores y una cámara de corrección de nivel, donde una bomba absorbe los líquidos y los eleva a nivel de la descarga en la red cloacal.

Durante el diseño original del sistema se estimó un caudal total evacuado de 6,2 m<sup>3</sup> diarios como máximo (Qh máx) y caudal diario de 9.800 l/d. Con estos datos se calculó el Volumen de decantación (V) de 32.472 litros y la Permanencia mínima (P),  $P = V / Qh \text{ máx}$ , que se determinó en 7hs 33'.

## RCCELYRAT

La empresa vigila el rendimiento previsto para la precipitación de sólidos, separación de grasas y degradación biológica necesarios, por lo que verifica el mantenimiento rutinario del funcionamiento de los equipos depuradores y realiza el vaciamiento periódico de los barros decantados y la limpieza de la totalidad de las instalaciones correspondientes a las cámaras.

## 1.5.9 Análisis de datos

La empresa se encuentra en una situación de operación en donde el vuelco de efluentes tratados a la red cloacal, luego de su tratamiento, supera ampliamente los valores de DQO permitidos por la legislación. Los valores hallados por la autoridad competente (OSSE), ya que la empresa no realiza sus propias determinaciones, se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Valores hallados de DQO

<b>Fecha Muestra</b>	<b>D.Q.O (mg/l)</b>
26/10/16	96
28/09/16	3060
01/08/16	1908
30/06/16	8100
23/05/16	1612
30/03/16	14010
27/01/16	6518
26/11/15	15020
28/09/15	3616
03/08/15	7725
29/06/15	600
04/06/15	2638
28/04/15	17180
08/04/15	12600
21/01/15	9585
06/01/15	4305
02/12/14	4380
30/10/14	55
02/10/14	11620
29/08/14	2820
01/08/14	1209
27/06/14	4050
02/06/14	4689
29/04/14	3540
31/03/14	15210

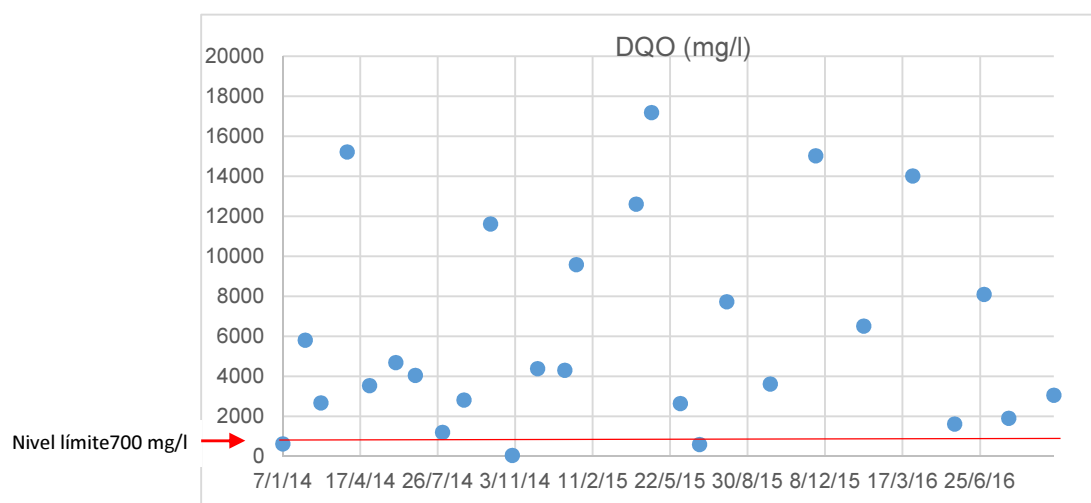
## RCCELYRAT

25/02/14	2672
05/02/14	5816
07/01/14	624

Fuente: Proporcionada por la empresa.

Si se representan gráficamente los valores hallados se evidencia claramente la importante desviación respecto del valor límite. Figura IV.

Figura IV. Gráfico de valores hallados de DQO



Fuente: Elaboración propia.

Estas circunstancias le proporcionan una pérdida monetaria significativa por las multas impuestas por el organismo de control, que aplica sobre la tarifa de la utilización del servicio un incremento porcentual según los valores de DQO alcanzados. Tabla 3.

Tabla 3. Incremento tarifario según DQO

DQO mg/l	% de incremento
700 - 1000	30
1001-2000	60
2001-5000	100
5001-10000	140
> 10000	180

Fuente: Proporcionada por la empresa.



## RCCELYRAT

Es así que en los últimos tres años las multas han sido un gasto relevante para a empresa. Tabla 4.

Tabla 4. Registro de multas aplicadas a la empresa por vuelcos de efluentes con DQO excesivo.

Año	% Incremento	Multa (\$)
2016	41,3	73361
2015	43,2	68770
2014	34,8	31300

Fuente: Proporcionada por la empresa

Por lo tanto la intervención en el sistema de tratamiento de efluentes es inaplazable no solo por las pérdidas económicas por la generación multas, sino también por el manejo de un efluente con menor nivel de DQO que presenta en sí mismo un menor riesgo para los trabajadores.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Marco Regulatorio

Como se ha mencionado antes, el Art. 6 de La ley 19587/72 de Higiene y Seguridad en el Trabajo en su Art. 6 establece que debe considerarse como primordial dentro del diseño de las plantas industriales el manejo de los efluentes industriales para asegurar las condiciones de higiene de los ambientes de trabajo.

Su decreto reglamentario, 351/79 en su capítulo 7, art. 59, especifica que los establecimientos darán cumplimiento a una serie de operaciones y diseño para asegurar el tratamiento adecuado de los efluentes generados. En su inciso 5 declara que las plantas de tratamiento deben cumplir con la legislación vigente, de manera que no se conviertan en un riesgo para la salud de los trabajadores y en un factor de contaminación ambiental. Puntualmente en el inciso 6 agrega que si el establecimiento cuenta con su planta de tratamiento, deberán mantenerse en condiciones de higiene, tomando medidas adecuadas para la protección de los trabajadores que realicen esas tareas.

Por otro lado el Decreto 351/79 aborda en general para los trabajadores, incluidos los que realizan operaciones en los sectores de tratamientos de efluentes, las condiciones en las que deben llevarse a cabo las tareas. Es así que el art. 61 y su anexo III establece las condiciones si el trabajador está expuesto a ambientes contaminados; los artículos 191, 195, 197 y 198 dispone las características de la ropa, lentes de protección, zapatos y guantes para el trabajo; el art. 208 presenta la obligatoriedad de capacitar al personal en materia de seguridad e higiene y el art. 213 exige la entrega por escrito al trabajador las medidas preventivas a fin de evitar accidentes y enfermedades laborales. Todos estos aspectos de relevancia para los trabajadores que realizan sus actividades en la inspección y operación del sistema de tratamientos de efluentes de esta empresa.

En este capítulo se presenta a continuación en forma diferenciada el marco teórico de los dos ejes tratados en este trabajo, el abordaje a una de las problemáticas halladas en el sistema de efluentes de un establecimiento de la ciudad y por otra parte el análisis de riesgos de los trabajadores que operan ese sistema de tratamiento de efluentes.

### 2.2 Tratamiento de efluentes

#### 2.2.1 Características de los efluentes

## RCCELYRAT

El conocimiento de la naturaleza del efluente líquido es fundamental para el diseño y a la operación del sistema de tratamiento, y su rediseño es necesario la mayoría de las veces, por el cambio en sus características iniciales y/o sus caudales.

Dentro de sus parámetros físicos, tres son destacables. El color y olor particularmente en este tipo de efluentes son muy desarrollados, básicamente por la gran cantidad de materia orgánica en proceso de descomposición que llega a ellos. Los tratamientos eficientes reducen de manera significativa su impacto. El tercer parámetro es la temperatura en la que llega el efluente al sector de tratamiento, generalmente por provenir de procesos donde se utiliza agua caliente o vapor.

De acuerdo al intervalo de temperatura del efluente, se favorece o desfavorece el crecimiento microbiano, la fluidez de las grasas, la desnaturalización de las proteínas, etc.

La composición química del efluente determina de manera significativa su tratamiento. En particular los efluentes provenientes de industrias alimenticias se caracterizan por su alta carga en carbohidratos, grasas y proteínas. Particularmente las industrias refinadoras de aceites generan efluentes ricos en grasas y por el tipo de proceso, esta en particular, también con alta carga en proteínas. También acompañan restos de tensioactivos utilizados en la limpieza.

Para el tratamiento de los efluentes es primordial conocer también, si llegan contaminantes químicos, como pueden ser metales pesados, hidrocarburos, solventes; contaminantes que se generen in situ como metano, sulfuro de hidrógeno, o contaminantes biológicos como bacterias patógenas, virus y/o parásitos.

La presencia de sólidos, especialmente los suspendidos, pueden causar problemas de obturación de conductos cloacales o de depósitos sedimentarios en los cuerpos de agua receptores.

En esta clase de efluentes los sólidos más representativos son las partículas grasas, partículas de tejido de pescado provenientes de la hidrólisis enzimática, partículas de harina de pescado provenientes del tratamiento de aceite crudo y tierra o polvo de los sectores aledaños a la planta.

La medición de DQO permite determinar en forma indirecta la cantidad de materia orgánica en el efluente. Este método oxida enérgicamente la materia orgánica, produciéndose un cambio de color en la muestra que es correlacionada con la carga contaminante oxidada.

### 2.2.2 Sistemas para el tratamiento de efluentes

## RCCELYRAT

En general en las industrias con alta carga de materia orgánica en sus efluentes, adoptan un sistema de tratamiento que considera un pre tratamiento (rejas, canastos y tamices), un tratamiento primario (físico o físico-químico) y un tratamiento secundario (biológico).

#### 2.2.2.1 Rejas, canastos y tamices

Remover los sólidos previamente al tratamiento primario nos permitirá por un lado retener las partículas grandes que sedimentarán se mantendrán en suspensión o flotarán, permitiendo que los procesos siguientes funcionen de manera más efectiva y evitando taponamientos; y por otro lado el retiro de estas partículas reducirá la carga de DBO.

Un tamiz rotatorio alimentado externamente por su característica autolimpiante, su flexibilidad en el manejo de caudales, diámetros de mallas y su efectividad dados su doble paso del efluente incluso para efluentes grasos como este, probablemente sea el equipo adecuado para esta operación.

Existen otros equipos como tamices de disco, tamices de barras, tamices de metal perforado, etc., pero que no son usados habitualmente en este tipo de industrias en nuestro país.

Pero es estas industrias en general, se encuentra instalados sistemas de rejas, con un diámetro de retención primero para partículas gruesas entre 50 y 100 mm, y un sistema de canastos con malla metálica para partículas finas entre 12 y 20 mm. Estos sistemas se limpian periódicamente y en forma manual o se pueden instalar los llamados rastrillos eléctricos que remueven el material acumulado.

Para seleccionar sus parámetros deberá realizarse previamente un análisis de diámetro de partícula y caudales de efluentes para seleccionar la malla adecuada de acuerdo a los requerimientos fijados.

#### 2.2.2.2 Trampa de grasas

Dada la importante presencia de aceite y de grasas proveniente de las operaciones, se suelen conformar piletas que permiten retirar las grasas sobrenadantes, que son retenidas por un baffle.

## RCCELYRAT

Un baffle es un tabique colocado convenientemente en un equipo de tratamiento de efluentes para retener en este caso las grasas y evitar que pasen al siguiente equipo de tratamiento. En otro tipo de equipos los baffles se colocan para dificultar el paso del flujo del efluente y mantener su mezcla más homogénea.

Esta etapa puede aumentar su eficiencia con la inyección de aire para lograr una mejor y más rápida flotación de las grasas. Para ello se instala una tobera de sección variable, bomba centrífuga y compresor.

En algunas industrias puede verse que las trampas de grasas se encuentran acopladas a los sedimentadores como un equipo que realiza ambas etapas al mismo tiempo.

### 2.2.2.3 Ecuación

En plantas donde se producen variaciones de caudal o concentración significativa, se diseña un estanque para compensar todos los efluentes industriales y enviar un caudal de agua constante a las unidades siguientes. Si se va a aplicar un tratamiento biológico posteriormente se puede instalar aireadores para mantener condiciones aerobias.

Hay dos métodos de ecuación, ecuación lateral a la línea de flujo o en línea. Ambos son efectivos para amortiguar perturbaciones de caudal, pero la ecuación en línea es también efectiva para compensar las fluctuaciones en concentración, pues toda el agua entrante es mezclada con todo el contenido del tanque.

También son efectos positivos de la ecuación la amortiguación de los picos de carga que podrían sobrecargar o ser tóxicos para un sistema biológico, el ajuste de pH si es necesario y suele haber menor cantidad de arranques y paradas de bombas que son comandadas por controladores de nivel.

La localización de los ecuadores es importante. Generalmente es la primera operación, aunque si hay altos contenidos de sólidos o solventes, conviene removerlos antes de ecuación.

Si no se los remueve, pueden demandar un gran gasto de energía para el mezclado. Si son sólidos inertes, pueden acumularse en los tanques o causar desgaste en el equipo.

El volumen del ecuador se obtiene considerando el total de efluente que se producirá en un día. A partir de los datos experimentales, se calcula un volumen acumulado

## RCCELYRAT

diario y se considerará además un porcentaje de amortiguación, o factor de seguridad para tener en cuenta los posibles picos de caudal que puedan producirse.

En general el porcentaje de acumulación más utilizado es un 20%. Luego se calculan las dimensiones del ecualizador, profundidad, largo, ancho y nivel del agua.

Durante el cálculo deben considerarse previamente el lugar donde será emplazado, teniendo en cuenta su disposición espacial, el suelo donde será construido, el acceso para su mantenimiento y operación y la conexión con el resto del sistema de efluentes.

Cuando el ecualizador se encuentre en operación y el efluente permanezca en él al menos 24 horas, se producirá naturalmente precipitación de una porción de los sólidos en suspensión. Por lo tanto es importante prever de qué manera serán removidos, al menos periódicamente para asegurar el correcto funcionamiento del ecualizador.

Se pueden diseñar fondos con tornillos para la extracción de sólidos precipitados o simplemente fondos en forma de "V" con una leve pendiente en sentido del flujo para lograr una mayor acumulación en un sector y sea más fácil remover con una bomba, por ejemplo de los camiones recolectores de efluentes líquidos.

Para la construcción del ecualizador, puede usarse cualquier material compatible con el efluente, en general son de concreto, de plástico reforzado con fibra de vidrio o simplemente excavaciones en tierra.

De acuerdo a la geometría del tanque, la colocación de baffles puede ser necesaria. En los tanques cuadrados, que tienen mayor volumen por área de superficie, sin los baffles suelen aparecer zonas muertas en las esquinas. Los tanques redondos casi siempre necesitan de los baffles para evitar que el líquido se mueva en bloque sin mezclarse.

#### 2.2.2.4 Ajuste de pH

Puede ser necesario el ajuste de pH para optimizar las condiciones del tratamiento de efluentes, como por ejemplo asegurar la actividad biológica, neutralizar el efluente, cumplir con los parámetros legales de vuelco, lograr la precipitación oxidación o reducción de compuestos químico, etc.

## RCCELYRAT

Entre las sustancias alcalinas que pueden utilizarse para el ajuste de pH se encuentran  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $\text{Mg(OH)}_2$ ,  $\text{Na(OH)}$ . Entre las sustancias ácidas se encuentran  $(\text{SO}_4\text{H}_2)$ ,  $\text{HCl}$ , y  $\text{CO}_2$  como gas.

A fin de regular el pH a un efluente industrial se debe desarrollar una curva de neutralización o titulación que muestra su cambio frente al agregado de agente neutralizante.

Para lograr un control exitoso del pH es importante asegurar la ecualización de la corriente de efluente; proveer un tiempo de residencia suficientemente largo y con condiciones de agitación adecuadas y contar con sistema de control ajustado para tiempos de respuesta adecuados.

#### 2.2.2.5 Coagulación, floculación

La remoción de sólidos implica generalmente una secuencia apropiada de los dos procesos, cuando resultan necesarios.

La coagulación es el agrupamiento de varias partículas muy pequeñas 1 a 2 micrones en partículas algo mayores (flóculos), causado por el agregado de coagulantes. Estas sustancias neutralizan las cargas eléctricas de las partículas muy finas, posibilitando su acercamiento y adherencia.

El concepto de coágulo es físico-químico y se refiere a las partículas desestabilizadas respecto de su solubilidad o suspensión coloidal. Los coloides son considerados como tales cuando los tamaños de partícula de la suspensión estable varían entre 1 nm y 1 micrón (Wakefield, JH; 2015).

La floculación es el agrupamiento, seguido a la coagulación, en partículas de mayor tamaño, causado por una agitación muy suave.

EL orden de magnitud de los flóculos (agrupaciones de partículas desestabilizadas) varía desde poco más de un micrón hasta varios milímetros, tamaño este que puede alcanzarse a medida que los flóculos coalescen entre sí y se agrupan en otros de mayor tamaño. Son generalmente de formas y tamaños irregulares, y presentan una distribución de tamaños (Jarvis, P; 2005).

La coagulación y floculación se realizan en tanques con agitación. En la primera etapa con agitación intensa se agrega el coagulante para que se disperse homogéneamente

## RCCELYRAT

en el tanque y se produzca un gran número de colisiones entre partículas. Luego de que a simple vista se vea la formación de los primeros flóculos, se disminuye la velocidad de agitación para no romperlos.

Los coagulantes más usados son el Sulfato de aluminio, Cloruro férrico,  $(\text{CaOH})_2$  para y también están disponibles coagulantes orgánicos o poliméricos que pueden ser policatiónicos ó polianiónicos.

#### 2.2.2.6 Sedimentación

De acuerdo al comportamiento de sólidos, se pueden clasificar en tres tipos: discreta, floculenta o por zonas.

En la sedimentación discreta, las partículas mantienen su independencia, no interactúan y sedimentan sin cambiar de tamaño, forma o densidad. Suele observarse en suspensiones de arena, cenizas y carbón. En éste caso, sabiendo el diámetro de partículas y su densidad se pueden llevar a cabo el cálculo para el dimensionamiento de los sedimentadores en función de las partículas de menor velocidad, teniendo en cuenta las perturbaciones de flujo en la entrada y la salida, y un fondo para la recolección de lodos.

La sedimentación floculenta ocurre cuando hay interacción entre los sólidos sedimentados de manera tal que la velocidad de sedimentación se incrementa a medida que las partículas ingresan al tanque debido a la coalescencia con otras, y por lo tanto incrementan su tamaño, por lo que al incrementar su velocidad la trayectoria resulta curvilínea. Es conveniente para el diseño, realizar experiencias de escala piloto.

En la sedimentación por zonas las partículas se adhieren entre sí y sedimentan simultáneamente, formando una interface distinguible entre el sobrenadante y los sólidos, la mayoría de las veces. La estimación del diseño se hace en función de la velocidad de descenso de la interface, siempre con factores de seguridad aplicados.

#### 2.2.2.7 Filtración

La filtración tiene por propósito la remoción de partículas sólidas. Hay varios tipos de elementos de filtración. Entre los más simples conceptualmente se cuentan los filtros por gravedad, que en el tratamiento de efluentes suele utilizarse para la remoción de flocos residuales en efluentes sedimentados de tratamientos secundarios o luego del tratamiento con coagulantes y la sedimentación.



## RCCELYRAT

En la industria alimentaria, en algunos casos se puede encontrar la filtración por membrana que separa sólidos del líquido con un elemento filtrante que es una membrana que permite al agua pasar a través de ella, mientras que los sólidos retenidos son arrastrados por la corriente retenida del lado de la alimentación. Una diferencia muy importante con respecto a la filtración por gravedad es que el agua es circulada del lado de alta presión a muy alta velocidad para prevenir la formación de una "torta" de sólidos que reducirían la capacidad filtrante. Se los cataloga en función del peso molecular de corte, es así que encontramos las membranas para osmosis inversa, nanofiltración, ultrafiltración y microfiltración.

#### 2.2.2.8 Tratamiento biológico

Consiste en la oxidación biológica de los sólidos suspendidos remanentes y de los sólidos orgánicos disueltos proveniente del tratamiento primario. Como primera clasificación podemos mencionar los tratamientos anaerobios y los tratamientos aerobios.

La elección del sistema de tratamiento biológico, dependerá de un gran número de factores, principalmente podemos mencionar: requerimientos del efluente (carga orgánica a degradar, oxígeno disuelto, pH, etc.), tiempo de duración del tratamiento, sistema de tratamiento primario utilizado, la disponibilidad del terreno, regulaciones ambientales locales (cuanta carga orgánica puede volcarse a la red cloacal) y la viabilidad económica de una planta de proceso.

##### 2.2.2.8.1 Tratamiento anaeróbico

En general solo reducen la carga orgánica soluble solo un 10%, que suele ser insuficiente, por lo tanto se vuelve solo un pre tratamiento.

Los reactores anaeróbicos trabajan eficientemente a temperaturas de 37° C, por lo tanto en zonas frías es necesario calefaccionarlos y suele ser muy costoso.

##### 2.2.2.8.2 Tratamiento aeróbico

Existen dos sistemas bien difundidos de tratamientos de este tipo, las lagunas aeróbicas y los sistemas de lodos activados.

El uso de lagunas aeróbicas requiere la utilización de grandes extensiones de terrenos, altos costos por la necesidad de pavimentar el fondo y costos significativos para el control del crecimiento de vegetación y de insectos.

## RCCELYRAT

Por otro lado los sistemas de lodos activados lleva muchas décadas de aplicación con muy buenos resultados. Al añadir los lodos activados al efluente los microorganismos se alimentan de las partículas suspendidas y las disueltas en el agua, estabilizando la carga por oxidación.

El consumo de la carga contaminante de los microorganismos que la utilizan para alimentarse y reproducirse produce un efluente parcialmente purificado.

La actividad de los microorganismos produce sustancias aglutinantes en el exterior de las células y su aglomeración que junto con partículas sólidas producen flóculos que sedimentan como un lodo que puede ser removido con un sedimentador clarificador.

Si bien las grasas deben ser retenidas antes del tratamiento biológico ya que puede afectar la efectividad del tratamiento ya que su degradación biológica es muy lenta, aunque algo de las grasas emulsionadas pueden ser degradadas a baja velocidad.

Es indispensable el monitoreo permanente del pH de la efluente y la concentración del oxígeno disuelto para asegurar la efectividad del proceso y el operador pueda amortiguar los picos de carga, o actuar en caso de ingresos de cargas tóxicas y si fuera necesario agregar nutrientes. La remoción o retornos de lodos es su herramienta principal de control.

El sistema consiste en un reactor donde el efluente toma contacto con los lodos activados y es aireado permanentemente. Los flóculos son retenidos en un sedimentador secundario. De este se obtienen el efluente clarificado y los lodos que son recirculados al reactor nuevamente o son descargados de acuerdo a las necesidades del sistema.

#### 2.2.2.9 Desinfección del agua

El efluente clarificado que sea descargado a una laguna o arroyo natural, debe ser desinfectado para asegurar la eliminación de los microorganismos patógenos que no fueron retenidos por los tratamientos como la floculación. Para la descarga en red cloacal no es necesaria su desinfección.

La técnica más conocida y desarrollada que es la cloración con hipoclorito de sodio. También existen tratamientos por ozono, o tratamientos por radiación U.V.

#### 2.2.2.10 Tratamiento de los sólidos

## RCCELYRAT

Tanto a los sólidos removidos del fondo de los sedimentadores llamados lodos primarios como para los lodos originados en los tratamientos biológicos denominados lodos secundarios es necesario tratarlos para su disposición final.

En general una de las operaciones más comunes es el “espesamiento”, cuyo objetivo es reducir su volumen por la eliminación de agua. El espesamiento por gravedad funciona por el mismo principio que el de sedimentación con la particularidad de que frente a concentraciones altas de sólidos, los sedimentados en el fondo son compactados adicionalmente por efecto de la masa de sólidos ubicados por encima.

Existen otros sistemas de espesamiento como son los de flotación por aire disuelto, por centrifugación o los filtros de banda.

Antes de su disposición en algunos casos se realiza su estabilización química a fin de disminuir la carga microbiana con la aplicación de óxido de calcio o cloro gaseoso.

En algunas plantas, sin embargo los lodos son retirados directamente sin tratamiento alguno y son transportados a plantas de tratamiento municipales.

Cada industria diseña y rediseña su planta de tratamiento de acuerdo al perfil de sus efluentes, el cual no solo determina su tamaño sino también cuales y cuantos componentes son necesarios para volcar a la red cloacal o al medio ambiente un residuo que cumpla, al menos, con los parámetros legales.

### 2.3 Análisis de Riesgos de los trabajadores del sistema de tratamiento de efluentes.

#### 2.3.1 Evaluación de Riesgos

La evaluación de los riesgos en el trabajo es el punto de partida de la acción preventiva, ya que a partir de la información obtenida con la valoración podrán adoptarse las decisiones precisas sobre la necesidad o no de realizar acciones preventivas.

Se entiende por Riesgo en este contexto como la probabilidad de que un determinado Peligro ocurra. Y se define como Peligro a todo aquello que puede producir un daño o deterioro a la calidad de vida individual o colectiva de las personas.

La evaluación de riesgos facilita la aplicación de medidas para garantizar la seguridad y la protección de la salud de los trabajadores. Entre ellas se destacan la prevención de los

## RCCELYRAT

riesgos laborales, la información a los trabajadores, la formación de los trabajadores y la organización y medios para poner en práctica las medidas necesarias.

Con la evaluación de riesgos se logra:

- Identificar los peligros existentes en el ámbito de trabajo u evaluar los riesgos asociados a fin de determina las medidas a tomar para proteger la salud y seguridad de los trabajadores.
- Realizar una elección adecuada sobre los equipos de trabajos, la elección de sustancias potencialmente peligrosas, el acondicionamiento del sector de trabajo y su organización.
- Evaluar si las medidas existentes son adecuadas.
- Disponer de un orden de prioridades en el caso de que sea preciso adoptar nuevas medidas luego de una evaluación.
- Documentar y divulgar a la administración y a los trabajadores la evaluación de la totalidad de los factores de riesgo, su valoración y las medidas preventivas adoptadas.

La Evaluación del Riesgo comprende dos fases:

- El análisis de riesgo, que incluye las fases de identificación de peligros y la estimación de los riesgos.
- La valoración del riesgo, que permitirá estimar si estos son tolerables.

### 2.3.2 Análisis de Riesgos

El análisis de riesgos consiste en la identificación de peligros asociado a cada etapa del trabajo y la posterior estimación de los riesgos, teniendo en cuenta la probabilidad y las consecuencias (C) en el caso de que el riesgo se materialice. Es así entonces que la estimación del nivel riesgo (ER) vendrá determinado por el producto de la frecuencia (F) o la probabilidad (P) de que un determinado riesgo produzca un cierto daño, por la severidad de las consecuencias que puede producir ese riesgo.

$$ER= F \times C \quad \text{ó} \quad ER= P \times C \quad (\text{Ec. 1})$$

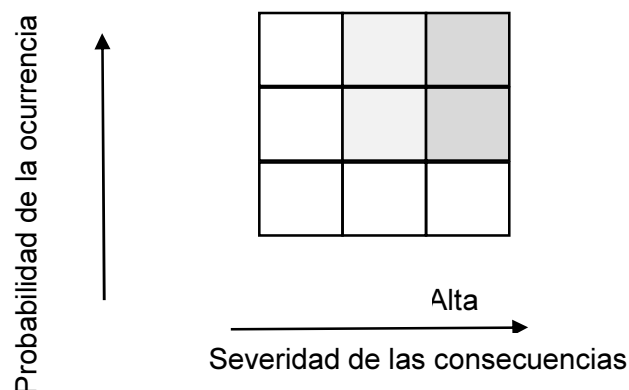
El método cualitativo más utilizado por su simplicidad para estimar el riesgo es el RMPP que consiste en construir la "matriz de análisis de riesgos" a partir de los valores asignados para la probabilidad y las consecuencias de acuerdo con los siguientes criterios (Tabla 5):

Tabla 5. Valoración cualitativa de la probabilidad y las consecuencias para estimación del riesgo.

Probabilidad de que ocurra el daño		Severidad de las consecuencias
<b>Alta</b>	Siempre o casi siempre	<b>Alta</b> Extremadamente dañino (amputaciones, intoxicaciones, lesiones muy graves, enfermedades crónicas graves, etc.)
<b>Media</b>	Algunas veces	<b>Media</b> Dañino (quemaduras, fracturas leves, sordera, dermatitis, etc.)
<b>Baja</b>	Raras veces	<b>Baja</b> Ligeramente dañino (cortes, molestias, irritaciones de conjuntivas, etc.)

Fuente: Bellovi, Manuel;1999.

Figura V. Matriz de Análisis de Riesgo según RMPP.



Fuente: Bellovi, Manuel;1999.

Las zonas sombreadas pueden establecerse como aquellas situaciones de riesgo en donde deben tomarse medidas de prevención.

Puede ampliarse los niveles tanto de las probabilidades de ocurrencia como de la severidad de las consecuencias a fin de obtener un análisis más detallado, pero a la vez más complejo.

### 2.3.3 Valoración del riesgo

La valoración de riesgos podrá realizarse luego del análisis de riesgo realizado, y de acuerdo a su magnitud podrá analizarse si es tolerable o por el contrario deberán adoptarse acciones encaminadas a su eliminación o reducción. Es claro que para disminuir el valor de

## RCCELYRAT

ER, se debe actuar disminuyendo F, disminuyendo C, o disminuyendo ambos factores simultáneamente.

Para disminuir el valor de la frecuencia de un suceso en un determinado intervalo de tiempo y que puede originar daños, se debe actuar evitando que se produzca el suceso o disminuyendo el número de veces que se produce, es decir haciendo prevención, mientras que para disminuir el daño o las consecuencias se debe actuar adoptando medidas de protección.

En este trabajo, para valorar la probabilidad o frecuencia de la ocurrencia se utiliza la Tabla 6.

Tabla 6. Valoración de la frecuencia de la tasa de ocurrencia.

Valor	Nivel	Tasa de ocurrencia
1	Improbable	Menos de un caso en 200 años
2	Remoto	1 caso entre 100 y 200 años
3	Esporádico	1 caso entre 50 y 100 años
4	Ocasional	1 caso entre 20 y 50 años
5	Moderado	1 caso entre 5 y 20 años
6	Frecuente	1 caso entre 1 y 5 años
7	Habitual	Entre 1 a 12 casos al año
8	Constante	Más de 12 casos al año

Fuente: Valotto, Guillermo; 2015.

Para valorar la afectación de las consecuencias se utiliza tablas como la presentada a continuación (Tabla 7).

Tabla 7. Valoración de las consecuencias.

Valor	Nivel	Afectación/Daños
1	Insignificante	No afecta/ Mínimas

## RCCELYRAT

2	Marginal	No significativa/Pequeños
5	Grave	Parcial Temporal / Moderados
10	Crítico	Total temporal / Significativos
20	Desastroso	Parcial Permanente/Considerables
50	Catastrófico	Permanente /Gran Magnitud

Fuente: Valotto, Guillermo; 2015.

Como criterio para valorar las consecuencias en cuanto al daño a las personas, que es el de importancia significativa, se utilizará la Tabla 8.

Tabla 8. Valoración de las consecuencias en cuanto al daño en las personas.

Valor	Nivel	Afectación/Daños
1	Insignificante	Sin lesiones
2	Marginal	Leves sin incapacidad
5	Grave	Leves incapacitantes
10	Crítico	Víctima grave hospitalizadas
20	Desastroso	Varios graves, un muerto
50	Catastrófico	Varios muertos

Fuente: Valotto, Guillermo; 2015.

Para definir la intervención para cada escenario en función del nivel de riesgo que se determine, se utiliza una matriz de riesgo en la cual se definen las zonas de aceptabilidad.

#### 2.3.4 Tipos y Metodología de la evaluación de riesgos

Coexisten una gran cantidad de procedimientos para la evaluación de los riesgos. Se pueden utilizar procedimientos muy simplificados, apoyados en las apreciaciones a veces subjetivas de los trabajadores, hasta procedimientos cuantitativos establecidos en métodos estadísticos.

## RCCELYRAT

Los procedimientos de evaluación se pueden clasificar en dos tipos:

- a) Por el tipo de riesgo: incluye los métodos para la evaluación de riesgos que precisan métodos específicos de análisis, son impuestos por reglamentaciones específicas, que aunque no existan reglamentaciones específicas deban cumplir con normas internacionales particulares o para la evaluación general de riesgos.
- b) Por su grado de dificultad: Incluyen los métodos cualitativos, como el método FINE. Se obtiene el NERP (nivel estimado de riesgo potencial), por lo tanto se evalúan factores de riesgo que pueden desencadenar un accidente y permite tomar medidas antes que ocurra. La investigación de accidentes no se trata en éste trabajo.

### 2.3.5 Evaluación del puesto de trabajo

Los factores incluidos en la metodología para evaluar un puesto de trabajo incluyen:

- Organización de las tareas
- Carga de trabajo
- Gestión preventiva
- Condiciones de seguridad
- Condiciones del medioambiente

Habitualmente se utilizan cuestionarios elaborados con el objeto de facilitar la identificación y evaluación de riesgos de acuerdo con las exigencias legales, a la vez que propicia la formación indirecta sobre el trabajador en materia de higiene y seguridad laboral.

En general los cuestionarios permiten realizar una clasificación de los diferentes factores de riesgos, otorgándoles una valoración numérica. Estos valores pueden graficarse para visualizar de mejor manera, la situación de cada puesto de trabajo. Por ejemplo estos procedimientos realizan una clasificación de los factores de riesgo, realizando una valoración de 1 al 10 para cada uno de ellos, representando el resultado en un histograma o gráfico de barras que facilita el estudio de la situación del puesto de trabajo. (Cortéz Días, J.M; 2002)

### 2.3.6 Intervención del riesgo

Realizado el análisis de riesgo del puesto de trabajo, construida su matriz de riesgo y ubicada en ella cada uno de los escenarios de riesgos, el siguiente paso es intervenir para disminuir su posición. Es decir, proponer e implementar acciones para disminuir las consecuencias probables y/o sobre la probabilidad de ocurrencia a través de la prevención.



## RCCELYRAT

Es así entonces que determinado el nivel de riesgos de cada escenario debemos definir: estrategias para la prevención de los riesgos, estrategias para disminuir las consecuencias o probabilidad de ocurrencia, riesgos a asumir (margen de aceptabilidad), riesgos a transferir (consecuencias económicas), y los riesgos aceptables (que cuentan con convalidación social).

### 3. DESARROLLO

#### 3.1. Propuesta técnica para la mejora del sistema tratamiento de efluentes

##### 3.1.1. Consideraciones generales del sistema de tratamiento de efluentes

El sistema está fuera de régimen desde hace varios años. Si bien los volúmenes promedios de producción no han aumentado significativamente existen dos factores que aparentemente han cambiado el comportamiento del efluente.

En primer lugar debe mencionarse la discontinuidad de operación de la industria. Es frecuente que se encuentren varios días sin actividad por falta de materia prima y períodos de con alta producción.

Por otro lado se ha incorporado un nuevo proceso de obtención de aceite refinado que utiliza como materia prima hígados de raya en lugar de su aceite crudo, si bien los residuos son retenidos en los equipos de tratamiento, a los efluente llegan parte de ellos a través de las rejillas de planta, por derrames o como agua de lavado de equipos. Esto eleva significativamente la materia orgánica presente en los efluentes. Si bien estas operaciones no son diarias, cuando se realizan el impacto es significativo.

Durante las observaciones del sistema pudo verificarse que entre las rejillas de recolección de planta y los interceptores no existen instalados ni rejillas ni filtros para la retención de partículas de tamaño significativo, por lo tanto todo lo que llega a las rejillas termina en los interceptores. Este efecto se agrava, dado que el personal no recibe capacitación para trabajar en la disminución del vuelco de sólidos en las rejillas.

El sistema tampoco cuenta con un Ecuador, por lo tanto en ocasiones permanece varios días sin actividad y en otros momentos recibe gran cantidad de materia orgánica. Dependiendo en que momento la autoridad oficial realice la toma de muestra, los resultados que se obtienen pueden variar significativamente

Las primeras medidas deberían consistir en capacitar al personal para disminuir el vuelco de sólidos en rejillas y en la instalación de filtros o simplemente canastos cribados para la retención de sólidos de tamaño significativo que puedan ser operados frecuentemente para su limpieza por los operarios. Ambas medidas son de bajo costo.

La capacitación podría llevarse a cabo por los profesionales del Servicio de Seguridad e Higiene en el Trabajo de la empresa, registrarse y actualizarse periódicamente.

## RCCELYRAT

En cuanto a la instalación de filtros o canastos existe disponibilidad de espacio físico para su instalación y operación. Si bien estas instalaciones son simples requieren de una observación y atención permanente y sistemática, su efectividad depende de ello. La concientización del personal, junto con su capacitación, son elementos clave.

Se propone un ecualizador en línea que es efectivo tanto para amortiguar variaciones de caudal como de concentración. Es de mayor inversión inicial, pero de bajo costo de operación. Existe disponibilidad de espacio físico para su instalación.

### 3.1.2 Capacitación para la reducción del DQO del efluente.

Se propone incorporar al programa anual de capacitación propuesto por el profesional de Higiene y Seguridad en el trabajo, tres encuentros adicionales durante el año, donde se trate exclusivamente la temática del tratamiento de efluentes.

Esta temática debe incluir: Sensibilización sobre la responsabilidad en el impacto ambiental que genera el vuelco de efluentes, instrucción sobre la importancia de disminuir la producción de efluentes y evitar el vuelco de sólidos en el efluente líquido, legislación vigente, riesgos asociados a la operación del sistema de tratamiento de los efluentes.

La modalidad de las capacitaciones en modalidad taller es la recomendada, ya que el intercambio y puesta en común entre el docente y los trabajadores de la problemática propia del establecimiento mejora significativamente su comprensión y genera compromiso para la aplicación de las medidas a poner en práctica.

Cada taller iniciará con una exposición teórica. Luego trabajo individual para fijar la temática y alentar la expresión de la opinión en común. A continuación una puesta en común del trabajo realizado y la elaboración de un documento, afiche u otro medio que evidencie las conclusiones alcanzadas.

Adicionalmente, una vez al año, se llevará a cabo una capacitación a cargo de un profesional experto, para profundizar en la temática sobre el tratamiento de efluentes y su relación con la higiene y seguridad laboral y su impacto en el medio ambiente.

Las capacitaciones se realizarán durante la jornada laboral y se trabajará en dos grupos para no interrumpir completamente las tareas habituales de producción, coordinando las fechas con la dirección de la empresa.

### 3.1.3 Cálculo del Ecuador

Se efectuaron mediciones de caudales de efluentes producidos en tres días de trabajo distintos, obteniéndose los resultados presentados en tabla 9.

Tabla 9. Caudales medidos de los efluentes.

Día 1		Día 2		Día 3	
Hora	Caudal (l/hs)	Hora	Caudal (l/hs)	Hora	Caudal (l/hs)
11	1874	10:30	1608	11	1734
13	1750	12:00	1542	12:30	1596
15	1225	14:00	1256	15	1045

Fuente: Elaboración propia.

El caudal promedio es entonces de 1514 l/h ( $\sigma = 278$ ).

Si bien la jornada laboral es de 8 hs., en ocasiones es de 10 hs. Por lo tanto suponemos un vuelco continuo de del caudal promedio durante 10 hs, como factor de seguridad adicional. Obtenemos entonces un caudal de 15140 l/día.

Consideraciones:

- El ecuador debe tener capacidad para recepcionar todo el caudal de un día de operación.
- Se estima un % de amortiguación o factor de seguridad del 20%. (Da Cámara, L; 2012)
- El nivel del efluente debe estar por debajo del "borde" del ecuador para evitar derrames, se propone 0,5 m sobre el nivel del efluente.
- Se plantea un fondo en forma de "V" para favorecer el retiro de la sedimentación ocurrida.
- Se propone una profundidad no mayor al 1,5 m para que en caso de caída accidental no se produzca ahogamiento.
- Se dispone una geometría de paralelepípedo con sus lados mayores en sentido del flujo, para favorecerlo y reducir zonas muertas.

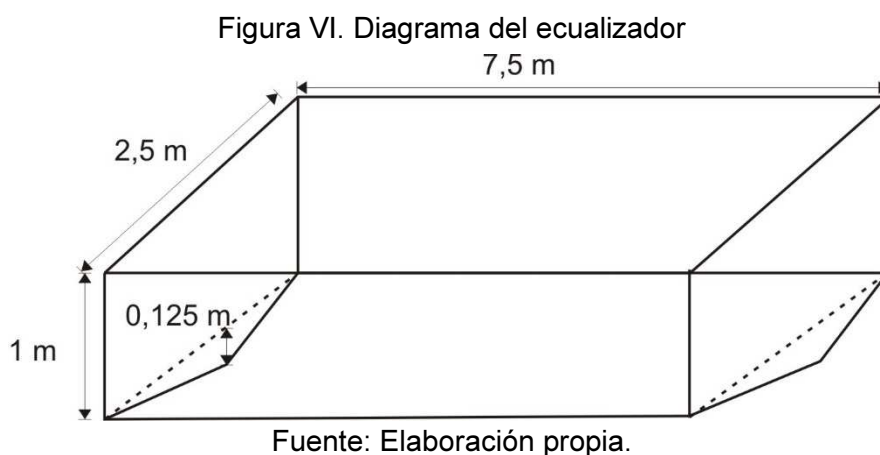
## RCCELYRAT

Volumen del efluente=  $15140 \times 1.20$  (factor de seguridad)= 18.170 litros. (Ec. 2)

En una pileta de 2,5 x 7,5 x 1 m (ancho, largo, profundidad) podemos recepcionar ese caudal.

Se adiciona 0,5 m para asegurar que el nivel esté por debajo del borde del ecualizador, cumpliendo con nuestro límite máximo de profundidad.

Calculando una inclinación de los planos del fondo de 10 cm por metro de ancho desde el centro hacia el lateral, obtenemos una sección triangular del fondo de 12,5 cm de alto y 1,25 de lados aproximadamente. Figura VI.



Habiendo material orgánico fácilmente degradable, es razonable que el diseño del ecualizador contemple la posibilidad de ser aireado mínimamente para prevenir la generación de condiciones anaeróbicas con el consecuente olor desagradable.

Los requerimientos típicos son de 0,02 a 0,04 HP por cada 3800 litros de volumen de ecualización, y de 35 a 55 litros de aire por minuto para el mismo volumen. (González, Jorge Froilán; 2015)

Por lo tanto para el ecualizador planteado será suficiente con uno que esté por debajo de los 0,02 HP y 20 litros de aire por minuto. Comercialmente se presentan equipos a partir de lo 0,5 HP, para lo cual habrá que programar su tiempo de encendido.

### 3.1.4 Cálculo de Canastos

#### Consideraciones

- Realizado una observación del diámetro de partícula de tres muestras tomadas en tres días de producción, se determina que es de interés retener partículas con diámetros

## RCCELYRAT

mayores a 10 mm. El argumento para la elección de estos tamaños es heurístico. En las industrias que generan efluentes líquidos con partículas provenientes del proceso de productos de la pesca del Puerto de Mar del Plata, se ha devenido práctica corriente el adoptar tales tamaños, a lo largo de los años. Si bien un análisis de partículas resultaría formalmente correcto, sería casi con certeza poco representativo dado que la distribución de tamaño de las mismas depende fuertemente del estado de degradación de la materia a trabajar, la que por tratarse de un residuo o subproducto pesquero varía fuertemente, lo mismo que el estado de la materia prima pesquera.

- Se proponen la colocación de dos canastos en línea con su correspondiente contenedor.

- El primero con una malla de 20 mm de para retener las partículas mayores a ese diámetro y el segundo con una malla de 10mm para retener las más finas. De esta manera se minimiza la frecuencia de descarga de los canastos y se maximiza la capacidad de retención.

- Para los caudales de operación en día de producción plena para asegurar una permanencia de 10 minutos, con un factor de seguridad del 20% (Da Cámara, L; 2012), deben tener capacidad para contener hasta 500 litros.

Por lo tanto con una geometría cúbica de 0,8 m de lado, resulta un volumen de 512 litros.

Se deben instalar en su parte superior dos manijas móviles para poder ser enganchados por un auto elevador y ser retirados para su limpieza.

El efluente debe ser descargado sobre el canasto, en este caso con caño de 4", y la salida del efluente filtrado por la parte inferior del contenedor de los canastos.

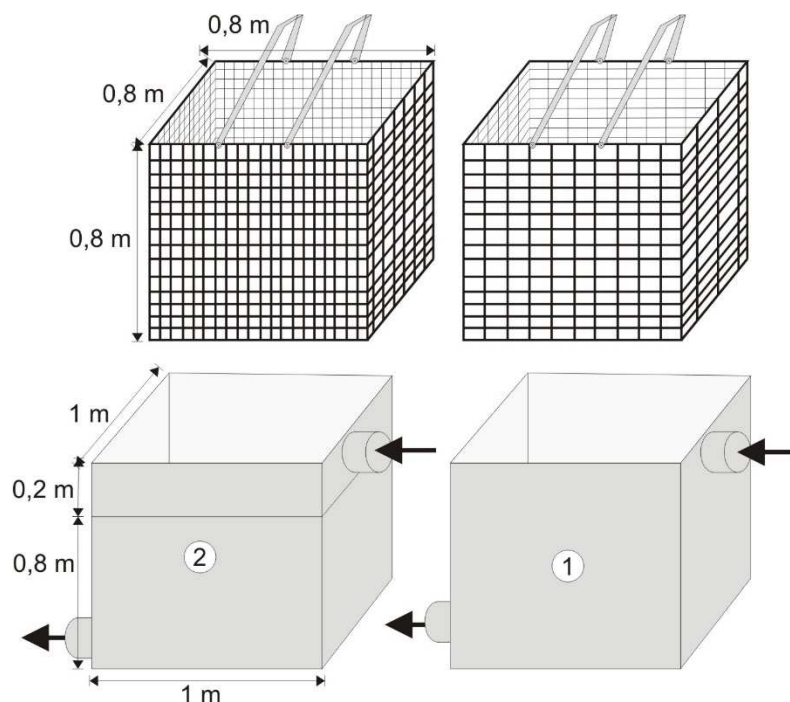
Los canastos deben ser dispuestos en contenedores con tapa móvil, cúbicos de 1 m de lado, para recibirlos con espacio holgado.

Los contenedores deben colocarse en serie en la línea del efluente, a nivel adecuado para no afectar el flujo por gravedad existente.

Dada el permanente contacto con el efluente los canastos deben construirse con acero inoxidable para reducir la frecuencia de su mantenimiento.

En la figura VII se presenta un diagrama de los canastos propuestos y sus contenedores.

Figura VII. Diagrama de los canastos y los contenedores



Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.5 Configuración del sistema

Se propone la instalación de dos juegos de canastos. Un juego en cada rama de efluentes que alimenta cada interceptor.

El primer juego de canastos con su contenedor se propone ubicarlo en el patio semicubierto luego de la intersección del ramal que proviene del sector de tanques y el ramal que proviene del sector neutralización, antes del Interceptor N°1. Ver Figura VIII en Anexo.

El segundo juego de canastos se puede instalar en el sector del pañol, a continuación de la cámara de inspección que recibe dos ramas de efluentes, y antes del Interceptor N°2. Ver Figura VIII en Anexo.

De esta manera los interceptores recibirán un efluente libre de partículas mayores a los 10 mm, mejorando notablemente su eficiencia para la separación de las grasas, aceites y sólidos precipitables.

Se propone la instalación del equalizador en el espacio disponible entre el Interceptor N° 1 y la cámara de toma de muestras. De esta manera para la equalización del efluente no se producirá una interferencia significativa por las grasas y los sólidos precipitables debido a que ya fueron retenidos en ambos interceptores. Ver Figura VIII en Anexo.

### 3.1.6 Costos de instalación y operación de las mejoras en el sistema de efluentes

Se entrevistó al Ingeniero, responsable técnico, de una empresa local especialista en excavaciones, construcciones en hormigón armado y a una empresa metalúrgica de la ciudad quienes presupuestaron las obras presentadas en Tabla 10.

Tabla 10. Costos de obras mejoras en sistema de efluentes.

Obra	Costo (\$)
Excavación y construcción de ecualizador de 2,5m x 7,5m x 1m, en hormigón armado, 12 cm de espesor. Tapa repartida. Tapa de inspección. Conexión a sistema existente.	110.000
Dos canastos cubico 0,8 m por lado, malla 20mm, acero inoxidable. Dos canastos 0,8mm por lado, malla 10 mm, acero inoxidable. Cuatro contenedores cúbicos, 1m por lado, acero inoxidable. Instalación.	25.000

Fuente: Elaboración propia.

Los costos de operación de las nuevas instalaciones no son significativas, en razón de que las tareas son absorbidas por el personal que la empresa ya dispone para la operación del sistema tratamiento de efluentes.

En cuanto a los costos de capacitación si bien, se propone sean dictadas por el responsable de Higiene y Seguridad ya en ejercicio en el establecimiento, como serán adicionales a las horas ya prestadas por el servicio se debe calcular el adicional que generará.

Consultado al propio responsable de Higiene y Seguridad del establecimiento, presupuestó por cada capacitación, en modalidad taller, con una duración de 90 minutos, \$ 2000. Por lo tanto significaría un costo anual de \$6000. La capacitación anual del profesional experto se estima en unos \$4000.

La inversión en este sentido alcanzaría aproximadamente los \$145 000.

## 3.2 Análisis de Riesgo de los trabajadores del sistema de tratamiento de efluentes.

### 3.2.1 Caracterización del ámbito del puesto de trabajo



## RCCELYRAT

El personal relacionado con el tratamiento de los efluentes se reduce a un capataz general que realiza las verificaciones del estado de las rejillas, interceptores y la bomba de descarga y un operario que realiza tareas de limpieza y remoción de sólidos que pudieran obturar alguno de los conductos.

En primer lugar definimos los componentes para analizar el Perfil de Riesgos:

- Sistema de referencia: Planta refinadora de aceite de pescado. Sectores de tratamiento de efluentes.

- Ámbito de aplicación: Puesto de trabajo encargado y operario encargado de inspección y limpieza de interceptores y rejillas del sistema de tratamiento de efluentes

- Factores de vulnerabilidad: personal encargado del tratamiento de efluentes es el principal factor de vulnerabilidad. También se presenta un factor de vulnerabilidad considerado como de afectación de operatividad pública, si ocurrieran derrames con concentraciones extremas de materia orgánica al colector cloacal de la red pública, pero para los niveles de producción actuales es improbable.

- Amenazas: el encargado y el operario están expuestos a caída dentro de los interceptores, levantamiento de cargas (tapas de interceptores, rejillas), a contaminación química por gases producidos por la degradación de la materia orgánica y a contaminación biológica por la presencia de microorganismos patógenos en el efluente.

- Recursos: El principal recurso amenazado es el personal operador y encargado del sistema. Luego la empresa por accidentes laborales del operario y encargado, amenaza la operatividad de sus procesos por sus ausencias, capacitación de nuevo personal y todos los gastos ocasionados por dicha afectación.

### 3.2.2 Análisis del riesgo

Para llevar a cabo el análisis de riesgo se elaboró una ficha (Figura IX), de relevamiento del puesto de trabajo. Se completó en conjunto con los trabajadores del sector de tratamiento de efluentes, el capataz encargado de su inspección y el operario encargado de su operación y mantenimiento.

## RCCELYRAT

Figura IX. Ficha relevamiento de Riesgo

Empresa:				Fecha:		
Puesto de trabajo:						
Encargado del puesto:				Operarios del puesto:		
Peligros observados	C	F	R	Existen medidas de control de riesgo?	Se controla?	Se recibió capacitación?
Referencias:						
C (Consecuencias): 1. Insignificante, 2 Marginal, 5 Grave, 10 Crítico, 20 Desastroso, 50 Catastrófico.						
F (Frecuencia de ocurrencia): 1. Improbable, 2 Remoto, 3 Esporádico, 4 Ocasional, 5 Moderado, 6 Frecuente, 7 Habitual, 8 Constante.						
R (Riesgo): 1. Aceptable, 2 Tolerable, 3 Inaceptable, 4 Inadmisible.						

En la tabla 11 se presenta los riesgos y peligros asociados al puesto de trabajo de inspección y operación del sistema de tratamiento de efluente.

Tabla 11. Riesgos y peligros asociados al puesto de trabajo

Puesto de trabajo	Riesgo	Peligro
Inspección y operación del sistema de tratamiento de efluentes.	Accidente	Caída en altura Caída a nivel Levantamiento de carga
	Químico	Intoxicación con gases de degradación materia orgánica: H <sub>2</sub> S, CH <sub>4</sub> , etc.
	Biológico	Infección con microorganismos patógenos, E. coli, etc.

Fuente. Elaboración propia.

El nivel de riesgo está determinado por el producto del nivel de probabilidad o frecuencia de ocurrencia por el nivel de consecuencias.

Por lo tanto el primer objetivo es valorar los dos conceptos claves de la evaluación, la probabilidad de que determinados factores de riesgo se materialicen en daños o **frecuencia** de ocurrencia, y las **consecuencias** o magnitud de los daños. Es necesario entonces cuantificarlos para valorar de forma objetiva el riesgo.

## RCCELYRAT

Los sectores de tratamiento de efluentes se encuentran al aire libre, a excepción de las rejillas de piso de los sectores de elaboración. La inspección de los interceptores se realiza una o dos veces al día. La limpieza de los interceptores se realiza una vez cada quince días dependiendo del nivel de actividad. Las rejillas son removidas diariamente para su limpieza.

De acuerdo a la tabla 8, los escenarios para el puesto de inspección y operación de efluentes serán:

Escenario 1: Caída en altura (dentro del interceptor)

Escenario 2: Caída a nivel

Escenario 3: Levantamiento de carga (tapas de interceptores y rejillas)

Escenario 4: Intoxicación con gases de degradación materia orgánica: H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, etc.

Escenario 5: Infección con microorganismos patógenos, E. coli, etc.

Esta empresa con más de 25 años, no ha registrado evidencias de enfermedades laborales relacionadas con riesgos higiénicos que pudieran existir en este puesto de trabajo. Por lo tanto en este trabajo no se evaluarán dicha temática.

Se presenta a continuación entonces, la matriz de riesgos con valores numéricos y porcentuales, definiendo las zonas de aceptabilidad y posicionando los escenarios descritos. Figura X.

## RCCELYRAT

Figura X. Matriz de Riesgo

Matriz de Riesgo y Aceptabilidad. Inspección y operación de Tratamiento de Efluentes	1	2	5	10	20	50
	Insignificante Sin lesiones	Marginal Lesiones leves sin baja	Graves Leves con días de baja	Crítico Lesiones con hospitalización	Desastroso Incapacidad total 1 muerto o varios heridos	Catastrófico Varios muertos
8 <b>Constante</b> Más de 12 casos al año	8 - 2%	16 - 4%	40 - 10%	80 - 20%	160 - 40 %	400 - 100%
7 <b>Habitual</b> De 8 a 12 casos al año	7 - 1,75%	14 - 3,5%	35 - 8,75%	70 - 17,5%	140 - 35%	350 - 87,5%
6 <b>Frecuente</b> De 4 a 8 casos al año	6 - 1,5%	12 - 3%	30 - 7,5%	60 - 15%	120 - 30%	300 - 75%
5 <b>Moderado</b> De 2 a 4 casos al año	5 - 1,25%	10 - 2,50	25 - 6,25%	50 - 12,5%	100 - 25 %	250 - 62,5%
4 <b>Ocasional</b> 1 caso por año	4 - 1%	8 - 2%	20 - 5%	40 - 10%	80 - 20 %	200 - 50%
3 <b>Esporádico</b> 1 caso en 2 años	3 - 0,75%	6 - 1,5%	15 - 3,75%	30 - 7,5%	60 - 15%	150 - 37,5%
2 <b>Remoto</b> 1 caso en 5 años	2 - 0,5%	4 - 1%	10 - 2,5%	20 - 5%	40 - 10%	100 - 25%
1 <b>Improbable</b> 1 caso en 10 años	1 - 0,25%	2 - 0,5%	5 - 1,25%	10 - 2,5%	20 - 5%	50 - 12,5%

■ Aceptable    ■ Tolerable    ■ Inaceptable    ■ Inadmisible  
 ① Caída en altura    ② Caída a nivel    ③ Levantamiento de carga    ④ Intoxicación    ⑤ Infección

Fuente: Elaboración propia.

## 3.2.3 Intervención del riesgo. Propuesta técnica para disminuir el riesgo.

El objetivo de intervenir un riesgo es cambiar el posicionamiento del escenario hacia otro punto donde las consecuencias sean menores o donde la frecuencia de la ocurrencia también sea menores, o ambas a la vez.

## RCCELYRAT

Si bien el personal que desarrolla actividad en el puesto de trabajo utiliza ropa de trabajo, calzado de seguridad y casco (Figura XII), la empresa no ha tomado medidas de prevención particulares para este puesto para los riesgos encontrados.

En función de nuestros escenarios planteados y su posicionamiento en la matriz de riesgos, debemos definir en cuáles de ellos debemos trabajar por su mitigación (disminuyendo las consecuencias probables) y en cuál de ellos en su prevención (disminuyendo su probabilidad de ocurrencia).

## Caída en altura:

- Colocación de baranda de 1 m de altura en todo el perímetro de los interceptores y el ecualizador. (Prevención)
- Colocación de reja de protección en tapas de interceptores y ecualizador. (Prevención)

## Caída a nivel:

- Incluir en los registros de los POES verificación de la higiene de tapas y pisos aledaños a los interceptores. (Prevención)
- Evaluar los registros de POES del sector trimestralmente, para detectar la existencia de no conformidades y su adecuación si fuera necesario. (Prevención).

## Intoxicación:

- Incorporar sistema de venteo de interceptores. Colocación de cañería de PVC conectada a cada sistema de interceptores, que descargue gases por encima del establecimiento a 1,4 m. (Prevención)
- Incorporar al examen médico anual la vigilancia sobre los parámetros correspondientes que indiquen posible intoxicación con los gases mencionados. (Mitigación)

## Infección:

- Utilización de anteojos de seguridad y barbijos para evitar ingreso de patógenos por mucosas. (Prevención)
- Utilización de mamelucos plásticos impermeables descartables durante las operaciones en el sistema de efluentes para evitar el contacto directo con los agentes biológicos patogénicos. (Prevención)
- Elaboración de procedimiento de actuación en caso de contacto del efluente con mucosas o piel. (Mitigación)

## RCCELYRAT

## Capacitación.

- Temática: Riesgos asociados al puesto de trabajo. Medidas de Prevención de Riesgos. Levantamiento de carga. (Prevención).

## 3.2.4 Costos estimados para la intervención del riesgo

Se consultó al profesional a cargo del Servicio de Seguridad e Higiene, al proveedor de la empresa de elementos de protección personal y al jefe de mantenimiento de la empresa para estimar los costos estimados presentados en tabla 12.

Tabla 12. Costos estimados para la intervención del riesgo

Descripción	Costo (\$)
Capacitación	0 (incluida en el servicio existente)
Barandas interceptores y ecualizador. 50 m. Hierro pintado. Fijación.	18000 (materiales, construcción a cargo de personal de mantenimiento existente)
Rejas interceptores. 20 m <sup>2</sup> . Hierro pintado.	7000 (materiales, construcción a cargo de personal de mantenimiento existente)
Venteo. 2 caños 4". 6 m. Fijación.	400 (materiales, instalación cargo de personal de mantenimiento existente)
Anteojos de seguridad ( 4 pares)	800
Barbijos descartables (caja por 100)	400
Mamelucos impermeables descartables (100)	5000

Fuente: Elaboración propia.

La inversión total sería de \$ 31600.

#### 4. CONCLUSIÓN

El objetivo de este trabajo era por un lado proponer un rediseño del sistema de tratamiento de efluentes para alcanzar valores de DQO por debajo del límite legal y por otro lado realizar un análisis de riesgo proponiendo medidas para su reducción de los trabajadores que operan dicho sistema.

Se presentó entonces la incorporación de un sistema de canastos de diferente mallado para la retención de partículas de mayor tamaño y de un ecualizador capaz de amortiguar el efluente al menos durante 24 hs, durante un día de producción plena. Ambos equipos constituyen una solución simple, física, sin utilización de productos químicos, de muy bajo requerimiento de operación, de fácil adaptación al sistema existente, flexible para su expansión si fuera necesario y de relativo bajo costo respecto de cualquier otro método de tratamiento del efluente.

Así mismo en cuanto a la evaluación de riesgos y la propuesta de las medidas para su reducción, fueron realizadas por primera vez en la empresa y se llevaron a cabo junto al personal involucrado en la obra. Este último aspecto generó una concientización y compromiso del personal, que será de gran importancia para lograr la continuidad en el abordaje sostenido, sobre la temática de higiene y seguridad con los trabajadores.

No solo los trabajadores demostraron interés en el trabajo realizado, sino también la dirección de la empresa se interiorizó sobre las propuestas realizadas y se encuentra en etapa de proyección de las obras presentadas.

Se distingue entonces más allá de las propuestas técnicas presentadas, como era objetivo de este trabajo, el nivel de concientización, compromiso e interés por continuar con la mejoras sobre la calidad del efluente a fin no solo de cumplir con la legislación sino también del compromiso con el cuidado del medio ambiente y también de mantener la atención y el crecimiento en la temática de la seguridad e higiene en el trabajo.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

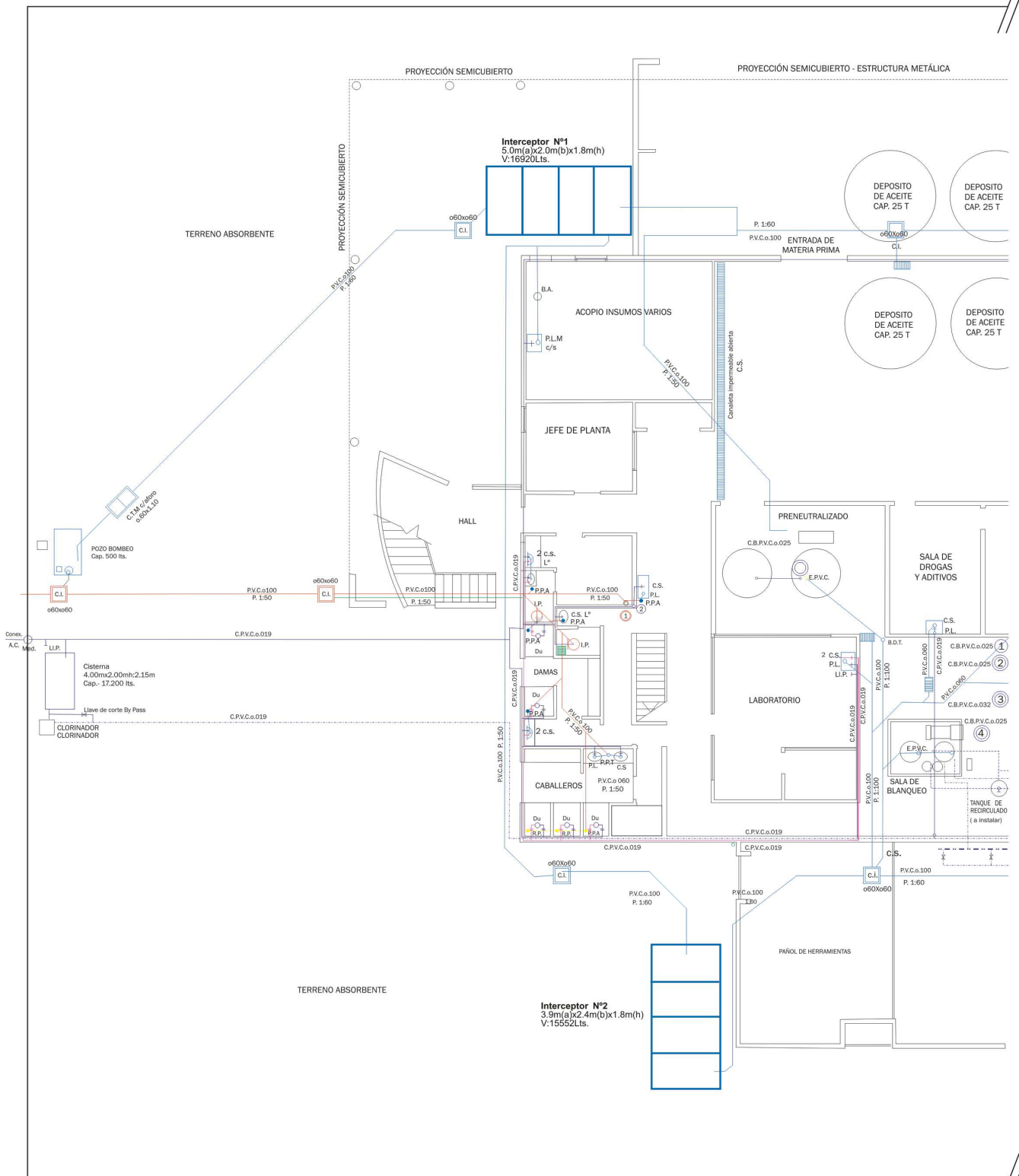
1. BELLOVI, MANUEL (1999). NTP 330. Sistema simplificado de evaluación de riesgo de accidente. Disponible en: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp\\_330.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_330.pdf)
2. BURRIEL LLUNA, GERMÁN.(1999). Sistema de gestión de riesgos laborales e industriales. Capítulo 9 (pp 169-262). Fundación Mapfre. Editorial Mapfre.
3. CORTÉS DÍAZ, JOSÉ MARÍA. (2002). Seguridad e Higiene del Trabajo. Técnicas de prevención y riesgos laborales. Capítulo 8 (pp115-126). 3ra edición. José. Editorial Alfaomega
4. DA CÁMARA, LESLY. (2012). Manual para el diseño para plantas de tratamiento de aguas residuales alimenticias. Disponible en: <http://uniciencia.ambientalex.info/infoCT/Mandisplatraaguresaliar.pdf>
5. DIGESTO DEL HONORABLE CONSEJO DELIBERANTE DEL PARTIDO DE GENERAL PUEYRREDON. (2017) Disponible en: <http://consejomdp.gov.ar/biblioteca/docs/o21573.htm>
6. GONZÁLEZ, JORGE FROILÁN (2015). Apuntes de Cátedra. Asignatura: Tratamiento de efluentes. Carrera de Especialista en Higiene y Seguridad en el Trabajo. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata.
7. PETER JARVIS, BRUCE JEFFERSON and SIMON A. PARSONS. (2005). Measuring floc structural characteristics. Revista: Reviews in Environmental Science and Biotechnology, VI. 4, N° 1-2, pp1-18. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/137927.pdf>.
8. QASIM, SYED R. (1999) Wastewater treatment plants. Planning, design and operation. Second edition. Technomic Publishing Co Inc.
9. SEPARATAS DE LEGISLACIÓN. (2015) Higiene y Seguridad en el Trabajo. Versión 2.1. Errepar S.A.
10. VALOTTO, GUILLERMO. (2015). Apuntes de Cátedra. Asignatura: Prevención de accidentes. Carrera de Especialista en Higiene y Seguridad en el Trabajo. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata.
11. WAKEFIELD, JH (2015). La comprensión de Fundamentos de separación para Tratamiento de Aguas Residuales. Disponible en: <https://www.wateronline.com/doc/understanding-separation-essentials-for-wastewater-treatment-0001>.



RCCELYRAT

6. ANEXOS

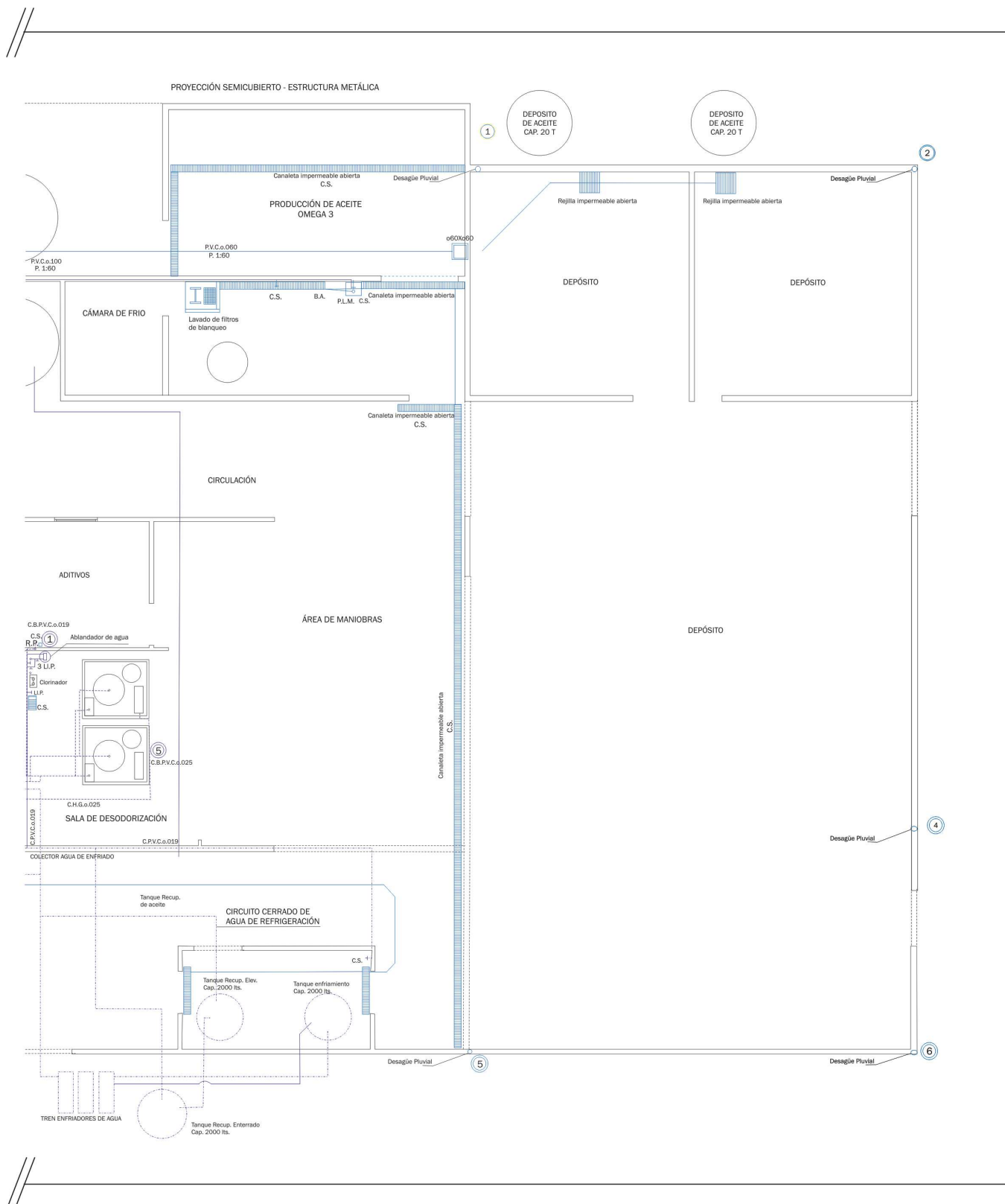
Figura III. Plano de planta con de sistema de recepción, tratamiento y vuelco de efluentes.



Fuente: Elaboración propia.

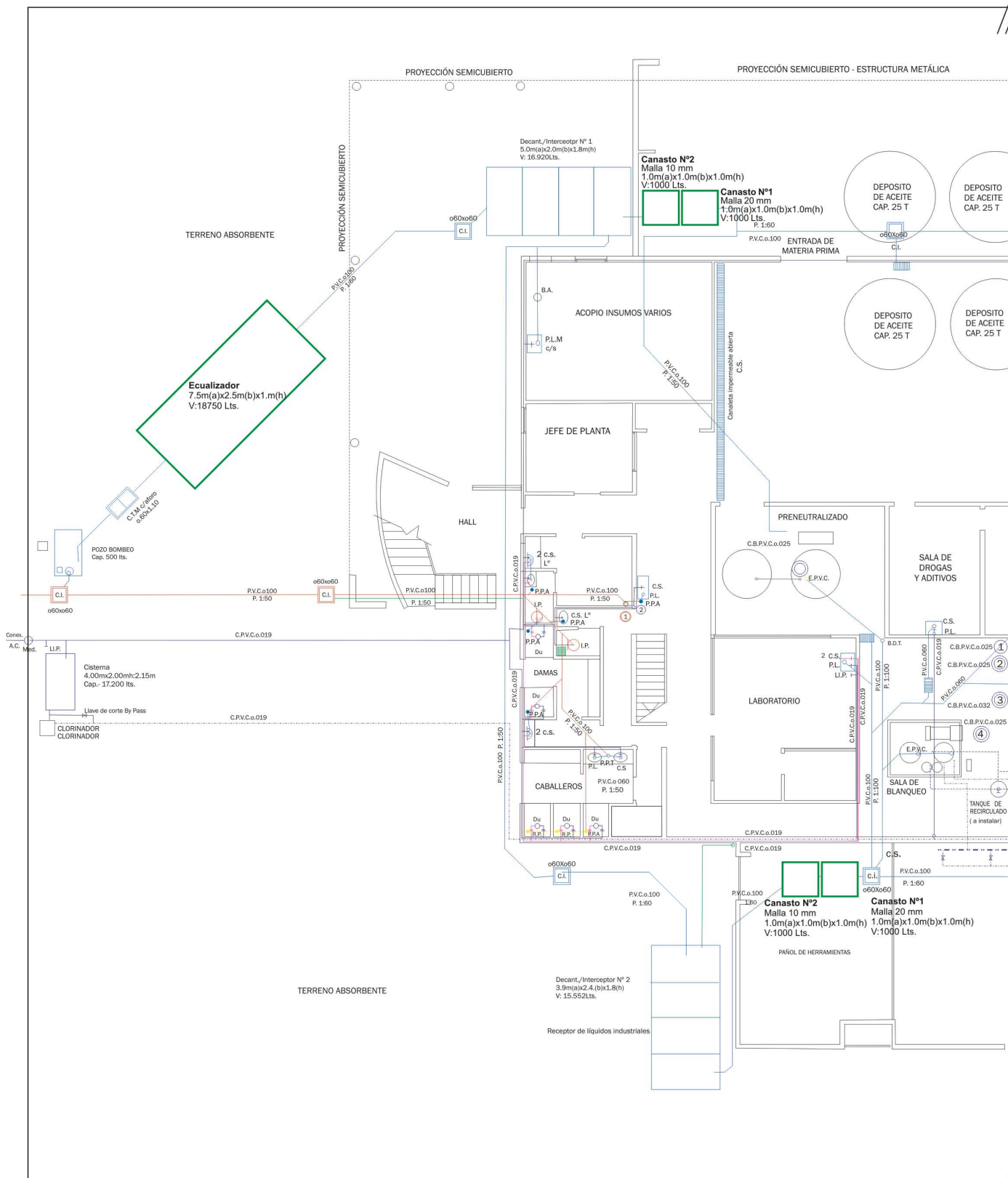
RCCELYRAT

Figura III (continuación). Plano de planta con de sistema de recepción, tratamiento y vuelco de efluentes.



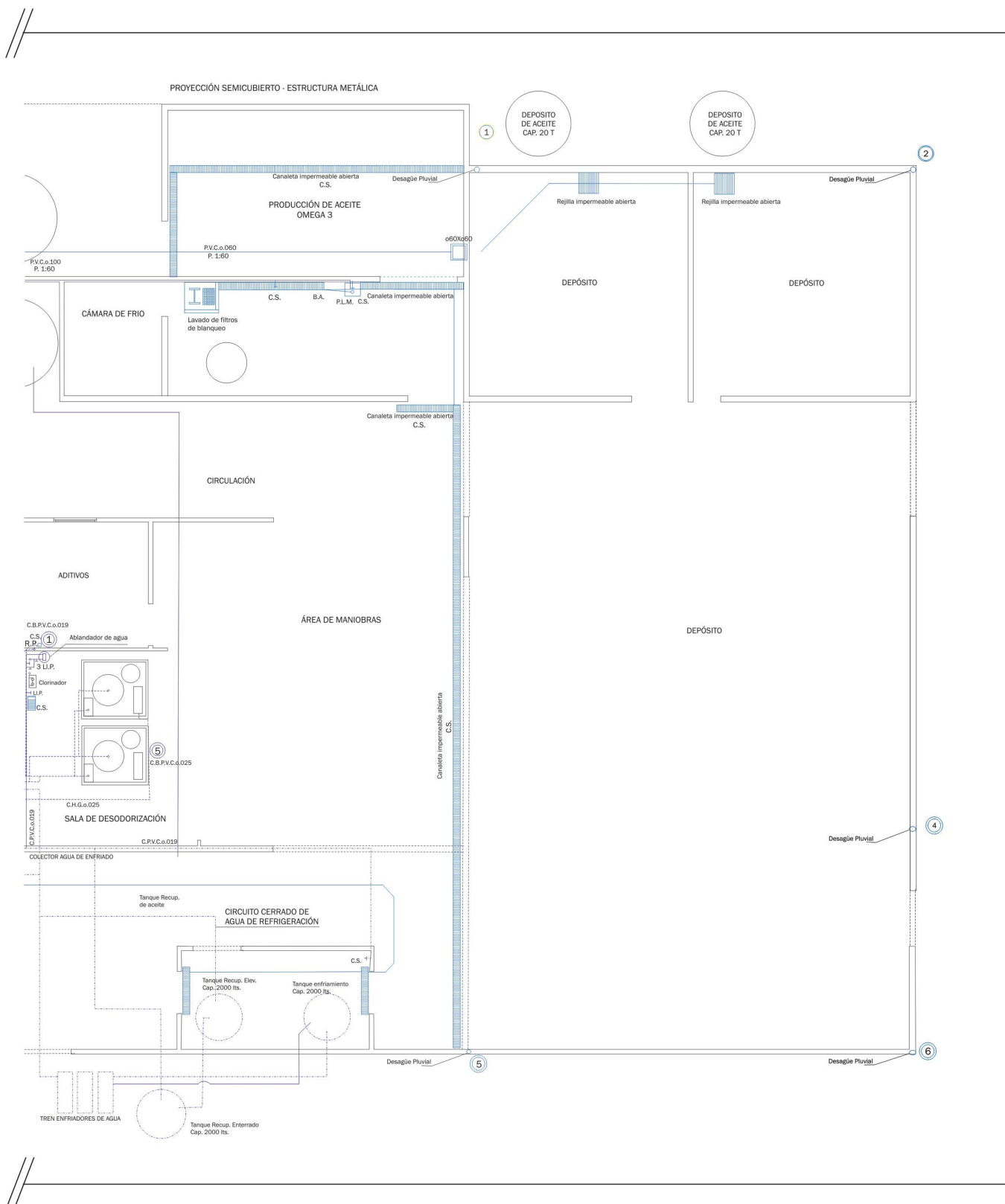
RCCELYRAT

Figura VIII. Plano de planta con de sistema de tratamiento de efluentes propuesto



Funte: Elaboración propia.

Figura VIII (continuación). Plano de planta con de sistema de tratamiento de efluentes propuesto



## RCCELYRAT

Figura XI. Interceptores.



Fuente: elaboración propia.

Figura XII. Operario del sistema de tratamiento de efluentes



Fuente: elaboración propia