

Proyecto Final integrador

“Diseño de una planta de efluentes líquidos para una industria jabonera”

Autor: Damián Zabbarini

Tutor: Ruth Rodriguez

Universidad Nacional de San Martín



3iA

Instituto de Investigación
e Ingeniería Ambiental

Fecha: 31/12/2022

I. Resumen	5
II. Introducción	6
1.1 Justificación	6
1.2 Objetivos	7
1.2.1 <i>Objetivo general</i>	7
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	7
1.3 Introducción a la industria jabonera	7
III. Diagnóstico	8
3.1 Producción	8
3.2 Proceso productivo	10
3.2.1 <i>Generalidades de la producción de jabón</i>	10
3.2.1.1 <i>Materias primas</i>	12
3.2.1.2 <i>Tratamiento de grasas y aceites.</i>	14
3.2.1.3 <i>Saponificación</i>	14
3.2.1.4 <i>Enfriamiento y secado.</i>	18
3.2.1.5 <i>Acabado</i>	19
3.2.3 <i>Producción de jabón</i>	19
3.2.3.1 <i>Producción de jabón blanco</i>	19
3.2.3.2 <i>Producción de jabón azul</i>	22
3.2.3 <i>Jabón de tocador</i>	22
3.3.3 <i>Producción de Glicerina</i>	22
3.3.4 <i>Producción de limpiador líquido (detergente)</i>	24
3.4 Ubicación	26
3.4.1 <i>Parque Industrial La Cantábrica</i>	26
3.5 Cuadro Normativo	29
3.6 Caracterización del efluente.	30
3.6.1 <i>Efluente Industrial</i>	31
3.6.1.1 <i>Puntos de generación</i>	31
3.6.1.1 <i>Características físico químicas</i>	36
3.6.2 <i>Efluente cloacal.</i>	36
3.4.3.1 <i>Características físico químicas del efluente cloacal</i>	38
3.5 Arroyo Morón	39
3.6 Tratamiento y disposición final del efluente líquido	41
IV. Descripción del Tratamiento y Análisis de las Alternativas	42
4.1 Descripción del tratamiento	43
4.2 Descripción de alternativas	44
4.2.1 <i>Alternativa 1: Lodos activos</i>	45
4.2.2 <i>Alternativa 2: DAF + Lodos activos</i>	46
4.2.3 <i>Alternativa 3: Reactor UASB + Lodos activos</i>	48
4.3 Análisis comparativo	50
4.3.1 <i>Pre Análisis</i>	50
4.3.1.1 <i>Análisis técnico</i>	50
4.3.1.2 <i>Analisis económico</i>	52

4.4 Selección de alternativas.	53
4.5 Planta de tratamiento de efluentes líquidos.	54
V. Memoria descriptiva del sistema seleccionado	55
5.1 Pretratamiento	55
5.1.1 Rejas	55
5.2.1.2 Sistema de rejas	55
5.1.2 Tanque de homogenización	57
5.2 Tratamiento primario	60
5.2.1 Sistema DAF	60
5.2.1.1 Cámara de flotación	60
5.2.1.2 Tanque de saturación	64
5.2.1.3 Cámara de salida - Reciclo	66
5.2.1.4 Sistema de recogida de flotantes	67
5.2.2 Balance de nutrientes.	67
5.2.3 Proceso de eliminación de fósforo	68
5.2.3.1 Sedimentación de fósforo	68
5.3.4 Sedimentador primario (Clarificador)	74
5.4 Tratamiento secundario.	79
5.4.1 Reactor biológico de lodos activos	79
5.4.1.1 Diseño de lodos de activos	79
5.4.2 Determinación de Producción de Lodos	87
5.4.2 Requerimiento de Oxígeno y Sistema de aireación	88
5.4.3 Sedimentador secundario	92
5.4.2.1 Zona de sedimentación	93
5.4.2.1 Zona de fangos	95
5.4.2.2 Zona de Salida del Agua Clarificada	99
5.5 Tratamiento terciario	103
5.5.1 Filtración	104
5.5.2 Cámara de cloración	106
5.6 Cámara de muestreo y medición de caudal	111
5.7 Eficiencia de equipos y parámetros de salida.	112
VI. Tratamiento de lodos generados	113
6.1 Espesamiento de lodos	114
6.2 Digestor de lodos activos	118
6.3 Deshidratación de lodos	122
VII. Puesta en marcha de la planta y mantenimiento	127
7.1 Situaciones anormales o emergencias	128
VIII. Conductos y anexos de planta	129
8.1 Conductos entre distintas unidades	129
8.1.1 Conducción por gravedad	130
8.1.2 Conducción por impulsión	135
8.3 Salas anexas	139
8.3.1 Laboratorio y sala de almacenamiento de productos químicos	139

8.4 Buenas prácticas	140
VIII. Cómputo y presupuesto	143
8.1 Inversión inicial	143
8.2 Operación y mantenimiento	148
8.3 Consumo de energía	149
8.4 Análisis de factibilidad	151
IX. Estudio de impacto ambiental	153
9.1 Metodología	156
9.2 Descripción del proyecto	157
9.2.1 Etapas del proyecto	158
9.3 Área de influencia	160
9.4 Línea de base	160
9.4.1 Características climáticas	161
9.4.3 Características Hidrológicas	163
9.4.5 Uso del suelo	166
9.4.5.1 Espacios verdes	167
9.4.6 Situación Socioeconómico	168
9.4.6.1 Localización	168
9.4.6.2 Límites	168
9.4.6.3 Demografía	168
9.4.6.4 Infraestructura y aspectos sociales	169
9.4.6.5 Matriz productiva	171
9.5.1 Identificación de Acciones	172
9.5.2 Identificación de Factores	173
9.5.3 Criterios de Evaluación de Impactos	174
9.5.4 Matriz de Impactos Ambientales	177
9.5.5 Descripción de los Impactos Ambientales	178
9.6 Plan de Gestión Ambiental	180
9.6.1 Programa de Prevención	181
9.6.2 Programa de Monitoreo	182
9.6.3 Programa de Mitigación	182
9.6.4 Programa de Contingencias	183
9.6.5 Programa de Capacitación	183
9.7 Conclusiones del EsIA	183
XI. Planos	184
11.1 Vista superior de la planta de tratamiento de efluente.	185
11.2 Vista lateral de la planta de tratamiento	187
11.3 Vistas fundamentales canasto.	188
11.4 Vistas fundamentales Tanque de homogenización	189
11.5 Vistas fundamentales Sedimentador I	190
11.6 Vistas fundamentales Reactor Biológico	191

11.7 Vistas fundamentales Sedimentador II	192
11.8 Cámara de cloración	193
11.9 Digestor de lodos	194
11.10 Espesador de lodos	195
XII. Conclusiones	196
12.1 Conclusiones del proyecto	196
12.2 Conclusiones personales	196
XII. Bibliografía	197
XII. Anexos	198
I. Anexo I- Dimensionamiento entre tratamientos posibles	198
1.1 Lodos activos	198
1.2 UASB + Lodos activos	199
II. Anexo II - Conducción a gravedad e impulsión	201
III. Anexo III - Costos y materiales	204
IV. Anexo IV - Parámetros de diseño	223

I. Resumen

El presente proyecto tiene como principal objetivo desarrollar una planta de tratamiento para los efluentes líquidos generados durante el proceso productivo para la obtención de jabones (de tocador, blanco, azul y glicerina) y detergente líquido en la empresa Servicios de limpieza S.A., ubicada en el partido de Morón, donde debido a las cercanías con el Arroyo Morón, realiza los vuelcos del efluente sobre este cuerpo de agua.

Esta planta busca lograr que la industria genere vuelcos permitidos por la normativa hacia un cuerpo de agua superficial y produzca el menor impacto ambiental posible. Mediante la caracterización del efluente, puntos de generación dentro del proceso productivo, dimensiones de la planta y lugar de vuelco, se obtuvo un diagnóstico preliminar y se plantearon tres diferentes alternativas de tratamiento, las cuales consistieron en un sistema de lodos activos, un sistema de lodos activos en conjunto con un sistema de flotación por aire disuelto (DAF) y por último, un sistema de lodos activos junto a un sistema anaerobio de manto de lodos (UASB). De estos, se seleccionó uno, teniendo en cuenta antecedentes de ensayos de tratabilidad

desarrollados a nivel laboratorio y criterios como espacio, costos, flexibilidad del sistema, generación de subproductos, entre otros, los cuales ayudaron a la selección de la **alternativa (DAF) más tratamiento biológico**, la cual resultó ser la más adecuada para obtener un efluente de mejor calidad y de esta forma poder utilizarlo en las diferentes etapas del proceso productivo de la empresa de jabones Servicios de Limpieza S.A.]

Asimismo, en el informe, se incluye un estudio preliminar de los costos requeridos para la construcción en la construcción, operación y mantenimiento de la planta, analizando la factibilidad del proyecto, y el estudio de impacto ambiental, donde se evalúa la incidencia de la planta en los factores más relevantes del medio ambiente receptor.

II. Introducción

1.1 Justificación

El efluente de la industria de jabones se caracteriza por realizar modificaciones físicas y químicas sobre el cuerpo receptor, alterando los niveles y concentraciones normales de diferentes componentes químicos naturales del agua y de la misma forma agregando nuevas sustancias que pueden representar un peligro para los organismos de ecosistemas acuáticos. Es, por lo tanto, de gran relevancia realizar el tratamiento adecuado de estos efluentes para no generar implicancias sobre el medio ambiente y el ecosistema acuático.

En el presente proyecto, se formulará el diseño de una planta de tratamiento para los efluentes líquidos generados a partir de los procesos productivos de la industria jabonera Servicios de Limpieza S.A, la cual se encuentra ubicada en el partido de Morón, en la Provincia de Buenos Aires, en cercanías del Arroyo Morón, el cual forma parte de la Cuenca del Reconquista.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Desarrollar una planta de tratamiento de efluentes líquidos (PTEL) para los residuos líquidos generados en el proceso productivo de la generación de diversos tipos de jabones y artículos de limpieza por parte de la empresa Servicios de Limpieza S.A., logrando valores de vuelco acordes a los establecidos por la normativa.

1.2.2 Objetivos específicos

- Comparar tres tipos diferentes de procesos de tratamiento buscando obtener el tratamiento más eficiente en cuanto al lugar ocupado, consumo de energía, generación de barros, costos de instalación y operativos, eficiencia de remoción de contaminantes, etc.
- Identificar las etapas del proceso productivo en la que se pueda reutilizar el agua tratada.

1.3 Introducción a la industria jabonera

Los jabones junto a los detergentes son productos químicos conocidos como tensoactivos o surfactantes. Este tipo de productos presentan una serie de características distintivas, entre las cuales destacan las siguientes:

- Permiten reducir la tensión superficial del agua, por lo cual, pueden remover la suciedad.
- Cuentan con poder humectante y emulsionante.
- Poseen la capacidad de generar espuma en contacto con el agua, lo que facilita la eliminación de residuos.

En la Argentina, por año, se utilizan 120 toneladas de sebo para producir unas 90 mil toneladas de jabón aproximadamente, ver figura 1, entre las que se encuentran el jabón blanco, el jabón de tocador y jabón en polvo.

Según fuentes estatales, en condiciones normales, un argentino consume 3,8 kg de jabón al año¹.

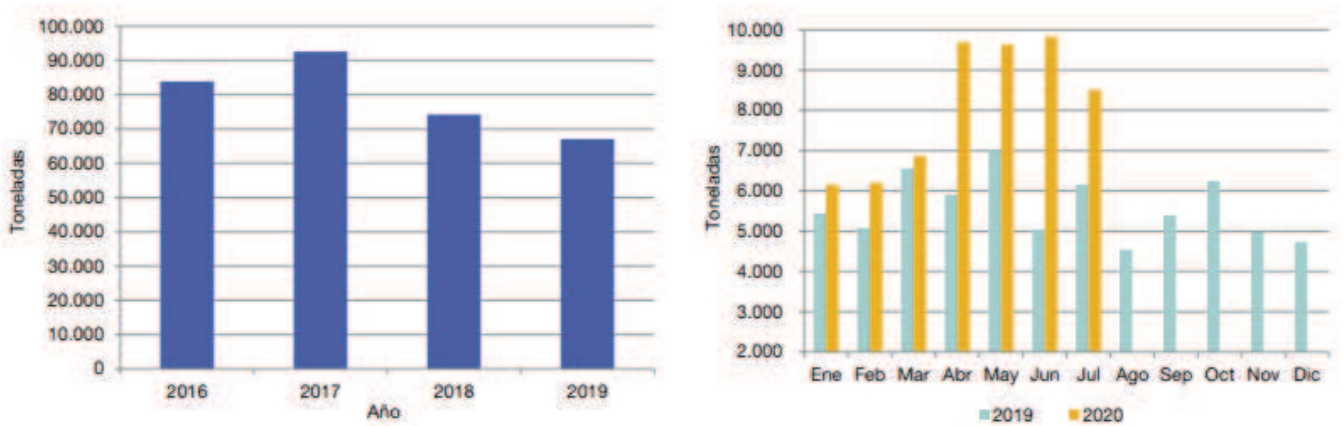


Figura 1. Toneladas de jabón de tocador y para lavar entre los años 2016 - 2019 y la comparación mensual entre 2019-2020. ¹

III. Diagnóstico

La Empresa Servicios de Limpieza S.A. se encuentra ubicada en Buenos Aires; localidad de Morón, dentro del Parque Industrial La Cantábrica, dirección Manuel A. Ocampo 1170. La actividad industrial de la empresa es la producción de **jabones (de tocador, blanco, azul y glicerina) y detergente**. La producción estimada es de aproximadamente **625 toneladas/mes de los diversos tipos de jabones y 7,2 toneladas/mes de detergente**. Con jornadas de trabajo de 24 horas de lunes a sábado y el domingo de 6:00 am a 10:00 pm. El personal de trabajo está constituido por alrededor de **250 personas**, distribuidas en las áreas de administración, producción, operaciones técnicas, ventas y personal ocasional.

El área total ocupada por el establecimiento es de 10.300 m².

3.1 Producción

La industria Servicios de limpieza S.A. recibe semanalmente en promedio unas 275 toneladas de grasa (vegetal y animal) de diversa calidad, estas son posteriormente calentadas, para ser transportadas por medio de líneas, donde son procesadas

(Saponificadas) a una base de jabón, como producto final, y lejías (solución básica) como subproducto.

Además de las lejías, otro subproducto del proceso de saponificación es el glicerol, el cual es utilizado como materia prima para generar glicerina.

El proceso de saponificado genera entre un 18 a 20 % de glicerol, mientras que el proceso de obtención de glicerina tiene una eficiencia del 70%.

Por ende, de las 550 toneladas de jabón se podrá generar unas 75 ton de glicerina.

En la tabla 1, se muestra la cantidad y tipo de materia prima recibida y la cantidad de producto obtenido semanalmente.

Tabla 1. Promedio de materia prima recibida y transformada en Servicios de limpieza S.A.

Materia prima recibida (ton/mes)		Producto generado (ton/mes)			
Grasa	Aceite vegetal	Jabón tocador	Jabón azul	Jabón blanco	Glicerina
176	74	171	308	71	75

El otro proceso que se da dentro de la planta es la fabricación de detergente, el cual emplea 7 toneladas de reactivos y tensioactivos para general 7.2 ton/mes de detergente ², como puede verse en la tabla 2.

Tabla 2. Promedio de materia prima recibida y transformada en la producción de detergente en Servicios de limpieza S.A.

Materia prima recibida (ton/mes)	Producto generado (ton/mes)
Reactivo y surfactante	Detergente
7	7.2

A modo de resumen se observa la figura 2, con los porcentajes de los diversos tipos de productos generados en Servicios de limpieza S.A. en un mes tipo.

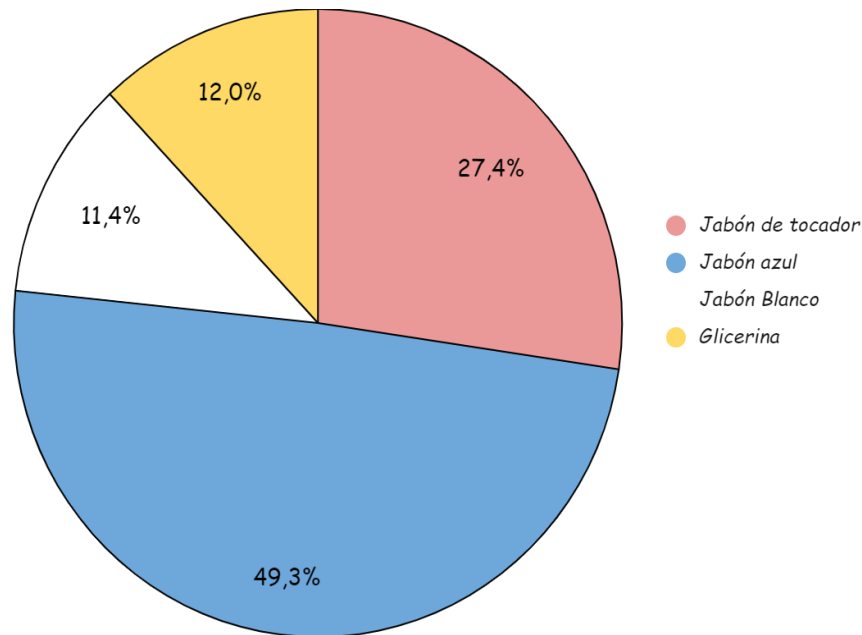


Figura 2. Productos generados por Servicios de limpieza S.A. Fuente: propia

3.2 Proceso productivo

3.2.1 Generalidades de la producción de jabón

Para comprender los procesos específicos desarrollados en la planta industrial de Servicios de Limpieza S.A. debemos detallar las generalidades del proceso productivo del jabón a gran escala.

El jabón surge de una reacción química que combina las grasas y la soda cáustica. El proceso ocurre dentro de un reactor en cuyo interior se inyecta vapor para calentar y agitar las mezclas de grasas de diferentes tipos y una solución de soda cáustica, estos ingredientes se combinan para dar lugar a la reacción de saponificación, generando una mezcla de jabón y lejías (solución básica); luego, se realiza un proceso llamado corte en el cual se adiciona agua salada para separar el jabón de las lejías formando una especie de nata, la cual se extrae para obtener glicerina; después, se realiza un lavado a la nata y se añade color, estabilizantes y suavizantes; y por último, el jabón se bombea a un molino al vacío mientras se agrega silicato y perfume, después se muele y compacta para eliminar gran parte de la humedad, y finalmente la masa es convertida en barras de diferente tamaño que se envuelven y empacan.

La fabricación o producción del jabón puede resumirse en 5 etapas:

1. Ingreso de materias primas
2. Tratamiento de grasas y aceites.
3. Saponificación.
4. Enfriamiento y secado.
5. Acabado.

El diagrama de la producción general del jabón se observa en la figura 3.

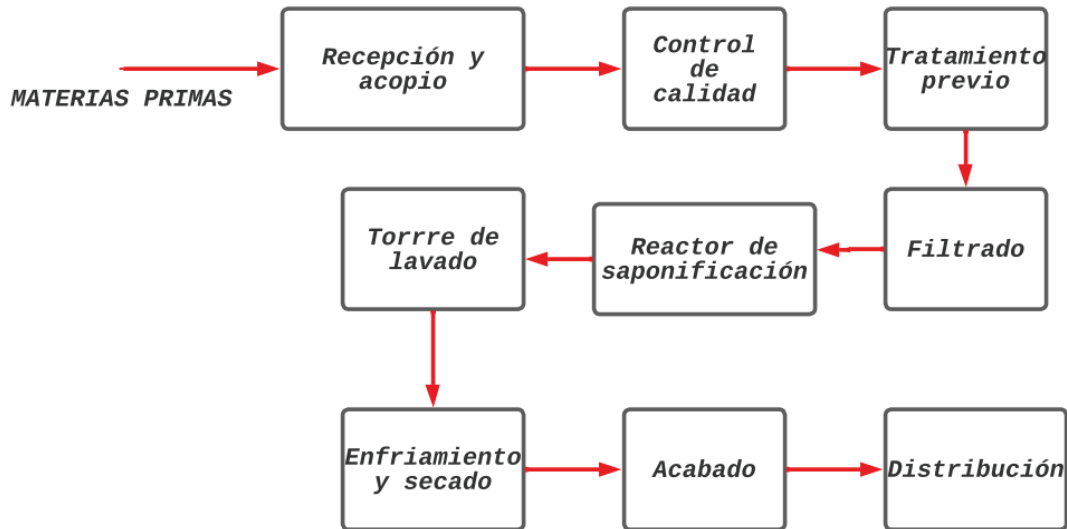


Figura 3. Proceso general de producción de jabón. Fuente: propia

Según la calidad y cantidad de jabón que se desee obtener el proceso puede dividirse en:

- Continuo: Estos procesos tienen generalmente como fundamento un sistema de bombas dosificadoras que alimentan, de manera constante, el reactor de saponificación de materias primas (grasas, disolución de soda, electrolitos, agua, etc.) en proporciones determinadas, esta etapa es seguida de un lavado a contracorriente y de una separación (normalmente por centrifugación) de jabón negro (parcialmente reciclado) y del jabón suave o liso. Este tipo de procesos aportan rapidez de ciclo de producción (algunas horas), ahorrando espacio y energía, disminuyendo las pérdidas y reduciendo la necesidad de personal cualificado. Por el contrario, solo son rentables generalmente para producciones superiores a 1 t/h (>6000 t/año), lo que necesita una inversión previa importante³.

- Discontinuo: Este tipo de proceso es el más simple y consiste en añadir gradualmente a las grasas (colocadas en un tanque o cuba de saponificación) la cantidad de solución alcalina necesaria para realizar la reacción completa (32% en peso aproximadamente). Esta mezcla se mantiene bajo agitación mecánica continua durante aproximadamente dos horas.
A su vez, los procesos discontinuos pueden dividirse según si el proceso permite la obtención de glicerina como subproducto en saponificado en frío, semi ebullición y ebullición completa, los cuales se detallan en la sección de saponificación.

Ambos tipos de procesos se detallan en la figura 4.

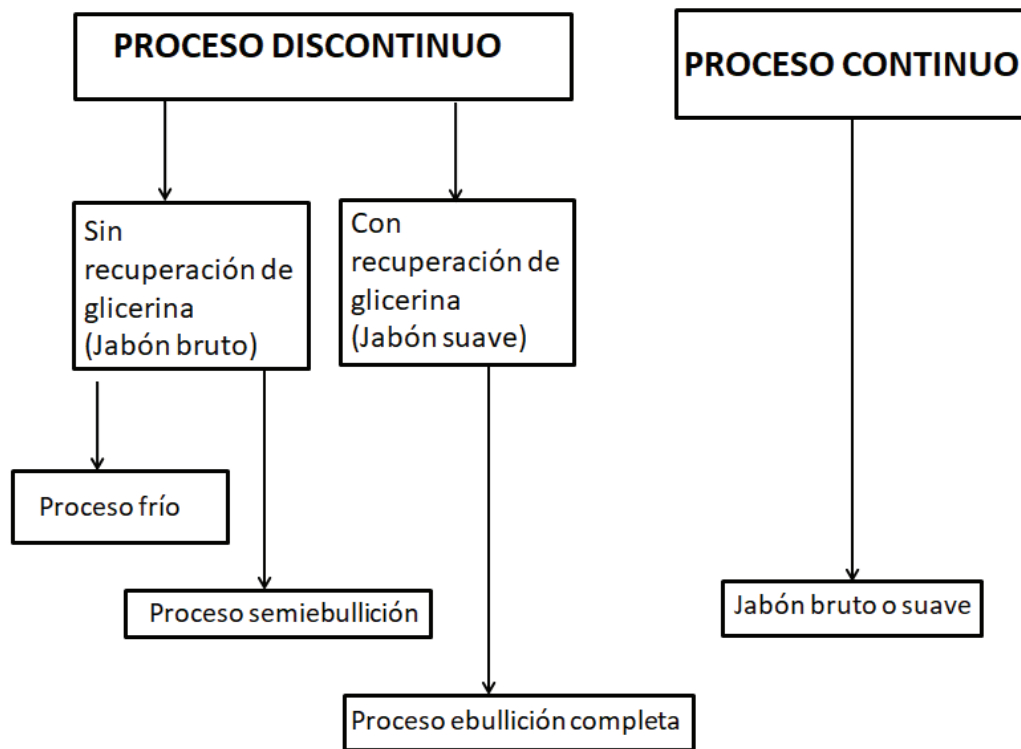


Figura 4. Proceso de producción de jabón. Fuente: propia

3.2.1.1 Materias primas

Las materias primas a utilizar para la fabricación del jabón son:

- Aceites y grasas.

- Solución alcalina (solución al 35% en peso de NaOH o entre 30% y 35% en peso de de KOH).
- Salmuera (agua salada preparada con una concentración de NaCl entre 10% y 20% en peso).
- Aditivos extra (colorantes, perfumes, carbonato de sodio, silicato de sodio, etc., dependerá del tipo de jabón que se desee producir).
- Energía (transformada en forma de calor en el reactor de saponificación)

Las características del jabón (capacidad de hacer espuma, solubilidad en agua, poder limpiador, estabilidad de la espuma, etc.) vienen dadas por la calidad y la naturaleza de las grasas o aceites utilizados en el proceso, por lo cual, la clave para una producción sobresaliente de jabón es realizar mezclas de diferentes aceites, grasas y sebos hasta obtener el jabón con las propiedades deseadas. Los tipos de grasa disponibles en el mercado son las siguientes:

- 1-** Aceites láuricos: Són ácidos grasos saturados, con una cadena de 12 átomos de carbono. Su fórmula es $C_{12}H_{24}O_2$.
- 2-** Grasas duras: Estas grasas son sebo de animal (ovino, vacuno y porcino).
- 3-** Grasas blandas: Estas grasas son de origen vegetal (aceite de soja, aceite de maní, algodón, etc.).

Los ácidos láuricos son grasas que presentan la mejor combinación de propiedades para el jabón, e intervienen en la mayoría de las formulaciones, ya que ofrecen un gran poder espumante y limpiador. Suelen mezclarse con otras grasas para mejorar la dureza y ralentizar la velocidad de disolución del jabón producido.

Un aspecto a tener en cuenta es que las grasas naturales no son sustancias puras, y que la conforman diferentes ácidos grasos en diferentes proporciones. Esto implica que para obtener un determinado jabón con determinadas propiedades como textura, compactidad, solubilidad, facilidad para hacer espuma, etcétera, se trabajan con mezclas de grasas. Si en éstas predominan los ácidos grasos saturados, se generarán jabones duros y compactos, mientras que si predominan los ácidos grasos insaturados, se producirán jabones blandos y menos compactos.

3.2.1.2 Tratamiento de grasas y aceites.

Esta etapa es una parte importante de la fabricación, ya que la calidad de las materias primas influye en gran medida en la calidad del producto. Esta etapa se basa en una decoloración y desodorización de los aceites y las grasas. Si estas materias primas presentan una buena calidad, no es necesario llevar a cabo el proceso de decoloración y desodorización.

El aceite de palma y los sebos requieren decoloración en el caso de que el producto (jabón) sea para uso de tocador. La decoloración y desodorización se realizan por los siguientes métodos:

1. Triturando en caliente la materia prima en presencia de una tierra del tipo bentonita, luego se realiza una filtración y un intercambio de calor para eliminar trazas de humedad de la materia prima.
2. Realizando una oxidación por calentamiento de la materia prima, para luego hacerla pasar en contracorriente con aire caliente a altas temperaturas (entre 90 y 100 grados Celsius).

3.2.1.3 Saponificación

El proceso de saponificación se basa en la reacción química producida entre un cuerpo graso (grasas o aceites) y una solución alcalina para obtener jabón sólido (si se utiliza soda cáustica), o jabón más líquido (si se utiliza soluciones potásicas). Si el proceso se realiza en caliente se genera un subproducto de esta reacción conocida como glicerina. Para que la reacción suceda y la base produzca una sal, esta debe perder el hidrógeno de los OH-, el cual será sustituido por un ión con la misma carga eléctrica. Si se utiliza soda cáustica para promover la reacción, el catión Na⁺ sustituye al H⁺. Una vez finalizada la sustitución el resultado será una sal, como puede verse en la figura 5.

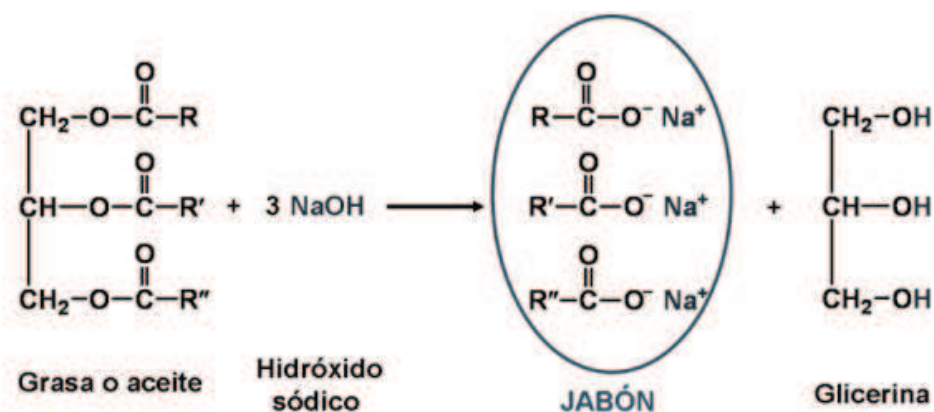


Figura 5. Reacción de saponificación³

Esta sal es soluble en agua y es conocida como jabón. La molécula de jabón cuenta con una parte polar (hidrófila) que es afín al agua, y otra parte apolar (hidrófoba) que hace al jabón soluble en aceites o grasas. Cuando el jabón entra en contacto con el agua, la molécula se polariza orientando su parte hidrófila hacia el agua, y la hidrófoba hacia la grasa, encapsulando y permitiendo su remoción.

La cantidad de NaOH utilizada en el proceso de saponificación dependerá del tipo de grasas/ácidos grasos utilizado en el proceso, es por eso que en la industria se utiliza el índice de saponificación, que es la cantidad de soda necesaria para saponificar un kilogramo de materia prima, ver tabla 3.

Tabla 3. Índice de saponificación de diversas grasas/ácidos grasos³

Grasas	Índice de saponificación
Sebo bovino	143
Sebo ovino	138
Oliva	134
Almendras	136
Palta	133

Así, por ejemplo, el aceite de oliva tiene un índice de saponificación de 134, que indica que para convertir en jabón un kilogramo de aceite es necesario 134 gramos de soda.

Existen 2 tipos de saponificación:

- 1) En frío: Este proceso no requiere la necesidad de inyectar calor al sistema para realizar la reacción de saponificación, el jabón obtenido es de baja calidad y no es posible recuperar otros productos, como la glicerina, ver figura 6.

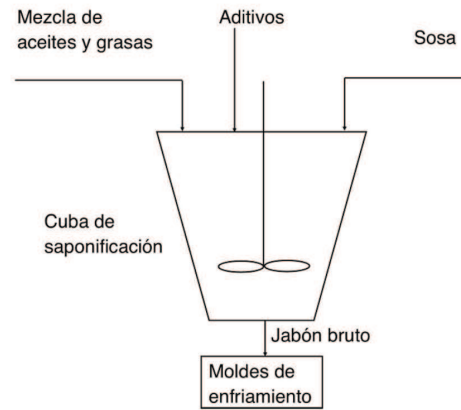


Figura 6. Proceso de saponificación en frío³

- 2) En caliente: Dentro de esta familia podemos encontrar la semi-ebullición y la ebullición completa. La primera, consiste básicamente en el mismo proceso de saponificado en frío, sólo que incluye un proceso de calentamiento. Mediante un sistema de intercambio de calor por tuberías se mantiene la mezcla a saponificar a una temperatura entre 70 y 90 grados Celsius, de este modo, se puede acelerar la reacción de saponificación y completar la reacción. Los aditivos se adicionan al finalizar el proceso para evitar que se evaporen. Este proceso permite añadir la soda durante todo el proceso de saponificación, antes de extraer el jabón bruto. La semi-ebullición permite obtener una saponificación más completa y disminuir el tiempo que el jabón bruto permanece en los moldes de enfriamiento. Este tipo de producción se utiliza a nivel industrial a gran escala para producir jabón de gama baja y con amplia distribución. Asimismo, este proceso (al igual que el proceso en frío) no requiere agua, ver figura 7.

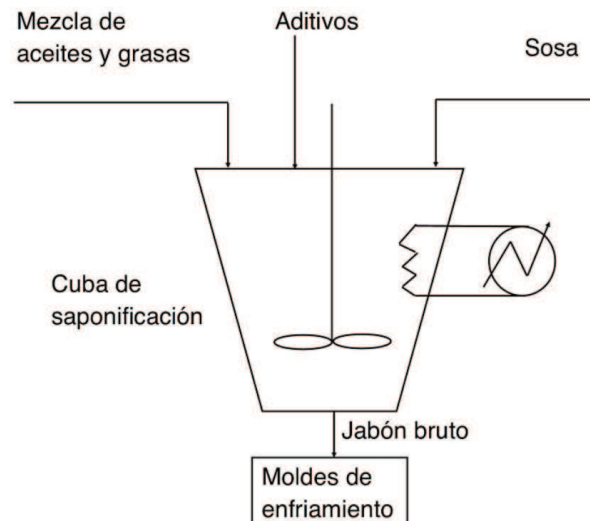


Figura 7. Saponificación semi-ebullición ³

Por otro lado, la ebullición completa se diferencia del proceso de semi-ebullición, ya que presenta varias operaciones al finalizar la saponificación, como por ejemplo, la separación de la glicerina, la separación de la salmuera, etc. La temperatura a la cual se debe mantener la mezcla agitada es de 80 grados Celsius o superior, lo que permite utilizar gamas más altas de grasas.

A la mezcla que se agita en caliente se le añade la solución alcalina. La agitación se realiza con vapor inyectado a 85 grados Celsius. Al finalizar la saponificación se deja reposar durante una hora y luego se somete a un lavado con salmuera, de esta manera, se eliminan impurezas de la masa jabonosa y se recupera la glicerina.

El proceso de ebullición completa se muestra en la figura 8.

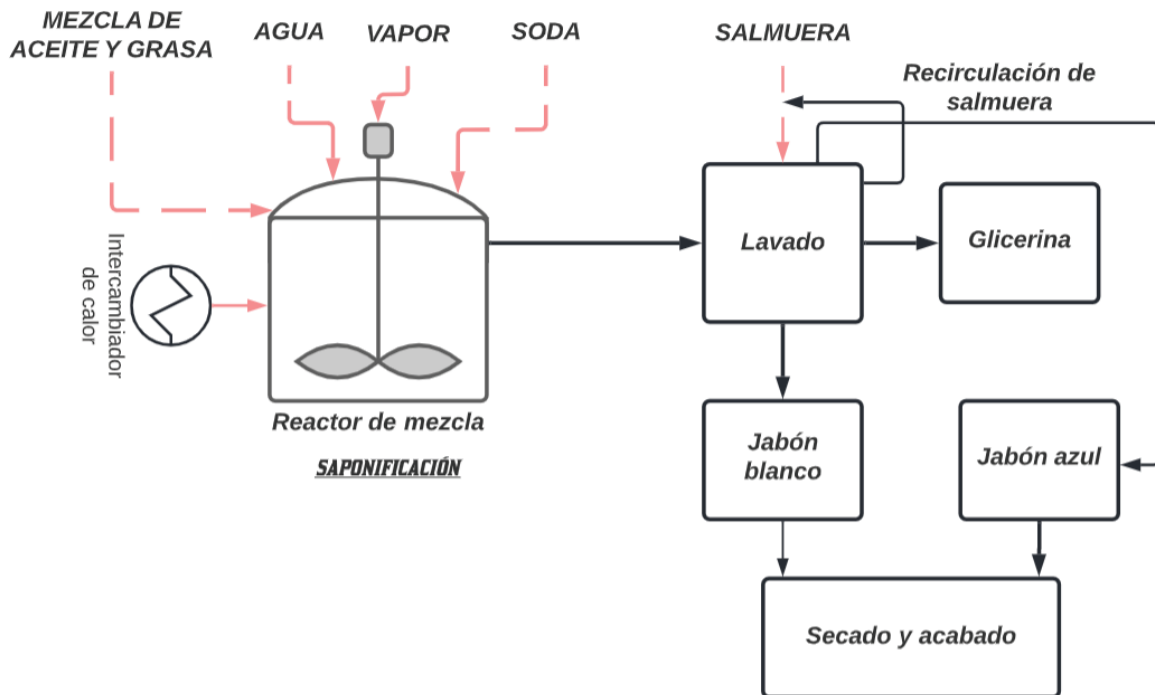


Figura 8. Proceso de producción de jabón mediante saponificación por ebullición. Fuente propia

3.2.1.4 Enfriamiento y secado.

Finalizado el proceso de saponificación, hay que transformar el jabón obtenido (suave o bruto) en jabón comercial. Para ello, se realiza el enfriamiento y secado con la finalidad de darle al producto dureza y consistencia. El jabón bruto da lugar a un jabón barato de calidad inferior que no requiere secado, incluso teniendo un porcentaje de humedad del 35%.

El jabón suave, sí requiere un proceso de secado. El enfriamiento y secado forzado son generalmente utilizados para el acabado del jabón suave. A continuación, veremos dos métodos diferentes para realizar el enfriamiento y secado:

1- Se hace pasar el jabón proveniente del reactor de saponificación a una serie de rodillos de enfriamiento. Luego, el jabón sólido es enviado a un rodillo en forma de viruta, para posteriormente, terminarse secándose en un túnel de aire caliente.

2- Se hace pasar el jabón líquido por una cámara de expansión, para de esta manera, lograr un secado por pulverización, permitiendo un enfriamiento y secado simultáneos.

3.2.1.5 Acabado

Al finalizar el secado, el jabón obtenido es enviado a la línea de acabado para otorgarle su aspecto comercial final, realizándose básicamente estos procedimientos:

1. Los jabones de limpieza deben ser sometidos a un baño de perfume concentrado.
2. Las virutas procedentes de los rodillos se hacen pasar por un baño de aditivos antes de ser empaquetados.

Los jabones de tocador necesitan acabados más minuciosos. El jabón es introducido en un mezclador-amasador, en donde se le adicionan aditivos. Este proceso permite una homogeneización perfecta de la mezcla. Luego del amasado, el jabón se introduce por medio de toalla a una máquina para extrusión. Al salir de la extrusora, se procede a realizar el cortado del jabón, luego se pasa por moldeado, estampado y empaquetado.

3.2.3 Producción de jabón

3.2.3.1 Producción de jabón blanco

La transformación de las materias primas en jabón blanco se lleva a cabo como puede verse en la figura 9, en el cual, la grasa proveniente de la zona de recepción de materias primas es blanqueada por medio de una autoclave (a presión y vacío), mediante la adición de carbón activado y filtración, luego se hace una desodorización en donde se introduce la grasa blanqueada en una autoclave o tacho, y mediante la aplicación de ácido cítrico se inactiva el olor original de la grasa, después se cargan al reactor, donde se mezcla la grasas (sebo y estearina), soda cáustica, y agua hasta que se termine la reacción de saponificación con un reposo de 5 a 6 horas aproximadamente. Luego, se da lugar al corte severo para la separación de jabón y las lejías (líquido remanente corrosivo y transparente de olor muy fuerte), se analizan los

parámetros y se deja en reposo por un periodo de 12 horas. Posteriormente, se realiza el lavado correspondiente a este tipo de jabón. Se le agrega hidrosulfito de sodio, el cual da su color blanco, y luego se lleva a la línea de vacío II y allí el jabón obtiene un rendimiento de 16,2 % por medio de silicato y es posteriormente despojado de la humedad. Por último, por medio de la extrusión sale el jabón en barra, se corta, se troquela y pasa a empacado.

Proyecto Final Integrador de Ingeniería Ambiental
- Zabarini, Damián -

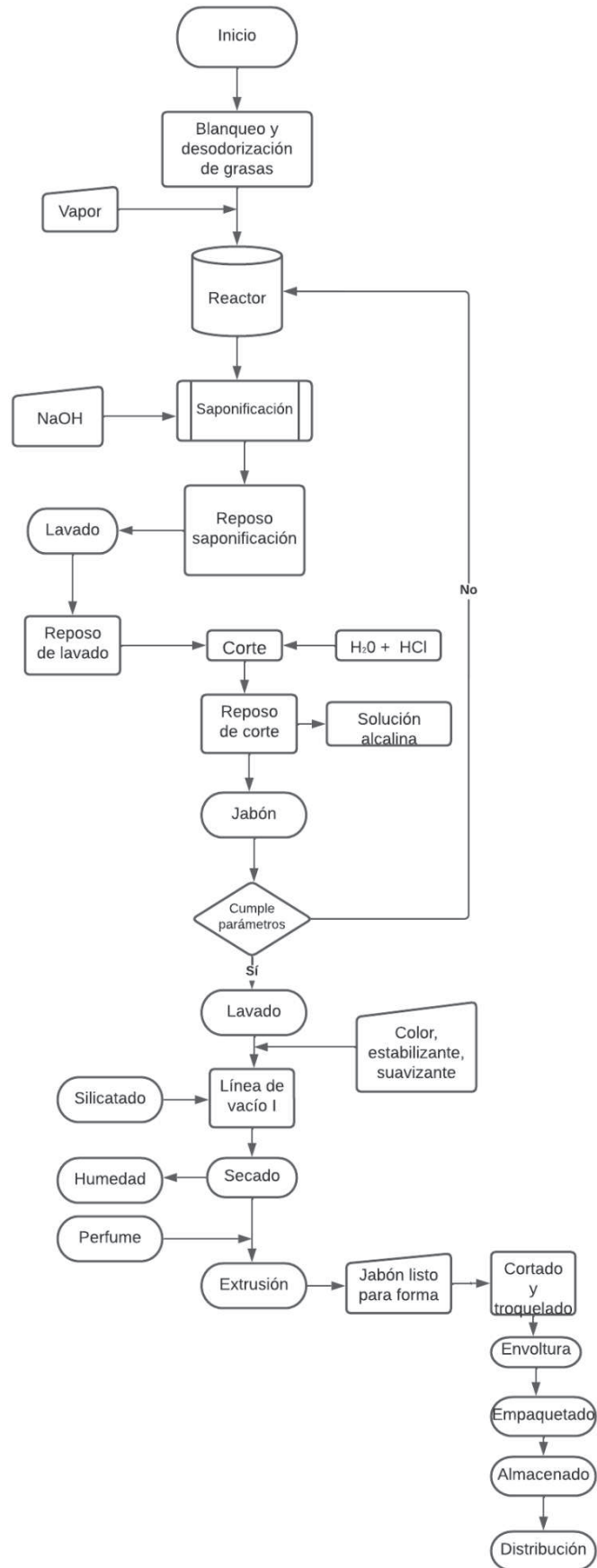


Figura 9. Proceso productivo de jabón blanco. Fuente propia

3.2.3.2 Producción de jabón azul

El proceso de obtención de jabón azul es idéntico al de jabón blanco, salvo que se le agrega colorante azul al jabón hasta que se homogenice el color y de allí pasa a la Línea de vacío I, donde se adiciona silicato, se retira la humedad, por extrusión sale el jabón en barra, es cortado según el tamaño deseado y troquelado según el tipo de jabón azul requerido. Por último, la máquina cortadora o troqueladora subdivide automáticamente las barras obtenidas, según tamaño y forma requerida; las pastas de jabón resultantes se conducen enseguida, por una banda transportadora con sistema de enfriamiento, al proceso de empaçado.

3.2.3 Jabón de tocador

Este proceso, a diferencia del jabón blanco y azul, utiliza grasas de muy alta calidad que no requieren de blanqueo y desodorización. Se agrega a la grasa de alta calidad soda cáustica y agua hasta completar la reacción de saponificación, el reposo es de 7 a 8 horas. Se realizan los análisis de parámetros necesarios; se agrega la sal, se da el corte severo y se realiza la separación de fases, como en los jabones azules y blancos. Se llevan a cabo dos lavados dentro del reactor, con un reposo de 36 horas. Luego se lleva a la línea de vacío II, donde son sometidos a vacío para retirar su humedad, luego el jabón obtenido es llevado a una mezcladora, donde se le adicionan los colorantes y perfumes según el tipo de jabón que se vaya a preparar, pasa a una compactadora donde el jabón adquiere su forma y queda listo para ser cortado y estampado, y por último el empaque final del producto es realizado por una empacadora automática. El jabón terminado, con la forma, tamaño y marca de fábrica requerida se almacena.

3.3.3 Producción de Glicerina

El proceso de obtención de la glicerina consiste en una serie de tratamientos fisicoquímicos de los desechos de la producción de jabón (lejías y glicerol), en el cual se retiran todas las impurezas presentes y restos de jabones.

El primer paso del tratamiento es la adición de HCl para convertir la lejía en un producto ácido, luego se somete el producto a un reposo de 18 horas, pasando por un

filtro, donde se separa la lejía ácida que va al tanque de almacenamiento, luego se hace un tratamiento alcalino y allí la lejía es bombeada del tanque de almacenamiento al tanque de tratamiento, donde se adiciona soda cáustica en peso del 50% hasta el cambio de pH, convirtiéndola en una lejía neutra, luego se pasa a la lejía por un filtro prensa, de aquí se desprende la lejía neutra y un lodo alcalino, la lejía neutra es sometida a un proceso de evaporación, dividido en tres partes donde se elimina toda el agua contenida en la lejía. Durante la primera evaporación se aumenta en un 25% la concentración de éste, en la segunda evaporación se aumenta un 35% más llegando al final de estos dos procesos a una concentración del 70% de glicerol, luego en un caldera de destilación se obtiene glicerina al 99%. Por último, la glicerina pasa al proceso de blanqueo para optimizar su color, y de esta forma se termina el proceso con el empaclado y distribución de la glicerina.

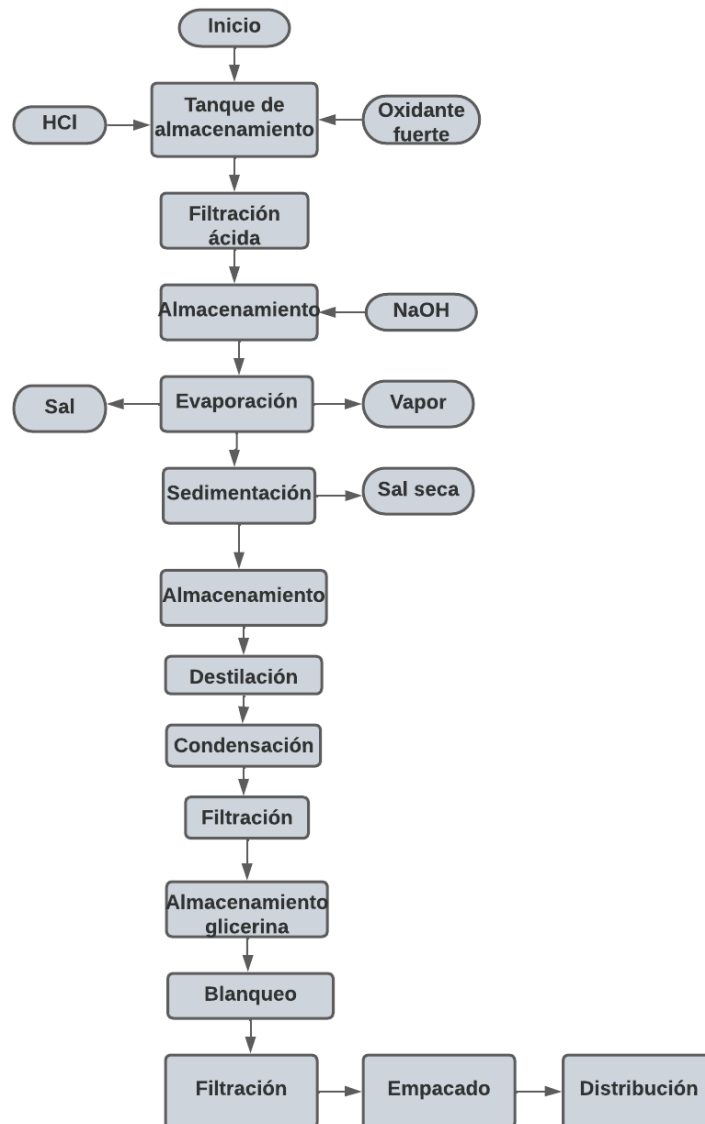


Figura 10. Proceso de producción de la glicerina. Fuente. Propia

3.3.4 Producción de limpiador líquido (detergente)

Los primeros detergentes sintéticos fueron descubiertos en Alemania en 1936, en lugares donde el agua es muy dura y por lo tanto el jabón formaba natas y no daba espuma.

El proceso productivo inicia mediante la mezcla de las materias primas, soda cáustica, ácido de dodecibenceno y agua) en un reactor batch, donde se produce el detergente mediante agitación, trabajando con temperaturas del orden de 80°C. El producto obtenido es una pasta o masa viscosa, la cual, a medida que se va obteniendo, se vuelca en un tanque donde se almacena y se suministra según necesidad. Gracias a

ello, se consigue pasar de un proceso batch a un proceso continuo. Seguidamente se realiza la atomización: se bombea la pasta a alta presión hacia una gran torre donde, a su vez, se hace pasar a través de pequeñas boquillas de 0,17 pulgadas de diámetro. Gracias a ello la pasta es “rociada” o “atomizada” en forma de pequeñas gotas, las cuales van cayendo en contracorriente con el aire caliente. El aire evapora el agua de la pasta formándose así el polvo de detergente (polvo base). El aire caliente que permite el secado de estas gotas viene proporcionado por un horno de gas natural, capaz de calentar el aire a temperaturas cercanas a los 350°C. Posteriormente se hace una selección del tamaño de partícula del polvo base mediante unos tamices, que separan las partículas demasiado gruesas, dejando pasar únicamente aquellas con un tamaño óptimo para su consumo. El polvo de detergente válido se deposita a continuación en unas cintas, donde a medida que se van transportando se le van dosificando también aditivos sólidos, como por ejemplo enzimas, los cuales dependen del tipo de detergente que se quiera obtener. Esta mezcla de polvo base más aditivos va a parar a un tambor donde se esprayen aditivos líquidos y perfumes. Cabe resaltar que éste gira constantemente con el fin de obtener una mezcla homogénea. Finalmente el producto ya terminado se deposita en una tolva de almacenamiento, la cual posteriormente suministra el detergente en carros móviles, los cuales sirven tanto para almacenar el producto como para llevarlo a las tolvas de las líneas de empaque.

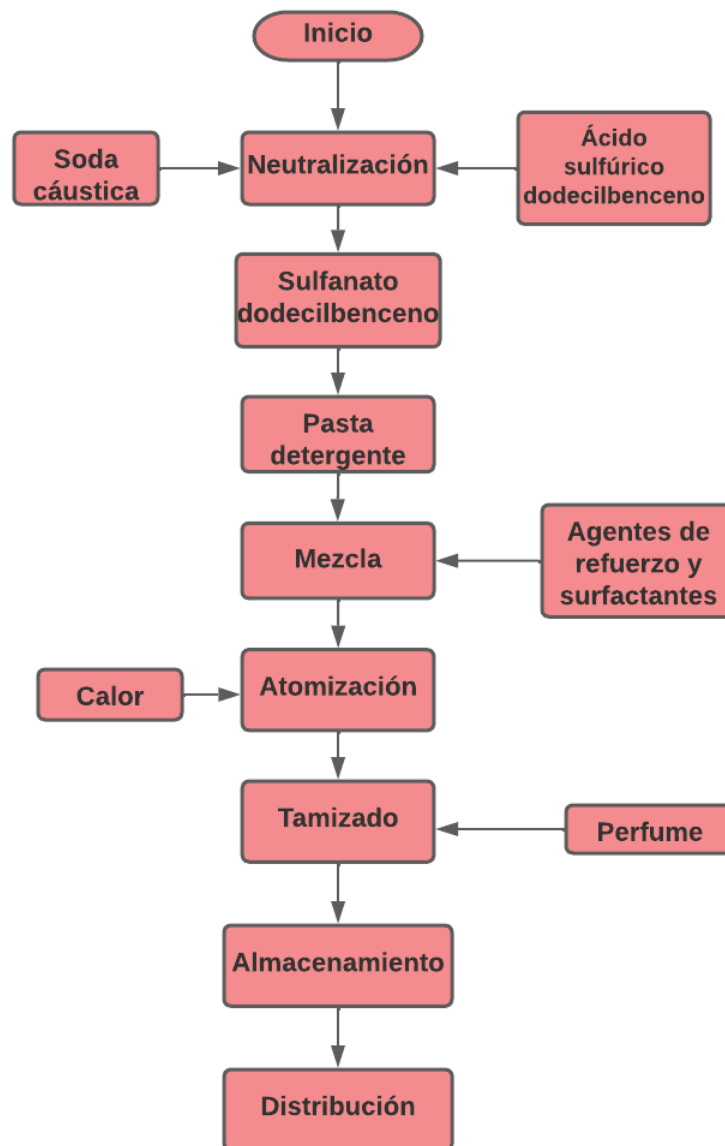


Figura 11. Diagrama de la producción de detergentes. Fuente. Propia

3.4 Ubicación

La planta de Servicios y limpieza S.A. se encuentra ubicada en la calle Tres Arroyos N° 329 de Haedo, en el partido de Morón, provincia de Buenos Aires, más específicamente dentro del parque industrial La Cantábrica.

3.4.1 Parque Industrial La Cantábrica

El parque industrial La Cantábrica fue fundado en el año 1994, utilizando como estructura una antigua metalúrgica “La Cantábrica”, la cual había quedado como un

enorme edificio en desuso. El proyecto fue impulsado por la Unión Industrial del Oeste (UIO), el Gobierno de la Provincia de Buenos Aires y la Municipalidad de Morón, conformando luego una entidad tripartita denominada EPIBAM (Ente de Promoción Industrial Buenos Aires Morón), la cual tiene actualmente a su cargo la administración del parque.

Este predio cuenta con una superficie de 60 Ha, el cual se subdivide en 3 partes, La Cantábrica I, II y III, ocupando respectivamente 21, 7 y 25 Ha, como puede observarse en la figura 12.

El predio identificado como la Cantábrica II aún se encuentra en construcción.



Figura 12. Distribución de las subdivisiones del predio. Fuente: propia

El establecimiento se encuentra clasificado, según la Ley N° 13.744 de parques industriales , Artículo N°40, como un parque industrial, en el cual puede desarrollarse actividades hasta de tercera categoría. En la actualidad, lo conforman 35 empresas nacionales y multinacionales, con un ingreso diario de 7300 vehículos y emplea actualmente a 8.000 personas aproximadamente.

En la figura 13, puede verse en color rojo la superficie ocupada por Servicios y Limpieza S.A dentro del predio La Cantábrica III.



Figura 13. Área comprendida por el predio La Cantábrica III y Servicios y limpieza S.A

El predio cuenta con servicios de agua, electricidad y gas, además, cuenta con una instalación de drenajes que conducen los efluentes industriales y cloacales hacia el Arroyo Morón, ubicado aproximadamente a 1,2 km de la planta. Todas las empresas dentro del parque tienen la obligación de volcar sus efluentes líquidos – convenientemente tratados – para luego ser conducidos por un caño principal hasta su vuelco final.

El sistema de colectoras de desagües industriales cuenta con 20 km de cañería de hormigón de 25/80 cm de diámetro. Alrededor del 90% de los efluentes del Parque, son conducidos al Arroyo Morón, mientras que el 10% restante, aproximadamente, es retirado mediante cisterna por medio de un transporte privado. El gobierno municipal -en coordinación con las autoridades provinciales- es el encargado de tomar muestras del desagüe principal para controlar y determinar la existencia de sustancias prohibidas dentro del vuelco general del complejo industrial.

3.5 Cuadro Normativo

Resulta necesario conocer los valores máximos permitidos de volcado para poder dimensionar el sistema de tratamiento de manera tal que, al depurar el efluente, se cumpla con los parámetros establecidos por la normativa. A continuación, se detallan los límites admisibles para vertido de efluentes líquidos residuales y/o industriales en conductos pluviales o cuerpo de agua superficial (Tabla 4), los cuales fueron fijados en la Resolución N° 336/03 relativa a las Normas para el vertido de efluentes líquidos (ADA).

Tabla 4: Parámetros de calidad de las descargas: Límites admisibles a cuerpo de agua superficial.

Parámetro	Unidad	Límite permitido
Temperatura	°C	<45
pH	upH	6,5-10
Sólidos sedimentables en 10 min.	ml/l	Ausente
Sólidos sedimentables en 2 hs.	ml/l	<1
Sustancias solubles en Éter etílico	mg/l	<50
Nitrógeno total	mg/l	<35
Nitrógeno orgánico	mg/l	<10
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	<25
Cloro libre	mg/l	<0,5

Parámetro	Unidad	Límite permitido
Temperatura	°C	<45
Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	50
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/l	250
Sulfatos	mg/l	N.E
Sulfuros	mg/l	<1
Hierro soluble	mg/l	<2
Cromo total	mg/l	<2
Cromo hexavalente	mg/l	<0,2
Fósforo total	mg/l	<1

La indicación de “Ausente” en la Tabla 4 es equivalente a menor que el límite de detección de la técnica analítica indicada para tal parámetro. La sigla N.E. indica que por el momento no se establecen límites permisibles. Una vez tratados los desechos líquidos, los mismos serán conducidos a través del sistema de colectora de efluentes industriales del Parque Industrial La Cantábrica hacia el Arroyo Morón, donde se volcarán finalmente. La Tabla 4 presentada anteriormente es aplicable para cuerpos de agua dulce de la Provincia de Buenos Aires, entrando en esta categoría el Arroyo Morón, destino final de vuelco del efluente en cuestión a tratar.

3.6 Caracterización del efluente.

Dentro del establecimiento, donde desarrolla actividades Servicios y limpieza S.A. se producen efluentes líquidos de dos tipos:

- 1) Aguas negras o cloacales: los residuos que convergen a esta red son generados por los empleados en las estructuras sanitarias y cafeterías.
- 2) Aguas industriales: estos vertimientos son el centro del estudio de caracterización del efluente, se genera en los siguientes procesos:

- Lavados: Descargas variables de agua residual provenientes de las actividades de producción, lavado de equipos y tanques de almacenamiento
- Condensados: Proviene de vapor condensado de diferentes equipos que utilizan calentamiento por este medio.
- Descargas: De corrientes líquidas como son la recuperación de glicerina, clarificación de lejjás, entre otros.

El detalle de los puntos de generación y sus caudales estimados se muestran en la siguiente sección.

3.6.1 Efluente Industrial

3.6.1.1 Puntos de generación

La cuantificación y cualificación de los puntos de generación de efluentes líquidos dentro del proceso productivo son fundamentales para el correcto diseño de la planta de tratamiento de efluentes líquidos. La empresa Servicios y limpieza S.A. origina efluentes en los siguientes puntos: descarga de materia prima, lavados de equipos y zonas de producción, purgas de calderas y silos, condensados, reboses y grietas, secado de jabón, evaporación y destilación de glicerina y lavados de final de proceso. De esta forma, toda el agua que se retira en los procesos anteriormente descritos es descargada a la red de recolección interna, que a su vez es llevada a un pozo de captación para finalmente verterla a la red de aguas industriales a la planta de tratamiento de efluentes para su posterior disposición.

A continuación pueden verse los puntos de generación en cada proceso productivo, junto con sus principales características.

- 1) Jabones para lavar y tocador

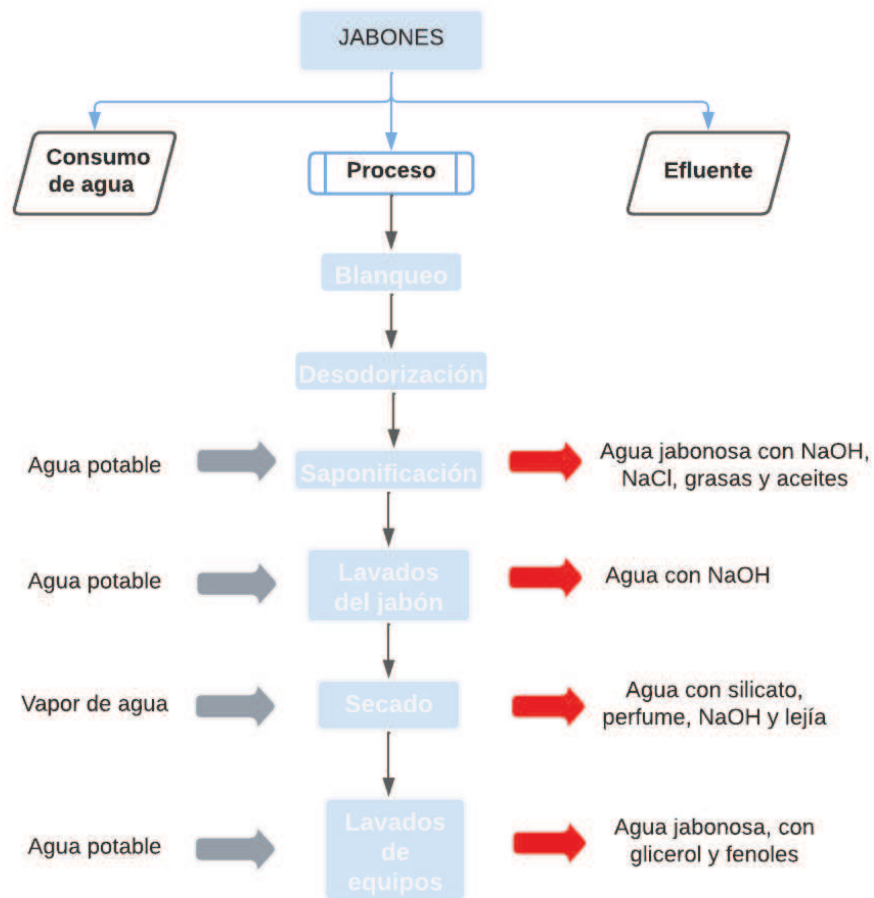


Figura 14. Puntos de generación de aguas residuales en el proceso de obtención de jabón. Fuente: propia.

2) Glicerina



Figura 15. Puntos de generación de aguas residuales en el proceso de obtención de Glicerina. Fuente: propia

3) Detergente

Proyecto Final Integrador de Ingeniería Ambiental
- Zabarini, Damián -

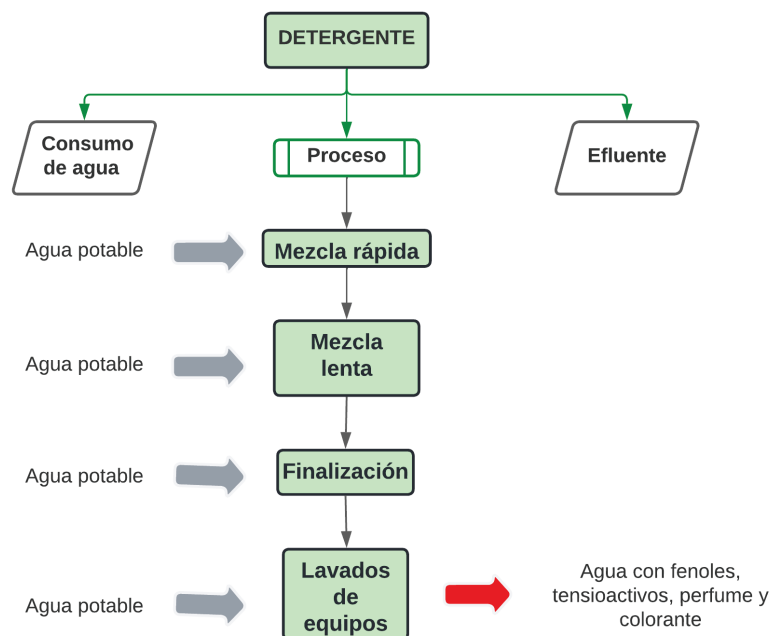


Figura 16. Puntos de generación de aguas residuales en el proceso de obtención de detergente. Fuente: propia

En la tabla 5, pueden verse los puntos de generación con el caudal estimado de generación para cada proceso, junto con una breve descripción.

Tabla 5. Efluentes líquidos generados provenientes del proceso productivo en Servicios de limpieza S.A

Punto de generación	Fuente	Cantidad de agua (m3/mes)	Cantidad de agua por Zona (m3/mes)	Frecuencia
Recepción de materias primas	Lavado de pisos	8,5	120	5 veces/semana
	Purga de silos	4,5		2 veces/semana
Glicerina	Lavado de pisos	6,5	282	2 veces/semana
	Lavado caldera	20		2 veces/semana
	Rebose torre de evaporación	0,6		3 veces/semana
	Rebose torre de destilación	0,4		4 veces/semana

Proyecto Final Integrador de Ingeniería Ambiental
- Zabarini, Damián -

Vacío I	Lavado de pisos y equipos	0,45	95	2 veces/semana
Vacío II	Rebose pozo barométrico	0,8	250	2 veces/semana
	Lavado torre barométrica	1,65		1 vez/ 2 meses
	Lavado de pisos y equipos	2,75		2 veces/semana
Jabones	Lavados	1	190	2 veces/semana
Detergente	Lavado de equipos	1,4	95	Todos los días
Calderas	Purga de las 2 calderas	20	149	3 veces/día
Total de agua industrial generada (m ³ /mes)			1181,2	

A modo de resumen puede verse la figura 17, donde se ilustran los porcentajes de agua residual generada en los procesos descritos en la tabla 5.

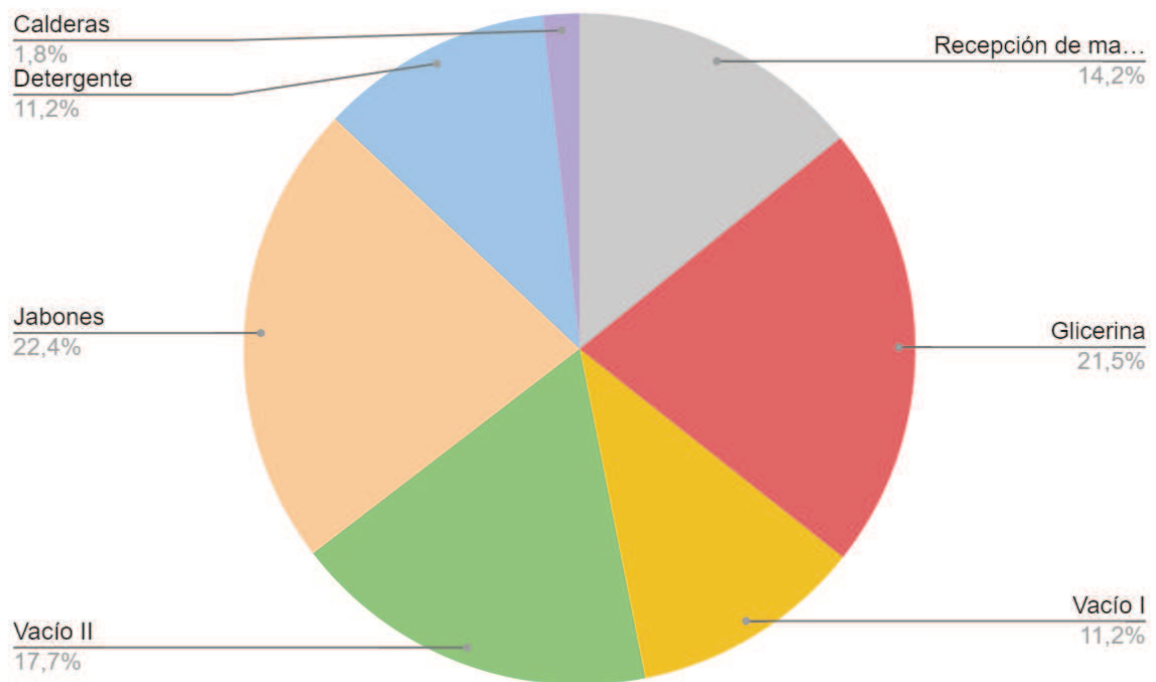


Figura 17. Peso relativo en cuanto a la generación de caudal de los diversos procesos productivos.

3.6.1.1 Características físico químicas

Otro paso importante en la caracterización de efluentes es conocer sus parámetros físico químicos para con ello poder dimensionar y elegir el sistema de tratamiento más adecuado.

Los parámetros medidos corresponden a un efluente tipo de la industria jabonera, en el cual se informa la temperatura, PH, DQO, DBO, fenoles, grasas y un parámetro importante para saber la biodegradabilidad del efluente como es la relación DBO/DQO, ver tabla 6.

Tabla 6. Parámetros físico químicos de los puntos de generación dentro del proceso productivo

Puntos de muestreo	Parámetros						
	T(°C)	pH	DQO(mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	Fenoles (mg/l)	Grasas (mg/l)	DBO/DQO
Recepción de materias primas	27	4.56	5645	3500	0,68	26305	0,62
Vacío I y II	29	4,69	6338	4500	0,37	2378,5	0,71
Glicerina	32	5	13076	8500	0,68	39233	0,65
Jabón para lavar	25	8	12500	7500	0.6	1836	0.675
Detergente	17.5	6	18750	10500	0.35	45	0.56

Como puede verse, la relación DBO/DQO para todos los pasos presenta valores mayores a los 0,5 por lo tanto puede asumirse que los puntos de muestreo presentan buenas condiciones para implementar un tratamiento biológico⁴.

3.6.2 Efluente cloacal.

Como se mencionó anteriormente, otro tipo de efluente líquido generado por la empresa serán los desechos producidos por los empleados durante la jornada laboral en los sanitarios.

Con jornadas de trabajo de 24 horas de lunes a sábado y el domingo de 6:00 am a 10:00 pm. El personal de trabajo está constituido por alrededor de **150 personas**, distribuidas en las áreas de administración, producción, operaciones técnicas, ventas y personal ocasional.

Para estimar el caudal producido por los empleados en un día tipo se procede a utilizar la ecuación 1.

$$Q_{med} (m^3/d) = \text{Dotación} (m^3/d) * \text{Personal} * 0,8 \quad (1)$$

Según Metcalf el consumo típico en de agua en una industria oscila entre los 80 y 120 l/d, sin embargo debido a que el establecimiento posee 6 duchas, se estima un dotación aproximada de 250 L/hab día y el valor de 0,8 asume que el 80% del agua para dotación se transforma en cloacal se obtiene el caudal medio.

$$Q_{\text{mdiaro}} (m^3/h) = 1.25 m^3/h$$

$$Q_{\text{mmes}} (m^3/h) = 900 m^3/mes$$

Sin embargo este caudal fluctúa en el horario laboral según la demanda de los operarios, por ellos se realizó la tabla 7, teniendo en cuenta esta variante.

Tabla 7. Variación del caudal con respecto a la generación en un día tipo.

Hr	Aproximación	Q horario (m ³ /h)
0:00 - 4:00 AM	Q med horario * 0,2	0,25
4:00 -8:00 AM	Q med horario * 0,6	0,75
8:00 - 12:00 AM	Q med horario * 1,1	1.375
12:00 - 16:00 PM	Q med horario * 1,8	2.25
16:00 - 20:00 PM	Q med horario * 0,8	1
20:00 - 24 PM	Q med horario * 1,2	1.5

--	--	--

En la figura 18, puede verse esquematizado el comportamiento del caudal cloacal en un día tipo dentro de la planta industrial de Servicios y Limpieza S.A

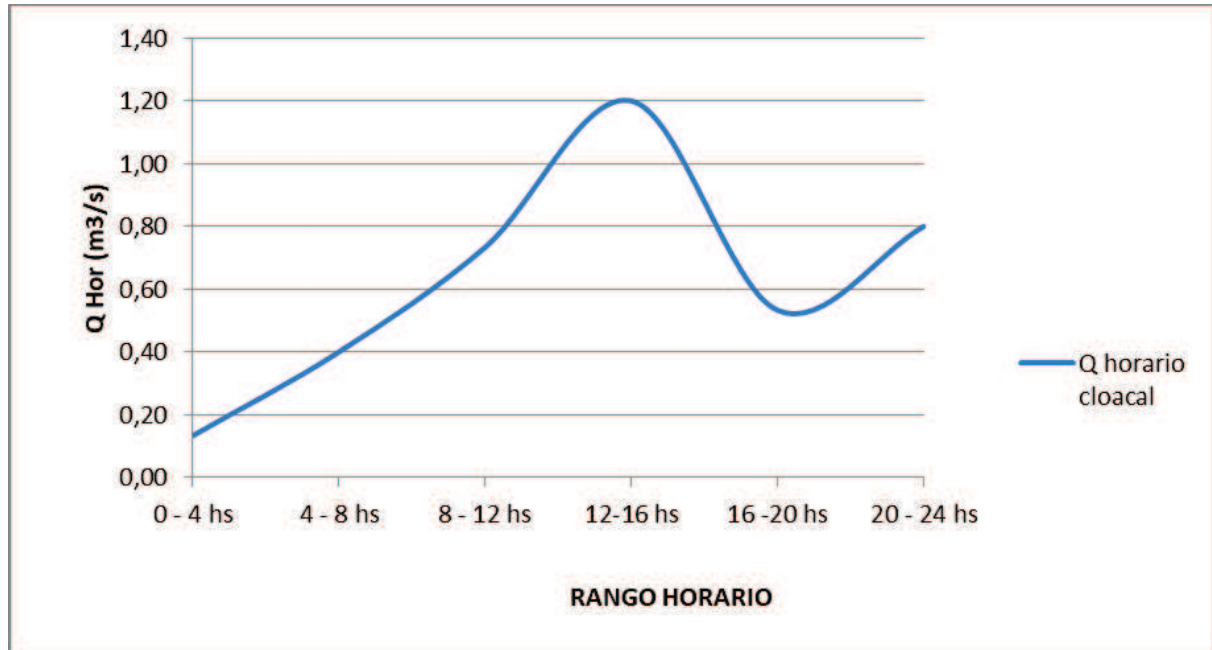


Figura 18. Variación del caudal cloacal. Fuente: Propia

3.4.3.1 Características físico químicas del efluente cloacal

Los parámetros físico químicos de los efluentes cloacales son obtenidos a través de bibliografía, ya que los mismos cuentan con un amplio estudio y caracterización. Los parámetros pueden verse en la tabla 8.

Tabla 8. Parámetros fisicoquímicos de los efluentes cloacales⁴.

Parámetro	Unidad	Valor promedio
Sólidos totales (ST)	mg/L	720
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/L	210
DBO ₅	mg/L	190

DQO	mg/L	430
Nitrógeno total	mg/L	40
Nitrógeno amoniacal	mg/L	25
Fósforo total	mg/L	7
Grasas y aceites	mg/L	90
Coliformes totales	UFC/100 ml	10^7 - 10^9
Coliformes fecales	UFC/100 ml	10^4 - 10^6

3.5 Arroyo Morón

El arroyo Morón forma parte de la cuenca del Río Reconquista, nace en el partido homónimo, dentro de la provincia de Buenos Aires y tiene 16 km de longitud. Abarca los partidos de La Matanza, Morón, Ituzaingó, Hurlingham, Tres de Febrero y San Martín, donde actualmente en las cercanías de este arroyo viven 650 mil personas, la superficie del arroyo Morón cuenta con una área de 88 km cuadrados, un 5 % del área total de la cuenca del Reconquista, lo que lo convierten en uno de los principales afluentes.

En el partido de Morón se halla entubado, funcionando como una colectora pluvial, mientras que llegando al Partido de Hurlingham se encuentra a cielo abierto a partir de la calle Bradley.

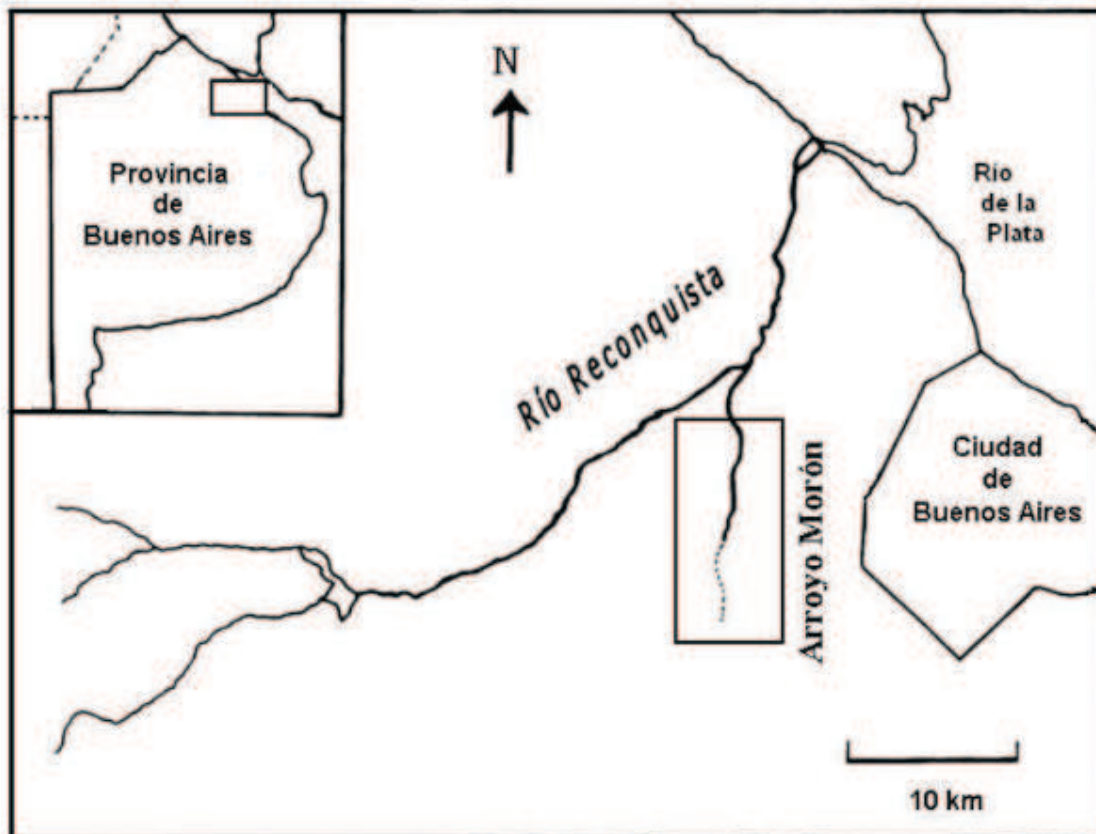


Figura 19. Cuenca del Reconquista y ubicación del Arroyo Morón⁵

A lo largo de su recorrido recibe descargas clandestinas de efluentes domiciliarios e industriales de muy diversos rubros, que representan un considerable aporte de carga contaminante orgánica, inorgánica y microbiológica⁵.

La cuenca del Arroyo Morón se caracteriza por desarrollarse como una llanura de escasa pendiente, con cotas que oscilan entre 30 metros en sus nacientes, hasta 5 metros sobre el nivel del mar en su porción final. El caudal medio es del orden de los 80.000 m³/día, habiendo detectado caudales máximos de hasta 7.000.000 m³/día luego de precipitaciones muy intensas⁵. Si bien se trata de un curso de pequeñas dimensiones, el arroyo Morón reviste una enorme importancia, no sólo por recorrer un área de elevada concentración urbana e industrial, sino también por ser responsable de gran parte de la contaminación del río Reconquista en el cual desemboca, e indirectamente, del Río de la Plata, fuente de agua para la población de la ciudad de Buenos Aires y alrededores.

3.6 Tratamiento y disposición final del efluente líquido

Comparando los valores de los parámetros de caracterización del efluente crudo producido por la industria descrita con los establecidos por la Resolución (Tabla 9), se puede concluir que resulta esencial el tratamiento de los desechos líquidos previo a ser volcados finalmente al cuerpo de agua, de manera de asegurar una correcta disposición en el ambiente, disminuyendo el riesgo de contaminación química y orgánica que pueda ser nociva para los seres humanos, la flora y la fauna. En color rojo pueden apreciarse los parámetros que se encuentran por encima del valor de vuelco permitido por normativa, mientras que en color verde, se encuentran los parámetros por debajo de los valores establecidos por la ley.

Tabla 9: Comparación de los valores entre el efluente y la normativa aplicable

Variable	Unidad	Servicios de limpieza S.A	Normativa (Cuerpo de agua Sup)	Metodología empleada
Caudal	m ³ /h	1.02	-	-
pH	upH	8.2	6,5-10	4500 H ⁺ . Std. Methods
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/l	1200	<35	2540. Std. Methods
DBO ₅	mg/l O ₂	1545	<50	5210 Std. Methods
DQO	mg/l O ₂	2625	<250	2350 Std. Methods
S.S.M.A	mg/l	1098	<50	5520 Std. Methods
Temperatura	°C	16	<45	2550B Std. Methods
Fósforo total	mg/L	7,5	≤ 1,0	4500 P. Std. Methods

Nitrógeno total	mg/L	6,4	≤ 35	4500 N org. B. Std. Methods
Sulfuros	mg/L	<0,05	$\leq 1,0$	4500 S ⁻² . Std. Methods
Cloro libre	mg/L	<0,2	$\leq 0,5$	4500 Cl ⁻ . Std. Methods

En las próximas secciones, se realizará una propuesta de tratamiento de dichos efluentes teniendo en cuenta las características del mismo, la disposición del terreno que se posee, el entorno social y ambiental en el que se localiza y las características del cuerpo receptor con sus respectivos valores máximos permitidos de los parámetros, fijados por la normativa aplicable.

A su vez se presentará la memoria descriptiva y cálculos realizados para el dimensionamiento y diseño de la planta, la cotización y planos de la misma y una evaluación de los potenciales impactos ambientales que conllevarán la realización del proyecto.

IV. Descripción del Tratamiento y Análisis de las Alternativas

A partir de la caracterización del efluente líquido industrial y cloacal, se analizaron las posibles alternativas para el tratamiento del mismo, de modo tal de disminuir el valor de los parámetros a valores que se encuentren por debajo del límite de vuelco a cuerpo de agua establecido por la normativa vigente. Se tuvieron en cuenta a la hora de elegir los procesos y unidades la composición del efluente, el terreno destinado a la planta y sus características, el tipo de suelo que presenta y los datos meteorológicos propios de la zona.

A continuación, se presenta el diseño de tres alternativas para el tratamiento del efluente crudo generado por el proceso industrial, con sus respectivos estudios de eficiencia y condiciones económicas. Los mismos fueron llevados a cabo con el objeto de desarrollar la mejor alternativa posible.

4.1 Descripción del tratamiento

El presente informe desarrollará **tres alternativas** para el tratamiento de efluentes generados por la industria Servicios de limpieza S.A., las cuales son:

1. Proceso de *Lodos activos*
2. Proceso *DAF + Lodos activos*
3. Proceso anaerobio *UASB + Lodos activos*

Las tres alternativas contarán con un pretratamiento inicial, compuesto por un sistema de desbaste que busca eliminar sólidos de diferentes tamaños que se encuentren en suspensión y un tanque de homogeneización, con el objetivo de ajustar parámetros tales como caudal, pH y temperatura.

Luego de esto, todas las alternativas continuarán con un tratamiento primario constituido por un proceso de eliminación de grasas, coagulación, floculación y sedimentador primario o clarificador, cuyas funciones principales son disminuir los parámetros que puedan afectar al tratamiento biológico posterior y no puedan ser degradados en éste, así como reducir parámetros de vuelco.

Dentro de las propuestas mencionadas podemos notar que la alternativa 2, busca dar una mayor eficiencia al proceso de eliminación de grasas cambiando la trampa de grasas convencional por un sistema DAF.

Por otro lado, la alternativa tres busca generar un menor consumo de energía, generación de lodos y espacio ocupado, sumando a la opción 1, un proceso anaeróbico (UASB) antes del reactor de lodos activos.

En la figura 20, puede verse un diagrama esquemático de los puntos del proceso productivo donde se generarán efluentes líquidos, los pasos de la planta de tratamiento, junto con las tres alternativas mencionadas anteriormente.

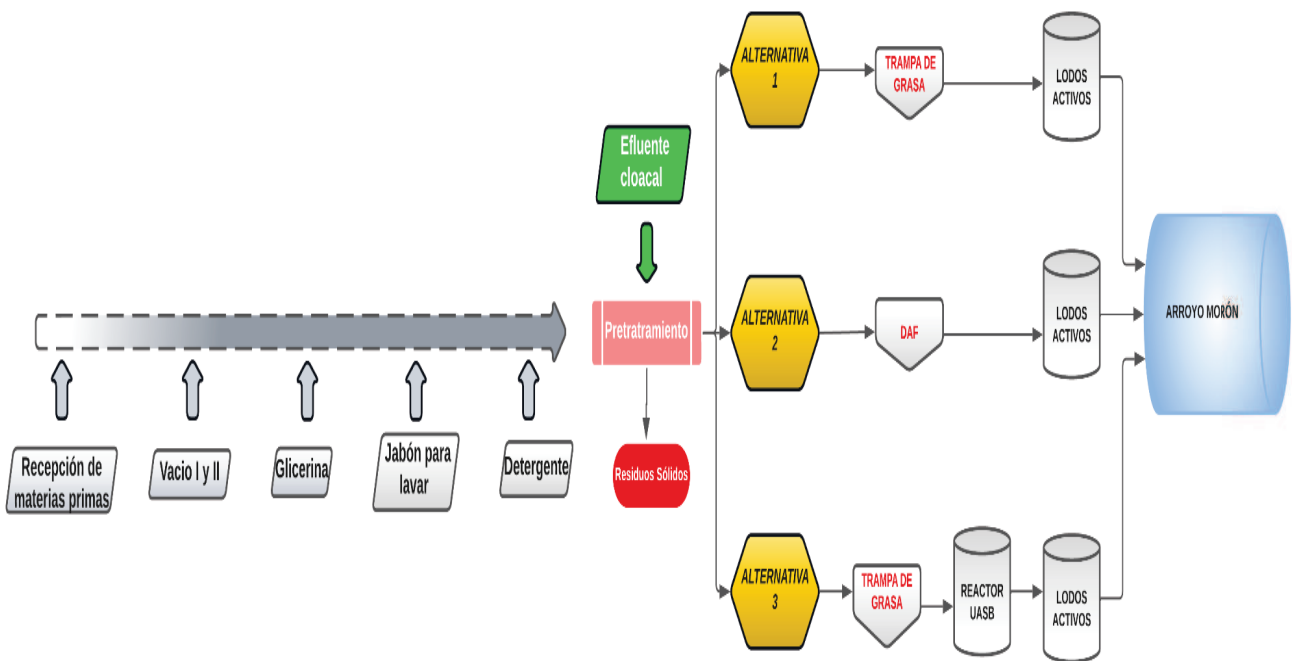


Figura 20. Diagrama general de las tres alternativas para el tratamiento de efluentes. Fuente: Elaboración propia.

4.2 Descripción de alternativas

Como se mencionó anteriormente, en el presente informe se desarrollarán tres alternativas para realizar el tratamiento de los efluentes líquidos generados por la planta de Servicio de limpieza S.A.

Esta sección se enfocará en brindar las características de los sistemas planteados y compararlas en cuanto a la superficie ocupada, costo de mantenimiento, energía consumida, producción de lodos, generación de energía y costo de inversión. Eligiendo así, la alternativa que presente las condiciones comparativas más favorables.

La depuración mediante un tratamiento aeróbico o lodos activos se presentará en las tres opciones, sin embargo, en las opciones restantes, se desarrollarán dos tipos de tratamientos previo para disminuir la materia orgánica presente en el efluente, una de éstas consta en sustituir la trampa de grasas convencional planteada en la primera opción por un sistema de flotación por aire disuelto (DAF). Mientras que la tercera opción, plantea instalar un sistema de tratamiento anaeróbico (UASB), buscando así generar menos barros y consumir menos energía al utilizar un reactor aeróbico más pequeño.

4.2.1 Alternativa 1: Lodos activos

La primera opción propone la depuración de materia orgánica a través de un proceso de lodos activos. El mismo sistema cuenta con un reactor de mezcla completa al que se le proporciona aire para facilitar la mezcla constante y mantener la concentración de oxígeno, seguido de un sedimentador secundario, en donde se separa el efluente clarificado de los lodos. Allí, los lodos que son separados vuelven al reactor para mantener la concentración de microorganismos, mientras que la otra parte se purga, ver figura 21.

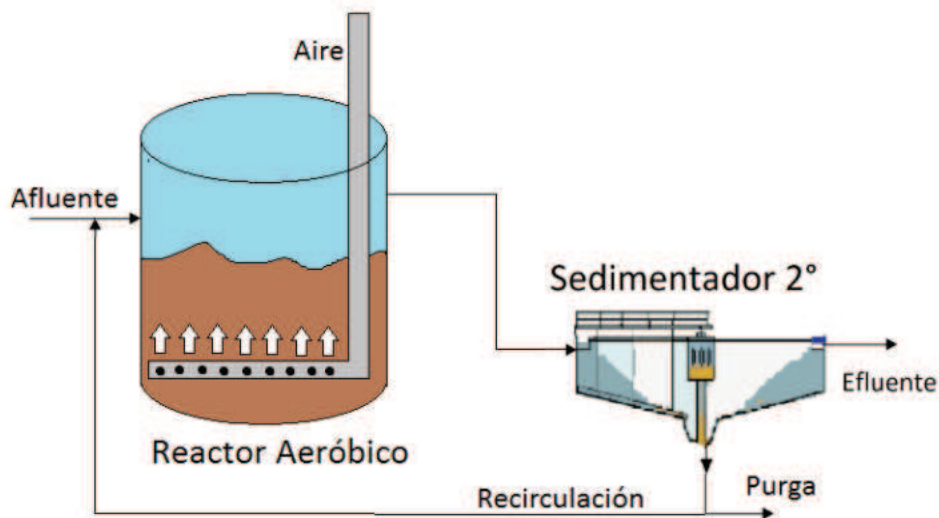


Figura 21. Esquema de un reactor de lodos activos junto al sedimentador secundario⁴.

El efluente ingresa a un reactor, en el cual se desarrolla un cultivo bacteriano aerobio en suspensión, conocido como “licor mezcla”.

Tanto la aireación como la mezcla se obtienen mediante un sistema de aireación compuesto por un compresor de aire y difusores de burbuja fina. Estos últimos se colocan sobre el fondo del reactor y son sumamente eficientes para la distribución de aire, siendo ésta directamente proporcional a la altura del líquido.

Luego de un cierto período de tiempo, el licor mezcla ingresa en el decantador secundario, donde se obtienen dos corrientes bien diferenciadas: la biomasa decantada y el líquido clarificado. Mientras que una fracción de la biomasa sedimentada se recircula al reactor aeróbico y otra es eliminada del sistema mediante la purga del mismo, el líquido clarificado ingresa al canal de efluentes del parque industrial, para luego ser volcado al cuerpo de agua receptor. A través de la recirculación se logra mantener en el reactor la concentración de células deseada.

Un funcionamiento eficiente de los Lodos Activados dependerá de lograr un buen equilibrio entre la concentración del contaminante que debe ser eliminado, la biomasa y el oxígeno suministrado.

4.2.2 Alternativa 2: DAF + Lodos activos

Cómo se mencionó al inicio de esta sección, la segunda opción constará de sustituir la trampa de grasas por un sistema de flotación por aire disuelto DAF, aumentando la eficiencia del sistema en la depuración de grasa presente en el efluente y la materia orgánica disuelta. Logrando así, desarrollar un sistema de lodos activos de menor tamaño con un menor consumo de oxígeno y por lo tanto de energía.

Los sistemas DAF son equipos de separación de partículas sólidas, grasas y aceites, diseñados para clarificar aguas residuales (industriales y urbanas) o acondicionar aguas superficiales o marinas para su posterior tratamiento y reutilización. Estos equipos separan los sólidos, las grasas y aceites en el agua generando unos lodos altamente concentrados, además, permiten reducir sustancialmente la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO).

Los sistemas DAF están especialmente diseñados para tratar aguas con sólidos que necesitan una gran área superficial para su flotación y separación, y que no tienen la suficiente fuerza ascensional para flotar.

Una bomba de recirculación redirige parte del agua clarificada a la salida de la unidad DAF a un sistema de presurización/saturación. El agua recirculada es presurizada por la bomba hasta aproximadamente 6 bares y mezclada con aire presurizado. Bajo estas condiciones de presión, el aire queda disuelto en el agua.

Dentro de la unidad DAF ocurre la despresurización, lo que resulta en la generación de microburbujas de aire.

Las microburbujas de aire disuelto permiten la eliminación de sólidos y flóculos que no poseen suficiente flotabilidad. Las burbujas son de entre 30-50 micras de diámetro, dimensiones esenciales para que la flotación sea eficiente. Las burbujas se adhieren rápidamente a partículas de dimensiones similares y mayores y se elevan hasta la superficie.

Esta mezcla de agua y burbujas es homogéneamente distribuida en el compartimento de entrada a la unidad DAF bajo condiciones de régimen laminar y las partículas se redirigen directamente al sistema de deshidratado en la parte superior de la unidad, donde son eliminadas mediante un sistema de skimmers especialmente diseñado. La

materia sedimentable desciende hasta el compartimento de sedimentos en el fondo de la unidad DAF y es descargada por el sistema de extracción de lodos. El agua clarificada abandona la unidad mediante un sistema ajustable de sobrenadante. Parte de esta corriente de agua clarificada será redireccionada por la bomba de recirculación para entrar en el sistema de compresión y saturación anteriormente descrito.

En la figura 21, puede verse esquematizado un sistema DAF.

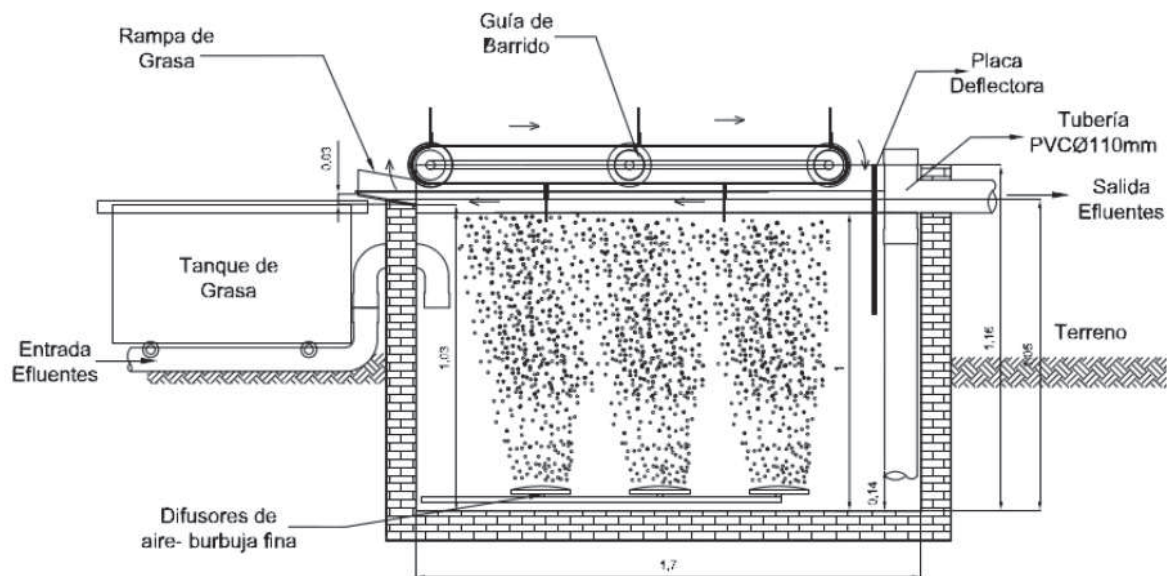


Figura 21. Esquema de un sistema DAF⁶.

Dentro de las ventajas de utilizar un sistema tipo DAF pueden mencionarse:

- Reducción de sólidos totales suspendidos (TSS) de hasta un 97%
- Eliminación de demanda de oxígeno químico (DQO) de hasta un 85%
- Bajo costo operativo y de mantenimiento
- Unidades personalizadas y estándar que satisfacen una variedad de aplicaciones y rangos de caudales
- Diseñado para un fácil uso e instalación
- Apto para agua con alta salinidad

4.3.3 Alternativa 3: Reactor UASB + Lodos activos

Por último, la tercera opción consta de instalar un sistema de tratamiento anaeróbico antes del sistema de tratamiento de lodos activos, buscando así disminuir las dimensiones del sistema de tratamiento de lodos activos, como la generación de lodos y el consumo de energía, por otro lado, utilizar el biogás generado en el proceso anaeróbico dentro del proceso productivo.

La digestión anaeróbica es un proceso microbiológico complejo que se realiza en ausencia de oxígeno, donde la materia orgánica se transforma en biomasa y compuestos orgánicos, la mayoría de ellos volátiles. Más allá de ser muy eficientes para remover efluentes con altas cargas orgánicas, en la mayoría de los casos se recomienda que luego exista un post tratamiento aeróbico para remover compuestos orgánicos e inorgánicos, material suspendido y nutrientes.

Las principales ventajas de realizar un tratamiento mixto son las siguientes:

- Reducir generación de lodo
- Reducir consumo de energía
- Reducir consumo de nutrientes
- Reducir área ocupada
- Reducir costo operacional
- Generación de biogás energético
- Reducción de posibilidad de ocurrir el “Bulking Sludge” (bacterias filamentosas)
- Mayor flexibilidad operacional

Los reactores UASB (anaerobio de flujo ascendente con manto de lodos), son capaces de tratar un efluente que posee elevada carga orgánica con un gran porcentaje de remoción, sin requerir complejas tareas de operación y mantenimiento. Tiene como objetivo degradar los contaminantes presentes en el agua residual en ausencia de oxígeno. La tecnología de este reactor permite separar internamente el efluente tratado, la biomasa y el biogás. El Reactor UASB (Figura 22) se conforma de dos secciones principales: el manto de lodos y el separador GLS (Gas, Líquido y Sólido). El afluente ingresa desde el fondo del tanque y atraviesa el manto de lodos constituido por microorganismos que llevan a cabo la degradación de los contaminantes orgánicos. En la parte superior, se encuentra el separador GLS de tres fases que tiene la función de colectar el biogás producido por las bacterias. De manera simultánea, promueve la sedimentación de los sólidos. Finalmente, el agua tratada sale por la parte superior del reactor.

Los lodos generados en exceso son purgados en el fondo del reactor, ver figura 22 .

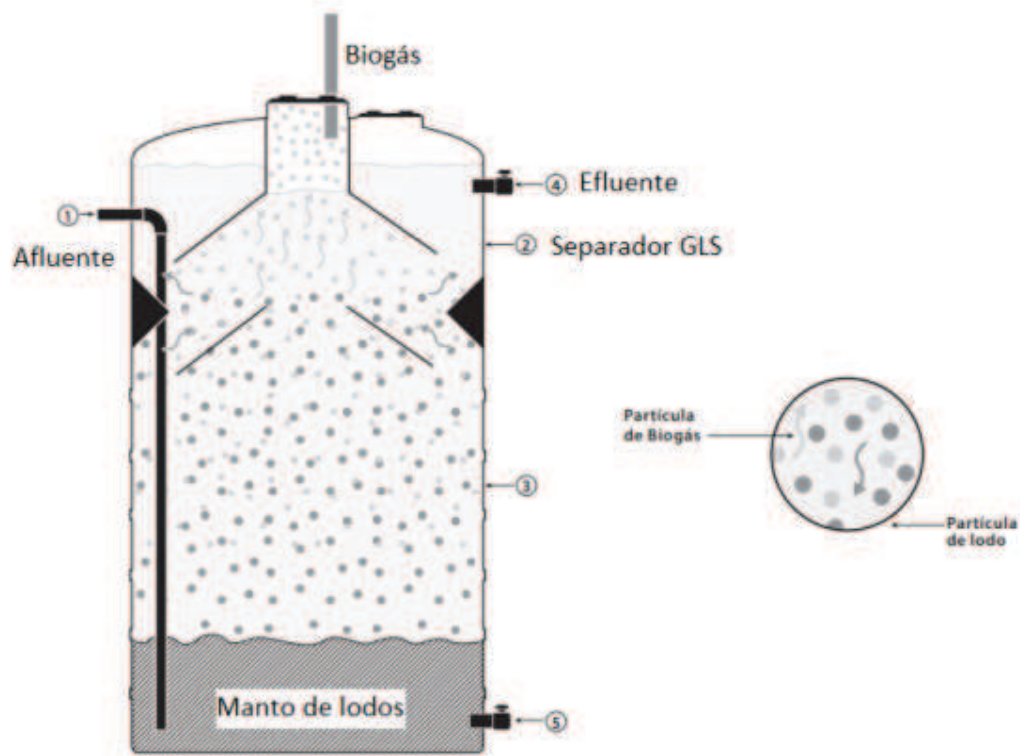


Figura 22. Esquema de un reactor UASB⁷.

Las bacterias se forman naturalmente en flóculos y gránulos sin necesidad de un soporte en el que se desarrolle el crecimiento bacteriano. Es destacable que estos gránulos resisten el lavado natural de la operación del reactor, haciendo que la retención del lodo logre altas tasas de remoción de la carga orgánica en el efluente. El separador de fases (efluente, lodo y biogás) está compuesto por deflectores que impiden el ascenso del lodo, una campana desarrollada para captar el biogás y vertederos en el perímetro que permiten la salida del efluente ya tratado. Los procesos anaeróbicos empleando reactores UASB presentan varias ventajas respecto a los procesos aeróbicos convencionales. En general, un reactor UASB presenta las siguientes ventajas:

- 1) Sistema compacto, con bajos requerimientos de espacio
- 2) Bajos costes de construcción y operación
- 3) Baja producción de lodos
- 4) Bajo consumo energético (solamente para el bombeo del influente, si es necesario).
- 5) Buenas eficacias de eliminación de materia orgánica, entre el 65 y 75%

- 6) El lodo en exceso presenta una concentración elevada y buenas características de deshidratación
- 7) Producción de biogás recuperable

Aunque el reactor UASB presenta varias ventajas, todavía existen algunas desventajas y limitaciones:

- 1) Tiempo necesario para la puesta en marcha del sistema elevado
- 2) Necesidad de una etapa de post-tratamiento.

4.3 Análisis comparativo

4.3.1 Pre Análisis

En esta sección se desarrollará un análisis técnico y económico sobre las 3 alternativas planteadas para el tratamiento de los efluentes generados por la empresa Servicios de limpieza S.A, a partir de este análisis comparativo se optará por el sistema que presente las mayores ventajas.

4.3.1.1 Análisis técnico

Una vez conocidas las características básicas del funcionamiento de las diferentes alternativas de tratamiento biológico, se procedió a dimensionar las mismas, con el fin de obtener un panorama general de la cantidad de espacio ocupado, requerimiento de oxígeno y energía, producción de lodos y la eficiencia del sistema, como principales variables determinantes para la elección del tratamiento a llevarse a cabo. Los cálculos realizados para el diseño de las unidades se presentan en el Anexo I.

A su vez, se procederá a evaluar los costos estimativos de cada uno, tanto de la inversión inicial, como de la operación y mantenimiento.

A partir de las características del dimensionamiento calculado, y de ciertos datos extraídos de bibliografía, se procedió a realizar un cuadro comparativo entre las distintas alternativas propuestas (Tabla 10).

Tabla 10. Estructura comparativa entre las tres alternativas planteadas.

Analisis comparativo de las alternativas	Lodos activos	DAF + Lodos activos	UASB + Lodos activos
--	---------------	---------------------	----------------------

Proyecto Final Integrador de Ingeniería Ambiental
- Zabarini, Damián -

Espacio requerido	69	21.31	43.5
Eficiencia de remoción	98.1	97	87
Cantidad de difusores	117	24	25
Eliminación de SSEE	BAJO	ALTO	MEDIO
Producción de fango	ALTO	MEDIO	BAJO
Gastó energético	ALTO	ALTO	BAJO
Confiabilidad			
Resistencia a cargas de choque de materia orgánica.	Son sensibles a cambios de carga orgánica bruscos	Es sensible a variaciones de temperatura y concentración de sólidos suspendidos. Tolera una carga contaminante alta.	Muy sensible a la variación en la concentración o temperatura del efluente.
Sensibilidad de operación intermitente	Operación intermitente poco recomendada	La operación puede ser intermitente sin causar dificultad.	Los lodos anaerobios adaptados pueden mantenerse sin alimentación por largos períodos de tiempo, por lo que el proceso resulta muy adecuado para las industrias que trabajan de forma cíclica.
Requerimiento de personal	Requerimiento de personal con nivel técnico avanzado. 2 operarios en 2 turnos de 8 horas diarias.	Nivel técnico avanzado. Un operador en turno de 8 horas diarias.	Nivel técnico. Un operador en turno de 8 horas diarias.
Dependencia tecnológica u operación compleja	Complejidad en la operación y mantenimiento con una mediana dependencia del nivel tecnológico.	Con alto nivel de dependencia tecnológica, condiciones óptimas de trabajo difíciles de alterar y operación sencilla.	Reactores estables, confiables, seguros y fáciles de operar ⁸ .
Ampliaciones futuras	Se puede adaptar a modificaciones futuras, mediante la adición de equipos	Se puede adaptar a modificaciones futuras, mediante la adición de equipos	El reactor necesita poco espacio. Por lo tanto si el caudal aumentará se podría dimensionar otro reactor en paralelo
	Necesitan bastante energía	Consumo elevado de energía	Consumo de energía

Requerimientos y costos energéticos	para operación	eléctrica para la aireación.	bajo en comparación a las otras alternativas
-------------------------------------	----------------	------------------------------	--

Mediante la tabla 10, podemos observar que el tipo de tratamiento que presenta la **mayor cantidad de ventajas** comparativas (ítems en verde) es la **alternativa 2 (DAF + Lodos activos)**.

Por otro lado, la alternativa 1 es la que presenta la mayor cantidad de puntos desfavorables, siendo los de mayor peso comparativo el gasto energético necesario y la producción de lodos, sin embargo, es la alternativa que presenta el grado de mayor eficiencia de remoción de DBO.

4.3.1.2 Analisis económico

Para realizar un análisis económico comparativo preliminar entre las tres alternativas, se tuvo en cuenta lo siguientes costos de inversión inicial:

- Metros cuadrados de hormigón.
- Número de difusores para cubrir el requerimiento de oxígeno.
- Equipos extra, como son el reactor UASB y DAF.

El precio del hormigón y de los difusores de aire puede verse en la tabla 48, en la sección de cálculos y presupuestos.

Mientras que el precio del reactor UASB y el DAF se estimaron mediante la página web alibaba.com.

Por otro lado, los costos de operación y mantenimiento generados una vez que la planta fue construida, se obtuvieron de forma cualitativa en base a bibliografía.

Tabla 11. Análisis económicos de las diferentes alternativas

Analisis económico	Lodos activos	Lodos activos + DAF	UASB + Lodos activos
Costó por difusor* (USD)	4680	960	1000
Costó equipo extra (USD)	-	3525**	7500***

Hormigón para lodos activos (22 USD/m ²)	1518	462	957
Costó total (USD)	6198	4485	8500
Costó de operación	alto	medio	bajo
Costó de mantenimiento	alto	alto	bajo

*El precio de los difusores se obtuvo multiplicando el precio unitario (22 USD) por la cantidad necesaria, ver tabla 10.

**Estimación del costo del sistema DAF

**Estimación del costo del reactor UASB

De la tabla 11, puede observarse que la alternativa que necesitará una mayor inversión inicial es la uno, en contraposición, la **alternativa 2 presenta el costó de inversión inicial más bajo.**

Por otro lado, la alternativa 3 será la que presente una mayor ventaja comparativa en cuanto a gastos de operación y mantenimiento, gracias a su menor consumo de energía y generación de lodos.

4.4 Selección de alternativas.

En base al análisis técnico y económico de las tres alternativas desarrolladas en la sección anterior, se concluye que la **alternativa 2 (sistema DAF + lodos activos)** es la que presenta mayores ventajas en comparación con la alternativa 1 y la alternativa 3. Dentro de estas ventajas, se puede enumerar la gran eficiencia de remoción de contaminantes, la menor área requerida para desarrollarla y el menor costo de inversión inicial.

Asimismo, otro factor relevante es la elevada eficiencia que posee la alternativa 2 a la hora de remover grasas y aceites, los cuales están presentes de forma elevada en el efluente a tratar.

A partir de lo mencionado anteriormente, se puede concluir que la alternativa 2, la cual incluye el sistema DAF + lodos activos, es la más apropiada y por ello fue seleccionada para desarrollar en este informe.

4.5 Planta de tratamiento de efluentes líquidos.

En base a lo marcado en el ítem anterior, el sistema de tratamiento se distribuirá de la siguiente manera, como primera medida el efluente industrial pasará por un pretratamiento, compuesto por un sistema de rejillas, tanque de homogenización, donde se estabilizarán condiciones de caudal, Ph, temperatura, y concentración.

Mediante propulsión, se transportará el efluente del tanque de homogeneización al tratamiento primario constituido por el sistema DAF, luego el efluente pasará por un proceso de coagulación para la eliminación de fósforo, que luego decantarán en un clarificador o sedimentador primario, una vez pasado esto, el efluente se dirigirá al tratamiento biológico por lodos activos, luego el efluente que ya cuenta con parámetros de vuelco, pasará al sistema de tratamiento terciario constituido por filtro de arena, y la cámara de cloración. (Figura 23).

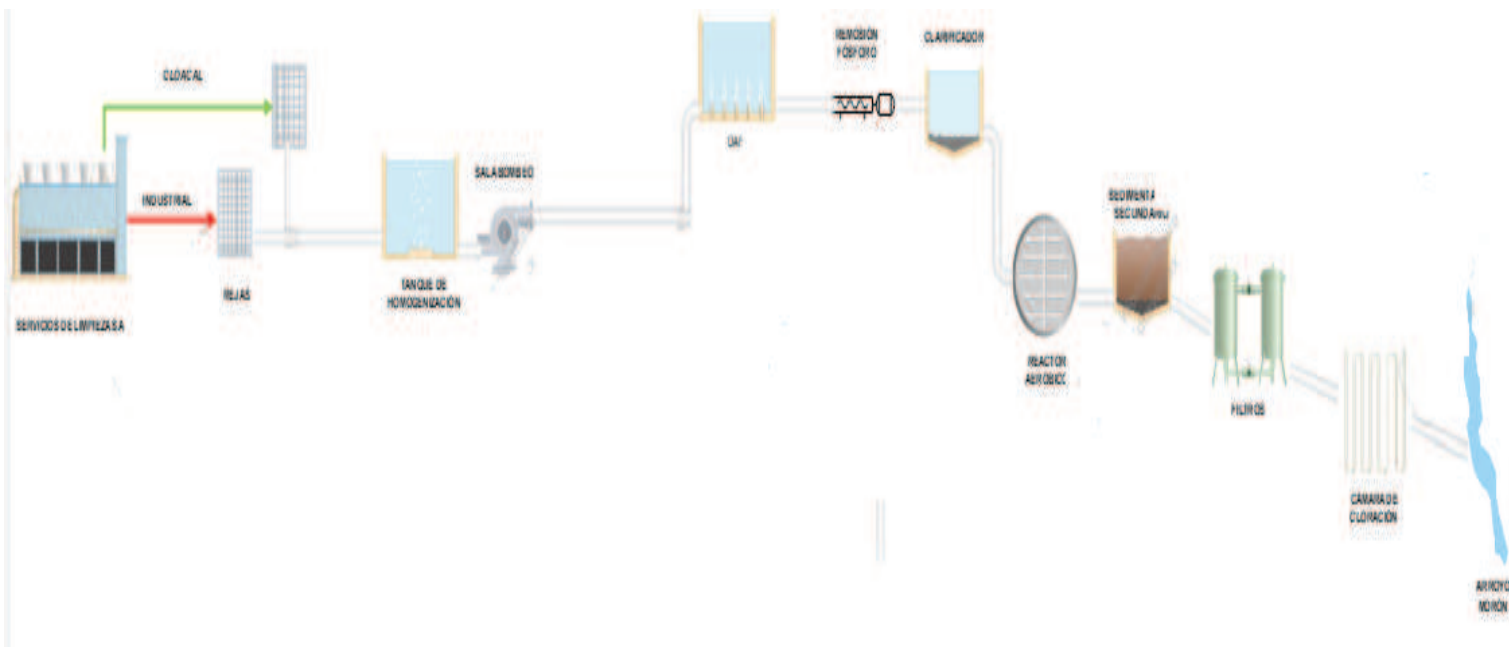


Figura 23. Diagrama del proceso de tratamiento. Fuente: Propia

V. Memoria descriptiva del sistema seleccionado

En esta sección, se detalla cada etapa del tratamiento seleccionado, además con las condiciones de diseño (Q, DBO, DQO, etc), se realiza el dimensionamiento de los mismos.

5.1 Pretratamiento

El sistema de pretratamiento del efluente consta de un sistema de desbaste, el cual, tendrá como objetivo retener los sólidos voluminosos que podrían generar atascamientos o problemas de funcionamiento en los siguientes pasos del tratamiento. Los residuos extraídos por el sistema de desbaste se someterán a un proceso de escurrido para eliminar el agua antes de su tratamiento y disposición.

Para el dimensionamiento, se consideró el caudal máximo de efluente que puede generarse en el proceso productivo y cloacal, de manera de abarcar las condiciones más desfavorables con las que se puede trabajar.

Por otro lado, para los equipos posteriores al tanque de homogeneización el diseño de los equipos se realizará con un caudal constante de $12 \text{ m}^3/\text{h}$.

5.1.1 Rejas

Se desarrolla el diseño del sistema de un sistema de rejas, para eliminar los sólidos presentes en el efluente cloacal e industrial.

Cabe destacar que se realizarán dos sistemas idénticos de rejas en paralelo, de manera tal de asegurar el continuo tratamiento del efluente, previo a los tratamientos llevados a cabo en las unidades posteriores, incluso en períodos de mantenimiento o en el caso de surgir algún inconveniente o desperfecto en el funcionamiento de uno de ellos.

5.2.1.2 Sistema de rejas

Se optó por un sistema de rejas de limpieza automática debido a la elevada cantidad de sólidos que presenta el efluente.

El caudal de máxima generación en la corriente industrial es de ($Q \text{ máx} = 4,93 \text{ m}^3/\text{h}$). Para realizar el dimensionamiento, se adoptaron valores típicos de ciertos parámetros, entre ellos, la velocidad de acercamiento (v), factor de forma circular (β) y ángulo de inclinación de la reja (θ). La memoria de cálculo es la siguiente:

Para conocer el área del canal (A_c), se obtuvo de la siguiente manera, ecuación (2):

$$\text{Área canal} = \frac{\text{Caudal máximo}}{\text{Velocidad de acercamiento}} \quad (2)$$

Donde:

Velocidad de acercamiento (m/s): 0.3

Caudal Máximo (m/s): 0,00137 - 0.00164 (con margen de seguridad del 30%)

$$\text{Área canal} = 0,00205 \text{ m}^2$$

Se corroboró con el caudal máximo, que las velocidades de acercamiento para el área calculada, se encontraran dentro de los valores establecidos por bibliografía para rejas de limpieza automática ($0,6 < v < 1$ m/s).

Se procedió a calcular la altura de tirante (h_v), utilizando la ecuación 3 para ellos.

$$\text{Altura de tirante} = \frac{\text{Área canal}}{\text{Ancho canal}} \quad (3)$$

Donde:

Área del canal (m^2): 0,00205

Ancho del canal (m): 0,3 - teniendo en cuenta que el ancho mínimo para que funcione el rastrillo es de 30 cm

$$\text{Altura de tirante} = 0,00683 \text{ m}$$

Debido a que la altura del tirante se encuentra por debajo de los valores típicos de diseño (4-5 cm), es necesario colocar en el canal un **canasto izable** con rejas que tenga un espaciado igual al descrito anteriormente.

El canasto será de malla cuadrada con un área de 4 mm de acero inoxidable.

Las dimensiones del canasto pueden verse en la tabla 12.

Tabla 12. Dimensionamiento del canasto para el efluente industrial

Dimensiones	Valor
Ancho (cm)	30
Largo (cm)	50

Alto (m)	20
----------	----

5.1.2 Tanque de homogenización

Para realizar el diseño de la cámara de homogeneización se tuvo en cuenta que la planta funciona todos los días – de lunes a domingos – variando su nivel de producción en períodos regulares de 4 horas durante el día.

De esta manera el efluente industrial producido fluctúa según la producción como puede verse en la figura 24.

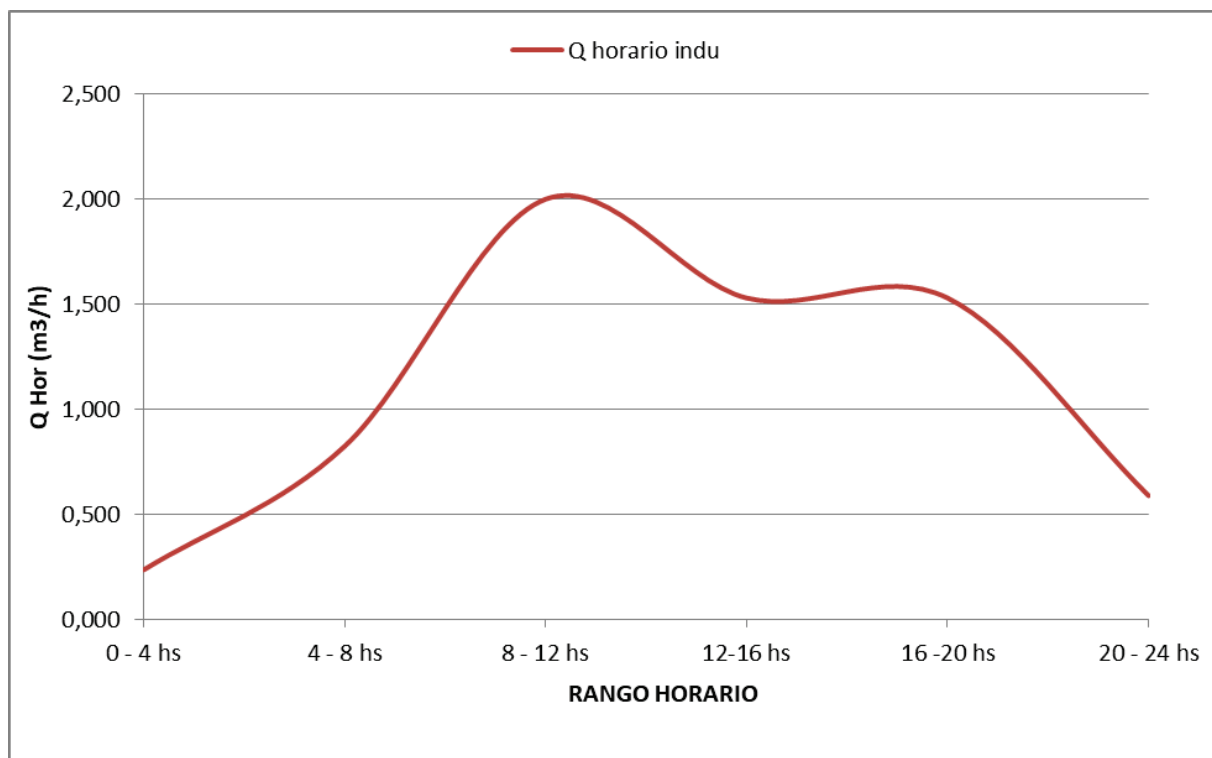


Figura 24. Fluctuación horaria de efluente industrial. Fuente: Propia

Asimismo el efluente cloacal también fluctúa a lo largo del día, en la figura 25, se puede ver la variación de ambos caudales y cómo influyen sobre el caudal total.

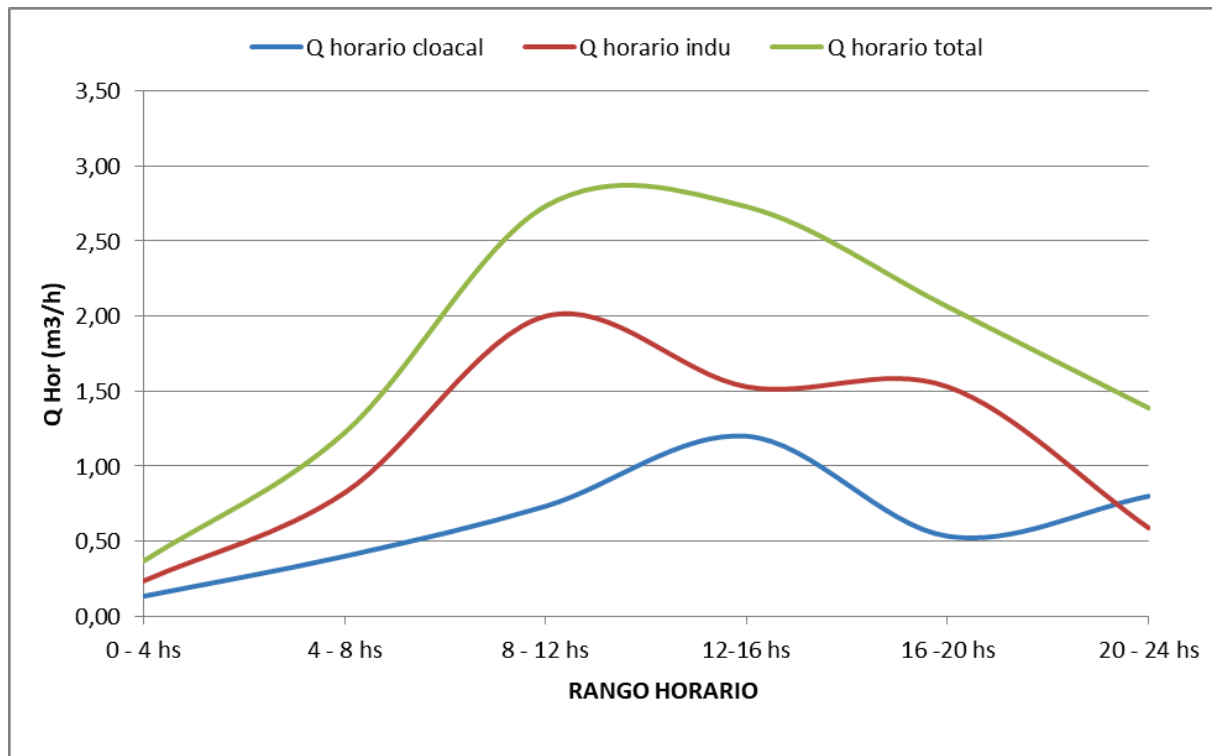


Figura 25. Variación del caudal total a lo largo de un día tipo. Fuente: Propia

A partir de los diferentes caudales que se manejan a lo largo del día, se obtuvieron los volúmenes de agua que se generan en cada intervalo de tiempo, multiplicando el caudal medio en el intervalo por la cantidad de horas (4 horas) que dura cada uno de ellos.

Luego se calculó el volumen acumulado en cada intervalo mediante la ecuación 7 y 8:

$$\text{Volumen intervalo} = 4 \text{ h} * Q_{\text{medio del intervalo}} \text{ (m}^3\text{/h)} \quad (7)$$

$$\text{Vol acumulado intervalo} = \text{Vol intervalo} + \text{Vol acumulado intervalo anterior} \quad (8)$$

A su vez, se calculó el volumen medio generado, a partir del promedio de los volúmenes obtenidos en cada intervalo de tiempo, para luego calcular el volumen acumulado medio de cada intervalo, como se muestra a continuación, ver ecuación 9 y 10 :

$$\text{Volumen medio} = \frac{\sum \text{Volumen intervalo}}{\text{Cantidad total de intervalos}} \quad (9)$$

$$\text{Vol acumulado medio} = \text{Vol medio} + \text{Vol acumulado medio anterior} \quad (10)$$

Habiendo obtenido los volúmenes acumulados de cada intervalo y los volúmenes acumulados medios, se calculó la diferencia entre ambos, de manera de determinar el volumen mínimo y máximo que se van a generar.

El volumen total de la cámara de compensación (Vcc) se determina realizando el siguiente cálculo, ecuación 11:

$$V_{cc} = 1,2 * (\text{Volumen máximo} + \text{Volumen mínimo}) \quad (11)$$

Cabe destacar que el Vcc se encuentra multiplicado por 1,2 debido a que se tiene en consideración un 20% más del volumen total, como margen de seguridad. Para calcular el área, se tomó una altura de 5 m de alto del tanque.

El requerimiento de aire para la mezcla homogénea del efluente es obtenido a partir de un aireador mecánico de la marca Flygt, modelo 4320. Los valores obtenidos en el dimensionamiento se presentan en la tabla 13.

Tabla 13. Dimensionamiento del tanque de Homogeneización

Dimensionamiento del tanque de homogeneización	Valor
Volumen del tanque (m ³)	120
Área del tanque (m ²)	24
Altura (m)	5
Diámetro (m)	5,5
Requerimiento total de aire (m ³ aire/h)	448,8

Cabe destacar, que una vez que el efluente ingrese a la cámara, independientemente de la hora del día, saldrá con un caudal de 12 m³/hora hacia las unidades correspondientes a los tratamientos posteriores de la planta. La salida de dicho efluente será a partir de una bomba centrífuga, cuyo modelo elegido y características se detallan en el anexo.

5.2 Tratamiento primario

El tratamiento primario se encuentra constituido por un sistema de flotación por aire disuelto (DAF), un mezclador rápido para eliminar fósforo y un sedimentador primario, estos tratamientos tendrán como objetivo remover la elevada cantidad de grasas y aceites presentes en el efluente⁴, así como eliminar las concentraciones de nutrientes que se encuentran en exceso.

5.2.1 Sistema DAF

5.2.1.1 Cámara de flotación

Los factores a considerar en el diseño de las unidades de flotación incluyen la concentración de partículas, cantidad de aire usada, velocidad de la partícula y tasa de carga de sólidos⁴.

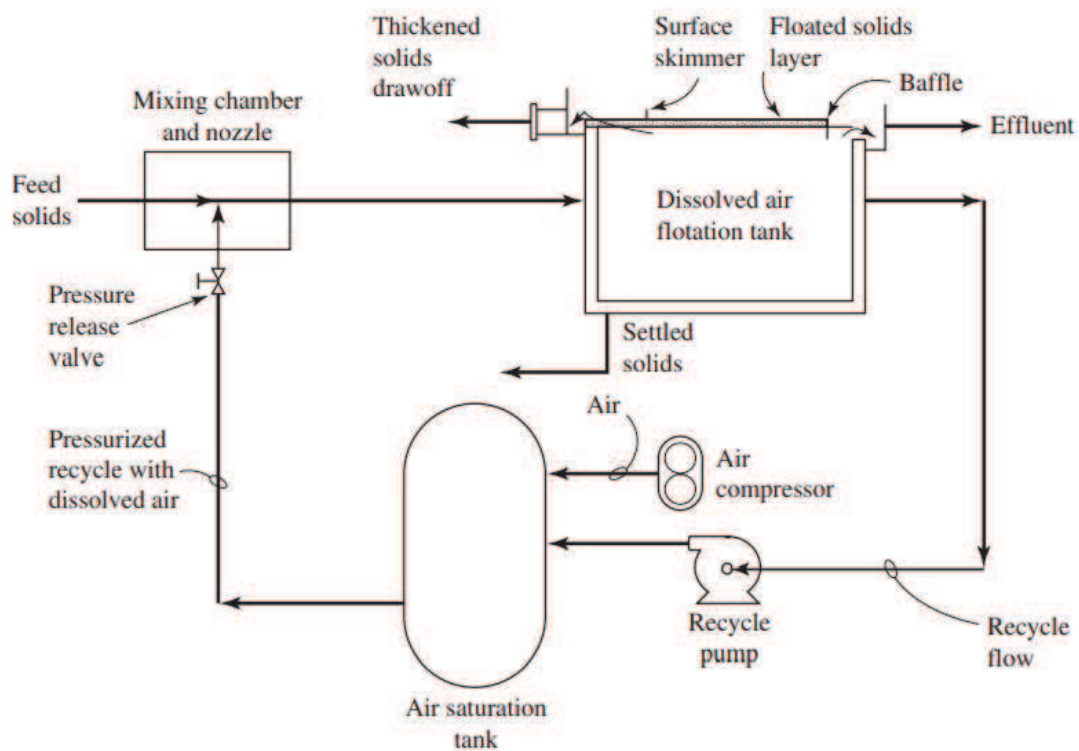


Figura 26. Esquema de un sistema DAF⁸.

El principal criterio de diseño para un sistema tipo DAF es la relación A/S, ya que, este dependerá fuertemente de la eficiencia del sistema. Existen otros parámetros de

diseño de igual o mayor importancia; estos son el tiempo de retención (TRH) y la carga hidráulica superficial (CHS).

El desarrollo de un sistema de flotación por aire disuelto depende principalmente de la proporción de volumen de aire por masa de sólidos (A/S) requeridos para lograr un determinado grado de clarificación y la misma está dada por la ecuación 12:

$$\frac{A}{S} = \frac{\rho_{\text{aire}} s_a (f P - 1) R}{S_a Q} \quad (12)$$

A/S: relación aire-sólidos (mg aire/ mg sólido), usual 0.02-0.06; Adoptado: 0.02

ρ_{aire} : peso específico del aire (mg/cm³); Adoptado: 1,3

s_a: solubilidad del aire en agua a presión atmosférica (cm³/l); Adoptado: 20.1

f: fracción de aire disuelto a presión de trabajo entre 0,5-0,9; Adoptado: 0.8

P: presión de trabajo (atm); usual 2 -7, Adoptado: 4

S_a: SST (mg/l); Valor: 2113 mg/l

R: caudal de recirculación del efluente tratado presurizado (m³/s);

Q: caudal del efluente (m³/s). 0,0033

El principal criterio de diseño para un sistema tipo DAF es la relación A/S, ya que, este dependerá fuertemente de la eficiencia del sistema. Existen otros parámetros de diseño de igual o mayor importancia; estos son el tiempo de retención (TRH) y la carga hidráulica superficial (CHS).

A partir de la ecuación 12, se procede a conocer el caudal del efluente tratado que será recirculado en el sistema (R).

$$R = \frac{S_a Q}{1.3 s_a (f P - 1)} \frac{A}{S} \quad (12)$$

$$R = \frac{S_a Q}{1.3 s_a (f P - 1)} \frac{A}{S} \quad (12)$$

$$R = 8,82 \text{ m}^3/\text{h}$$

El cual ronda el 42 % del total tratado, verificando así, que se encuentra dentro de los valores máximos y mínimos respaldados por bibliografía (15 y 120%). De esta forma, se

pudo conocer el caudal total (Q_t) que ingresa en la cámara de flotación, cómo la suma del caudal de entrada del efluente y el de recirculación, ver ecuación 13.

$$Q_t = Q_r + Q_{\text{efluente}} \quad (13)$$

$$Q_t \text{ (m}^3/\text{h)} = 8.82 + 12$$

$$Q_t \text{ (m}^3/\text{h)} = 20.82$$

La recirculación del efluente tratado hacia la cámara de flotación, se dará mediante la impulsión de una bomba centrífuga.

Para el dimensionamiento de la cámara de flotación, se adoptaron parámetros como la carga hidráulica superficial (CHS), con la que se obtuvo el área de la cámara a partir de la ecuación 14:

$$\text{Área superficial (m}^2\text{)} = \frac{Q_{\text{Total}}}{\text{Carga Hidráulica Superficial (m}^3/\text{m}^2 \text{ min)}} \quad (14)$$

Donde:

CHS ($\text{m}^3/\text{m}^2 \text{ min}$), valores típicos entre 0.085 y 0.25 - Adoptado: 0.15

$$\text{Área superficial (m}^2\text{)} = 2,31$$

Luego, se multiplica al valor del área superficial obtenida por la altura de la cámara, según la ecuación 15.

$$V_{\text{flotación}} \text{ (m}^3\text{)} = \text{Área superficial (m}^2\text{)} * h \text{ (m)} \quad (15)$$

Donde:

h (m): 3.2 - Adoptado

$$V_{\text{flotación}} \text{ (m}^3\text{)} = 8$$

A su vez, se calculó el Tiempo de Retención Hidráulica (TRHf) del efluente en la cámara de flotación, a partir del cociente entre el volumen de la cámara y el caudal total, ver ecuación 16.

$$TRHf = \frac{\text{Volumen de la cámara (m}^3\text{)}}{Q_{\text{total}}} \quad (16)$$

$$TRHf \text{ (min)} = 21,32$$

A modo de resumen, en la Tabla 14 se presentan los valores obtenidos y adoptados para el diseño.

Tabla 14. Dimensiones de la cámara de flotación

Dimensiones cámara de flotación			Valor
Valores adoptados	A/S	Relación aire sólido (mg aire/ mg sólido)	0,08
	sa	Solubilidad del aire en agua a 1 atm (ml/l)	20,1
	f	Factor de aire disuelto a P de trabajo	0,8
	P	Presión (atm)	2
	CHS	Carga Hidráulica Superficial (m ³ /m ² min)	0,15
	h	Profundidad de la cámara (m)	3,5
	w	Ancho de la cámara (m)	2
R	Caudal de recirculación (m ³ /h)		8,82
Q _{total}	Caudal de entrada a la cámara (m ³ /h)		20,82
L	Largo de la cámara (m)		1,15
V flotación	Volumen de la cámara (m ³)		8
TRHf	Tiempo de retención hidráulica (min)		21,32

5.2.1.2 Tanque de saturación

Para el cálculo del volumen del tanque de saturación (m^3), se adoptó un tiempo de retención hidráulica (TRHs) de 1 minuto según recomendación bibliográfica⁸.

El cálculo fue realizado a partir de la ecuación 17:

$$\text{Volumen Tq Saturación} = Q_{\text{rec}}(R) \times \text{TRH saturación} \quad (17)$$

$$\text{Volumen Tq de Saturación} = 8.82 \text{ m}^3/\text{h} \times 1/60 \times 1 \text{ min}$$

$$\text{Volumen Tq de Saturación (Litros)} = 147$$

Sobre el volumen obtenido por la ecuación presentada, fue considerado un 10% adicional del volumen, como margen de seguridad. Luego, se utilizaron las ecuaciones 18, 19 y 20 descritas a continuación, para obtener finalmente el caudal de aire necesario para realizar la saturación del efluente:

$$C_{\text{SÓL}} = S_a \times Q_{\text{TOTAL}} \quad (18)$$

Donde:

$C_{\text{sólidos}}$: carga de los sólidos (kg sólidos/ hora)

S_a : SST (mg/l); Valor: 2113 mg/l

Q_t : caudal total (m^3/h): 20,82

$$C_{\text{SÓL}} = 2,113 \text{ kg}/\text{m}^3 \times 20.82$$

$$C_{\text{SÓL}} = 44$$

$$M_{\text{AIRE}} = C_{\text{SÓL}} \times \frac{A}{S} \quad (19)$$

Donde:

M_{aire} : masa del aire (kg aire/ hora)

A/S : relación aire-sólidos (mg aire/ mg sólido), usual 0.02-0.06; Adoptado: 0,02

$$M_{\text{AIRE}} = 44 \text{ kg}/\text{m}^3 \times 0.02$$

$$M_{\text{AIRE}} = 0.88 \text{ kg aire}/\text{hora}$$

Por último para conocer el caudal de aire, se utiliza la ecuación 20, donde:

$$Q_{\text{AIRE}} = \frac{M_{\text{AIRE}}}{\rho_{\text{AIRE}}} \quad (20)$$

Donde:

ρ_{aire} : densidad del aire a 20°C y 1 atm (kg/m³) - Adoptado: 1,2

$$Q_{\text{AIRE}} = \frac{0,88}{1,2}$$

$$Q_{\text{AIRE}} \text{ (kg aire/h)} = 0,72$$

Por último, mediante el volumen obtenido y adoptando una altura se pudo conocer el área del tanque y su diámetro, ver ecuaciones 21 y 22

$$\text{Área del tanque} = \frac{\text{Volumen del tanque (m}^3\text{)}}{\text{Altura (m)}} \quad (21)$$

Donde:

Altura adoptada (m): 2.

Volumen del tanque (m³): 0,147

$$\text{Diámetro} = \left(\frac{4}{\pi} \cdot \text{Área tanque}\right)^{1/2} \quad (22)$$

$$\text{Diámetro(m)} = 0,345$$

A modo de resumen, en la Tabla 15 se presentan los valores obtenidos y adoptados para el diseño del tanque de saturación.

Tabla 15: Valores del Dimensionamiento del Tanque de Saturación

Dimensiones del tanque de saturación			Valor
Valores adoptados	TRHs	Tiempo de retención hidráulica (min)	1
	h	Altura del tanque (m)	2

Proyecto Final Integrador de Ingeniería Ambiental
- Zabarini, Damián -

	ρ_{aire}	Densidad del aire a 20 ° C y 1 Atm (kg/m ³)	1,2
$V_{\text{saturación}}$		Volumen del tanque de saturación (lts)	147
$C_{\text{sólido}}$		Carga de sólidos (kg Sól/h)	44
M_{aire}		Masa de aire (kg aire/h)	0,88
D		Diámetro del tanque (m)	0,345
Q_{aire}		Caudal de aire (m ³ aire/h)	0,72

5.2.1.3 Cámara de salida - Reciclo

Una vez que el efluente tratado abandone la cámara de flotación hacia la cámara de salida-reciclo, va a permanecer en la misma tan solo instantes, antes de dividir el caudal para su recirculación. Por tales motivos, se considera que el tiempo de retención hidráulica (TRHsr) en dicho tanque será de 30 segundos, siendo la separación de caudales, un proceso casi instantáneo⁴.

En la Tabla 16, se presentan los valores obtenidos y adoptados para el diseño de la cámara de Salida-Reciclo

Tabla 16: Valores del dimensionamiento de la cámara de salida-reciclo

Dimensiones Cámara salida - reciclo			Valor
Valores adoptados	TRHr	Tiempo de retención hidráulica (seg)	30
	h	Altura de la cámara (m)	1,2
A		Área de la cámara (m ²)	0,155
$V_{\text{Salida - Reciclo}}$		Volumen de la cámara (m ³)	0,186
L		Largo de la cámara (m)	0,13
w		Ancho de la cámara (m)	1,2

5.2.1.4 Sistema de recogida de flotantes

Para la remoción del material suspendido del tanque de flotación, se utilizará un barredor superficial, a través del cual se recogerán los sólidos flotantes de la superficie del tanque de flotación, para luego disponer dichos residuos en un recinto de acumulación de flotantes, anexo a la cámara de flotación.

5.2.2 Balance de nutrientes.

Antes de iniciar el dimensionamiento del reactor biológico, es fundamental conocer la cantidad de nutrientes que presenta el mismo, para saber si se encuentran en concentraciones menores a los descritos en la bibliografía para garantizar el crecimiento biológico o se encuentran en exceso, pudiendo generar problemas de contaminación y haciendo necesario implementar un proceso de reducción en la concentración de los mismos.

A continuación se realiza un balance de masa para el fósforo (P) y Nitrógeno (N) para evaluar si se encuentran en exceso o en necesario inocular el efluente para garantizar el tratamiento.

A través de la relación $DBO: N: P = 100:5:1^3$ es posible estimar la cantidad de nutrientes que debe estar presente en el licor mezcla para garantizar el correcto crecimiento de los microorganismos y por lo tanto, la eliminación de la materia orgánica de manera eficiente. Por tal motivo, se establecieron las cargas de nitrógeno y fósforo que debería haber en el licor mezcla, mediante la ecuación 27, para luego comparar dichos valores con las cargas de nutrientes obtenidas. Los resultados se presentan en la Tabla 19.

$$C_n = Q_o N \quad (27)$$

Donde:

C_n (kg/d): Carga de nutriente

Q_o (m^3/d): Caudal de diseño

N (mg/l): Concentración del nutriente que ingresa al tratamiento biológico (mg/l). El mismo se encuentra establecido a partir de la caracterización del efluente.

Tabla 19. Balance de nutrientes

Parámetro	N (mg/l)	Cn (kg/d)	Carga necesaria (kg/d)	Conclusión	Concentración equivalente (mg/l)
DBO	960	265	-	-	-
Nitrógeno	32	9.2	13.25	Deficitario	14
Fósforo	7.4	2.13	2.65	Exceso	1,8

Como conclusión para que el crecimiento de los microorganismos sea el adecuado será necesario añadir Nitrógeno al reactor ya que presenta una concentración deficitaria de 14 mg/l. Por otro lado, la concentración de Fósforo se presenta en exceso, lo que no resultará en un problema para el crecimiento de los microorganismos, pero sí será necesario introducir al tratamiento un apartado para la eliminación del mismo.

5.2.3 Proceso de eliminación de fósforo

Debido al rol fundamental del fósforo en el proceso de eutrofización de aguas naturales, es de vital importancia para la protección de la calidad de aguas superficiales reducir su concentración, asegurando valores acordes a la normativa vigente, logrando así, un bajo impacto sobre el ecosistema⁸.

5.2.3.1 Sedimentación de fósforo

Se estima que la concentración de fósforo remanente luego del proceso de lodos activos, será de 1,8 mg/L, por lo tanto, para que la concentración de fósforo sea menor al valor estipulado por la normativa se debe diseñar una sección dentro de la planta para la eliminación de fósforo en el efluente.

El proceso de remoción del fósforo se incorpora luego del reactor biológico, ya que, la presencia de biomasa facilita la precipitación del fósforo.

El método seleccionado debido al poco lugar disponible, es el proceso de precipitación química.

El método consta de la adición de un coagulante normalmente, Cloruro Férrico, Sulfato de Aluminio e Hidróxido de calcio. De estos, la cal o Hidróxido de calcio es la menos utilizada debido al aumento de la producción de lodos, requerimientos estrictos de control de Ph y problemas con la operación y mantenimiento.

La alúmina o sulfato de aluminio hidratado es frecuentemente usado para precipitar sulfatos y fosfatos de aluminio (AlPO_4)⁸, mediante la siguiente reacción:



Debido al bajo caudal presente, se deberá incorporar un mezclador estático (ver figura 23), el cual consta de una tubería con paletas helicoidales en línea que giran y dividen el flujo para aumentar la turbulencia. Las paletas están segmentadas para que el número de paletas se pueda ajustar y adaptar a las condiciones vigentes. Estos segmentos se denominan elementos.

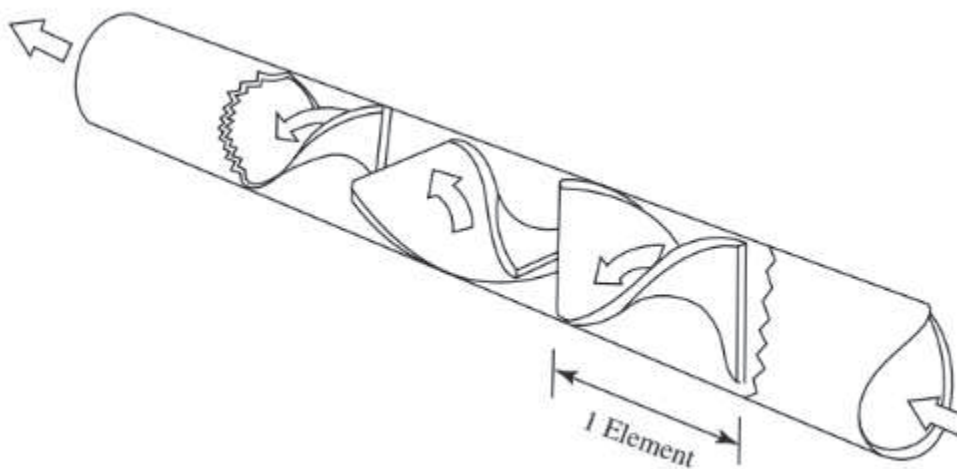


Figura 23. Mezclador estático.

El tamaño del elemento se especifica en términos del diámetro de la tubería en la que se encuentran, es decir, la longitud del elemento dividida por el diámetro de la tubería (L/D). Generalmente, la relación varía de 1,0 a 1,5.

Estos equipos presentan las siguientes ventajas⁸:

- No hay partes móviles
- No hay energía de mezcla.

Sin embargo la utilización de este tipo de tecnologías presenta como principal desventaja que el grado y el tiempo de mezclado es una función del caudal.

Para el dimensionamiento de la unidad se utiliza el coeficiente de variación con el tiempo (COV) de la mezcla combinada, según la ecuación 64:

$$COV = \left(\frac{\sigma}{C}\right)(100\%) \quad (64)$$

Donde:

COV: Coeficiente de variación con el tiempo(m)

σ : Desviación estándar de la concentración (mg/L)

C: Concentración media (mg/L)

Según la bibliografía, los valores típicos de diseño son: COV de 1 a 10 por ciento con un promedio de 5 por ciento, Gt en el rango de 350 a 1700, un tiempo de mezclado de 1 a 3 s , y una pérdida de carga máxima de 0,6 a 0,9 m⁸.

Para estimar la energía impartida por el mezclador estático se utiliza la ecuación 65.

$$P = \frac{\gamma QH}{\eta} \quad (65)$$

Donde:

P: Energía del agua (kW)

γ : Peso específico del fluido (kN/m³) - 9.807 kN/m³ para agua a 5°C

Q: caudal de diseño (m³/s)

η : Eficiencia

H: Pérdida de presión (Kpa)

En la figura 24, se muestra la caída de presión y el diámetro de la tubería para diversos rangos de caudal.

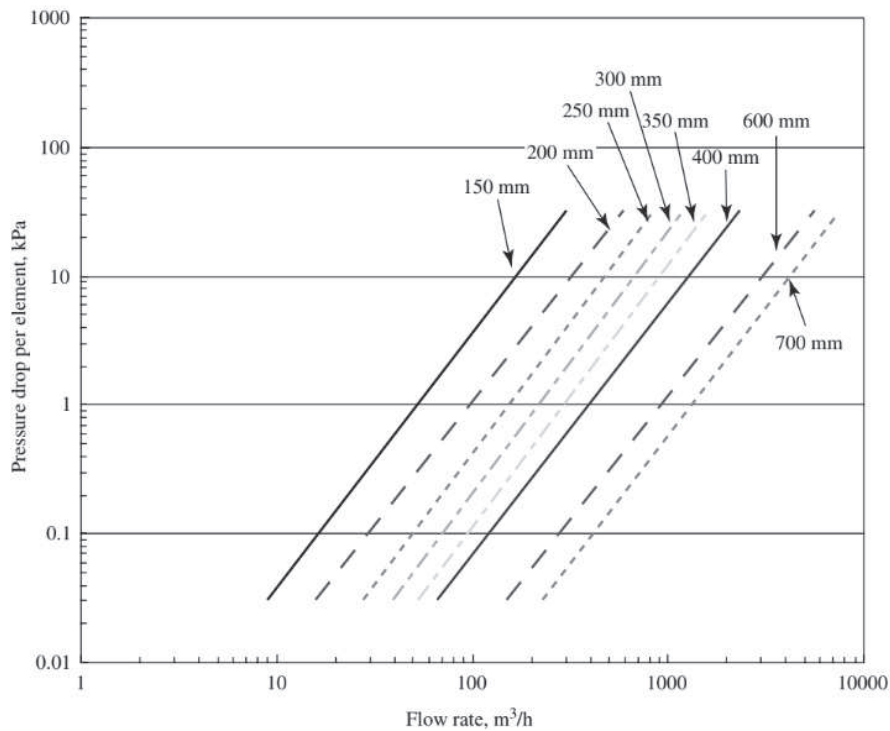


Figura 24. Variación de la presión y diámetro de tubería respecto al caudal⁸.

Con el valor de caudal de diseño y en base a la figura 24, podemos aproximar que la presión será de 0,1 kPa y el diámetro del equipo será de 150 mm. Una vez obtenido el diámetro, y asumiendo al N° de elementos de la tubería y la relación L/D se procede a calcular la longitud del equipo según la ecuación 66.

$$\text{Longitud del equipo} = \text{N}^\circ \text{ de elementos} * \text{Diámetro (m)} * L/D \quad (66)$$

Reemplazando:

$$\text{Longitud del equipo (m)} = 3 * 0.15 \text{ m} * 1,2$$

$$\text{Longitud del equipo (m)} = 0,54 \text{ m}$$

Una vez obtenida la longitud del equipo y conociendo el radio del mismo, mediante la ecuación 67.

$$\text{Volumen (m}^3\text{)} = \frac{\pi}{4} D^2 \text{ Longitud} \quad (67)$$

Reemplazando se obtiene:

$$\text{Volumen (m}^3\text{)} = \frac{\pi}{4} (0.15 \text{ m})^2 0.54 \text{ m}$$

$$\text{Volumen (m}^3\text{)} = 0.0095$$

Conociendo el volumen y en base al caudal de diseño, se calcula el tiempo de retención, según ecuación 68 y se lo comparará con los recomendados por bibliografía.

$$\text{Tr (s)} = \frac{\text{Volumen (m}^3\text{)}}{Q \text{ (m}^3\text{/h)}} \quad (68)$$

Reemplazando se obtiene:

$$\text{Tr (s)} = \frac{0.0095 \text{ (m}^3\text{)}}{0.00033 \text{ (m}^3\text{/s)}}$$

$$\text{Tr (s)} = 2.86$$

Una vez conocido el tiempo de retención calculo la energía impartida por el equipo utilizando la ecuación 65 y asumiendo una eficiencia del 100% ($\eta:1$)

$$P \text{ (kW)} = \frac{9.807 \text{ (kN/m}^3\text{)} 150 \text{ (m}^3\text{/h)}}{3600 \text{ s/h}} (0.3 \text{ kPa})(0.102 \text{ m/kPa})$$

$$P \text{ (kW)} = 1 \times 10^{-3}$$

Cabe aclarar que el valor H, de la ecuación 65 fue obtenido multiplicando el número de elementos seleccionados (3) por la presión obtenida del gráfico de la figura 24 (0,1 kpa) y 0,102 m/kPa es un factor de conversión.

Por otro lado, para verificar que los valores adoptados coinciden con los recomendados por bibliografía, se calculó el parámetro G, según la ecuación 69.

$$G = \left(\frac{P}{\mu V} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (69)$$

Donde:

G = Velocidad de gradiente (s^{-1})

P = Potencia del equipo (W)

μ = Viscosidad cinemática del efluente (Pa s) - Adoptado = $1,519 \times 10^{-3}$

V = Volumen del líquido (m^3)

Reemplazando obtenemos:

$$G = \left(\frac{1 (W)}{0.001519 (Pa s) 0.0095 (m^3)} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$G (s^{-1}) = 256.83$$

Por último se multiplica al parámetro G por el tiempo de retención, según:

$$Gt = G (s^{-1}) t(s) \quad (70)$$

$$Gt = 256.83 (s^{-1}) * 2.86 (s)$$

$$Gt = 734.53$$

Puede verse que ambos parámetros se encuentran dentro de los valores recomendados por bibliografía, $350 < Gt < 1700$ y $1 s < Tr < 3 s$.

A modo de resumen se presenta la tabla 28, con los parámetros utilizados para el sistema de remoción de fósforo.

Tabla 28. Dimensionamiento del mezclador estático

Dimensionamiento mezclador estático		
Adoptado	COV (%)	1
	N° elementos	3
	Relación L/D	1,2
	Diámetro (mm)	150
	Pérdida de carga (kPa)	0,3
Longitud (m)		0,54
Volumen (m ³)		0,0095

Tiempo de reacción (s)	2,86
P (W)	3,2
G (s ⁻¹)	459,2
G*t	1314,3

Por otro lado, para reducir en un 85% la concentración de fósforo total en el efluente y que mismo presente un valor apto para vuelco en función de este elemento, es necesario dosificar 29 mg/L de sulfato de aluminio o 8,3 kg/día (ver Anexo).

Debido a que, al añadir sulfato de aluminio, puede producirse una reducción en el Ph es importante verificar el valor del mismo, antes del ingreso del efluente del sedimentador secundario y si es necesario, corregir el valor del Ph antes de su ingreso.

5.3.4 Sedimentador primario (Clarificador)

Para garantizar la precipitación del fósforo luego de la coagulación y ayudar a la remoción de materia orgánica se instala un clarificador o sedimentador primario antes del reactor biológico, lo cual ayudará a reducir las dimensiones del reactor biológico y por ende el consumo de oxígeno del mismo.

El proceso de sedimentación se basa en la separación de los sólidos más densos que el agua y que tienen una velocidad de caída tal que pueden llegar al fondo del sedimentador en un tiempo económicamente aceptable⁸.

En la figura 27, puede verse las secciones características de un sedimentador primario rectangular, entrada del efluente, salida del efluente clarificado y salida del lodo primario, el cual se dispondrá como residuo peligroso luego de su secado.

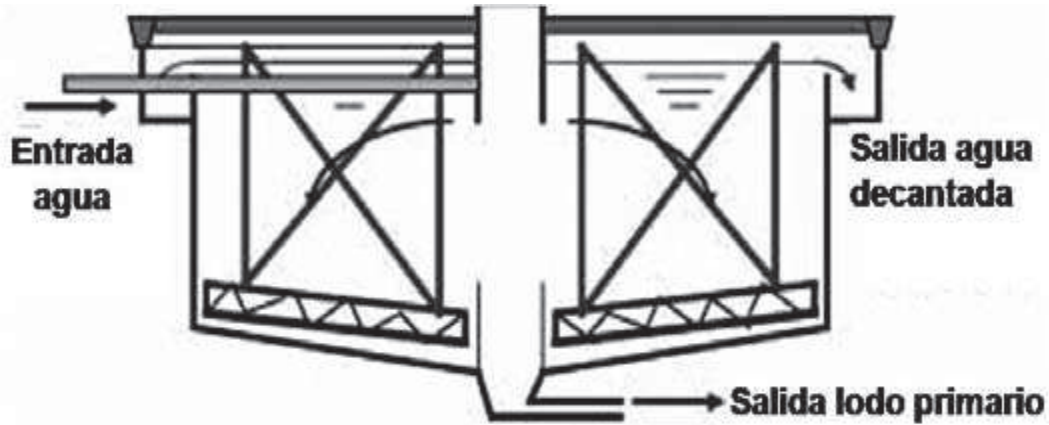


Figura 27. Esquema de un sedimentador rectangular primario.

Para el diseño del clarificador se utilizó la ecuación 23, la cual fue utilizada para obtener el área del equipo.

$$CHS \text{ (m}^3\text{/m}^2 \text{ día)} = \frac{Q \text{ (m}^3\text{/día)}}{\text{Área (m}^2\text{)}} \quad (23)$$

Donde:

CHS (m³/m² día) - adoptado: 40

Despejando se obtiene:

$$\text{Área (m}^2\text{)} = \frac{Q \text{ (m}^3\text{/día)}}{CHS \text{ (m}^3\text{/m}^2 \text{ día)}}$$

$$\text{Área (m}^2\text{)} = \frac{288 \text{ (m}^3\text{/día)}}{40 \text{ (m}^3\text{/m}^2 \text{ día)}}$$

$$\text{Área (m}^2\text{)} = 7,2$$

Adoptando una altura de 4 m, se estima el volumen (ecuación 15) y en simultáneo se conoce el diámetro a través de la ecuación 22, los valores de los mismos se observan en la tabla 17.

Una vez conocido el volumen, se conoce el tiempo de permanencia (Tp), según la ecuación (24):

$$T_p \text{ (min)} = \frac{\text{Volumen sedimentador (m}^3\text{)}}{Q \text{ Total (m}^3\text{/min)}} \quad (24)$$

$$T_p \text{ (min)} = \frac{28,8 \text{ m}^3}{12 \text{ m}^3\text{/h}}$$

$$T_p(h) = 2.4$$

Luego mediante la ecuación 25, se conoce el volumen del cono y cilindro que integran el sedimentador

$$\text{Volumen sedimentador} = \text{Volumen del cono} + \text{Volumen del cilindro} \quad (25)$$

$$\text{Volumen sedimentador} = \frac{1}{3}\pi r^2 h_{\text{cono}} + \pi r^2 h_{\text{cilindro}}$$

$$\text{Volumen sedimentador} = \frac{1}{3}\pi r^2 \frac{D}{2} \tan(\theta) + \pi r^2 (h_{\text{cono}} - h_{\text{total}})$$

Adoptando un θ de 60° , obtenemos la h del cono, la cual, nos permitirá obtener el volumen del cilindro y del cono.

$$h_{\text{cono}} = 0.56 \text{ m}$$

Una vez obtenida la h_{cono} , pueden conocerse los parámetros restantes.

$$h_{\text{cilindro}} = 3.52 \text{ m}$$

$$\text{Volumen cilindro (m}^3\text{)} = 27.64$$

$$\text{Volumen cono (m}^3\text{)} = 1.16$$

Por último se calcula la velocidad de acercamiento (V_{ac}), ecuación 26, y se la compara con los valores establecidos en bibliografía.

$$V_{ac}(\text{m/s}) = \frac{\text{Caudal (m}^3\text{/s)}}{As (\text{m}^2)} \quad (26)$$

$$V_{ac}(\text{m/s}) = \frac{0.0033 \text{ m}^3\text{/s}}{7.2 \text{ m}^2}$$

$$V_{ac}(\text{m/s}) = 4.63 \times 10^{-4}$$

$$V_{ac}(\text{cm/s}) = 0.046$$

Con estos valores de dimensionamiento se corrobora que la velocidad de de escurrimiento es menor al valor límite de 0,5 cm/s.

A modo de resumen, puede verse en la tabla 17, los parámetros adoptados y las dimensiones del clarificador.

Tabla 17. Dimensionamiento del sedimentador primario

Dimensiones tanque de clarificación		Valor
Valores adoptados	Carga hidráulica (m ³ /m ² día)	40
	Altura total (m)	4
	Ángulo de tolva(°)	60
Tiempo de permanencia (h)		2,4
Volumen del cono (m ³)		1,16
Volumen del cilindro (m ³)		27,64
Altura del cilindro (m)		3,52
Altura del cono (m)		0,56
Volumen del sedimentador (m ³)		28,8
Superficie del sedimentador (m ²)		7,2

Diámetro (m)	3
Velocidad de escurrimiento (v_l)	0,05

Con estos valores de dimensionamiento se corrobora que la velocidad de de escurrimiento es menor al valor límite de 0,5 cm/s.

Luego del dimensionamiento del sedimentador se procedió a dimensionar el sistema de salida del efluente ya sedimentado, a través de vertederos.

En la tabla 18, se puede observar los valores de los mismos.

Tabla 18. Dimensionamiento del sistema del efluente clarificado

Dimensiones tanque de clarificación		Valor
Valores adoptados	Q vert (m ³ /d)	30
	Altura del vertedero (m)	0,055
	Ángulo del vertedero (°)	90
N° de Vertederos		10
Longitud del vertedero (m)		0,178
Longitud total del vertedero (m)		1,78

Cabe destacar que la altura del vertedero es de 0,035 m, sin embargo se le adicionaron 20 cm de revancha.

El proceso de obtención de estos parámetros se detallan en el capítulo del dimensionamiento del sedimentador secundario.

5.4 Tratamiento secundario.

En esta sección se presenta el desarrollo para la remoción de contaminantes mediante un tratamiento biológico del efluente, el mismo consta de un sistema aeróbico de lodos activos, el cual fue seleccionado debido a su elevada eficiencia en la remoción de DBO, junto a un sedimentador secundario y un tratamiento de remoción de fósforo.

5.4.1 Reactor biológico de lodos activos

5.4.1.1 Diseño de lodos de activos

Para iniciar con el dimensionamiento del reactor de lodos activados, es necesario realizar, previamente, ciertas consideraciones:

- La dispersión de los componentes es homogénea en todo el reactor, presentando igual concentración en cada punto del mismo.
- Recirculación de un porcentaje de los lodos generados desde el sedimentador secundario hacia el reactor.
 - Cinética de crecimiento de Monod de primer orden: crecimiento de los microorganismos con limitación de sustrato.
- Efluente estéril: la concentración de microorganismos en el efluente de entrada al reactor se supone nula.
- Estado estacionario del sistema: no se presentan cambios en la concentración celular con respecto al tiempo.
- Efecto de metabolismo endógeno.

Para el diseño del sistema de lodos activos, resulta necesario realizar diferentes balances de masa, en los que básicamente, se plantea:

$$\text{Acumulación} = \text{Entrada} - \text{Salida} + \text{Reacción neta} \quad (27)$$

Considerando el sistema formado por el reactor y el sedimentador (Figura 28), es posible realizar un balance de biomasa de la siguiente manera, ecuación 28:

$$V \frac{dX}{dt} = Q_0 X_0 - (Q_s X_s + Q_p X_r) + V r_g' \quad (28)$$

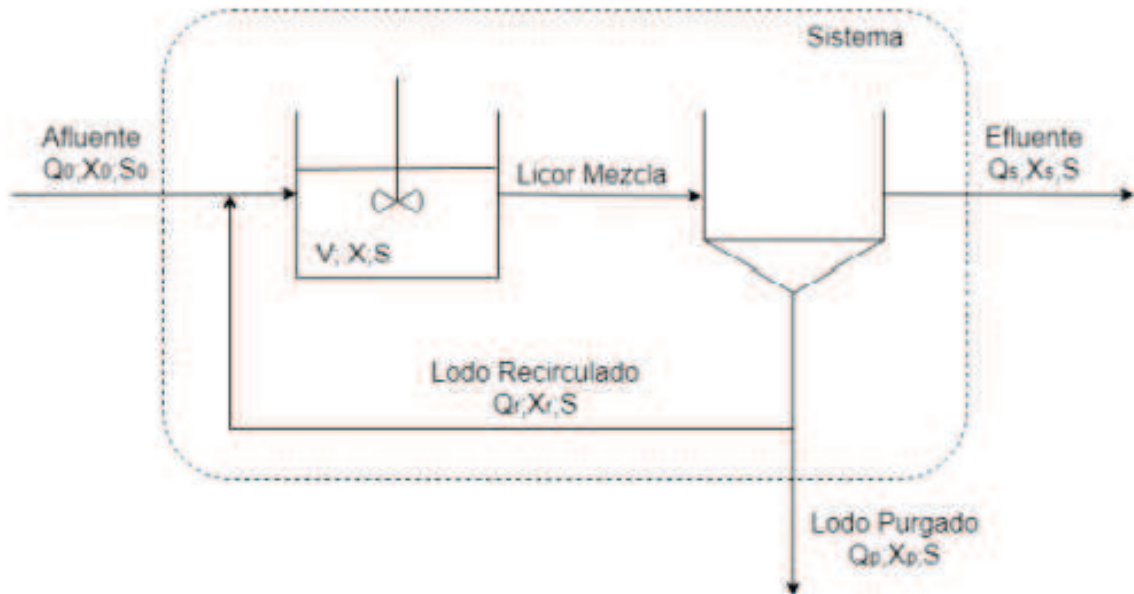


Figura 18. Esquema de un tratamiento de lodos activos. Fuente:

Donde:

V : Volumen del reactor biológico (m^3)

dX/dt : Tasa de cambio de la concentración de microorganismos en el reactor ($mg\ SSLM/día$) Q_0 : Caudal de afluente en el reactor ($m^3/día$)

X_0 : Concentración de microorganismos en el afluente ($mg\ SSLM/l$)

Q_s : Caudal de efluente ($m^3/día$)

Q_p : Caudal de purga ($m^3/día$)

X_p : Concentración de microorganismos en la purga ($mg\ SSLM/l$)

X_s : Concentración de microorganismos del efluente ($mg\ SSLM/l$)

r_g' : Tasa neta de crecimiento de los microorganismos ($mg\ SSLM/l\ día$)

El valor de la velocidad r_g' de la ecuación 29 corresponde a la variable en la actividad de los microorganismos en el reactor, la misma se define como:

La variable r_g corresponde a la tasa de crecimiento celular (suponiendo cinética de Monod) y r_d es el término correspondiente al metabolismo endógeno o tasa de descomposición, ver ecuación 29 y 30:

$$r_g = - Y r_{su} = - u \text{máx} \frac{SX}{(K_s+S)} \quad (29)$$

$$r_d = - k_d X \quad (30)$$

Siendo:

Y : rendimiento o relación entre la masa celular formada y el sustrato consumido (kg generado/ kg DBO consumido)

rsu : tasa de utilización del sustrato (mg DBO/m³ día)

$\mu_{\text{máx}}$: tasa de crecimiento específico máximo (t⁻¹)

K_s : constante de velocidad a la mitad concentración del sustrato ($\mu/2$)

X : concentración de microorganismos (masa/volumen)

kd : constante de descomposición (t⁻¹)

S : concentración de sustrato (masa DBO/volumen).

Reemplazando las ecuaciones arriba mencionadas en el balance de masa presentado, y suponiendo un afluente esteril (concentración nula de microorganismos) y condiciones estacionarias ($dX/dt=0$) se obtiene la expresión de la ecuación 31:

$$\frac{Q_p X_p + Q_s X_s}{V_r X} = - \frac{Y rsu}{X} - kd \quad (31)$$

A su vez, el parámetro rsu definido como la tasa de utilización de sustrato, se expresa de la siguiente manera:

$$rsu = - \frac{Q(S_0 - S)}{V_r} = - \frac{(S_0 - S)}{\theta} \quad (32)$$

Donde:

S : Concentración del sustrato en el efluente (mg DBO/l)

S_0 : Concentración del sustrato en el afluente (mg DBO/l)

θ : Tiempo de retención hidráulico (h⁻¹)

El tiempo de celular (θ_c) indica el tiempo de permanencia de una célula bacteriana en el sistema y representa un parámetro de control del funcionamiento del proceso de lodos activos. Dicho parámetro, corresponde a la inversa del término izquierdo obtenido del balance de masa, ver ecuación 33:

$$\theta_c = \frac{V_r X}{Q_p X_p + Q_s X_s} \quad (33)$$

Trabajando con las ecuaciones arriba mencionadas y despejando el volumen del reactor, se obtiene el volumen del reactor, mediante la ecuación 34:

Proyecto Final Integrador de Ingeniería Ambiental
- Zabarini, Damián -

$$Vr = \frac{Q (So - Ss)}{rs} \quad (34)$$

$$Vr = \frac{Q (So - Ss)}{rs}$$

$$Vr = \frac{Q (So - Ss) Y (Ss + Ks)}{Xr U_{máx} Ks}$$

Donde los parámetros adoptados fueron:

Umáx: Velocidad de crecimiento celular (1/d) - Adoptado: 3.2

Ks: Constante de solubilidad (mg/L) - Adoptado: 95.

Xr: concentración de microorganismos en el reactor (mg/l) - Adoptado: 4500

kd: constante de descomposición (d⁻¹) - Adoptado: 0.03

Ss: Concentración del sustrato en el afluente luego del tratamiento biológico (mg DBO/l) - Adoptado: 32

Y: relación entre la masa celular formada y el sustrato consumido (mg SSV/ mg DBO) - Adoptado: 0.6

$$V_r = \frac{288 (m^3/d) 0.6 (mg SSV/mg DBO) (960 (mg/l) - 30 (mg/l))}{4500 (mg/l) 1.5 (1/d) 95 (mg/l)}$$

$$V_r (m^3) = 95$$

Una vez calculado el volumen del reactor, se prosiguió adoptando su profundidad, para luego calcular la superficie ocupada por el mismo. Se considera un reactor de base circular, por lo que se obtuvo el diámetro a partir del área calculada. Para ello, se adoptó una altura de 5 m, se obtiene el área del reactor y luego su diámetro, mediante las ecuaciones 21 y 22.

$$\text{Área del reactor: } 19 \text{ m}^2$$

$$\text{Diámetro del reactor: } 5 \text{ m}$$

La relación entre el alimento disponible y la cantidad de microorganismos (F/M) es un parámetro de control y no de diseño de la operación del tratamiento biológico, dicho valor se obtiene de la siguiente manera, ver ecuación 35:

$$\frac{F}{M} = \frac{So}{\theta X} = \frac{So Q}{V X} \quad (35)$$

$$\frac{F}{M} = \frac{920(mg/l) 288(m^3/d)}{95 (m^3) 4500(mg/l)}$$

$$\frac{F}{M} = 0,62$$

Por otro lado, para obtener los caudales correspondiente a la purga, reciclo y salida del sistema, en primer lugar, se procedió a realizar un balance de masa en el reactor, ver ecuación 36:

$$V \frac{dX}{dt} = (Q_0 X_0 + Q_r X_r) - Q_R X_R + V (Y K_s X_S - k_d X) \quad (36)$$

Donde:

Q_R : caudal de salida del reactor (m^3/h)

X_R : concentración de microorganismos a la salida del reactor (mg SSLM/L)

Considerando estado estacionario, concentración de microorganismos nula en el afluente y sabiendo que $Q_R = Q_0 + Q_r$, se obtiene el caudal de recirculación, mediante la ecuación 37:

$$Q_R = \frac{Q_0 X_r - Y(S_0 - S) Q_0 + V k_d X}{X} \quad (37)$$

$$Q_R = \frac{288 (m^3/d) (7000 mg/L) - 0.6 (mgX/mgS)(920(mg/l) - 30(mg/l)) 288(m^3/d) + 95(m^3) 0.03(1/d) 4500 mg/L}{6000 (mg/l)}$$

$$Q_R (m^3/d) = 163$$

A partir de la ecuación anteriormente presentada, se obtiene el caudal de recirculación del sistema (Q_R), corresponde al 56.6% del caudal principal (Q_0). Para llevar a cabo la recirculación, se emplea una bomba centrífuga.

Para obtener los caudales restantes, se procedió a realizar un balance de masa del sistema completo (reactor biológico y sedimentador secundario), obteniendo la expresión, ecuación 38:

$$V \frac{dX}{dt} = Q_o X_o - (Q_s X_s + Q_p X_p) + V(YK_s X_s - kdX) \quad (38)$$

Sabiendo además que el caudal del reactor es la suma del caudal de entrada y el de recirculación ($Q_R = Q_o + Q_r$); que el caudal de entrada debe ser igual a la suma del caudal de salida y el de purga ($Q_o = Q_s + Q_p$) y adoptando un valor de concentración de microorganismos de recirculación (X_r) y purga (X_p) igual a 7000 mg SSLM/l, se obtiene el caudal de purga y salida del sistema mediante la ecuación 39 y 40.

$$Q_p = \frac{Y(S_o - S)Q_o - V kd X}{X_p} \quad (39)$$

$$Q_p = \frac{0.6 (mgx/mgs)(920 mg/l - 30 mg/l) 288(m^3/d) - 95 (m^3) 0.03 (1/d) 4500 (mg/l)}{6000(mg/l)}$$

$$Q_p (m^3/d) = 23.5$$

$$Q_s = Q_o - Q_p \quad (39)$$

$$Q_s = 288 (m^3/d) - 23.5 (m^3/d)$$

$$Q_s (m^3/d) = 264.5$$

A partir de los valores obtenidos, se deduce que el caudal de purga de los lodos generados, es el 8.16% con respecto al caudal principal.

Con el valor del volumen del tanque y asumiendo que el sedimentador secundario funciona perfecto ($X_s = 0$) se procedió a calcular el tiempo de retención celular mediante la ecuación 41 y verificar el valor con los definidos por bibliografía.

$$\theta_c = \frac{301 (m^3) 3200 (mg/l)}{56.3 (m^3/d) 6000 (mg/l)} \quad (41)$$

$$\theta_c (d) = 3.22$$

Por otro lado, se calcula el tiempo de retención hidráulica, según la ecuación 42.

$$TRH (h) = \frac{Volumen\ reactor\ (m^3)}{Caudal\ (m^3/h)} \quad (42)$$

$$TRH (h) = \frac{95\ (m^3)}{12\ (m^3/h)}$$

$$TRH (h) = 7.9$$

En la Tabla 19 se presentan los valores adoptados y obtenidos para el dimensionamiento del reactor biológico del Proceso de Lodos Activados. Se verificó que los mismos se encuentren dentro de los valores recomendados por la bibliografía utilizada (Metcalf & Eddy, 2014), presentada en la Tabla 19.

Tabla 19: Dimensionamiento del Reactor Biológico del Proceso de Lodos Activados.

Dimensiones del tanque de saturación		Valor
Valores adoptados	Concentración de DBO de salida (S) (mg/l)	30
	Y (mg SSV/ mg DBO)	0,6
	Tasas de descomposición Kd (día ⁻¹)	0,03
	Concentración de microorganismo X (mg/l)	4500
	Concentración de microorganismo purga X _p (mg/l)	6000
	Concentración de microorganismo recirculados X _R (mg/l)	7000
	Profundidad del reactor (m)	5
Tiempo de retención hidráulica (h)		7,9
Tiempo de retención celular θ _c (d)		3,2

Diámetro del reactor (m)	5
Superficie del reactor (m ²)	19
Volumen del reactor (m ³)	95
Relación F/M (mg DBO / SSV día)	0,62
Caudal de recirculación Q _r (m ³ /d)	163
Caudal de purga Q _p (m ³ /d)	23,5
Caudal de salida Q _s (m ³ /d)	264,5

En la Tabla 20 se presentan los valores de los parámetros involucrados en el sistema de lodos activados. El valor de sólidos suspendidos del licor mezcla representa el rango de biomasa que suelen encontrarse en un reactor aeróbico de mezcla completa como el asumido en el proyecto diseñado. En cuanto a las constantes adoptadas, no se han considerado rangos para su determinación, teniendo en cuenta valores de referencia experimentales utilizados para efluentes industriales.

Tabla 20. Valores de referencia del dimensionamiento de lodos activados⁴.

Valores de referencia	Valor	Obtenidos
Tiempo de retención hidráulico θ_h (hora)	4 a 8	7.9
Tiempo de retención celular θ_r (días)	3 a 8	3,2
Sólidos suspendidos en licor mezcla X (mg/l)	3000 a 6000	4500

Puede verificarse que en el diseño el $\theta_r > \theta_h$, cumpliendo con un parámetro fundamental en el diseño de un reactor de lodos activos y que los valores obtenidos para el tiempo de retención celular e hidráulico se encuentren dentro de los límites establecidos⁴.

5.4.2 Determinación de Producción de Lodos

La producción de lodo activado volátil (P_x) purgado desde el tanque de sedimentación se obtiene mediante la siguiente ecuación 43:

$$P_x = Q_p X_p \quad (43)$$

$$P_x \text{ (kg/d)} = 23,5 \text{ (m}^3\text{/d)} * 6 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$P_x \text{ (kg/d)} = 141$$

Por último, se procedió a calcular la carga orgánica volumétrica (COV) del reactor, utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{COV} = \frac{Q_r S + Q_o S_o}{V} \quad (44)$$

$$\text{COV(Kg/m}^3\text{d)} = \frac{Q_r S + Q_o S_o}{V}$$

$$\text{COV(Kg/m}^3\text{d)} = \frac{163 \text{ (m}^3\text{/d)} 32 \text{ (mg/l)} + 288 \text{ (m}^3\text{/d)} 920 \text{ (mg/l)}}{95 \text{ m}^3} \frac{1}{1000}$$

$$\text{COV(Kg/m}^3\text{d)} = 2,85$$

Los resultados obtenidos en cuanto a la producción de lodos activados se presentan a continuación, en la Tabla 21 a modo de resumen.

Tabla 21. Producción de lodos.

Producción de lodos	Valores
---------------------	---------

Px (kg SSLM/día)	141
COV (kg DBO/m ³ día)	2,85

Cabe destacar, que el valor obtenido de carga orgánica volumétrica, se encuentra dentro de los límites establecidos cuyo rango es de 0,3 a 3 kg DBO/m³ día⁵.

5.4.2 Requerimiento de Oxígeno y Sistema de aireación

Para determinar el sistema de aireación, en primer lugar, se determina el requerimiento de oxígeno RO a través de la siguiente ecuación 45:

$$RO \text{ (kgO}_2\text{/h)} = \frac{Q(S_0 - S)}{f} - 1,42 Px Q (S_0 - S) \quad (45)$$

Donde:

RO: Requerimiento de oxígeno (kgO₂/h)

Q: Caudal de líquido que ingresa al sistema (Q_o+Q_r) (m³/d)

S_o: Concentración de DBO del líquido que ingresa al reactor aeróbico (mg/l)

S: Concentración de DBO del líquido que abandona el reactor aeróbico (mg/l)

f: Factor de conversión. Valores entre 0.55 a 0.7, adoptó: f=0.65 (adimensional)

Px: Producción de lodos secundarios (kg/d), donde es igual $\alpha = Y/(1+\theta r)$

$$RO \text{ (kgO}_2\text{/d)} = \frac{451 \text{ (m}^3\text{/d)} (920 - 30)}{0.65} - 1,42 \cdot 141 \text{ (kg/d)}$$

$$RO \text{ (kgO}_2\text{/d)} = 305.5$$

Habiendo obtenido el valor de RO, se calcula el requerimiento estándar de oxígeno SOR, que permitirá conocer la cantidad de aire que debe ser suministrado, de la siguiente manera, ver ecuación 46:

$$SOR = \frac{RO}{\left[\beta \left(\frac{C_{\text{wat}} - C_l}{C_s} \right) \right] 1,024^{(T-20)} \alpha} \quad (46)$$

Donde:

SOR: Requerimiento de oxígeno estándar, en agua limpia a 20°C y una concentración de OD de 0 mg/l (kgO₂/h)

RO: Requerimiento de oxígeno (kgO₂/h)

β : Factor de conversión por salinidad y tensión superficial (adimensional)

C_{wat}: Concentración de saturación de OD para agua residual (mg/l)

CL: Concentración de OD en condiciones de operación (mg/l)

C_s: Concentración de oxígeno saturado en agua limpia a 20°C y 1 atm (mg/l)

α : Factor de conversión de transferencia de oxígeno para agua residual (adimensional)

T: temperatura ambiente (°C)

Es necesario previamente conocer la concentración de saturación del oxígeno disuelto C_{wat}, la cual se calcula según la ecuación 47:

$$C_{wat} = Sol \cdot Cal \quad (47)$$

Dónde:

Sol: Solubilidad a temperatura ambiente (mg/l)

Cal: Calibración a 85 msnm (%)

Los valores adoptados para los distintos parámetros, recomendados por bibliografía o extraídos de tablas y gráficos con variables estandarizadas, se presentan a continuación en la Tabla 22.

Tabla 22: Valores adoptados según bibliografía y estandarización para el cálculo de RO y SOR

Valores adoptados para el cálculo de RO y SOR	
Factor de conversión (f)	0,65
β	1
α	0,85
T amb (°C)	20
Cl (mg/l)	2
C _s (mg/l)	9,17
Calibración 20 msnm (%)	99

Solubilidad a 22°C (mg/l)	8.92
Densidad del aire a 20 °C y 1 atm	1,2
Fracción molar de O ₂ (%)	23,2

Reemplazando estos parámetros en la ecuación 46, obtenemos:

$$SOR = \frac{RO}{\left[\beta \left(\frac{C_{wat} - C_l}{C_s} \right) \right] 1,024^{(T-20)} \alpha}$$

$$SOR \text{ (kgO}_2\text{/kwh)} = \frac{12.73 \text{ (kgO}_2\text{/h)}}{\left[\left(\frac{8.83 \text{ (mg/l)} - 2 \text{ (mg/l)}}{9.17 \text{ (mg/l)}} \right) \right] 1,024^{(20-20)} 0.85}$$

$$SOR \text{ (kgO}_2\text{/kwh)} = 20,1$$

Una vez calculado el requerimiento de oxígeno estándar, se obtuvo el caudal de aire necesario que debe ser inyectado al reactor, dividiendo el SOR por la fracción molar del O₂ y la densidad del aire a 20°C y presión atmosférica. El compresor de aire a utilizar, considera tanto el valor obtenido como la pérdida de carga. Para cubrir la demanda de oxígeno necesaria, se optó por colocar difusores de membrana de burbuja fina. Los mismos poseen miles de micro-perforaciones que permiten obtener valores altos de transferencia de O₂, de modo de favorecer la eficiencia. Los difusores a utilizar son de la marca Repicky, Modelo RG-300. A partir de la ficha técnica (Anexo II) provista por el fabricante y el valor obtenido de SOR obtenido, se procedió a calcular el número de difusores necesario, sabiendo que el reactor biológico posee una superficie de 95 m².

Las características del difusor necesarias para realizar los cálculos, se presentan en la Tabla 23.

Tabla 23: Características del difusor de burbuja fina Repicky RG-300

Características del Difusor Repicky RG - 300	
Caudal de diseño (Nm ³ /h)	5
Pérdida de carga (mbar)	40

Transferencia de O ₂ (Kg O ₂ /Nm ³)	280
---	-----

Suponiendo que la densidad de difusores es de 1 difusor por m², y que cada difusor posee una transferencia de oxígeno de 280 gO₂/h, a un caudal de 5 Nm³/h difusor, se obtiene que cubriendo la totalidad de la superficie, la transferencia de oxígeno será de 20,1 kgO₂/h, valor que se encuentra por debajo del establecido a partir del SOR. Se adoptó una densidad de 2.5 difusores/m₂ con la cual se trabajó a partir del gráfico presentado en el catálogo de los difusores, extrapolando para el caudal de diseño de los difusores, de manera de obtener el SOTE gráfico cuyo valor es de 6.5 %/m². El SOTE real se calculó multiplicando dicho valor por la profundidad del reactor biológico. A su vez, el caudal de aire se encuentra definido de la siguiente ecuación:

$$\text{Cantidad de difusores} = \text{Densidad de difusores (dif/m}^2\text{)} * \text{Área del reactor (48)}$$

$$\text{Cantidad de difusores} = 2,5 \text{ (dif/m}^2\text{)} * 19 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$\text{Cantidad de difusores} = 48$$

Una vez obtenido el caudal de aire que deberá aportarse, se deduce la cantidad de difusores a utilizar mediante la ecuación (49).

$$Q_{O_2} \text{ (Nm}^3\text{/h)} = \text{SOTE real\%} * \text{Altura (m)} * Q_{\text{diseño (Nm}^3\text{/h)}} * N^{\circ} \text{dif (49)}$$

$$Q_{O_2} \text{ (Nm}^3\text{/h)} = 0.065 * 5 \text{ (m)} * 5 \text{ (Nm}^3\text{/h)} * 48 \text{ dif}$$

$$Q_{O_2} \text{ (Nm}^3\text{/h)} = 78$$

Luego utilizando la relación de 1 Nm³ es 0,28 kg O₂, se obtiene el caudal de O₂ por hora necesario en el sistema.

$$Q_{O_2} \text{ (kgO}_2\text{/h)} = 21,84$$

Para la distribución de los difusores, se empleará un sistema de grilla fija.

A modo de resumen, los valores obtenidos respecto a la transferencia de oxígeno y el sistema de aireación, se presentan en la Tabla 24.

Tabla 24. Dimensionamiento del sistema de aeración

Parámetros	Valor
RO (KgO ₂ /día)	305,5
SOR (Kg O ₂ /día)	482,5
C watt (mg/l)	8,38
Q O ₂ (kgO ₂ /h)	21,6
SOTE (%)	6,5
Q Difusores (Nm ³ /h)	28,5
Cantidad de difusores	48
Densidad de difusores (difusor/m ²)	2,5

5.4.3 Sedimentador secundario

Seguido al reactor biológico, debe colocarse un sedimentador ya que la separación líquido-sólido del efluente resulta crítica en la operación y eficiencia del sistema de lodos activados.

El sedimentador secundario presenta dos funciones principalmente⁸:

1. La sedimentación por gravedad de los SST del licor mezcla del efluente tratado
2. El espesamiento del lodo sedimentado, reduciendo su volumen previo a ser recirculado o purgado del sistema.

Para comenzar con el dimensionamiento del sedimentador, se considera que el mismo presenta una morfología circular, debido a contar con una mayor eficacia con respecto a los decantadores rectangulares. La unidad de sedimentación empleada (Figura 19) cuenta con cuatro zonas bien diferenciadas: zona de alimentación central, zona de sedimentación, zona de salida y zona de fangos.

El afluente ingresa al sedimentador por el sistema de alimentación central, mientras que el efluente clarificado se recoge en los bordes superiores de la unidad desde la cual fluye por gravedad hacia el canal colector del parque. Mediante el barredor de fondo, los lodos sedimentados son dispuestos en una pequeña cámara desde la cual son recirculados hacia el reactor biológico, mediante el empleo de una bomba centrífuga capaz de impulsar líquido con viscosidad y densidad específica. La purga del lodo sedimentado se realiza de forma manual.

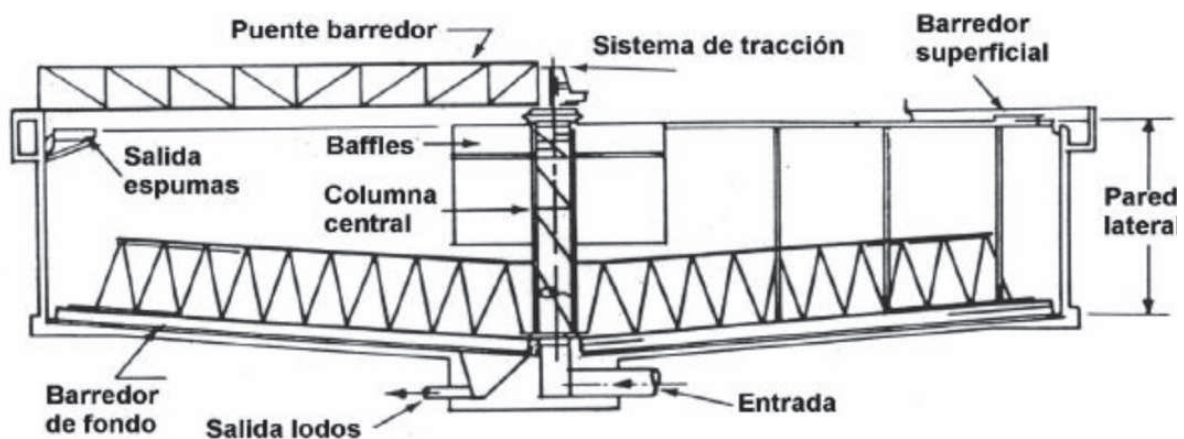


Figura 19. Sedimentador secundario. Fuente: Metcalf & Eddy.

5.4.2.1 Zona de sedimentación

Para obtener el Área superficial, se adoptó la carga superficial, según parámetros definidos en bibliografía, los cuales pueden verse en la tabla 25⁴.

Cuando el proceso de sedimentación es ideal, es decir, la decantación se realiza en ausencia de corrientes o turbulencia, la carga de sedimentación o tasa de desbordamiento, se define de la siguiente manera:

$$C_s = \frac{Q}{A_{sup}} \quad (50)$$

Donde:

C_s: Carga superficial del sedimentador (m³/m²h);

Q: Caudal que ingresa al sedimentador (m³/h)

A_{sup}: Superficie del sedimentador (m²);

Despejando el A_{sup}, obtenemos la ecuación (51),

$$A_{sup} = \frac{Q}{C_s} \quad (51)$$

$$A_{\text{sup}} = \frac{288 \text{ (m}^3/\text{d)}}{24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ d}}$$

$$A_{\text{sup}} \text{ (m}^2\text{)} = 12$$

Cabe destacar, que la velocidad de sedimentación de las partículas en el sedimentador, será igual a la carga superficial obtenida. A partir del área y con las ecuaciones 22 se obtiene el diámetro del sedimentador.

Por otro lado, adoptando un tiempo de permanencia (t_p) de 3 horas según valores de referencia indicados por la bibliografía utilizada, es obtiene el volumen del sedimentador de la siguiente manera, ver ecuación 52:

$$\text{Volumen de zona de sedimentación (m}^3\text{)} = Q * t_p \text{ (52)}$$

$$\text{Volumen de zona de sedimentación (m}^3\text{)} = 288 \text{ m}^3/\text{d} * 0,125 \text{ d}$$

$$\text{Volumen de zona de sedimentación (m}^3\text{)} = 36$$

Conociendo el volumen y área del sedimentador, se obtiene la altura de la zona de sedimentación, ver ecuación 53.

$$H_s = \frac{\text{Volumen de sed (m}^3\text{)}}{\text{Área de sed (m}^2\text{)}} \text{ (53)}$$

$$H_s = \frac{36 \text{ m}^3}{12 \text{ m}^2}$$

$$H_s = 3 \text{ m}$$

A modo de resumen se muestra en la tabla 25, los parámetros para el diseño del sedimentador secundario.

Tabla 25: Dimensionamiento de la zona de sedimentación del sedimentador secundario.

Dimensiones Zona de Sedimentación		Valor
Valores adoptados	Carga superficial	24
	Tiempo de permanencia Tp (h)	3
Volumen de sedimentación (m3)		36
Superficie del sedimentador (m2)		12
Altura de sedimentación hs (m)		3
Diámetro (m)		3,9

5.4.2.1 Zona de fangos

Para la altura de la tolva correspondiente a la zona de fangos, se adopta una inclinación de 15° y una base correspondiente al tercio del diámetro del sedimentador. Por trigonometría (Figura 20), se obtiene el valor de la altura de la tolva mediante la ecuación 53:

$$H_{\text{tolva}} = \frac{\phi}{3 \tan(\alpha)} \quad (53)$$

Donde:

h tolva: Altura de la tolva (m)

ϕ : Diámetro del sedimentador (m)

α : Inclinación de la tolva (°)

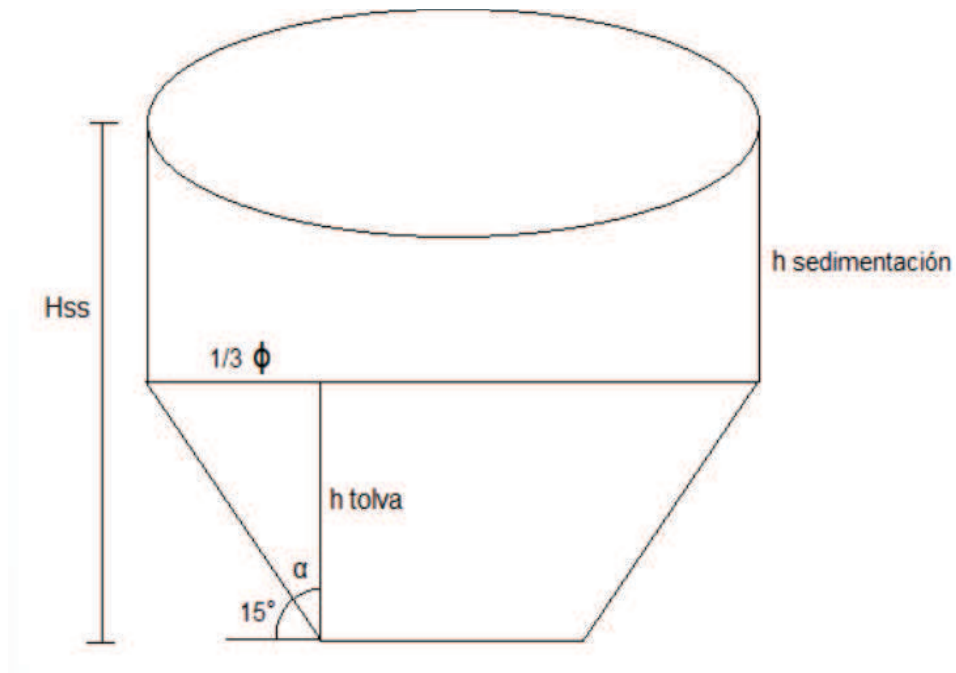


Figura 20. Esquema de un sedimentador secundario.

Reemplazando los parámetros en la ecuación 53 obtenemos:

$$H_{tolva} = \frac{3.91}{3 \tan(15^\circ)}$$

$$H_{tolva} = 4,86 \text{ m}$$

El volumen de la zona de fangos estará dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Vol. Zona de fangos} = \frac{h_{tolva}}{3} (A_{sup} + A_{inf} + \sqrt{A_{sup} A_{inf}}) \quad (54)$$

Donde:

h_{tolva} : Altura de la tolva (m);

A_{sup} : Área superior de la tolva (m^2), determinada por el área de la zona de sedimentación.

A_{inf} : Área inferior de la tolva (m^2), determinada a partir del tercio del diámetro del sedimentador

Reemplazando los parámetros en la ecuación 54 obtenemos:

$$\text{Vol. Zona de fangos} = \frac{4.86}{3} (12 \text{ m}^2 + 1.3 \text{ m}^2 + \sqrt{12 \text{ m}^2 \cdot 1.3 \text{ m}^2})$$

$$\text{Vol. Zona de fangos (m}^3\text{)} = 27,78$$

El volumen total del sedimentador secundario V_{ss} , será la suma del volumen de sedimentación y del volumen de fangos, ver ecuación 55:

$$V_{ss} = \text{Volumen de sedimentación} + \text{Volumen de fangos} \quad (55)$$

$$V_{ss} = 36 \text{ m}^3 + 27,78 \text{ m}^3$$

$$V_{ss}(\text{m}^3) = 63,78$$

$$V_{ss}(\text{m}^3) \approx 64$$

La profundidad total del sedimentador secundario (H_{ss}) será la suma de ambas alturas, ver ecuación 56:

$$H_{ss} = \text{Altura de sedimentación} + \text{Altura tolva} \quad (56)$$

$$H_{ss} (\text{m}) = 3 \text{ m} + 4.86 \text{ m}$$

$$H_{ss} (\text{m}) = 7.86$$

Se corrobora que la misma se encuentra dentro del rango establecido por bibliografía. Finalmente, se calcula la superficie necesaria para el drenaje o descarga de los lodos generados, a partir de la ecuación 57, quien a su vez recomienda un tiempo de descarga entre 1 a 2 horas⁸:

$$Sdl = \frac{A_{sup}}{4850 tv} \sqrt{H_{ss}} \quad (57)$$

Donde:

Sdl : Sección del tubo de descarga (m);

A_{sup} : Superficie de la zona de sedimentación (m²);

H_{ss} : Profundidad útil del sedimentador (m)

tv : Tiempo de vaciado (h).

Reemplazando los valores en la ecuación 57 obtenemos,

$$Sdl = \frac{12 \text{ m}^3}{4850 \cdot 4.5 \text{ h}} \sqrt{7.86(m)}$$

$$Sdl (m) = 0.0046$$

Conociendo el valor de la sección de descarga, se calculó el diámetro que deberá presentar el tubo.

$$\text{Diámetro (m)} = 8$$

Por último, se verificó que la velocidad de descarga de los lodos (vdl) cumple con los valores de referencia. Para calcularla se realizó el cociente entre el caudal de diseño y la sección de descarga, ver ecuación 58:

$$Vdl (m/s) = \frac{Q}{Sdl} \quad (58)$$

$$Vdl (m/s) = \frac{Q}{Sdl}$$

$$Vdl (m/s) = \frac{288 (m^3/d)}{0.0046 \text{ m}} \cdot \frac{1}{86400}$$

$$Vdl (m/s) = 0,72$$

Finalmente, se muestra a modo de resumen, los valores adoptados y resultados obtenidos se presentan en la Tabla 26

Tabla 26. Dimensionamiento de la zona de descarga de lodos.

Dimensiones Zona de Sedimentación		Valor
Valores adoptados	Inclinación de la tolva (°)	15
		2

	Tiempo de vaciado T_v (h)	
Altura de la tolva (m)		4,86
Sección de descarga de lodos (m ²)		0,0132
Diámetro de cañería de descarga (cm)		13
Velocidad de descarga de lodos (m/s)		0,253
Área inferior del fango (m ²)		1.3
Volumen de la zona de fangos (m ³)		28
Volumen total del sedimentador V_{ss} (m ³)		64
Profundidad total del sedimentador (m)		7,9

5.4.2.2 Zona de Salida del Agua Clarificada

En los sedimentadores secundarios, el líquido puede abandonar la unidad por diferentes estructuras como vertederos, canaletas y orificios.

De acuerdo al tipo de estructura implementada, se obtiene mayor eficiencia del proceso. El presente sedimentador contará con vertederos tipo Thompson, triangulares de 90°, simétricos y de pared delgada, los cuales se sujetarán mediante tornillos, como se muestra en la Figura 21.

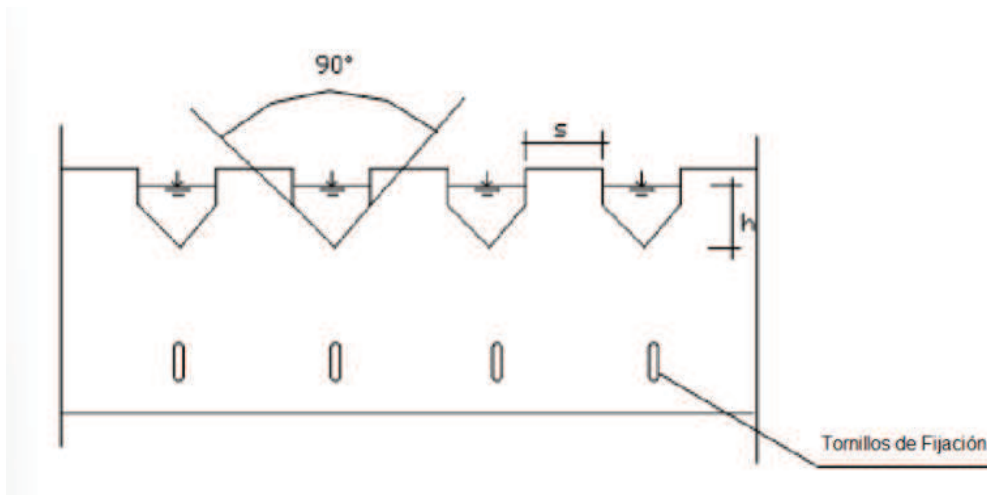


Figura 21. Vertedero tipo Thompson. Fuente: Perez LH

Se determina el caudal unitario de paso del agua a través de los vertederos mediante la ecuación 59:

$$Q_{\text{vert}} \text{ (m}^3\text{/s)} = 1.34 h^{2.47} \quad (59)$$

Donde:

Q_{vert} : Caudal unitario del vertedero ($\text{m}^3\text{/s}$);

h : Altura del vertedero; 0.07 - 0.15 m - Adoptó: 0.1 m

Reemplazando en los parámetros en la ecuación 59, obtenemos:

$$Q_{\text{vert}} \text{ (m}^3\text{/s)} = 1.34 (0.1 \text{ m})^{2.47}$$

$$Q_{\text{vert}} \text{ (m}^3\text{/s)} = 0,0045$$

Mediante trigonometría (Figura 22), se calculó el ancho total del vertedero (W) de la siguiente manera, ver ecuación 60:

$$W = 2 h \tan(45^\circ) \quad (60)$$

Reemplazando obtenemos:

$$W = 2 \cdot 0.1 \text{ m} \tan(45^\circ)$$

$$W \text{ (m)} = 0.2$$

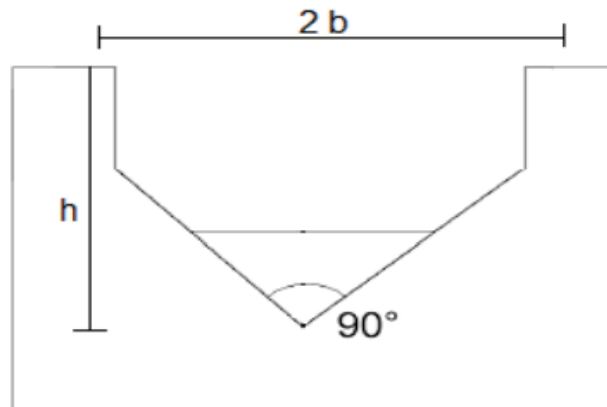


Figura 22. Relación trigonométrica para vertedero triangular tipo Thompson.

Por otro lado, la longitud del vertedero de salida se calculó a partir de la ecuación 61:

$$Lv \text{ (m)} = \frac{Q}{cv} \text{ (61)}$$

Donde:

Lv : Largo del vertedero (m)

Q : Caudal de diseño (m^3/h)

Cv : Carga de salida por el vertedero ($l/m s$). - Adoptado: $80 m^3/m \text{ día}$

Reemplazando obtenemos:

$$Lv \text{ (m)} = \frac{288 \text{ (m}^3/\text{día)}}{80 \text{ (m}^3/\text{m día)}}$$

$$Lv \text{ (m)} = 3,6$$

Se asume un valor de $80 m^3/m \text{ día}$ para la carga de salida a través del vertedero, considerando la recomendación de ENOHSA, en la que $Cv \leq 120 m^3/m \text{ día}$. Finalmente, el número de vertederos se obtiene de la ecuación 62:

$$N_v = \frac{Lv}{W} \text{ (62)}$$

Reemplazando los parámetros obtenidos en la ecuación 62, obtenemos:

$$N_v = \frac{3.6 (m)}{0.2 (m)}$$

$$N_v = 18$$

Si bien el valor obtenido es de 18 vertederos, se adoptan 19 con el objetivo de disminuir la carga en cada uno de ellos y obtener mayor flexibilidad de operación. Por otro lado, el sistema de recolección del agua clarificada consiste de un canal, el cual rodea toda la unidad de sedimentación en la zona superior. Dicho canal no puede funcionar ahogado, debiendo encontrarse libre para garantizar la carga constante y uniforme sobre los vertederos de salida.

La lámina de la canaleta de recolección se calcula a partir de la ecuación 63:

$$H \text{ máx} = \left(\frac{Q \text{ diseño}}{1.38 B} \right)^{2/3} \quad (63)$$

Donde:

h max: Lámina máxima de agua en la canaleta (m)

Q: Caudal de diseño (m³/s)

B: Ancho de la canaleta (m) - se adopta un ancho de canaleta de 60 cm.

Reemplazando los parámetros en la ecuación 63 obtenemos H Máx, según:

$$H \text{ máx} = \left(\frac{0.0033 (m^3/s)}{1.38 \cdot 0.6(m)} \right)^{2/3} * 100 \frac{cm}{m}$$

$$H \text{ máx (cm)} = 1,28$$

Una vez calculada la lámina de la canaleta (*h máx*) se adopta una revancha de 5 cm con el objetivo de garantizar que la canaleta trabaje libre, obteniéndose finalmente la altura (*hc*) de la canaleta.

Los valores adoptados y obtenidos del dimensionamiento de la zona de salida se presentan a continuación en la Tabla 27.

Tabla 27. Dimensionamiento zona de salida de efluente

Parámetro	Valor
-----------	-------

Dimensionamiento de los vertederos		
Adoptado	Altura del vertedero (m)	0,1
	Ángulo del vertedero (°)	90
	Carga salida del vertedero Cv (m ³ /m.d)	80
Caudal del vertedero (m ³ /s)		0,0045
Ancho del vertedero W (cm)		20
Largo del vertedero Lv (m)		3,6
Cantidad de vertederos Nv		19
Dimensionamiento de la canaleta de recolección		
Adoptado	Ancho de la canaleta B (cm)	60
	Altura de la revancha (cm)	5
Lámina máxima de agua en la canaleta (cm)		1,28
Altura total de la canaleta hc (cm)		6,28

5.5 Tratamiento terciario

La última etapa del tratamiento está constituida por dos pasos, en el primero, se someterá al efluente saliente del sedimentador secundario a pasar por una batería de filtros lentos, los cuales reducirán la cantidad de materia orgánica, de microorganismos y posibles olores remanentes.

Por otro lado, para que el tratamiento cumpla con la normativa provincial, antes que el efluente abandone el área perteneciente al predio del parque industrial y entre en contacto con el cuerpo de agua superficial, el efluente deberá pasar por una cámara de cloración/desinfección.

5.5.1 Filtración

Luego de la salida del efluente del sedimentador secundario se instalará una batería de filtros, para eliminar un cierto grado de contaminantes remanentes del tratamiento biológico, microorganismos que hayan escapado al sedimentador secundario y por otro lado para eliminar posibles olores que presente el efluente.

Por un tema de costos de construcción y mantenimiento, así como a practicidad se instalarán filtros lentos de arena a gravedad, ver figura 25.

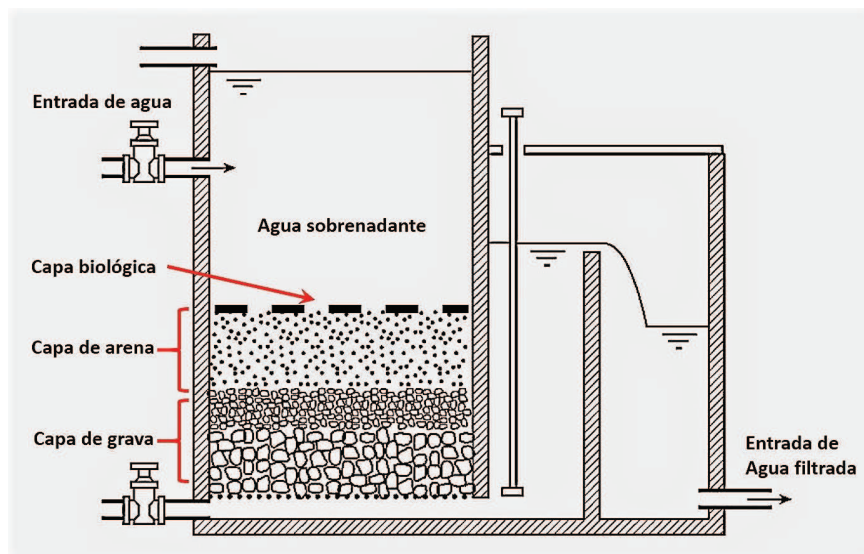


Figura 25. Esquema de un filtro de arena a gravedad. Fuente:..

La dimensión de los filtros fue calculada asumiendo una velocidad de filtración y utilizando la ecuación 71:

$$\text{Área (m}^2\text{)} = \frac{\text{Velocidad de filtración (m}^3\text{/m}^2\text{ d)}}{\text{Caudal por filtro (m}^3\text{/d)}} \quad (71)$$

Donde:

Área: Área del filtro (m²)

Caudal por filtro = Caudal de diseño dividido por los 4 filtros a instalar (m³/d)

v = Velocidad de filtración (m³/m² día) - Rango para filtros lentos: 7 - 14 Adoptado = 12

Reemplazando obtenemos:

$$\text{Área (m}^2\text{)} = \frac{12 \text{ (m}^3\text{/m}^2\text{ día)}}{96 \text{ (m}^3\text{/d)}}$$

$$\text{Área (m}^2\text{)} = 8$$

Por otro lado, asumiendo una altura del filtro de 1.65 m (Espesor filtrante: 1.2 m y espesor sostén: 0,45 m) y multiplicando por el área obtenida de la ecuación 71, obtenemos el volumen de cada filtro, ver ecuación 72.

$$\text{Volumen de filtro (m}^3\text{)} = \text{Área del filtro (m}^2\text{)} * \text{Altura del filtro (m)} \quad (72)$$

Reemplazando obtenemos:

$$\text{Volumen de filtro (m}^3\text{)} = 8 \text{ m}^2 * 1,65 \text{ m}$$

$$\text{Volumen de filtro (m}^3\text{)} = 13,2$$

Además con el área se calcula el diámetro con la ecuación 22 y por último se corrobora que el tiempo de residencia se encuentra dentro de valores recomendados por bibliografía en relación con los parámetros adoptados, ver ecuación 73.

$$\text{Tr (h)} = \frac{\text{Volumen del filtro (m}^3\text{)}}{\text{Caudal por filtro (h)}} \quad (73)$$

Reemplazando;

$$\text{Tr (h)} = \frac{13,2 \text{ m}^3}{4 \text{ (h)}}$$

$$\text{Tr (h)} = 3.3$$

El valor de Tr se encuentra dentro de los rangos recomendados por bibliografía (3 a 12 h)

En la tabla 29, se observan los valores adoptados y las medidas de los 3 filtros a instalar en la planta.

Tabla 29. Dimensionamiento del sistema de filtrado

Dimensiones del filtro	Valor
------------------------	-------

Valores adoptados	Velocidad de filtración (m ³ /m ² d)	12
	Espesor lecho filtrante (m)	1,2
	Espesor lecho soporte (m)	0,45
Área del filtro (m ²)		0,83
Altura del filtro (m)		1,65
Volumen (m ³)		22
Diámetro (m)		4.2
Tiempo de retención (h)		3,3
Nº de filtros		3

Puede verse que el valor de la velocidad de filtración se encuentra dentro de rangos recomendados por bibliografía (7-14 m³/m² día), el cual se utilizó como parámetro de comprobación del sistema.

5.5.2 Cámara de cloración

Cómo último pasó de tratamiento se instalará una cámara de cloración para reducir bacterias y virus patógenos antes del vuelco del efluente al cuerpo de agua superficial. Para el dimensionamiento de la cámara se utilizó la ecuación 74:

$$\frac{N_t}{N_o} = (1 + 0.23 Ct T)^{-3} \quad (74)$$

Donde:

N = Número de organismos coliformes en el tiempo T - Adoptado: 1×10^7

N_0 = Número de coliformes en el tiempo T_0 - Adoptado : 200

C_t = Cloro total residual medido amperométricamente en el tiempo t , mg/L.

T = Tiempo de residencia (Min) - Adoptado: 30

Despejando la cantidad de cloro, obtenemos la ecuación 75.

$$Ct_{(mg/l)} = \frac{\left(\frac{N_0}{N_t}\right)^3 - 1}{0.23 T} \quad (75)$$

Reemplazando obtenemos;

$$Ct_{(mg/l)} = \frac{\left(\frac{1E-7}{200}\right)^3 - 1}{0.23 (30 \text{ min})}$$

$$Ct_{(mg/l)} = 5,194$$

$$Ct_{(kg/m^3)} = 0,0052$$

Los valores de las coliformes fueron tomados de bibliografía, para así obtener la cantidad de cloro necesaria por día que se le deberá dosificar al efluente.

Cabe mencionar que de los datos estimados por bibliografía se les descontó un quince por ciento de carga bacteriana gracias a la acción de los filtros instalados previos a la cámara de cloración.

Es de gran importancia que las cantidades de cloro inoculadas sean las indicadas ya que el exceso de cloro libre en el agua residual podría formar subproductos que pueden ser tóxicos como el HOCl, NH₂Cl, entre otras, cómo puede verse en la figura 26.

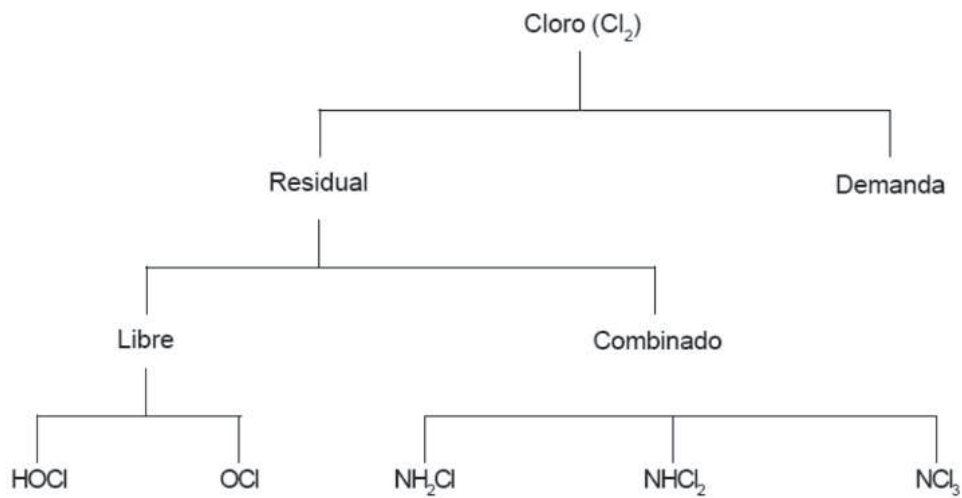


Figura 26. Posibles subproductos formados por la dosificación de cloro en exceso.

Para mantener la dosificación correcta es necesario verificar los siguientes parámetros en forma constante:

- PH – se necesita 50% más de tiempo de contacto para inactivar virus a pH 7 que a pH 6
- Temperatura – de 2 a 3 veces más tiempo de contacto por cada 10 °C de descenso.
- Turbiedad
- Grado de mezcla
- Sustancias interferentes

Continuando con el dimensionamiento del equipo, con el caudal de diseño y el tiempo de retención obtenidos anteriormente se obtiene el volumen del equipo, ver ecuación 76.

$$\text{Volumen (m}^3\text{)} = Q \text{ (m}^3\text{/h)} * T_p \text{ (h)} \quad (76)$$

$$\text{Volumen (m}^3\text{)} = 12 \text{ m}^3\text{/h} * 0.5 \text{ h}$$

$$\text{Volumen (m}^3\text{)} = 5$$

Adoptando una altura de 1,5 m y dividiéndola por el volumen del equipo podemos obtener un área de unos 4 m²

Por otro lado, calculamos la capacidad del dosificador, según la ecuación 79

$$\text{Capacidad del dosificador(kg/d)} = \text{Caudal del efluente (m}^3\text{/d)} * C \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad (79)$$

$$\text{Capacidad del dosificador(kg/d)} = 288 \text{ (m}^3\text{/d)} 5.2 \times 10^{-3} \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$\text{Capacidad del dosificador(kg/d)} = 1.49 \text{ kg/m}^3$$

Adoptando un ancho de 1 m, podemos obtener una longitud de equipo de 4 m.

Una vez conocida la longitud del equipo, se busca la distancia entre barreras según la siguiente relación, ver ecuación 80.

$$\text{Distancia entre barreras (m)} = \frac{\text{Longitud (m)}}{40} \quad (80)$$

Reemplazando obtenemos:

$$\text{Distancia entre barreras} = \frac{4 \text{ (m)}}{40}$$

$$\text{Distancia entre barreras (m)} = 0,1$$

Por último, para obtener la cantidad de barreras que presentará el equipo, según la ecuación 81

$$\text{Cantidad de barreras} = \left(\frac{\text{Ancho (m)}}{\text{Dist. barreras (m)}} \right) - 1$$

$$\text{Cantidad de barreras} = \left(\frac{1 \text{ m}}{0.1 \text{ m}} \right) - 1$$

$$\text{Cantidad de barreras} = 9$$

En la tabla 30, se observan los valores necesarios para realizar el dimensionamiento de la cámara de cloración.

Tabla 30. Dimensionamiento de la cámara de cloración

Proyecto Final Integrador de Ingeniería Ambiental
 - Zabarini, Damián -

Dimensiones cámara de cloración		Valor
Valores adoptados	No	10^7
	N	200
	Tiempo de contacto (min)	30
	Altura (m)	1,5
	Longitud (m)	4
C (mg/L)		5,2
Volumen (m ³)		6
Área (m ²)		4
Capacidad del dosificador (Kg/d)		1,5
Ancho (m)		1
Distancia entre barras (cm)		10
N° de canales		9

5.6 Cámara de muestreo y medición de caudal

Para cumplir con la disposición N° 607/12 del Ministerio de Ambiente de la Nación, se debe instalar luego de la cámara de desinfección, una cámara de muestra y medidor de caudal.

El dimensionamiento de la misma se detalla en la misma resolución, para caudales de hasta 25 m³/h, ver figura 27.

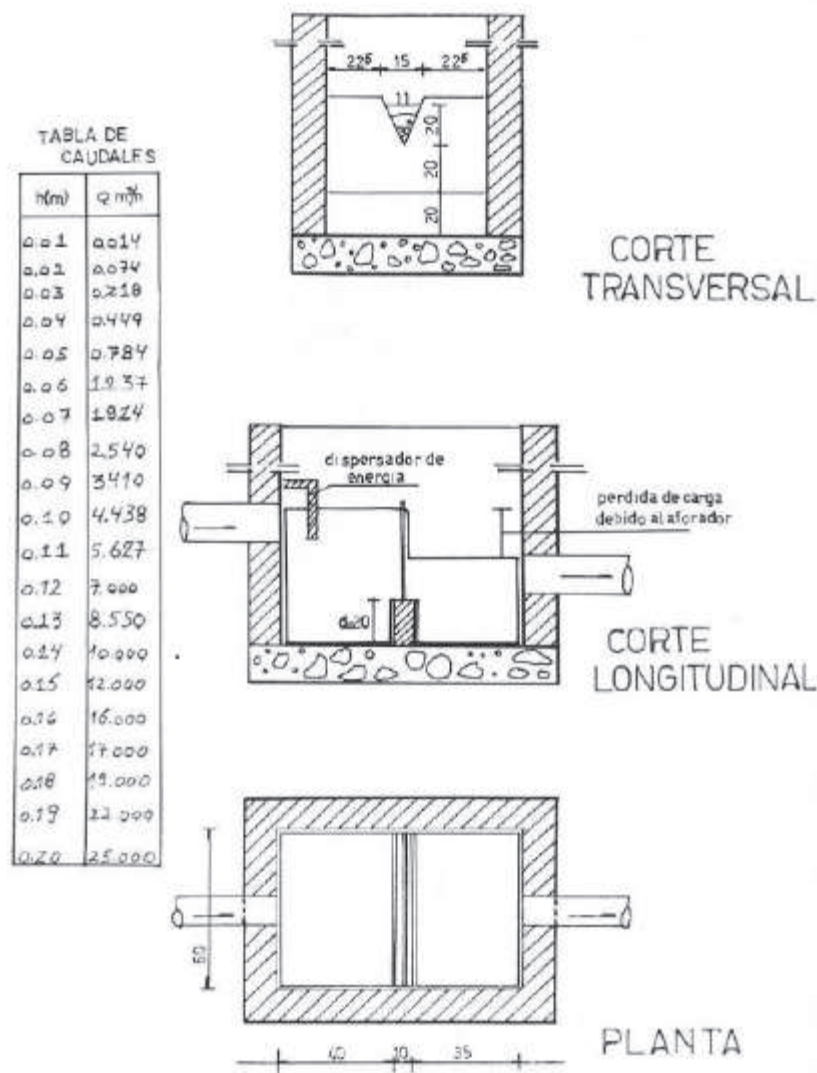


Figura 27. Dimensionamiento de la cámara de muestreo según la Res. 607/12. Fuente. Ministerio de Ambiente

5.7 Eficiencia de equipos y parámetros de salida.

A modo de resumen, en este apartado se muestran nuevamente los parámetros de ingreso del efluente y se estima la reducción de cada uno de ellos en base a los tratamientos físicos y biológicos planteados anteriormente. Esto puede verse desarrollado en la tabla 31, donde se ve la disminución de las concentraciones de los diversos componentes en cada punto de tratamiento hasta llegar a valores admisibles de vuelco (color verde).

Tabla 31. Desempeño del sistema de tratamiento¹⁰.

Parámetros	Entrada	Pretratamiento ¹	Tratamiento primario ²	Tratamiento secundario ³	Tratamiento terciario ⁴	Salida
SST (mg/l)	1200	1020	102	30.6	12.3	12.3
DBO (mgO ₂ /l)	1776	1500	1344	960	48	36
DQO (mgO ₂ /l)	2625	2231	1338	201	150	150
SSEE(mg/l)	1098	769	39	23.5	18	18
P (mg/l)	7.5	7.5	7.5	1.8	0.27	0.27

¹Consta del sistema de rejillas y el tanque de homogeneización, se adoptó una eficiencia promedio de ambas unidades del 15%.

²Consta de sedimentador primario y sistema DAF, se adoptó una eficiencia promedio de ambas unidades del 40% en la remoción de DBO y DQO y un 90% para AyS y SST.

³Consta del reactor de lodos activos y precipitador de fósforo, se adoptó una eficiencia promedio de ambas unidades del 95% en la remoción de DBO y DQO y un 70% para AyS y SST. En el caso del fósforo se estima un consumo por parte de los microorganismos en el reactor biológico de un 76% y una remoción del 85 % en el precipitador.

⁴Consta de un equipo de filtros, se adopta una eficiencia se adoptó una eficiencia del 60% en la remoción de AyS y SST y un 25% para AyS y SST.

Como puede verse en la tabla 31, la planta de tratamiento logra disminuir las concentraciones de los parámetros críticos mencionados anteriormente, obteniendo valores aptos para vuelco en un cuerpo de agua superficial

VI. Tratamiento de lodos generados

Los lodos tal como salen de la planta de tratamiento, pueden presentar características nocivas – si son dispuestos en el ambiente receptor sin ningún tipo de tratamiento – o componentes que puedan ser recuperados para otro proceso.

Por tales razones, es necesario conocer la composición de los mismos, de manera tal de optar por el mejor tratamiento y disposición final para cada lodo en particular. Además, como se dijo anteriormente, los barros presentan alto contenido de humedad, haciendo que el volumen de los mismos sea mayor, provocando un aumento en los costos de disposición final.

Los principales objetivos del tratamiento de barros son, por un lado, la estabilización biológica y por otro, el espesamiento o reducción del volumen.

Dado un barro genérico, los procesos de tratamiento que se aplican previo a su disposición final son:

1. Concentración o espesamiento.
2. Digestión
3. Acondicionamiento
4. Deshidratación y secado

A continuación, se presenta una propuesta para el tratamiento de los lodos provenientes de la planta diseñada anteriormente, los puntos de generación de barros son, rejas y sistema de desbaste, tanto para el efluente industrial y cloacal, sedimentador primario y sedimentador secundario.

En la figura 28, puede verse el diagrama de los procesos que integran el tratamiento de sólidos generados por la planta de tratamiento, cómo puede verse, el sistema está integrado por un digestor aerobio de lodos, seguido un filtro prensa para disminuir el alto contenido de humedad de los mismo y disponer así, una menor cantidad de peso como residuo industrial no especial, cabe destacar que los líquidos generados en el digestor como en el filtro prensa serán dirigidos al sedimentador primario para lograr una mayor eficiencia

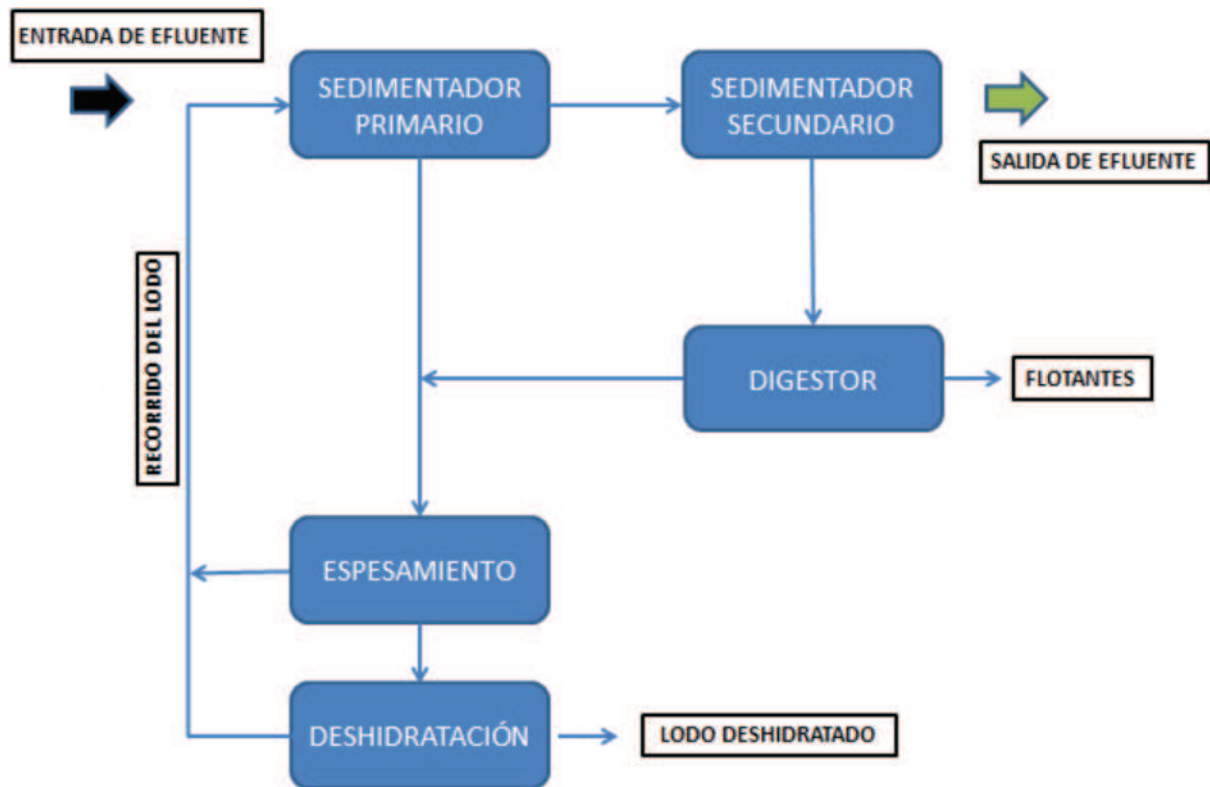


Figura 28. Esquema del proceso de tratamiento de lodos. Fuente: Propia

En esta sección se plantea en detalle el dimensionamiento de los tres procesos que integran el sistema de tratamiento de lodos antes mencionado.

6.1 Espesamiento de lodos

Normalmente, el paso inicial para el tratamiento de lodos es el espesamiento de los mismos, ya que, este proceso ayuda a la realización de cualquier tratamiento subsiguiente, elimina rápidamente una gran cantidad de agua y ayuda a igualar los flujos al dispositivo de tratamientos subsiguiente.

El espesamiento puede lograrse por:

- 1) Sedimentación por gravedad
- 2) Flotación.

El espesamiento por gravedad generalmente se logra mediante el uso de recipientes de sedimentación circulares similares a un clarificador, salvo que en esto los tiempos de permanencia son mayores para obtener una elevada eficiencia en sedimentación del lodo. (Figura 29).

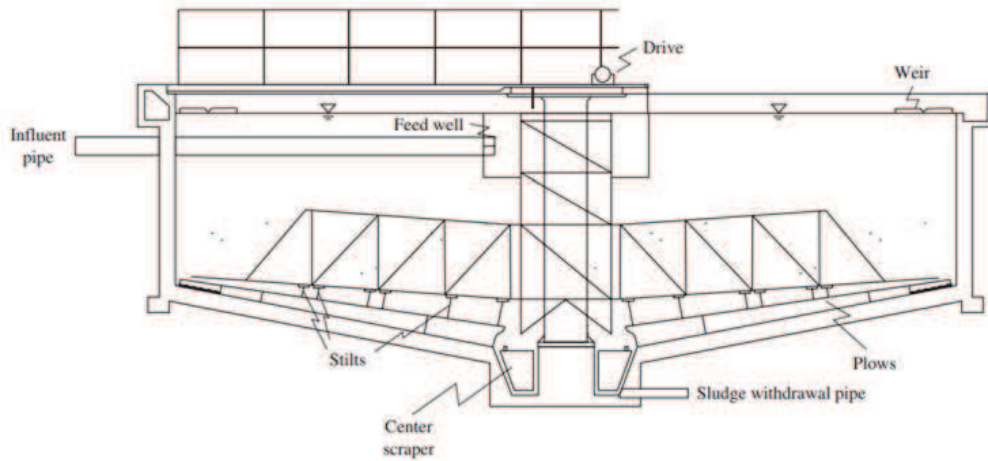


Figura 29. Esquema de un espesador⁸.

Los espesadores se pueden diseñar en base a evaluaciones piloto o utilizando datos obtenidos de plantas similares la adición de polímero mejora significativamente el rendimiento de los espesantes.

La primera medida para el diseño del espesador de lodos, es estimar la cantidad de lodos que son generados en el sedimentador primario, para ello, se debe realizar un balance de masa en el sedimentador primario, ver figura 30.

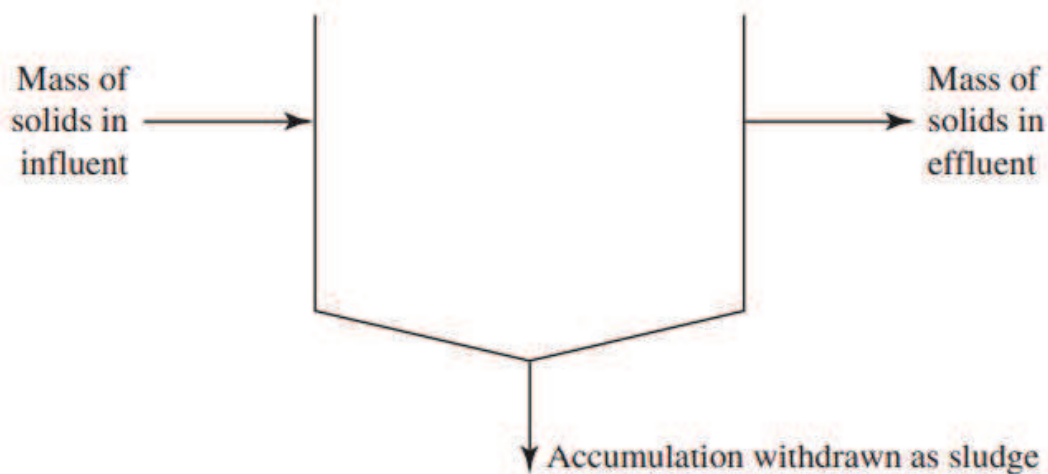


Figura 30. Esquema del balance de masa en el sedimentador primario⁸.

Para conocer la masa de sólido que ingresa al sedimentador se utiliza la ecuación 81.

$$M_s = 86.4 Q (0.44 A + SS + M) \quad (81)$$

Donde:

M_s : Masa de lodo producida (kg/d)

Q = Caudal de diseño (m^3/d)

A = Dosis de aluminio, mg/l

SS = Sólidos suspendidos en el efluente (mg/l) provenientes del sistema DAF - 739,55 mg/l

M = Químico adicional para favorecer la precipitación (mg/l)

Reemplazando obtenemos;

$$Ms = 86.4 \cdot 3.33 \times 10^{-3} \text{ kg/s} (0.44 \cdot 0 + 739.55 \text{ (mg/l)} + 0)$$

$$Ms \text{ (kg/d)} = 212,78$$

Por otro lado, para conocer la cantidad de masa de lodo que sale del sedimentador, se utiliza la ecuación 82.

$$\text{Masa de sólido de salida (m}^3\text{/d)} = N^{\circ}\text{Vertedero} \cdot \text{Caudal del vertedero} \cdot SS_{\text{sálida}} \text{ (82)}$$

Teniendo en cuenta que la eficiencia del sedimentador primario en la eliminación de SS es de un 35% la concentración de salida ($SS_{\text{sálida}}$) = 480 mg/l. En base a lo mencionado, se reemplazan los valores en la ecuación 83.

$$\text{Masa de sólido de salida (kg/d)} = 10 \cdot 30 \text{ (m}^3\text{/d)} \cdot 480 \text{ g/m}^3 \cdot 1 \text{ kg/1000 gr} \text{ (83)}$$

$$\text{Masa de sólido de salida (kg/d)} = 144$$

Luego, se obtiene la acumulación según la ecuación 84.

$$\text{Acumulación (kg/d)} = Ms \text{ (kg/d)} - \text{Masa de sólido de salida (kg/d)} \text{ (84)}$$

Reemplazando se obtiene,

$$\text{Acumulación (kg/d)} = 212,78 \text{ kg/d} - 144 \text{ kg/d}$$

$$\text{Acumulación (kg/d)} = 68,75$$

Por último, se calcula el caudal de lodos (V_{sl}) del sedimentador primaria, según la ecuación 85.

$$V_{sl} \text{ (m}^3\text{/d)} = \frac{\text{Acumulación (kg/d)}}{\rho_{\text{lodo}}} \text{ (85)}$$

Reemplazando se obtiene,

$$Vsl(m^3/d) = \frac{68.75 (kg/d)}{1000 (kg/m^3) * 1.002 * 0.01}$$

$$Vsl (m^3/d) = 6,86$$

Como se mencionó al inicio, el diseño de este tipo de equipos sigue el mismo criterio que para un sedimentador primario. Por lo tanto para el inicio del diseño se utiliza la ecuación 86, donde se relaciona la CHS y el caudal con la superficie del equipo.

$$\text{Área} = \frac{Q_{lodo}}{CHV} \quad (86)$$

Donde:

CHM = Carga hidráulica masía- adoptado 2 kg/h m²

Q_{lodos} = Caudal de lodos proveniente del sedimentador primario y el digestor

Desarrollando la ecuación 86, obtenemos:

$$\text{Área del espesador} = \frac{(Q_{sed} + Q_{Digestor})}{CHV}$$

$$\text{Área del espesador} = \frac{(68.75 (kg/d) + 67.2 (kg/d))}{48 (kg/d m^2)}$$

$$\text{Área del espesador} = 2,1 \text{ m}^2$$

Adoptando una altura de 4 m, se obtiene el volumen del equipo según la ecuación 87.

$$\text{Volumen} = \text{Área} * \text{Altura} \quad (87)$$

$$\text{Volumen} = 8,4 \text{ m}^3$$

Se obtiene el diámetro del equipo según:

$$\text{Diámetro} = \left(\frac{4}{\pi} \text{Área} \right)^{1/2}$$

$$\text{Diámetro} = 1,63 \text{ m}$$

Se estima que el proceso de espesamiento removerá un 30 %, de los SSV, enviando al filtro prensa unos 95,2 kg/d

6.2 Digestor de lodos activos

El exceso de lodos generados en el sistema de desbaste, sedimentador primario y sedimentador secundario, son conducidos al digestor, esta cámara ayuda disminuir el volumen de los mismos, mediante una digestión aeróbica y una mineralización parcial. El oxígeno necesario para la estabilización de los lodos es aportado por el difusor de aire de igual modelo a los utilizados en el reactor de lodos activos.

En la figura 31, puede observarse un diseño de digestor de lodos utilizado en la planta de tratamiento de efluentes líquidos de la empresa Exologista S.A, ubicada en Esteban Echeverría.



Figura 31. Ejemplo de un digestor aeróbico. Fuente: propia

El líquido sobrenadante es enviado al sedimentador primario para ser tratado nuevamente.

Para estimar el volumen del digestor se utiliza la ecuación (88).

$$\text{Vol. Espesador (m}^3\text{)} = \frac{Q_p (X_i + F_{ps})}{X(K_d P_v + \frac{1}{SRT})} \quad (88)$$

Donde:

V: Volumen del digestor aeróbico, m³.

Q_p : Caudal de purga, m^3/d .

F_{ps} : Fracción de DBO del efluente que ingresa del tratamiento primario (mg/l)

K_d : Constante de reacción, d^{-1} . Adoptado : 0.6, para temperatura de $15^\circ C$

P_v : Fracción de sólidos volátiles suspendidos en el reactor. - Adoptado: 0.7

SRT: Tiempo de retención de sólidos en el tanque, d . - Adoptado : 60d

X : Sólidos suspendidos en el digester (mg/l) - Adoptado= 3400

X_i : Sólidos suspendidos en el afluente (mg/l).

El término F_{ps} es ignorado, ya que, solo ingresarán sólidos por parte del sedimentador primario. Por otro lado el valor de SRT, es aproximado mediante la temperatura adoptada para el diseño y la figura 32, además se adoptó que la concentración de sólidos en suspensión del digester es el 70 % de la concentración de lodos espesados entrantes, además se adoptó que $VSS=0.38 SST^0.8$.

Los valores típicos de los parámetros se muestran en anexo.

La eficiencia del digester ronda en la reducción del 38 a 50% de los SSV.

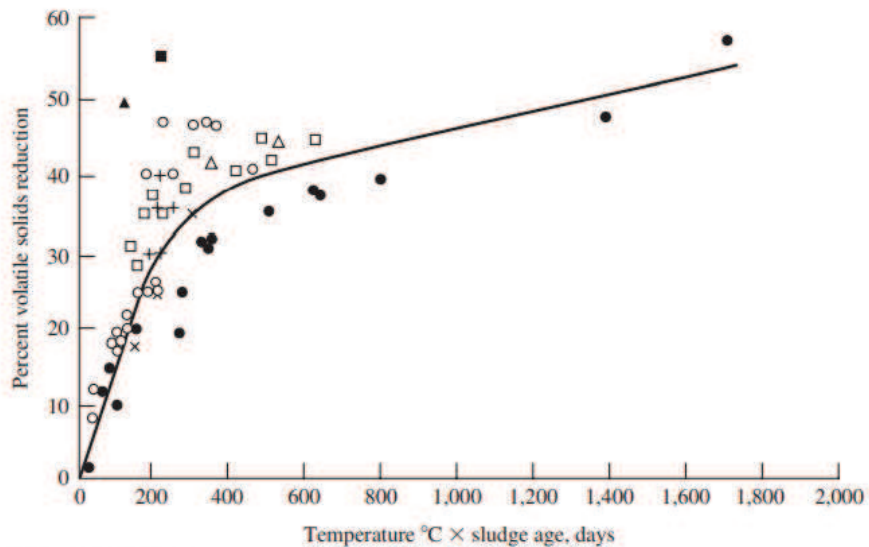


Figura 32. Reducción de los sólidos volátiles como función de la temperatura del líquido digerido y la edad del lodo⁸.

En base a lo descrito, se reemplazan los valores en la ecuación 89:

$$V (m^3) = \frac{23.5 (m^3/d)(3.4 (kg/m^3 + 0))}{3.4 (kg/m^3) 0.8 (0.6 (d-1) 0.7 + \frac{1}{60 (d)})}$$

$$V = 69 m^3$$

El digester tendrá un diseño rectangular de unos 4.5 m de altura, por ende, se obtiene el área del mismo dividiendo la altura adoptada con el volumen del equipo obtenido, ver ecuación 90.

$$\text{Área (m}^2\text{)} = \frac{\text{Volumen del equipo (m}^3\text{)}}{\text{Altura (m)}} \quad (90)$$

$$\text{Área (m}^2\text{)} = \frac{69 \text{ m}^3}{6 \text{ m}}$$

$$\text{Área (m}^2\text{)} = 11,5$$

Con ese valor de área se obtiene un valor de **diámetro de 4,4 m**, el cual se halla dentro de los valores recomendados por bibliografía ($3.5 \text{ m} < D < 15 \text{ m}$)⁴.

Por otro lado, para obtener el requerimiento de oxígeno necesario, se utilizó la relación de 2.3 kg O₂/kg SSV destruido y la ecuación 91:

$$\text{Requerimiento de oxígeno(kg O}_2\text{/d): } P_x * 0.8 * \text{Reducción de SSV} * 2.3 \text{ kg O}_2\text{/kg SSV (91)}$$

Reemplazando obtenemos;

$$\text{Requerimiento de oxígeno(kg O}_2\text{/d): } 112 \text{ Kg/d} * 0.8 * 0.4 * 2.3$$

$$\text{Requerimiento de oxígeno(kg O}_2\text{/d): } 82,44$$

Conociendo el requerimiento de oxígeno, se obtiene el SOR y la cantidad de difusores de igual modo que en el apartado del diseño del reactor de lodos activo.

En la tabla 39, se muestra el valor del tanque de digestión, junto con los valores adoptados, el requerimiento de O₂ y la cantidad de sopladores necesarios para satisfacer esa necesidad.

Tabla 39. Dimensionamiento del Digestor de lodos

Dimensionamiento del digestor		Valor
Adoptados	Kd	0,06
	X _i	3400
	P _v	0,7
	SRT	60
	h	4,5

	Eficiencia de remoción (%)	40
	Volumen (m ³)	69
	Requerimiento de O ² (m ³ /h)	3,5
	Cantidad de soplantes	15
	Lodo luego del digestor (kg/d)	67,2

Debe aclararse que se instalarán 2 de estos equipos, en caso que uno necesite mantenimiento, los líquidos resultantes del proceso serán conducidos al espesador de lodos mediante gravedad.

6.3 Deshidratación de lodos

Para continuar con la reducción en volumen de la cantidad de lodos se optó por la implementación de un filtro prensa (ver figura 33). El líquido generado por el proceso de filtrado será dirigido mediante impulsión al sedimentador primario.



Figura 33. Filtro prensa. Fuente propia

El componente básico de un filtro prensa es una serie de placas empotradas verticalmente, donde, cada una de estas, está cubierta por una tela especial para sostener y contener la torta de lodos que se está formando a medida que la atraviesa el fluido. Las placas están montadas en un marco que consta de dos soportes en cada extremo que se conectan mediante barras horizontales (ver figura 34).

El lodo proveniente de la cámara de digestión ingresa al filtro prensa donde mediante la inyección de presión, el líquido se bombea al filtro pasando por los orificios de alimentación de las placas. A medida que se forma la torta de lodos y se acumula en la cámara, la presión aumenta gradualmente hasta un punto donde sería contraproducente continuar con la inyección de lodos.

Un ciclo típico de filtración a presión comienza con el cierre de la prensa. El lodo se alimenta durante un período de 20 a 30 minutos hasta que la prensa está

efectivamente llena de torta. La presión en este punto generalmente es la máxima diseñada (700 a 1700 kPa) y se mantiene de una a cuatro horas, durante las cuales se elimina más filtrado y se logra el contenido de sólidos de torta deseado. Luego, el filtro se abre mecánicamente y la torta deshidratada se deja caer de las cámaras a una cinta transportadora o tolva para su eliminación. Por lo general, se requieren rompedores de torta para romper la torta rígida en una forma transportable. Debido a que los filtros de presión de placa funcionan a altas presiones y debido a que muchas unidades utilizan cal para el acondicionamiento, las telas requieren un lavado de rutina con agua a alta presión, así como un lavado periódico con ácido.

Para favorecer la generación de la torta de lodos, se inyectan productos químicos como la perlita, la dosificación típicamente es en el rango de 10 a 15 por ciento de los sólidos del lodo

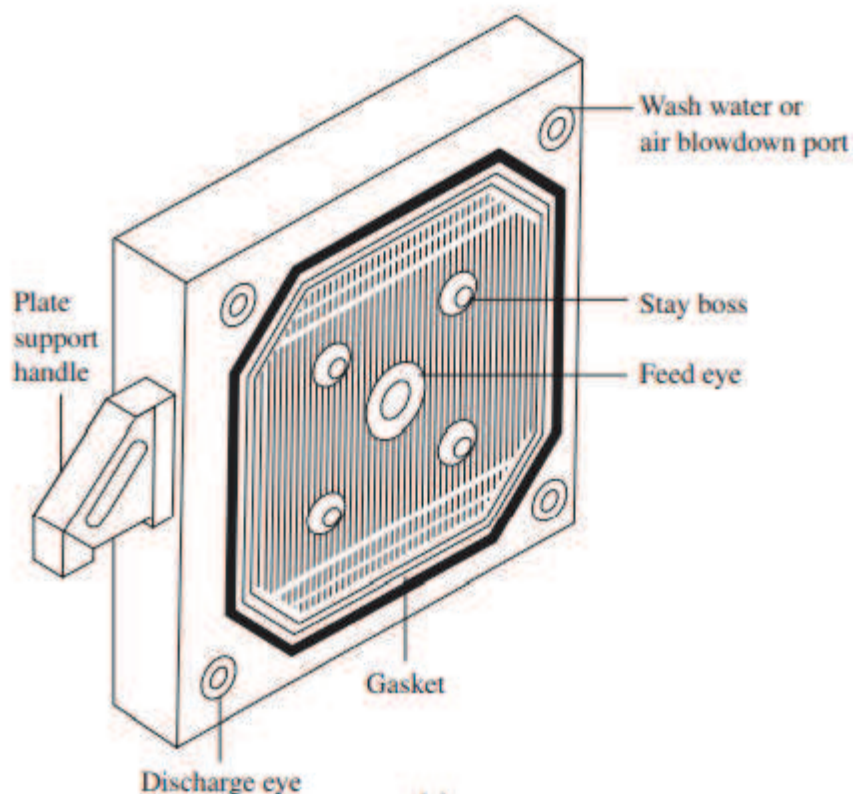


Figura 34. Placa de un filtro prensa. Fuente: Poner libro de ingeniería

Para la selección del filtro prensa se utilizó la figura 35, donde se observa la variación de la longitud, altura y número de placas, según el caudal generado en el número de ciclos propuesto.

Para estimar el volumen de lodo deshidratado se utiliza la ecuación 92.

$$\text{Volumen Deshidratador (m}^3\text{)} = \frac{(Vsl) (Ps) (\rho) (S \text{ lodos})}{(\rho_{\text{torta}}) (P_{\text{filtro}})} \quad (92)$$

Donde:

ρ : Densidad del agua; g/L - Adoptado : 1.

Ps : Fracción de lodos húmedos, % - Adoptado : 15%

ρ_{torta} : Densidad de la torta de lodo; g/L - Adoptado: 1.176

P_{filtro} : Fracción de lodos húmedos luego del filtrado, mg/L - Adoptado: 0.25

$S \text{ lodo}$: Peso específico del lodo antes de la deshidratación. Adoptado: 2.5

Vsl : Caudal generado por día (lodo proveniente de sed. primario y digester) (m³/d)

Reemplazando obtenemos,

$$\text{Volumen Deshidratador (m}^3\text{/d)} = \frac{(6.86 \text{ (m}^3\text{/d)} + 23.5 \text{ (m}^3\text{/d)}) (0.15) (1 \text{ (g/l)}) (2.5)}{(1.176) (0.25)}$$

$$\text{Volumen Deshidratador (m}^3\text{/d)} = 38.72$$

$$\text{Volumen Deshidratador (L/d)} = 38724$$

Por último, para conocer el caudal operacional por ciclo se utiliza la ecuación 93.

$$\text{Caudal por ciclo} = \frac{V. \text{Deshidratación} * N^{\circ} \text{ de ciclos}}{24 \text{ h/d}} \quad (93)$$

Adoptando 4 ciclos y reemplazando los parámetros restantes en la ecuación 93, se obtiene:

$$\text{Caudal por ciclo} = \frac{38724 \text{ (m}^3\text{/d)} * 4}{24 \text{ h/d}}$$

$$\text{Caudal por ciclo} = 6454 \text{ Litros}$$

En base a los datos obtenidos y la figura 35, se estima que el filtro prensa más apto será de H: 4.2, W: 2.7; N° de platos 84 y longitud 9,1 m.

Press size	Volume, L	No. of chambers	Length, m
<i>H = 3.5 m</i>			
<i>W = 2.7 m</i>			
	3,500	64	7.7
	4,300	77	8.7
	5,000	90	9.5
	5,700	103	10.4
	6,400	115	11.2
	7,100	128	12.1
	7,800	141	13.0
<i>H = 4.2 m</i>			
<i>W = 2.7 m</i>			
	5,700	74	8.4
	6,500	84	9.1
	7,000	91	9.6
	7,700	100	10.2
	8,500	110	10.9
	9,300	120	11.6
	10,000	130	12.2
<i>H = 3.9 m</i>			
<i>W = 3.9 m</i>			
	8,500	89	9.5
	9,600	100	10.2
	10,600	110	10.9
	11,500	120	11.6
	12,500	130	12.2
	13,400	140	12.9
	14,400	150	133.6

Figura 35. Relación de las dimensiones de los filtros en el mercado y su caudal operativo⁸

Con los datos obtenidos de las ecuaciones presentadas en esta sección y teniendo en cuenta que el proceso de filtrado tendrá 4 ciclos por hora, se desarrolla la tabla 40, dando los valores de dimensionamiento del filtro.

Tabla 40. Dimensionamiento del filtro prensa

Dimensionamiento del filtro prensa		Valor
Adoptados	Cantidad de ciclos por hora	4
	Densidad del agua (g/L)	1
	Peso específico del lodo (Ssl)	2,5
	Porcentaje de sólido entregado al filtro	15%
	Peso específico del lodo del filtro	1,176
	Porcentaje de sólido deshidratado	25%
Vol. deshidratado (m ³ /d)		38.72
Vol. (4 ciclos) (L/ciclo)		6454
Ancho de equipo (m)		2,7
Largo de equipo (m)		9.1
Nº de platos		84
Alto (m)		4,2

VII. Puesta en marcha de la planta y mantenimiento

En esta sección se detallan algunas fallas típicas en plantas de tratamiento de efluentes líquidos y se dan diversas recomendaciones para aminorar el daño de estas. Por otro lado, se estipula un plan de mantenimiento para lograr la menor cantidad de fallas y por ende el correcto funcionamiento de la planta.

Cada 2 semanas, o cuando la situación lo requiera, se debe realizar una limpieza general del sedimentador.

Para ello, se deben realizar los siguientes pasos:

- Asegurarse que exista el volumen necesario en el digestor.
- Parar la bomba que envía efluente de los reactores al sedimentador.

- Apagar la bomba del sobrenadante.
- Purga el sedimentador, haciendo que la altura de agua baje entre 0,5 m y 1 m.
- Realizar la limpieza de las paredes y la base
- Realizar la limpieza del anillo con una viruta.
- Una vez finalizada la limpieza, volver a la situación inicial encendiendo las bombas.
- Una vez que el agua alcanza el nivel del sobrenadante, apagar esta bomba.

7.1 Situaciones anormales o emergencias

En el día a día de operación de la planta de tratamiento de efluentes líquidos, pueden surgir distintos inconvenientes que pueden provocar situaciones fuera de lo común que requieren un rápido accionar para evitar desperfectos en el funcionamiento de la planta, pudiendo provocar el daño de equipos, un crecimiento desproporcionado del barro, o por el contrario la muerte de los microorganismos, parámetros de medición por encima de los límites de vuelco, etc.

Entre las situaciones anormales y de emergencia que podrían ocurrir en esta planta de tratamiento, tenemos:

- Desobstrucción de la cámara de grasas: esta es una situación anormal, que provoca un fuerte aumento en el caudal que ingresa a la planta de tratamiento, que puede alterar el funcionamiento de la misma. Se soluciona aumentando la recirculación, hasta que el caudal entrante se estabiliza en valores normales.
- Espesamiento de barros: es una situación de emergencia, ocasionada por un cambio en la composición de los lodos biológicos, debido a la entrada de algún compuesto químico ajeno al normal funcionamiento de la planta o por la falta de purga de la misma. Puede provocar obstrucciones y fallas en los equipos mecánicos, alterando seriamente el proceso de tratamiento. Se soluciona aumentando la purga hasta eliminar estos lodos, incluso prendiendo ambas bombas (la que está en funcionamiento y la de back up) para aumentar la potencia de purga.
- Ingreso de sustancias químicas ajenas a la normal composición del efluente: sucede en caso de derrames o vuelcos clandestinos que pueden llegar a la planta de tratamiento. Generalmente, se trata de productos de limpieza como jabones, detergentes, etc, que aumentan significativamente el nivel de DQO y provocan la generación de espumas. Para este caso, se debe encender ambos sopladores que trabajan en los reactores biológicos para aumentar la actividad microbiana. En caso de que la generación de espumas sea significativa, se debe agregar antiespumante, si no es muy elevada no se debe tomar ninguna acción correctiva. En caso de ingreso de

otras sustancias, se debe dar aviso al sector de mantenimiento de la planta para encontrar la solución adecuada.

VIII. Conductos y anexos de planta

En esta sección se describirán los conductos necesarios para conectar las diversas unidades del sistema de tratamiento, además, se detalla los tramos que serán conducidos por gravedad, así como los tramos en los que será necesario la instalación de un impulsor (bomba) para realizar el proceso.

8.1 Conductos entre distintas unidades

Para disminuir los costos en la cantidad de equipos impulsores necesarios, así como el consumo de energía eléctrica asociado a ellos, se diseña el sistema para movilizar el fluido por gravedad en la mayor cantidad de tramos posibles. Para ello, se dimensiona un impulsor con la suficiente energía para elevar el líquido luego del tanque de homogeneización hasta una altura tal, que no sea necesario otro equipo de impulsión a posteriori, logrando así, que el fluido pase del sistema DAF hasta el colector del parque industrial La Cantábrica mediante la diferencia de energía potencial entre los diversos equipos. Por otro lado, para que sea posible esto es necesario disminuir la fricción en el sistema de cañerías, evitando cambios de dirección y accesorios innecesarios, que puedan aumentar la pérdida de carga.

De esta forma, el agua residual a tratar que requiera de bombeo será únicamente en los siguientes procesos de la línea principal:

- 1) Saliendo del tanque de homogenización hacia el sistema DAF
- 2) En el sistema DAF
- 3) En la recirculación de los lodos separados en el sedimentador secundario hacia el reactor biológico de lodos activados

Los canales de conducción serán cerrados, de manera de minimizar los riesgos a la salud humana y medio ambiente. El material a utilizar para las cañerías es el cloruro de polivinilo (PVC), el cual es comúnmente utilizado para el transporte de aguas residuales. Dicho material es recomendable debido a su alta resistencia a la corrosión,

su baja pérdida de carga comparada con otros materiales, la lisura de su superficie interior, su ligereza – facilitando el transporte, manipulación e instalación -, y su bajo costo, resultando óptimo para conducciones donde la temperatura no supere los 50°C. A continuación, se describirán el cálculo realizado para adoptar los diámetros de cañería necesarios en los distintos tramos de conducciones.

8.1.1 Conducción por gravedad

Para el caso de las conducciones cuya fuerza impulsora es la gravedad, considerando los canales cerrados, se adoptó que los mismos se encuentren parcialmente llenos, por lo tanto, en estos tramos será necesario aplicar la fórmula de Manning (ecuación 94):

$$v = \frac{1}{n} R h^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (94)$$

Donde:

v: Velocidad media del agua (m/s)

n: Coeficiente de rugosidad de Manning (adimensional)

Rh: Radio hidráulico (m)

S: Pendiente del gradiente hidráulico (adimensional)

Para cañerías cuyo material es PVC, se utiliza un valor del coeficiente de rugosidad de Manning de 0,011.

Por su parte, se adopta un valor para la pendiente del gradiente hidráulico de 0,5%, siendo 0,3% la mínima recomendable.

El radio hidráulico se calcula a partir de la ecuación 95:

$$Rh = \frac{A}{Pm} \quad (95)$$

Donde:

A: Área transversal del flujo (m²)

Pm: Perímetro mojado (m)

Los parámetros hidráulicos con sección parcialmente llena (Figura 36), tales como el área hidráulica y el perímetro mojado, pueden calcularse por trigonometría con las siguientes expresiones:

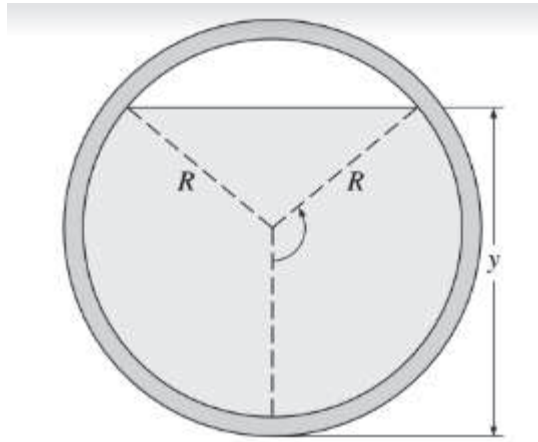


Figura 36. Parámetros de diseño en una cañería en canal abierto¹¹.

$$A = \frac{1}{8} (\theta - \text{sen } \theta) D^2 \quad (96)$$

$$Pm = \frac{1}{2} \phi \theta \quad (97)$$

Combinando las expresiones anteriormente presentadas, el radio hidráulico queda definido de la siguiente manera, ver ecuación 98:

$$Rh = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{\text{sen} \theta}{\theta}\right) D \quad (98)$$

Suponiendo que el porcentaje de llenado en la tubería es de 75%, lo que implica un ángulo 120°, se obtienen las siguientes relaciones:

$$A = 0,6319 D^2 \quad (99)$$

$$Pm = 2,0944 D \quad (100)$$

$$Rh = 0.3017 D \quad (101)$$

Dichas relaciones, pueden obtenerse a su vez a partir de la Tabla 42 del Anexo B. Según la bibliografía consultada, las velocidades de circulación deben ser lo suficientemente altas para evitar acumulación de los sedimentos en la tubería, por tales motivos, es recomendable tomar una velocidad sea mayor a los 0.5 m/s. Considerando una velocidad de 0.7 m/s, se obtiene el área de la sección mojada de la siguiente manera, ver ecuación 102:

$$\text{Área mojada} = \frac{Q}{V} \quad (102)$$

Dentro del sistema de cañerías que conformarán la planta de tratamiento podemos destacar:

- Sistema de conducción antes del sistema de bombeo; el cual integra la conducción del efluente industrial y cloacal hasta la cámara de homogeneización, para el dimensionamiento de estos se tomó el caudal pico de ambos y se le dio como margen de seguridad un 15%. Para realizar la unión de ambos caudales es necesario instalar un acople para conducir a la suma de estos caudales hasta la cámara de homogeneización.
- Sistema de conducción luego de la cámara de homogeneización, para dimensionar este tramo se utilizó el caudal de diseño a la salida de la bomba.

Una vez obtenida las áreas para los distintos tramos a considerar, se procede a calcular el diámetro a partir de la ecuación que relaciona el mismo con el área. Con la Tabla 42 del Anexo B se obtuvo el diámetro normalizado (DN) para tuberías de PVC. A continuación, en la Tabla 42 se presentan los valores adoptados y obtenidos para los distintos tramos de conducciones por gravedad.

Tabla 42. Dimensionamiento del sistema de conductos

Dimensionamiento conductos por gravedad		
Adoptados	Velocidad media (m/s)	0,7
	Coeficiente de rugosidad de Manning (n)	0,011
	*Pendiente S (%)	0,65

	Porcentaje de llenado de la cañería (%)	0,75
Sistema rejas industrial		
	Caudal máximo industrial (m ³ /h)	5,66
	Área hidráulica transversal (m ²)	2,25e-3
	Diámetro (mm)	59,6
	Diámetro nominal (mm)	63
	Velocidad de manning (m/s)	0.52

Sistema rejas cloacal		
	Caudal máximo industrial (m ³ /h)	2,60
	Área hidráulica transversal (m ²)	1,05e-3
	Diámetro (mm)	59,6
	Diámetro nominal (mm)	40,9
	Velocidad de manning (m/s)	0,45
Sistema integrado integrado cloacal - industrial		
	Caudal máximo cloacal + industrial (m ³ /h)	5,66
	Área hidráulica transversal (m ²)	2,25e-3
	Diámetro (mm)	59,6
	Diámetro nominal (mm)	63
	Velocidad de manning (m/s)	0,52
Sistema de conducción luego de tanque de homogenización		
	Caudal de diseño (m ³ /h)	12

Área hidráulica transversal (m ²)	7e-3
Diámetro (mm)	86,8
Diámetro nominal (mm)	90
Velocidad de manning (m/s)	0,67
Otros tramos de conducción diferenciados	
Sedimentador primario	
Caudal de diseño (m ³ /h)	12,5
Área hidráulica transversal (m ²)	5e-3
Diámetro (mm)	88,6
Diámetro nominal (mm)	90
Velocidad de manning (m/s)	0,52
Recirculación - reactor biológico	
Caudal de diseño (m ³ /h)	159,8
Área hidráulica transversal (m ²)	0,0634
Diámetro (mm)	314,35
Diámetro nominal (mm)	315
Velocidad de manning (m/s)	1,2
Purga - reactor biológico	
Caudal de diseño (m ³ /h)	39,8
Área hidráulica transversal (m ²)	0,0157
Diámetro (mm)	158
Diámetro nominal (mm)	160

Velocidad de manning (m/s)	0,76
Sedimentador secundario	
Caudal de diseño (m ³ /h)	265
Área hidráulica transversal (m ²)	0,0667
Diámetro (mm)	314,8
Diámetro nominal (mm)	315
Velocidad de manning (m/s)	1,2
Sedimentador primario/secundario a Digestor	
Caudal de diseño (m ³ /h)	9,58
Área hidráulica transversal (m ²)	0,0038
Diámetro (mm)	77,66
Diámetro nominal (mm)	90
Velocidad de manning (m/s)	0,52

8.1.2 Conducción por impulsión

Cómo se mencionó anteriormente, dentro del sistema de conducción general de la planta existen tramos en los que es necesario instalar un sistema de propulsión o bomba. En esta sección se detallan las características y dimensionamiento de este tipo de equipos, los cálculos para el dimensionamiento son similares a los realizados en la sección de conducción por gravedad, salvo que la velocidad adoptada es de 2 m/s, velocidad recomendada para el diseño de equipos de conducción por bombeo de líquidos poco viscosos.

A continuación se detallan los tres puntos de la planta donde es necesaria la instalación de un equipo de impulsión:

- a. Impulsor de Tanque de homogenización a DAF

La instalación de un sistema de bombeo luego del tanque de homogeneización es fundamental para asegurar un caudal constante en los siguientes equipos de depuración. Para ello, se instaló una bomba centrífuga sumergible para aguas residuales marca CER América Latina WQ 0.55B cuyas características técnicas se detallan en el Anexo II.

En la tabla 43, se muestran las características de la bomba seleccionada, junto al dimensionamiento de los conductos desde la cámara de homogeneización hasta el sistema DAF.

Tabla 43. Dimensionamiento impulsión desde el tanque de homogeneización

Conducción por impulsión desde el tanque de homogeneización		
Electrobomba Modelo WQ - 0.75B	Caudal a impulsar (m ³ /h)	12
	Capacidad de flujo (m ³ /h)	21
	Diámetro de salida (mm)	38.1
	Altura (m)	9.8
	Potencia (HP)	1
Área hidráulica (m ²)		0,0017
Diámetro obtenido		46
Diámetro nominal DN (mm) Clase 10		50

Debido a que el diámetro nominal es mayor al diámetro de salida de la bomba, deberá instalarse un aplique.

b. Impulsión dentro del sistema DAF

Parte del caudal extraído del tanque de flotación por aire disuelto, es recirculado hacia el tanque de saturación, donde se junta con el caudal a tratar por el sistema.

En la tabla 44, puede ver el dimensionamiento del sistema de propulsión dentro del sistema DAF.

Tabla 44. Dimensionamiento impulsión dentro del sistema DAF

Conducción por impulsión dentro del sistema DAF		
Bomba centrífuga Modelo WQ - 0.75B	Caudal a impulsar (m ³ /h)	10.2
	Capacidad de flujo (m ³ /h)	18
	Diámetro de salida (mm)	38.1
	Altura (m)	7
	Potencia (HP)	1
Área hidráulica (m ²)		0,0014
Diámetro obtenido		42,5
Diámetro nominal DN (mm) Clase 6		50

Como en el primer caso, será necesario introducir un aplique ya que el DN es mayor al diámetro de la bomba, por otro lado

c. **Impulsión desde Sedimentador secundario al reactor biológico.**

Como anteriormente se describió, parte de los lodos separados en el sedimentador secundario, deben ser recirculados al reactor biológico de modo de mantener la concentración y edad de los mismos. El sistema de impulsión a instalar en este caso, requiere de una bomba que funcione eficientemente con lodos, debido a que los mismos resultan ser más densos y viscosos que el agua. Se optó por una bomba centrífuga para lodos de la marca An Pump , modelo 1.5/1B-AM(R), los detalles técnicos se presentan en el Anexo II, mientras que los resultados obtenidos y referencias fundamentales de la bomba se detallan en la Tabla 45.

Tabla 45. Bomba recirculación de lodos

Conducción por impulsión recirculación de lodos Sed. Secundario		
	Caudal a impulsar (m ³ /h)	6.45

Electrobomba Modelo 1.5/1B-AM(R)	Capacidad de flujo (m ³ /h)	22
	Diámetro de salida (mm)	50.8
	Altura (m)	16
	Potencia (HP)	4
Área hidráulica (m ²)		0,00142
Diámetro obtenido		42.5
Diámetro nominal DN (mm) Clase 10		50

d. **Impulsión desde el filtro prensa al sedimentador primario.**

Cómo se detalló previamente, la instalación seleccionada para el tratamiento de barros será un digestor, espesador y deshidratador de lodos.

Para el óptimo funcionamiento del mismo, debe enviarse el fluido obtenido de la operación del filtro prensa nuevamente al sedimentador primario.

Para ello, se utiliza la bomba Centrífuga Pluvius Cpm-130 1/2 Hp.

Tabla 46. Bomba recirculación de lodos

Conducción por impulsión desde el deshidratador al Sed. primario		
Electrobomba Modelo 1.5/1B-AM(R)	Caudal a impulsar (m ³ /h)	1.62
	Capacidad de flujo (m ³ /h)	9.6
	Diámetro de salida (mm)	25.4
	Altura (m)	7
	Potencia (HP)	0.5
Área hidráulica (m ²)		0,00149
Diámetro obtenido		17

Diámetro nominal DN (mm) Clase 4	25.4
----------------------------------	------

8.3 Salas anexas

Para la correcta operación y mantenimiento de la planta de tratamiento es necesario instalar un laboratorio, para monitorear los parámetros de funcionamiento del reactor biológico y asegurar que se cumplan los parámetros de vuelco, en esta sección se describen las salas anexas necesarias con la que debe contar la planta, los puntos de muestreo, tipos de muestreos y frecuencia de los mismos.

8.3.1 Laboratorio y sala de almacenamiento de productos químicos

Para monitorear el funcionamiento del sistema de lodos activos, se recomienda instalar en planta un laboratorio y realizar mediciones rutinarias del sistema de tratamiento biológico, como pH, Oxígeno disuelto (OD), DBO, Índice volumétrico de lodos, temperatura, turbidez, fósforo total y nitrógeno. El laboratorio tendrá aproximadamente 20 m².

En la tabla 47, se muestran los equipos necesarios, frecuencia de muestreo y materia prima/producto químico necesario.

Tabla 47. Parámetros a medir junto a sus puntos de muestreo y frecuencia

Parámetro	Equipo	Punto de medición	Frecuencia
pH	pHmetro	<ul style="list-style-type: none"> ● Afluente ● Tratamiento biológico. ● Efluente ● Corriente de lodos 	Diaria
OD	Medidor de oxígeno disuelto en el reactor	<ul style="list-style-type: none"> ● Tratamiento biológico ● Efluente 	Diaria
Sólidos	Una gradilla, conos Imhoff y un	<ul style="list-style-type: none"> ● Afluente 	

sedimentables (SS)	reloj o un cronómetro.	<ul style="list-style-type: none"> • Pretratamiento • Sed. Primario • Efluente 	Diaria
IVL	Recipiente graduado, cronómetro	<ul style="list-style-type: none"> • Reactor biológico • Recirculación de lodos. 	Diaria
DBO	Método respirométrico (manómetro por recipiente)	<ul style="list-style-type: none"> • Efluente • Sed. primario • Afluente 	2/semana
DQO	Método de reflujo cerrado en termorreactor con cuantificación colorimétrica.	<ul style="list-style-type: none"> • Efluente • Sed. primario • Afluente 	2/semana
Temperatura	Termómetro manual	<ul style="list-style-type: none"> • Afluente • Trata. biológico • Efluente 	Diaria
Nitrógeno total Kjeldahl (NTK)	Kits comerciales que se basan en métodos espectrofotométricos	<ul style="list-style-type: none"> • Afluente • Sed. primario • Efluente 	1/mes
Fósforo total	Kits comerciales que se basan en métodos espectrofotométricos	<ul style="list-style-type: none"> • Afluente • Sed. primario • Efluente 	1/mes
E.coli	Recuento en placas y el método de número más probable.	<ul style="list-style-type: none"> • Efluente • Afluente 	2/mes

Por otro lado, se recomienda realizar mediciones de grasas y detergentes en el efluente, afluente y sedimentador primario de forma mensual mediante una medición en un laboratorio tercerizado.

8.4 Buenas prácticas

Para obtener resultados comparables y representativos del proceso de depuración es necesario cuidar las muestras y respetar su cadena de custodia. Además, a la hora de determinar concentraciones de sólidos, DBO₅, DQO, pH, temperatura y concentración

de oxígeno disuelto es conveniente tener en cuenta los recaudos que se indican en los siguientes apartados.

- **Cuidado de la muestra**

El objetivo de tomar recaudos con las muestras es obtener resultados comparables y representativos del proceso. Para evitar la contaminación o el deterioro de las muestras, antes de realizar los ensayos correspondientes, es necesario conservarlas y almacenarlas de tal manera que no se produzcan cambios físicos, químicos y biológicos que alteren los resultados de las mediciones. Se recomiendan las siguientes acciones:

- Para que los resultados sean comparables a lo largo del tiempo, conviene extraer muestras siempre en los mismos sitios y horarios; y abreviar cuanto sea posible el lapso de tiempo entre las extracciones y los análisis.
- Para obtener resultados representativos, las muestras deben ser homogéneas. Por lo tanto, conviene elegir puntos que presenten mezcla o turbulencia, y evitar sitios con material sobrenadante o espumas, porque los valores no representan las características del líquido que fluye de una unidad operativa a otra.
- Lavar los recipientes correctamente antes de llenarlos con muestras.
- Para conservar los líquidos antes de los análisis, se deben seguir las recomendaciones de los métodos estandarizados para cada determinación. Por ejemplo, según el caso, refrigerar de modo inmediato, usar recipientes opacos, agregar químicos y modificar el pH, entre otras.
- Identificar claramente cada envase con la etiqueta correspondiente.
- Mantener un registro que detalle fecha, hora y sitio de extracción de cada muestra.

- **Cadena de custodia**

La cadena de custodia de las muestras consiste en una serie de acciones que se realizan con el objetivo de preservar su calidad desde el momento de la extracción hasta su análisis.

Los siguientes factores influyen sobre la cadena de custodia:

- Etiquetado del envase. Escribir en la etiqueta toda la información con que se cuente: número de muestra, fecha y hora de la extracción y punto de muestreo. Usar tinta indeleble.
- Hermeticidad de la muestra. Se deben cerrar firmemente los envases para evitar el contacto del contenido con el medio externo.
- Información de campo. Resulta muy útil llevar un registro de toda variable que pueda influir en la muestra, por ejemplo, tipo de muestra (puntual, compensada), instrumento

con que se extrae, nombre de la persona que muestrea, punto de muestreo, condiciones de proceso en el momento de extracción y variables climáticas, entre otros.

- Recepción de la muestra en el laboratorio. La muestra debe llevarse al laboratorio lo antes posible y ser recibida por la persona responsable. Allí, debe inspeccionarse su aspecto y registrar toda la información del muestreo.

- **Medición de concentración de sólidos**

En la medición de la concentración de sólidos de una muestra, tanto suspendidos como totales, se recomienda contemplar los siguientes aspectos.

- Se pueden utilizar envases de plástico o de vidrio. Se debe cuidar que no queden partículas adheridas a las paredes de los mismos.
- Si se va a determinar la fracción de sólidos volátiles, limpiar bien y tratar previamente la placa o cápsula de evaporación en el horno de mufla a 550 °C (30 minutos) para incinerar restos de compuestos orgánicos que puedan interferir con la determinación, especialmente si se determinan bajas concentraciones de sólidos fijos y altas concentraciones de sólidos volátiles, pues se sobreestimar el valor de estos últimos por incineración de residuos de antiguo material orgánico incrustado en los recipientes.
- Agitar las muestras antes de verterlas en las placas de evaporación.
- Medir con precisión los volúmenes de alícuotas de muestra a filtrar.

Determinaciones de materia orgánica (DBO5 y DQO)

Cuando se determina la materia oxidable de una muestra, se recomienda tener en cuenta los siguientes recaudos.

- Los recipientes de muestras deben ser opacos, para evitar el proceso de producción de oxígeno por fotosíntesis, y deben conservarse a 4 °C.
- Llenar los envases por completo, para evitar que queden cámaras de aire.
 - Realizar blancos y determinaciones por duplicado según las recomendaciones de los métodos estandarizados para cada técnica.
 - Efectuar las diluciones con precisión.
- Los frascos de Winkler deben ser lavados con detergente neutro, enjuagados y secados perfectamente. Además, una vez agregada la dilución, deben sellarse para impedir la entrada de oxígeno.
 - Si las muestras para determinar DQO deben conservarse por un tiempo prolongado, se les puede agregar ácido sulfúrico (H₂SO₄), hasta alcanzar un valor de pH igual o inferior a 2, o bien se pueden congelar.

- Dado que las muestras de líquidos cloacales suelen tener gran cantidad de sólidos, las mismas deben homogeneizar antes de su análisis, pero sin agitar excesivamente para evitar el ingreso de oxígeno.

Determinaciones de pH, temperatura, oxígeno disuelto y potencial redox

- Dada la posibilidad de contar con equipos localizados y portátiles, es preferible realizar las mediciones in situ.
- Si la muestra debe analizarse en el laboratorio, reducir tanto como sea posible el tiempo entre la extracción y el análisis. En este caso, trasvasar cuidadosamente las muestras para no alterar su contenido en oxígeno disuelto.
- Calibrar y conservar los electrodos y sondas de acuerdo a las recomendaciones brindadas por los fabricantes, a fin de garantizar la precisión de las mediciones.

VIII. Cómputo y presupuesto

Un punto esencial en cualquier proyecto de ingeniería son los cómputos y presupuestos, los cuales le darán una idea al inversor o accionista de la cantidad de dinero necesario a desembolsar para el desarrollo del proyecto, los costos operativos y de mantenimiento. De estos el inversor puede tomar medidas para reducir costos y maximizar la rentabilidad.

En esta sección se realiza un análisis detallado de los gastos iniciales que se necesitarán para poner operativa la planta, así como los costos de operación y mantenimiento.

Para finalizar, se comparará el desarrollo de la planta frente a otras opciones, cómo la utilización de un camión cisterna para remover el efluente y disponerlo como residuo peligroso.

8.1 Inversión inicial

Cómo se comentó anteriormente, la inversión inicial contempla todo aquel gasto necesario para lograr que la planta se encuentre operativa, entre estos gastos se puede mencionar, el movimiento de suelos, la compra de equipos que integran la

planta de tratamiento (bombas, cañerías, válvulas, etc), desarrollo de ingeniería, construcción de salas anexas, entre otras.

En la tabla 48, se muestran los gastos que integran la inversión inicial del proyecto.

Tabla 48. Costos estimados en la inversión inicial del proyecto

Ítem	Descripción del los costos de inversión	Un.	Cant	Costó Unitario (USD)	Costó Subtotal (USD)	Total (USD)
1-MOVIMIENTO DE SUELOS						19800
1.1	Excavación para conducciones	m ³	10	55	550	
1.2	Excavación para base de estructuras y entierro de unidades	m ³	350	55	19250	
2-SISTEMA DE DESBASTE						1600
2.1	Provisión y colocación de sistema de rejas (Línea industrial)	un	1	800	800	
2.2	Provisión y colocación de sistema de rejas (Línea cloacal)	un	1	800	800	
3-CÁMARA DE HOMOGENEIZACIÓN						5348
3.1	Estructura de hormigón de la cámara	m ²	24	22	528	
3.2	Agitador Mecánico Vertical	un	1	360	360	
3.3	Difusores de aire (burbuja gruesa)	un	24	40	960	
3.4	Soplador de aire (RG - 300)	un	1	3500	3500	
4-SISTEMA DAF						3535
4.1	Estructura de hormigón de la cámara de flotación	m ²	12.8	22	281.6	
4.2	Estructura de hormigón del tanque de saturación	m ²	85	22	1871	

Proyecto Final Integrador de Ingeniería Ambiental
- Zabarini, Damián -

4.3	Estructura de hormigón de la cámara de reciclo	m ²	0,155	22	3.41	
4.4	Barredor Superficial	un	1	1280	1280	
4.5	Difusor de aire (burbuja fina)	un	3	33	99	
5-REMOCIÓN DE FÓSFORO						225
5.1	Agitador estático	un	1	25	25	
5.2	Bomba dosificadora	un	1	200	200	
6-CLARIFICADOR						350
6.2	Superficie de hormigón	m ²	7.2	22	158.4	
7-REACTOR BIOLÓGICO DE LODOS ACTIVOS						5102
7.1	Estructura de hormigón del reactor	m ²	19	22	418	
6.2	Difusores de aire	un	48	33	1584	
6.3	Soplador de aire (RG -200)	un	1	3100	3100	
8-SEDIMENTADOR SECUNDARIO						8764
8.1	Estructura de hormigón del tanque	m ²	12	22	264	
8.2	Puente barredor perimetral	un	1	8500	8500	
9-EQUIPOS DE FILTRACIÓN						2760
9.1	Filtro de arena	un	4	690	2760	
10-TRATAMIENTO DE BARROS						20982
10.1	Estructura de hormigón del digestor	m ²	15.5	22	341	
10.2	Difusores de aire	un	15	33	495	
10.3	Soplador de aire (RG -200)	un	1	3100	3100	

Proyecto Final Integrador de Ingeniería Ambiental
- Zabarini, Damián -

10.4	Filtro prensa (Woking)	un	1	17000	17000	
10.5	Estructura de hormigón del espesador	m ²	2.1	22	46.2	
11-BOMBAS Y CAÑERÍAS						5711
11.1	Electrobomba 1.5/1B-AM(R)	un	1	2000	2000	
11.2	Bomba Centrífuga Pluvius Cpm-130 1/2 Hp	un	1	290	290	
11.2	Bomba sumergible WQ - 0.75B	un	1	690	690	
11.3	Electrobomba - HF 70 C	un	1	968	968	
11.4	Cañería PVC* - DN 40 mm	m	20	9.6	192	
11.5	Cañería PVC* - DN 60 mm	m	5	23	115	
11.6	Cañería PVC* - DN 90 mm	m	20	20.15	400	
11.7	Cañería PVC** - DN 160 mm	m	3	26.52	81	
11.8	Cañería PVC** - DN 310 mm	m	3	99.57	300	
11.9	Accesorios varios (Válvulas, Codos, etc.)	un	27	25	675	
12- INSTALACIÓN ELÉCTRICA						12654
12.1	Tablero electrico	un	2	60	120	
12.2	Cables	m	200	27	5400	
12.3	Disyuntores	un	2	67	134	
12.4	Sistema de Automatización	un	1	5600	5600	
12.5	Otros (térmicas, iluminación puesta a tierra)	un	1	1500	1500	
13 -SALAS ANEXAS						10415

Proyecto Final Integrador de Ingeniería Ambiental
- Zabarini, Damián -

13.1	Construcción laboratorio	un	1	1800	1800	
13.2	Equipos sala de laboratorio**	un	1	7065	7065	
13.3	Construcción y adecuación de paredes de sala de soplador	un	1	850	850	
13.4	Sala de deshidratación y almacenamiento de lodos	un	1	700	700	
14-OTROS						44700
14.1	Elaboración del proyecto de ingeniería	Gl	1	2150	2150	
14.2	Informe técnico y plano de obra	Gl	1	800	800	
14.3	Limpieza periódica y final de obra	Gl	1	450	450	
14.4	Capacitaciones	Gl	1	500	500	
14.5	Profesionales, obreros y auxiliares de construcción	Gl	5	8000	40000	
14.6	Trámites legales	Gl	1	800	800	
15-ENTREGA						2300
15.1	Puesta en marcha	Gl	1	1500	1500	
15.2	Revisión y ajustes	Gl	1	800	800	
COSTÓ TOTAL DE INVERSIÓN INICIAL (USD)						144236

* La longitud mínima de venta por el fabricante para cañerías de DN 40, 60, 90 son 5 m/

** Los materiales para laboratorio seleccionado pueden verse en el anexo.

*** La longitud mínima de venta por el fabricante para cañerías de DN 120 y 310 son 3 m

Como se ve en la tabla 48, la inversión inicial del proyecto alcanza los U\$123792, los valores de referencia de los mismos fueron tomados de diferentes páginas web sobre equipos industriales.

En el gráfico 37, puede verse el peso relativo de los 5 puntos de mayor precio tomados de la tabla 49.

Proyecto Final Integrador de Ingeniería Ambiental
- Zabarini, Damián -

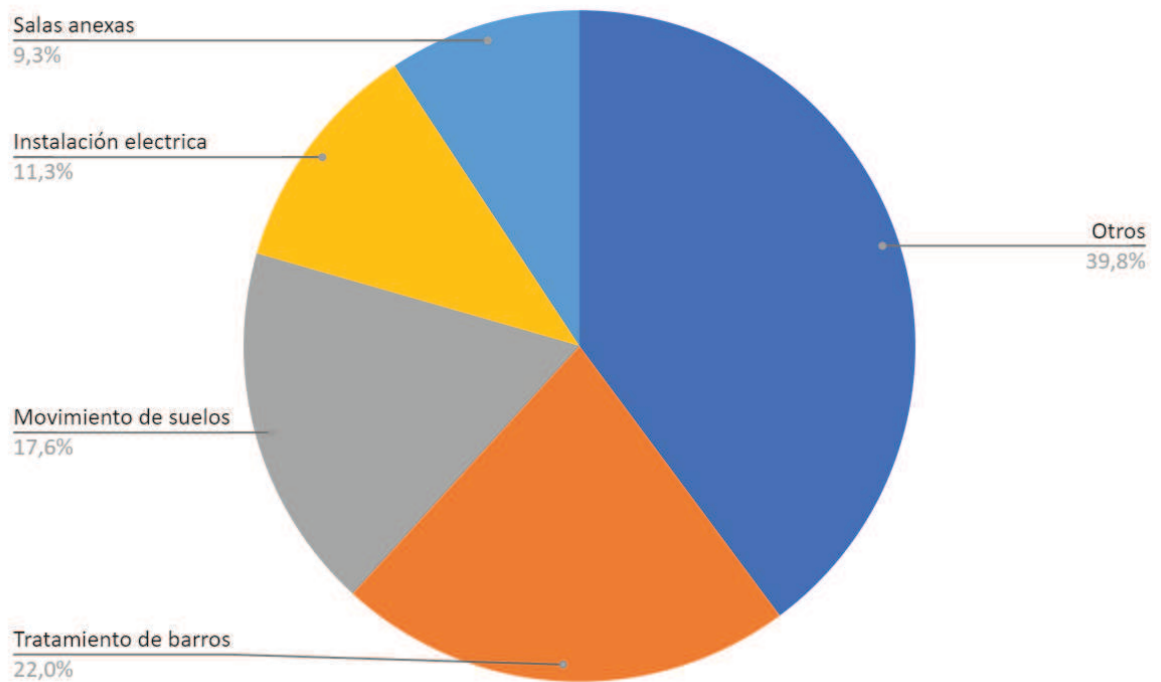


Figura 37. Peso relativo de gastos para la puesta en marcha de la planta de tratamiento. Fuente: Propio.

De la figura 37, puede concluirse que los principales gastos del proyecto para la puesta en marcha estarán dados en casi un 80% en otros gastos diversos, tratamiento de barros y movimiento de suelos.

8.2 Operación y mantenimiento

El funcionamiento de la planta de tratamiento acarrea en el tiempo una serie de gastos fijos para que la misma funcione correctamente y se mantenga en buenas condiciones, dentro de estos gastos fijos pueden mencionarse, dotación de productos químicos, limpieza de la planta, personal operativo y diversos gastos esporádicos.

En la tabla 50, se observa el detalle de estos gastos fijos.

Tabla 50. Gastos de operación y mantenimiento en un mes tipo.

Ítem	Descripción del los costos de inversión	Un.	Cant.	Costó Unitario (USD)	Costó Subtotal (USD)	Total (USD)
1-	PERSONAL OPERATIVO **					700

Proyecto Final Integrador de Ingeniería Ambiental
- Zabarini, Damián -

1.1	Operarios planta	un	2	250	500	
1.2	Personal de limpieza y mantenimiento	un	1	200	200	
2. PRODUCTOS QUÍMICOS						788
2.1	Cloro	kg	45	8.5	382	
2.2	Sulfato de aluminio	kg	250	1.63	405.85	
3. COSTO DISPOSICIÓN DE LODOS*						1870
3.1	Retiro de lodos	un	1	950	950	
3.2	Tratamiento de lodos (residuo industrial no especial)	kg	1515	0,61	920	
3. OTROS						800
3.1	Reparaciones esporádicas, control de equipos, mediciones legales.	un	1	800		
COSTÓ TOTAL OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (USD)						4132

*El valor del costo necesario para la operación y mantenimiento respecto al costó del personal fue tomado del gasto brindado por la empresa Exolgan Container Terminal en el abono a la empresa Aeration por el mantenimiento de su planta de tratamiento.

** Los datos de retiro y disposición final de sólidos fue tomado de la empresa Sertec .

8.3 Consumo de energía

Un punto importante a tener en cuenta para realizar un análisis económico del proyecto es el consumo de energía que tendrán ciertos equipos como bombas, equipos de aireación, entre otros.

Además del consumo de energía por parte de los equipos que integran la planta de tratamiento, es necesario conocer el costó de la energía, para así, estimar el gasto económico de la operación de la planta de tratamiento asociado al consumo energético.

Para obtener los valores del precio de la energía se considera el cuadro tarifario de la empresa de distribución de energía eléctrica EDENOR que discrimina el precio según tipo de consumidor, horario de consumo, tipo de tensión requerida y recargos por coseno de fi.

Debido a los consumos que presenta Servicio de Limpieza S.A, se estima que el valor de la tarifa por parte de Edenor S.A constará de un precio de 0,0453 USD/kWh.

Tabla 51. Consumo energético de los equipos que integran la planta de tratamiento.

EQUIPO	POTENCIA (kW)	CANT.	Consumo mensual (kW/mes)	Costó Mensual (USD)	Costó Anual (USD)
Motorreductor Rejas de Limpieza Automática	0,4	1	288	14	161
Difusores de Aire	0,015	90	972	44	528
Soplador de aire	0,75	4	1696	97.85	1174
Barredor DAF	0,43	1	309,6	14	168
Barredor Sedimentador 2°	0,56	1	403.2	18.26	219
Electrobomba 1.5/1B-AM(R)	1.5	2	2160	97.84	1174
Bomba sumergible WQ - 0.75B	0.75	1	540	24.46	294
Electrobomba - HF 70 C	1.1	1	792	35.87	430
Agitador mecánico	1,3	2	1872	84.8	1018
Filtro prensa	6.6	1	4752	215.3	2583
Bomba Pluvius Cpm-130	0.373	1	268.56	12.15	146
TOTAL DE ENERGÍA MENSUAL (kW/MES)					14053
CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA ANUAL (USD/ANUAL)					7895

Habiendo obtenido los costos anuales del consumo energético, por un lado, y de la operación y mantenimiento de la planta por otro, se estima que el gasto anual total de la planta de tratamiento de efluentes líquidos en operación, mantenimiento y consumo energético, es de 57479 USD.

8.4 Análisis de factibilidad

Otra alternativa al desarrollo de una planta de tratamiento, es el retiro del efluente cloacal e industrial por medio de camiones cisterna junto con la correcta disposición final del mismo.

Para analizar esta alternativa se comparará el costo de retiro de estos líquidos frente a la implementación de la planta de tratamiento.

Para ello, en la tabla 52, se muestran los valores de los servicios de cisterna junto con los precios del tratamiento del residuo líquido.

Tabla 52. Precio de los servicios de retiro y tratamiento de residuo

Servicio*	Precio (USD)
Retiro de efluente mediante camión cisterna (50 m ³)**	320
Tratamiento por Kg de efluente tratado (Y 18)	0,2

*Se utilizó como referencia de precio el servicio brindado por la empresa Sertec.

**El precio corresponde al servicio de extracción y transporte de líquido residual especial bajo corriente Y 18, con un tiempo de servicio de 2 hs y 2 técnicos operando y manipulando los residuos.

Para realizar la comparación se tiene en cuenta el caudal medio industrial y cloacal para estimar la cantidad de camiones cisterna necesarios, así como los kilogramos de líquido que serán necesarios disponer como residuo especial.

En la tabla 53, se muestran los caudales generados junto con la necesidad de camiones cisterna y kilogramos de residuo a tratar así como el precio vinculado de los mismos.

Tabla 53. Precio de retiro de residuo mediante cisterna

Efluente	Caudal (m ³ /mes)	Cantidad de camiones cisterna	Kilogramos de efluente a tratar por mes
Cloacal*	900	18	900

Proyecto Final Integrador de Ingeniería Ambiental
- Zabarini, Damián -

Industrial*	1181.2	24	1417.45
Total (m ³ /mes)	2081.2	42	2317.45
**Precio por mes (USD)	13.903,5		
**Precio por año (USD)	166.840,5		

**Se asume que la densidad del efluente cloacal es similar a la del agua, mientras que para el efluente industrial la misma es 1,2 kg/m³.*

**Todos los calculos economicos fueron desarrollados al tipo de cambio oficial, 1 USD = 145 ARS*

Cómo conclusión, los costos de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento junto con su consumo energético resulta menor que la disposición del residuo mediante una empresa transportista certificada en unos **USD 1876** mensuales, por lo tanto, con esa diferencia favorable, podría amortizarse el desarrollo e implementación de la planta de tratamiento en unos **6,4 años** aproximadamente. Por otro lado, desde el punto de vista de la logística y operación de la empresa resulta imposible realizar la cantidad de retiros necesarios por mes, siendo la construcción de la planta de tratamiento la única opción viable económica y técnicamente para poder tratar el residuo sin realizar violaciones a la normativa provincial. En la figura 49, muestra gráficamente el intervalo necesario mínimo que tendrá que esperar el inversor para recuperar el capital inicial invertido, el cual, como se comentó anteriormente se logra a los 6,4 años aproximadamente.

Ganancia y Inversión inicial

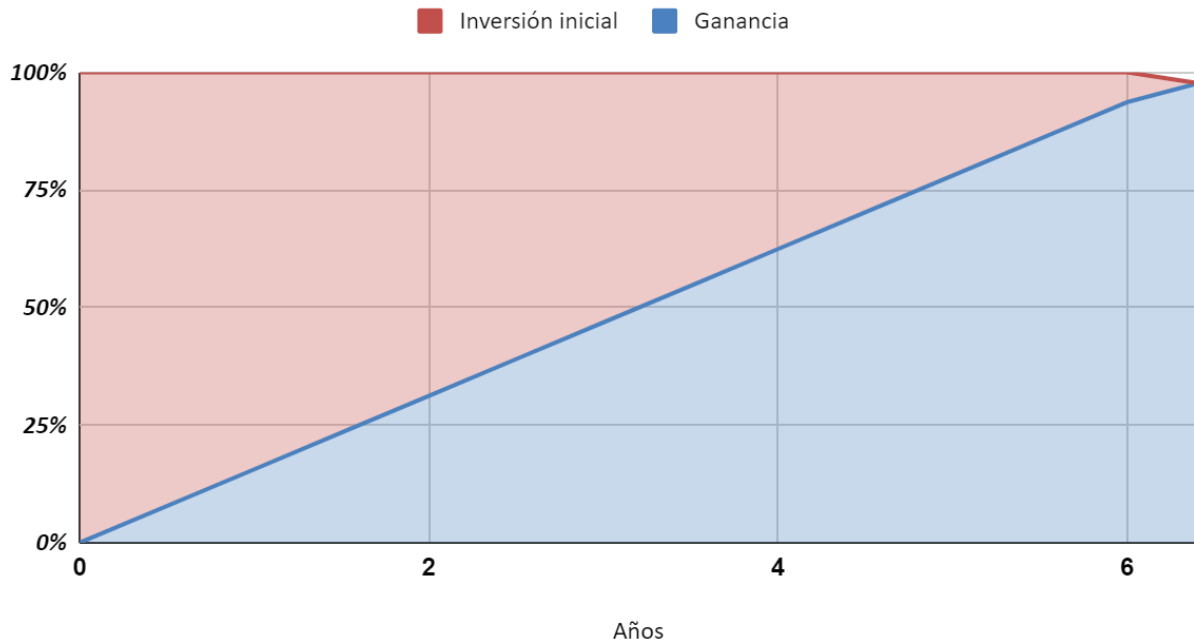


Figura 49. Capital inicial versus ahorro por la implementación de la planta.

Como conclusión, una vez recuperado el capital, el inversor tendrá un ahorro de USD 22512 en comparación con el retiro y tratamiento como residuos especiales.

IX. Estudio de impacto ambiental

En la presente sección, se desarrollará el Estudio de Impacto Ambiental (EsiA) de la implementación de la planta de tratamiento de efluentes para los residuos líquidos generados por la empresa Servicios de Limpieza S.A.

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es el procedimiento obligatorio que permite identificar, predecir, evaluar y mitigar los potenciales impactos que un proyecto de obra o actividad puede causar al ambiente en el corto, mediano y largo plazo; siendo un instrumento que se aplica previamente a la toma de decisión sobre la ejecución de un proyecto.

Se trata de un procedimiento técnico-administrativo con carácter preventivo, previsto en la Ley N° 25675 —la Ley General del Ambiente—, que permite una toma de decisión informada por parte de la autoridad ambiental competente respecto de la viabilidad ambiental de un proyecto y su gestión ambiental. La autoridad se expide a través de

una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) o Certificado de Aptitud Ambiental (CAA) según la norma particular de cada jurisdicción. Estos documentos son conocidos como “licencia ambiental” en la mayoría de los países.

Los principales objetivos de la EIA son:

- Determinar la viabilidad ambiental de un proyecto para la toma de una decisión informada.
- Promover la transparencia y la participación pública en el proceso de planificación y toma de decisiones.
- Propiciar la prevención y adecuada gestión de los potenciales impactos ambientales y sociales asociados a determinados proyectos.

Un procedimiento de EIA tiene distintas etapas, que pueden variar de acuerdo a lo previsto en cada marco normativo o procedimiento aprobado por las autoridades ambientales competentes. Las etapas más comunes son:

1) Aviso del proyecto

El Aviso de Proyecto es el documento por el cual se da inicio al procedimiento de EIA.

2) Categorización.

La categorización permite determinar si un proyecto debe estar o no sujeto a un procedimiento de EIA, según su nivel de complejidad ambiental. En algunos casos comprende la determinación del tipo de procedimiento o del tipo de EsIA a realizar (que será de mayor o menor profundidad, dependiendo del proyecto). Esta categorización se realiza en función del tipo de proyecto y sus datos básicos (dimensiones, tecnología, ubicación, etc.). Según la jurisdicción, la determinación se lleva a cabo de acuerdo a un listado de proyectos previsto en la normativa, fórmulas polinómicas, una combinación de ambas o a criterio de la autoridad ambiental.

3) Determinación del alcance

La determinación del alcance permite construir los términos de referencia o especificaciones técnicas para la realización del EsIA. Según el caso, puede estar establecida en la normativa, guías o manuales específicos, los términos de referencia generales o *ad hoc*.

4) Revisión del Estudio de Impacto Ambiental

En esta instancia se evalúa el EsIA que ha sido elaborado por el proponente del proyecto, con el objetivo de verificar si la información allí provista es suficiente para formar una base sólida para la toma de decisiones. Dependiendo del caso, la autoridad ambiental solicita la intervención de otras áreas especializadas, realiza consultas a organismos sectoriales o entidades con competencia en la materia (Universidades, Instituciones científicas). También puede solicitar información y/o la realización de estudios adicionales al proponente, que involucren el juicio de expertos. Finalmente, se confecciona el dictamen de revisión técnica que generalmente funciona como insumo para la instancia de participación pública o ciudadana.

5) Participación pública

Constituye un componente transversal obligatorio dentro del procedimiento de evaluación, que en general, se efectiviza mediante la realización de una consulta o audiencia pública, convocada por la autoridad ambiental siempre en forma previa a la toma de decisión sobre la viabilidad ambiental del proyecto.

6) Toma de decisión

Finalizada la revisión del EsIA y las instancias de participación ciudadana que correspondan según el marco normativo, se confecciona un informe técnico de análisis del EsIA, junto al informe de resultados de la participación. Estos documentos fundamentan la toma de decisión por parte de la autoridad ambiental, que puede otorgar o no la autorización ambiental para la ejecución del proyecto de obra o actividad.

Como se mencionó, el documento técnico central de la EIA es el Estudio de Impacto ambiental (EsIA) que realiza la persona proponente del proyecto (sea pública o privada) y contiene:

- 1) Descripción del proyecto
- 2) Línea de base ambiental y social.
- 3) Marco legal de cumplimiento.
- 4) Análisis de alternativas.
- 5) Identificación y valoración de los potenciales impactos ambientales y sociales que el proyecto (en todas sus etapas) puede causar en el corto, mediano y largo plazo.
- 6) Plan de Gestión Ambiental, que prevenga, mitigue y compense los potenciales impactos negativos identificados en el punto anterior.

9.1 Metodología

Para el EsIA del proyecto se considerarán los diferentes aspectos necesarios para un correcto desarrollo de un estudio de impacto ambiental.

En primer lugar, se realizará una descripción del proyecto, detallando el propósito y funcionamiento del mismo, las diferentes etapas en las cual va a consistir y las actividades que se desarrollarán en cada una de ellas.

Luego se procederá a evaluar el Área de Influencia, el cual involucra las delimitaciones y aspectos relevantes a tener en cuenta. Habiendo determinado el área de influencia, se continuará con el análisis de la Línea de Base Ambiental. La misma permite determinar la situación en la que se encuentran los distintos compartimentos del ambiente, previamente a comenzar con el emplazamiento de la planta.

Se proseguirá a la identificación de interacciones entre las etapas del proyecto y los compartimentos del ambiente descritos anteriormente, incluyendo una breve descripción de dichas interacciones, de manera tal de asemejar los efectos ambientales consecuentes. Con los efectos ambientales identificados, se continuará

con la evaluación de los impactos generados – ya sean positivos o negativos –. Los mismos serán presentados a partir de la matriz de Leopold.

Por último, se propondrán medidas de gestión para la prevención, mitigación, rehabilitación o recomposición del medio alterado, según los distintos impactos identificados, y un plan de monitoreo para asegurar el cumplimiento de las medidas anteriores. El estudio de impacto ambiental y su correspondiente evaluación, se realizarán teniendo en cuenta la normativa vigente de carácter nacional, provincial y sectorial aplicable en la zona de emplazamiento del proyecto en materia ambiental, así como también recomendaciones internacionales referidas a la temática en cuestión.

9.2 Descripción del proyecto

Como anteriormente fue mencionado, el proyecto propuesto implica la construcción y la operación de una planta de tratamiento de efluentes líquidos de una industria de fabricación de distintos tipos de jabones y líquidos de limpieza. Dicho proyecto surge de la necesidad de generar una solución a la contaminación proveniente del vuelco de los efluentes sobre el cuerpo de agua receptor.

Principalmente, consta de tres etapas a las cuales se evaluarán los efectos ambientales que pueden estar implicados sobre la línea de base ambiental, previamente definida. Dichas etapas son, en primer lugar, la construcción de la planta de tratamiento, luego la puesta en marcha y operación de la misma, y por último la etapa de cierre del proyecto.

La planta de tratamiento de efluentes líquidos, consta de una serie de operaciones unitarias, con las cuales se busca disminuir los valores de los parámetros del efluente que se encuentran por encima de los valores máximos permitidos por la normativa aplicable correspondiente.

La planta posee dos líneas de tratamiento de los efluentes. Por un lado, la línea principal derivada de cada uno de las etapas del proceso productivo y por otro, la línea que transporta las aguas cloacales generadas por los trabajadores en la jornada laboral.

La planta de tratamiento presenta las siguientes unidades:

1. Sistema de rejillas (para cloacal e industrial).
2. Tanque de homogeneización.
3. Sistema DAF.

4. Sedimentador primario.
5. Reactor biológico de Lodos Activados
6. Sedimentador Secundario.
7. Remoción de fósforo
8. Filtros
9. Cámara de cloración

A su vez, se realiza el tratamiento de los barros producidos en la planta de tratamiento del efluente líquido, para disminuir los volúmenes a disponer como residuo.

Para el tratamiento de los lodos activos se dispondrá de las siguientes unidades:

1. Espesador
2. Digestor
3. Deshidratador

La planta contará, además, con un laboratorio donde se realizarán mediciones para controlar que los valores de los parámetros en cada parte del proceso se correspondan con lo esperado, y con una sala de control y operación donde se monitorearán cada uno de los distintos procesos.

La planta de tratamiento de efluentes líquidos será anexada al predio de la fábrica Servicios de limpieza S.A, ubicada en el Parque Industrial La Cantábrica.

El vuelco del efluente tratado será enviado al colector pluvial del Parque Industrial, el cual tiene como cuerpo receptor final el Arroyo Morón, cuerpo de agua que desemboca en el Río Reconquista.

9.2.1 Etapas del proyecto

a. Construcción

En la etapa de construcción se realizará el emplazamiento de la planta de tratamiento de efluentes líquidos y de los lodos activos, dentro del predio.

El tiempo estimado de la etapa de construcción será de **aproximadamente un año**.

Dicha etapa consta, por un lado, de la adecuación del terreno donde será dispuesta la planta y por otro, de la construcción de la planta en cuestión. El terreno actualmente es un descampado de 1500 m², perteneciente al área dentro del Parque Industrial.

Las actividades previstas para la etapa en cuestión se enumeran a continuación:

- a. Desmantelamiento y nivelación del terreno.
 - b. Construcción de conductos para los efluentes líquidos, desde la planta productiva de la industria al área donde estará emplazada la planta de tratamiento.
 - c. Lugar adecuado para almacenar los residuos generados durante la obra.
 - d. Instalación de estaciones de control y monitoreo, los cuales se encontrarán en funcionamiento desde el comienzo de la obra.
 - e. Conductos y conexiones entre las distintas unidades y la conducción final al colector del Parque.
 - f. Implantación de soporte estructural: excavación y montaje de los cimientos necesarios para la instalación de las unidades.
 - g. Instalación de las distintas unidades operativas de la planta, tanto de tratamiento como de almacenaje.
 - h. Instalación de recinto cerrado para las unidades que no se dispondrán a cielo abierto, como también para el laboratorio y la sala de control y operación.
 - i. Vallado de seguridad en zonas que presenten algún peligro.
 - j. Verificación del funcionamiento de cada una de las unidades de manera separada y en conjunto.
 - k. Consumo de servicios e insumos: materia prima a utilizar y mano de obra.
- Una vez finalizadas las actividades comprendidas dentro de la construcción de la planta, y luego de la aprobación de las pruebas de control, se procede a poner en funcionamiento la misma.

b. Operación de la planta

En la etapa de operación se procederá a poner en marcha la planta. Durante esta etapa, se depurarán las aguas residuales generadas en el proceso productivo y se dispondrán las mismas, siendo el cuerpo receptor final, el Arroyo Morón. A su vez, se realizará el tratamiento de los lodos activos provenientes de la planta. El tiempo de vida del proyecto en la etapa de operación será de **20 años**.

Dentro de las acciones involucradas en esta etapa se encuentra la operación en condiciones normales, como también en condiciones anormales de la planta, tanto del tratamiento de los efluentes líquidos como de los barros generados y la gestión de los residuos producidos. Se tendrá en consideración el reemplazo de aquellos elementos cuya vida útil sea menor al tiempo de vida de la planta en la etapa de operación, se realizará un mantenimiento y limpieza periódicamente de las instalaciones. A su vez, se ejecutarán monitoreos del agua en las distintas etapas del proceso, como también

en la zona de vuelco de los efluentes en el cuerpo de agua y controles de los diferentes parámetros en laboratorio.

c. Cierre de la planta

La etapa de cierre comprende aquellas actividades necesarias para recuperar las condiciones ambientales previas al inicio del proyecto. La misma consta del desmantelamiento del terreno y de las instalaciones de la planta, removiendo los cimientos construidos, retirando las distintas unidades y cerrando los conductos y conexiones de agua realizados. Se realizará un monitoreo de la calidad de agua y factores ambientales durante un tiempo determinado, junto con la recomposición de la capa vegetal del emplazamiento, en caso de ser necesario.

9.3 Área de influencia

Para la determinación del área de influencia del proyecto con respecto al medio ambiente circundante, se consideró el grado de interrelación que tendrá la construcción, funcionamiento y cierre de la planta con las variables socio-ambientales, sub dividiéndose en dos áreas: directa e indirecta. Esta subdivisión permitió tener una mayor comprensión y facilidad de análisis de la situación ambiental. El área de influencia directa es aquella que percibe las consecuencias del proyecto en primera instancia. La misma comprende el predio de la industria dentro del Parque Industrial – con un total de 1.03 hectáreas –, y el área circundante hasta concluir en el Arroyo Morón, donde se realiza el vuelco final del efluente tratado.

Por otro lado, el área de influencia indirecta alcanza las comunidades lindantes al Parque, principalmente la Ciudad de Morón, y el recorrido del Arroyo Morón, agua abajo desde el punto de vuelco de las aguas residuales tratadas.

9.4 Línea de base

En el siguiente apartado se realizará un análisis de las condiciones del lugar de locación del proyecto, en cuanto a las características ambientales y socioeconómicas, previas a la implantación de la planta. El objetivo de la Línea de Base es fijar las condiciones de modo tal, de poder realizar un seguimiento de los puntos más relevantes y una evaluación de cómo éstos varían a lo largo de la puesta en marcha del proyecto, de manera de regresar a las condiciones iniciales, una vez que se realice el cierre del mismo. Para llevar a cabo la línea de base, se consultaron diferentes

documentos e informes pertinentes a la zona afectada, teniendo mayor relevancia de información extraída del informe Diagnóstico Ambiental del Partido de Morón (Alsina G., Borello J.A., 2007. UNGS)

9.4.1 Características climáticas

En la zona de implantación del proyecto, predominan los vientos húmedos provenientes del Atlántico Sur, como la Sudestada, y los secos y frescos del Sudoeste como el Pampero. La velocidad media anual de los vientos fluctúa entre 9 y 12 km/hora. Las direcciones predominantes son la N y NO.

En cuanto a las temperaturas medias anuales, las mismas indican inviernos suaves y veranos calurosos, siendo sus valores de aproximadamente 16 °C. Por otro lado, el mes con el valor más alto de temperatura es enero con temperaturas de 30.3 y 30.4 °C, respectivamente, mientras que las temperaturas más bajas se presentan en julio con 4.3 y 5.4 °C. Estos datos pueden observarse en la figura 38, procedentes de la estación meteorológica ubicada en Castelar.

Resulta importante destacar la relación entre la temperatura y precipitación medias, pudiéndose observar coincidencias de máximas (enero) y de mínimas (julio).

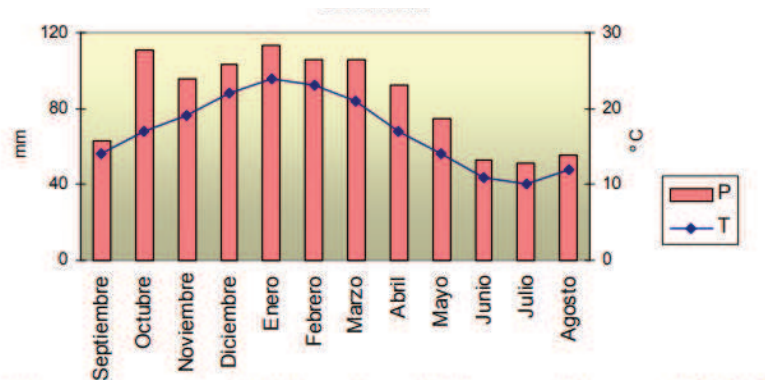


Figura 38. Datos meteorológicos tomados en la estación de Castelar¹⁷.

La precipitación media anual es de 1102 mm. El mes más lluvioso corresponde a enero con 118 mm, respectivamente. Los meses con menor precipitación son julio y junio con valores entre 50 y 60 mm. Las tormentas eléctricas ocurren con una media anual de 38 días y el granizo tiene una ocurrencia media anual de 2,8 días según datos de la estación meteorológica. La humedad relativa media anual es de 76% siendo el mes de Enero el de mayor humedad con 85%. La presión media anual es de 1012 hPa siendo los valores máximos entre abril y octubre y los mínimos de noviembre a marzo. La

frecuencia media anual de los días con niebla es de 41,9 siendo el período más neblinoso el comprendido entre abril y agosto.

9.4.2 Características topográficas

El partido de Morón se encuentra en el centro - oeste del conurbano bonaerense, ver figura 39.

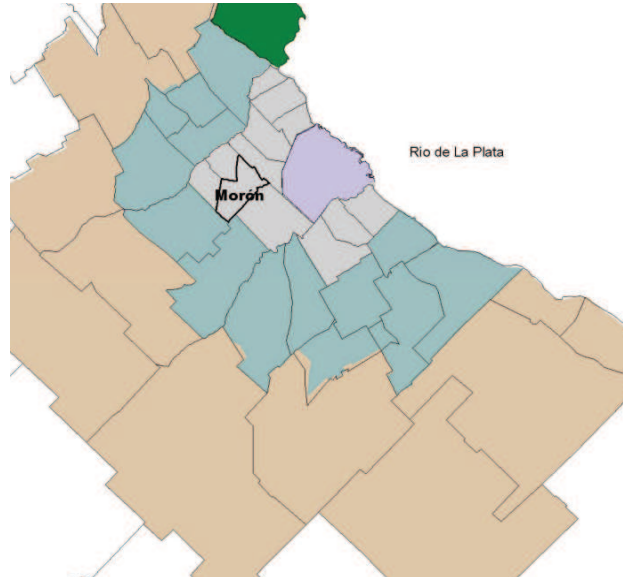


Figura 39. Ubicación del partido de Morón dentro del Conurbano Bonaerense¹⁵.

El mismo presenta un terreno mayormente plano, donde el pico de mayor altitud se encuentra en cercanía al aeropuerto militar de Morón, aproximadamente 38 msnm, mientras que la menor altura se encuentra en cercanías del aeropuerto del Palomar, con aproximadamente 15 msnm. Esta diferencia de altura puede observarse en la figura 40.

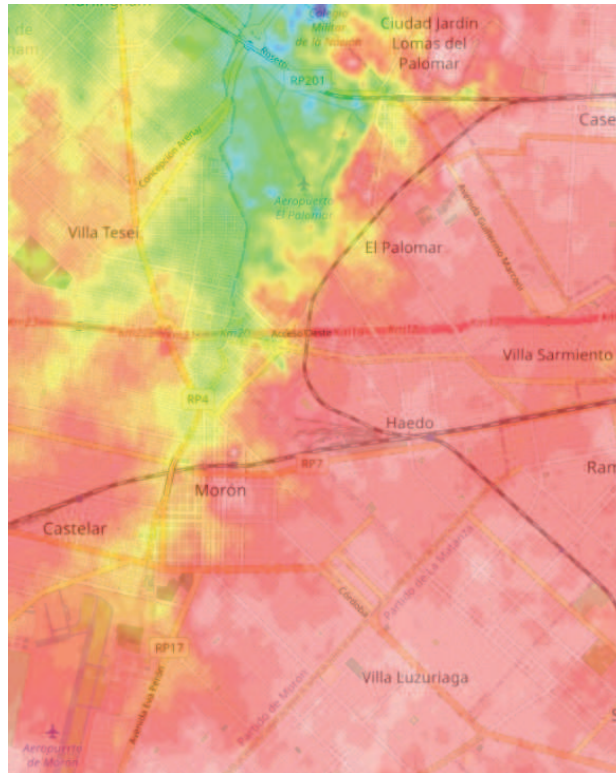


Figura 40. Mapa topográfico del partido de Morón¹⁶.

9.4.3 Características Hidrológicas

Tal como se indicó anteriormente, el principal cuerpo de agua superficial que se encuentra dentro del partido es el Arroyo Morón. El cual, aparte de hacer de punto limítrofe con el partido de Hurlingham atraviesa al partido en su totalidad de sur a norte. El arroyo Morón nace en proximidades del predio de lo que fuera la VII Brigada Aérea en cercanías de su límite con el partido de Merlo y desemboca en el Río Reconquista.

El arroyo conforma una cuenca de aproximadamente 95 km², en una llanura de escasa pendiente, con cotas que oscilan entre 30 metros en sus nacientes, hasta 5 metros sobre el nivel del mar en su porción final. El caudal medio es del orden de los 80.000 m³/día, habiéndose detectado caudales máximos de hasta 7.000.000 m³/día luego de precipitaciones muy intensas. Si bien se trata de un curso de pequeñas dimensiones, el arroyo Morón reviste una enorme importancia, no sólo por recorrer un área de elevada concentración urbana e industrial, sino también por ser responsable de gran parte de la contaminación del río Reconquista en el cual desemboca, e indirectamente, del Río de la Plata, fuente de agua para la población de la ciudad de Buenos Aires y alrededores.

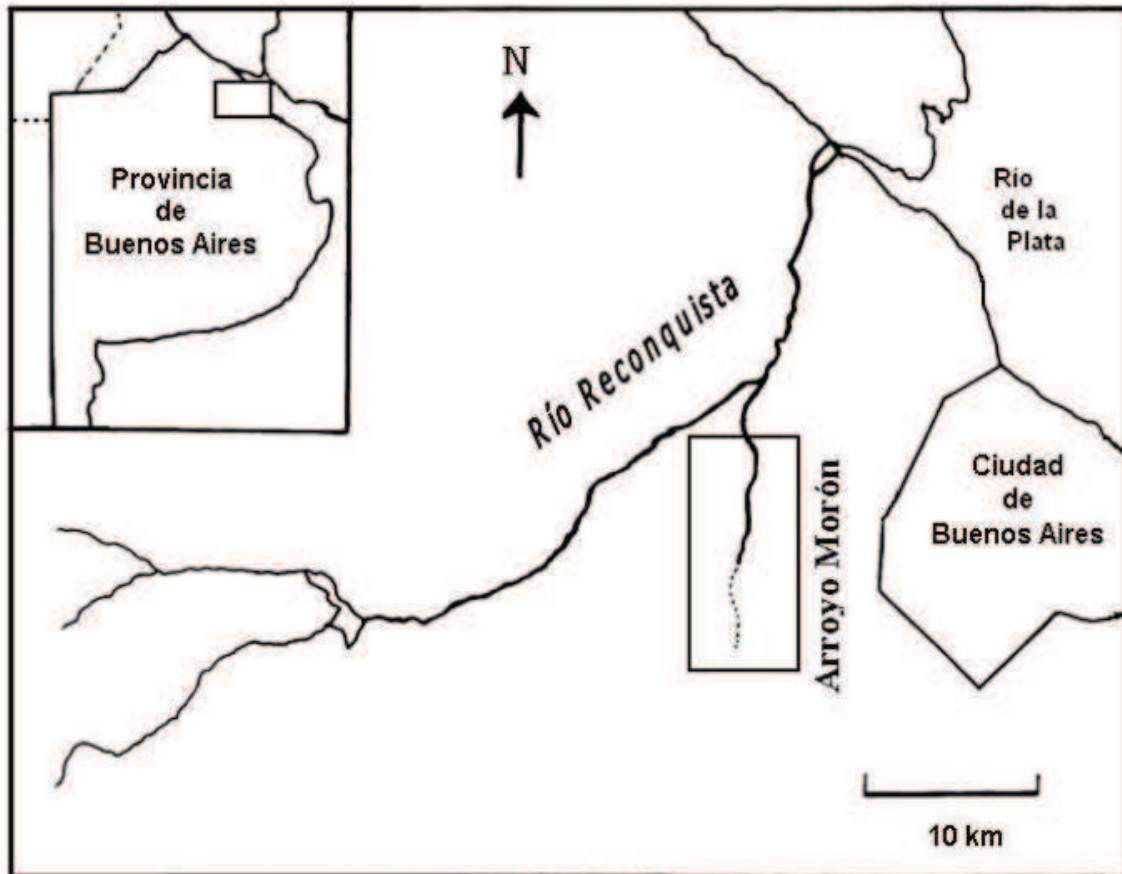


Figura 41. Ubicación geográfica del arroyo Morón⁵.

El arroyo corresponde a una depresión natural que canaliza el agua de lluvia, y que antiguamente (antes de la industrialización de la región), permanecía prácticamente seca en momentos de estiaje. Posee unos 16 km de longitud, de los cuales los primeros 4,5 km. han sido entubados, bajo una zona densamente poblada, actuando como una colectora pluvial, por lo que al salir a cielo abierto debería llevar casi solamente agua de lluvia.

A lo largo de su recorrido a cielo abierto, recibe las descargas de otros desagües de diverso caudal, y de gran importancia sanitaria y ambiental por provenir de industrias de muy distintos rubros, que representan un considerable aporte de carga contaminante orgánica, inorgánica y microbiológica.

9.4.4 Biogeografía: Flora y fauna

De acuerdo al mapa fitogeográfico de la Provincia de Buenos Aires, elaborado por A. Cabrera (Schreiber, 1997), la RGA está inscripta en el distrito oriental de la Provincia Pampeana, bajo la influencia del distrito de los talaes de la Provincia del Espinal. En la

cuenca alta del Río Reconquista, se observan asociaciones de Talas (*Celtis tala*) y Espinillos (*Acacia caven*). En cuanto a las comunidades del distrito Pampeano Oriental, pueden observarse relictos de “Pseudoestepa graminosa climax” junto a las vías férreas y en campos poco pastoreados. Son pastizales que cubren suelos arcillo-limosos, ligeramente ácidos. La mayor parte de estos terrenos ha sido modificada por actividades agrícolas. La vegetación está constituida por gramíneas cespitosas (0.50 m a 1 m de altura), en matas más o menos próximas entre sí. La cobertura del suelo oscila entre el 50 y el 100%. Algunas especies de este pastizal son: la cortadera (*Cortadeira seollana*), la cebadilla criolla (*Bromus unioides*), la flechilla (*Stipa neesiana*), el espartillo (*Spartina densiflora*) y otros. Por otra parte, existen ambientes denominados genéricamente humedales, en las cercanías de los arroyos de poca corriente y en la cuenca alta del Reconquista. Allí se encuentran distintas comunidades con presencia de juncos (*Scirpus californicus*), sagitarias (*Sagitaria montevidensis*) y otras especies. Otra comunidad presente es el de arboledas, producto de la forestación, en su mayor parte compuesta por especies exóticas, como el paraíso, el eucaliptus, la casuarina, el plátano, la morera y otros.

Según Ringuelet (Schreiber, 1997) la RGBA, en el sector noreste de la Provincia de Buenos Aires, está incluida en el Dominio Pampásico, en los límites con el Dominio Subtropical. Es por eso que coexisten representantes de la fauna de ambos. Cabe aclarar, que la fuerte transformación a la que ha sido sometido este ambiente ha modificado y reducido la fauna autóctona. En primer lugar, la ictiofauna del Río Reconquista ha sido muy afectada, tanto en su cantidad como en su diversidad, por la contaminación. Sin embargo, en su cuenca pueden encontrarse aún los siguientes peces: vieja de agua, dientudo, varias especies de bagres, pejerrey lacustre, sábalo, chanchita, limpiavidrio, limpiafondo, mojarra, tararira, anguila y varias especies de madrecitas. Los anfibios se encuentran entre los más perjudicados por las alteraciones del ambiente originario. Sobreviven, sin embargo, algunas especies de ranas, sapos y “ranitas de zarzal”. Los reptiles se encuentran representados por las tortugas (de río y de laguna), los lagartos (verde y overo), las lagartijas y las culebras. También pueden encontrarse numerosas especies de insectos y arácnidos. Entre los mamíferos, puede mencionarse al cuis, el coipo (muy amenazado), la comadreja colorada y overa, el hurón, el zorrino, ratas y lauchas. Finalmente, entre las aves, se han reconocido más de 180 especies en el área. De los vertebrados, éstas parecen ser el grupo que mejor se ha adaptado a los cambios en las condiciones ambientales (cabe recordar que la forestación y el embalse de la presa Ing. Roggero (ubicada en el partido de Moreno)

también posibilitan una mayor diversidad de aves). La mayoría habita áreas arboladas y arbustivas predominantemente en ambientes acuáticos. Del ámbito lacustre pueden señalarse: la garza blanca, la garza bruja, la garcita, el pato maicero y el biguá. Fuera de este medio se destacan las siguientes especies: gorrión, chingolo, zorzal, cotorra, benteveo, ratona, hornero, calandria, tijereta, golondrina, paloma, tero, chimango, carancho, halcón, jilguero, cabecita negra, tordo, corbatita, pirincho, colibrí, lechuza, carpintero, cachirla, leñatero y otros.

9.4.5 Uso del suelo

De acuerdo con lo especificado en el artículo 5º del Decreto Ley 8.912/77 y conforme con los usos del suelo y el estado actual del parcelamiento del territorio, el Partido de Morón se considera Área Urbana en su totalidad. El Código de Ordenamiento Urbano y Normas Reglamentarias de Construcciones del Partido de Morón define las siguientes zonas y alineamientos, ver figura 42.

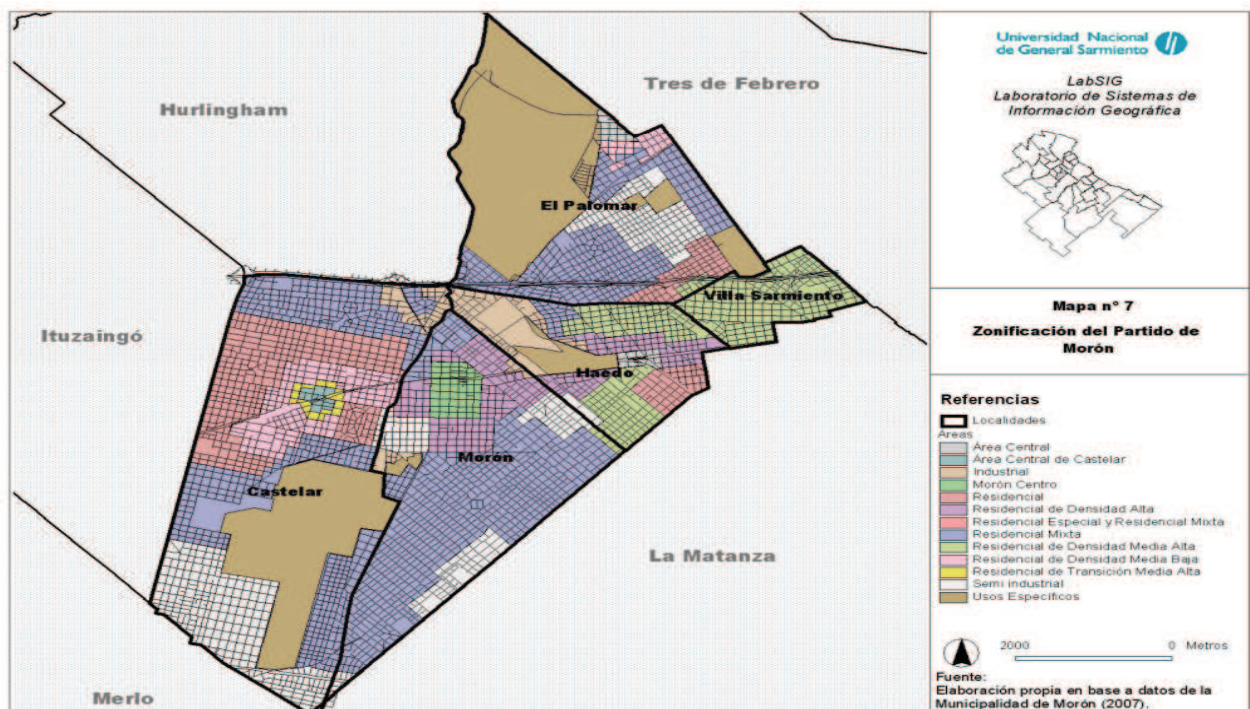


Figura 42. Zonificación del partido de Morón¹⁵.

En la figura 42, se observa que el área residencial exclusiva se extiende en una franja que atraviesa el partido en dirección este-oeste acompañando la traza del ex ferrocarril Sarmiento y, al norte, rodeando la estación El Palomar del ex ferrocarril San Martín. Asimismo las denominadas “áreas centrales” se articulan en torno de las

estaciones Haedo, Morón y Castelar para el primer caso y de la estación El Palomar para el segundo. Al norte y al sur de esta franja se extienden las zonas de uso residencial mixto, semi-industrial e industrial. En particular se destacan el Parque Industrial La Cantábrica, un predio de 19 hectáreas ubicado en la localidad de Haedo próximo al ex ferrocarril Sarmiento y el proyectado Polo Industrial Tecnológico Aeronáutico de Morón (PITAM) que ocupará alrededor de 50 hectáreas de la que fuera la VII Brigada Aérea.

9.4.5.1 Espacios verdes

El partido de Morón presenta un importante déficit de espacios verdes públicos. Cruzando los datos de la Dirección de Estadística del Municipio de Morón donde se estima que la población actual ronda los 330000 habitantes con los datos de las superficies ocupadas por plazas, plazoletas y bulevares se obtiene un valor de alrededor de 1.2 m² /hab, frente al mínimo de 10 m² /hab recomendado por la OMS.

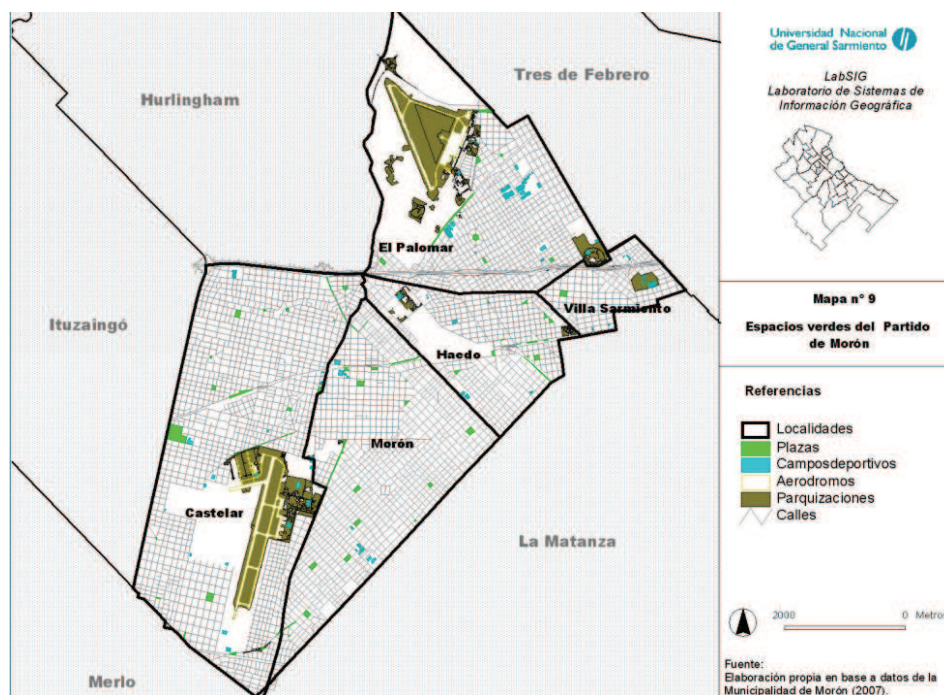


Figura 43. Espacios verdes en el partido de Morón¹⁷.

Las áreas parquizadas más importante corresponden al Colegio Militar de la Nación, al Aeropuerto de El Palomar y al predio de la ex VII Brigada Aérea de Morón, que en conjunto representan aproximadamente el 20 % de la superficie total del partido, no obstante, por tratarse de zonas de uso militar, el acceso público a tales espacios es

restringido. La Figura 43, muestra la distribución de plazas, parquizaciones y campos deportivos en todo el partido

9.4.6 Situación Socioeconómico

9.4.6.1 Localización

El partido de Morón se halla ubicado a 20 km al oeste de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y a 88 km de la ciudad de La Plata, capital de la Provincia de Buenos Aires. Su comportamiento demográfico, cobertura de infraestructura, servicios y seguridad, al igual que los indicadores socioeconómicos, son similares a los de los partidos aledaños. De acuerdo a las cartas de Campo de Mayo y de Aeropuerto Ezeiza del Instituto Geográfico Militar, su ubicación aproximada corresponde a los 34° 39' Latitud Sur y 58° 37' Longitud Oeste. Siendo su superficie territorial de 55.6 Km² según datos proporcionados por el Municipio.

9.4.6.2 Limites

Morón limita al norte con el partido de Hurlingham, al noroeste con Ituzaingó, al noreste con Tres de Febrero, al sudoeste con Merlo y al sudeste con La Matanza. Los límites político administrativos en el norte son marcados por el Acceso Oeste y el Arroyo Morón; al noroeste por las calles Santa Rosa y Blas Parera; al nordeste por las calles Marconi, General Justo José de Urquiza, Perdriel, Acayuasa y Avenida Díaz Velez; al sudoeste por la calle Coronel. Rafael Hortiguera y al sudeste por las calles Alirante O'Connor, Seguro, Azopardo, Avenida Presidente Perón, Chassaing, Avenida Rivadavia, Fray Cayetano Rodríguez, Avenida Don Bosco y Avenida Eva Perón.

9.4.6.3 Demografía

Los datos de población correspondientes al censo de 1991, anterior a la redefinición territorial del partido, indican que el mismo tenía una población estimada de 330.965 habitantes. Frente a los 309.380 habitantes que le atribuye el Censo Nacional de Población Hogares y Vivienda 2001, Morón presentó un porcentaje de crecimiento poblacional negativo del 6.5%, en tanto el crecimiento de la población provincial fue del 9.8% durante el período intercensal aludido, ver figura 43.

Localidad	Censo 1991	Censo 2001	% de crecimiento poblacional
Morón	97.690	92.860	-4.94
Haedo	41.475	37.906	-8.60
Castelar	106.274	103.727	-2.40
Villa sarmiento	19.950	17.391	-12.8
El palomar	65.476	56.953	-13.0
Total	330.865	308.837	-6.65

Figura 43. Censo de las localidades que integran el partido de Morón¹⁷.

La cantidad total de habitantes del partido es de 309.380, donde 47.52% son varones y 52.48% son mujeres, ver figura 44. Asimismo se estima que el porcentaje de población económicamente activa asciende al 64.6% y se sintetizan datos de hogares clasificados según cobertura de servicios sanitarios (agua corriente por red y desagüe cloacal a red pública), tipo de vivienda y NBI.

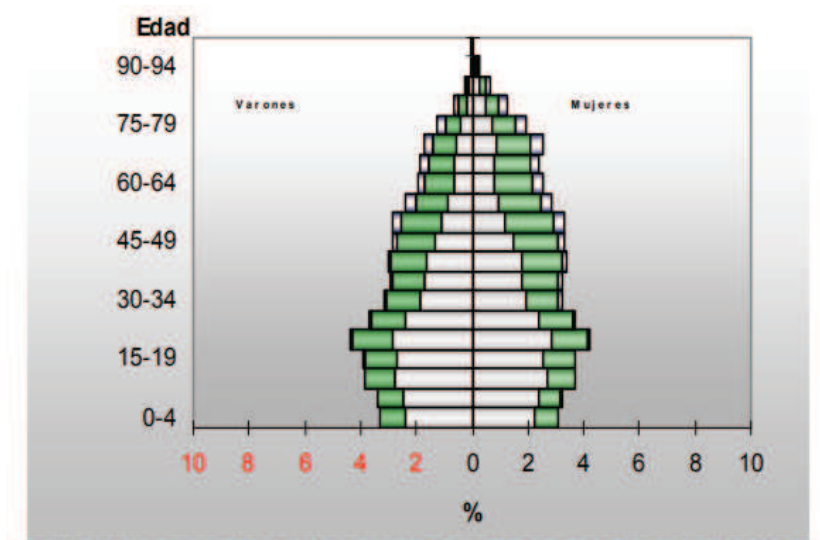


Figura 44. Pirámide poblacional del distrito¹⁷

9.4.6.4 Infraestructura y aspectos sociales

Existen algunas zonas vinculadas a la pobreza que constituyen un tejido marginal significativo aunque no tan claramente distinguible como tal. Se caracterizan por su situación dominial ilegal y en ocasiones por estar en áreas que se inundan.

Actualmente, se denominan “villas miseria” o de “emergencia”, a las ocupaciones irregulares de tierra urbana vacante que producen tramas urbanas irregulares.

En general, tienen una alta densidad poblacional, y las viviendas son construidas con materiales de desecho.

En el partido de Morón estas formas de urbanización informal están representadas por un conjunto de pequeños barrios que forman un rosario que se extiende en Morón sur

a lo largo del límite del partido con el distrito de La Matanza y en Castelar sur, alrededor del predio de la ex VII Brigada Aérea.

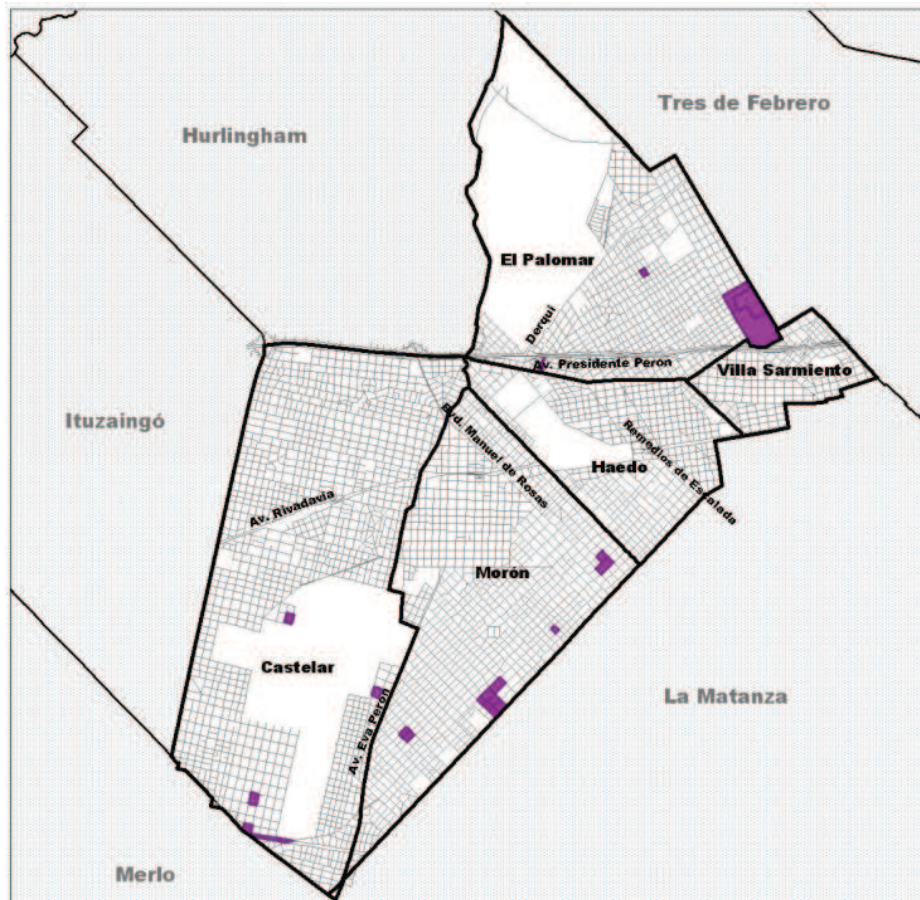


Figura 45. Asentamientos informales (puntos violetas), dentro del partido de Morón.¹⁷

Otro parámetro fundamental para caracterizar social y económicamente a un lugar son la capacidad de sus pobladores a llegar a satisfacer las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)

En la figura 46, se muestran los porcentajes de NBI por localidad.

Entidad	Total de hogares ¹	Sin NBI		Con NBI	
		hogares	%	Hogares	%
Morón	28291	25948	91,7	2343	8,3
Haedo	12661	12266	96,9	395	3,1
Cautelar	30725	28327	92,2	2398	7,8
Villa Sarmiento	5636	5511	97,8	125	2,2
El Palomar	16667	15548	93,3	1119	6,7
Total Morón	93980	87600	93,2	6380	6,8

Figura 46. NBI sectorizadas por localidad dentro del partido de Morón.¹⁷

Por otro lado, en la figura 47, se muestran en el mapa del partido los puntos que no logran llegar al NBI según el censo de 1991.

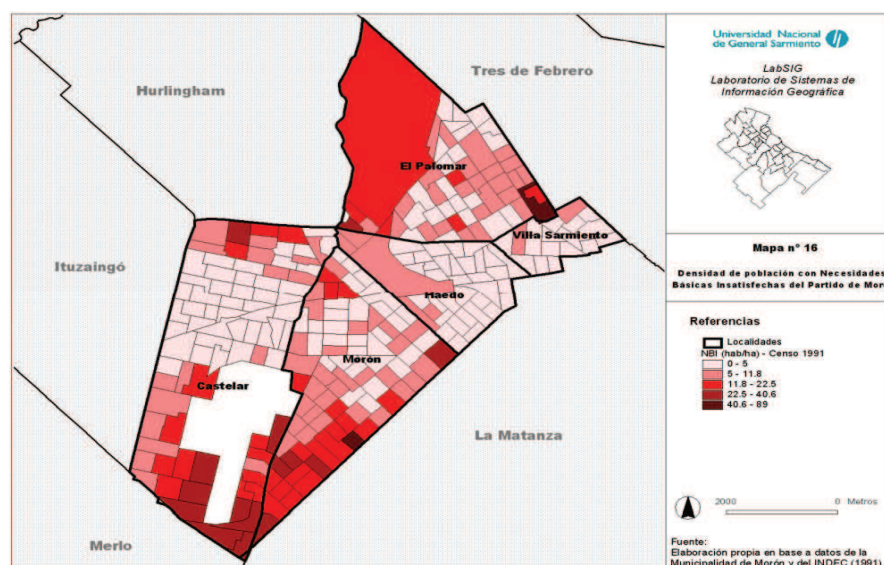


Figura 47. Densidad de población con las necesidades básicas insatisfechas dentro del partido de morón.¹⁷

9.4.6.5 Matriz productiva

Las actividades productivas urbanas dentro del partido de Morón, comprenden tanto las industriales como las de comercio y servicios. Según el Censo Económico de 2004/2005, los sectores comercio y servicios en Morón representan el 54% y el 35% respectivamente, representando la industria un 9% de los locales. La importancia de Morón como centro comercial y de servicios deviene fundamentalmente de la circulación de personas que concita su condición de centro administrativo regional.

9.5 Identificación y Evaluación de impactos

Para poder identificar los impactos generados a partir del proyecto, es necesario reconocer en un principio las acciones llevadas a cabo en cada etapa del proyecto, y los efectos que las mismas causan sobre los diferentes factores bióticos, abióticos y antrópicos asociados al área de influencia del proyecto, respecto a las condiciones establecidas en la línea de base ambiental.

Cabe destacar, que es considerado un impacto a cualquier alteración significativa – tanto positiva como negativa – respecto a las condiciones establecidas en la línea de base ambiental.

Una vez identificados los impactos, se procederá a realizar la evaluación de los mismos a través de la incorporación de una matriz y su caracterización, analizándolos respecto a una serie de atributos, para medir el grado de relevancia del impacto en el proyecto, y poder actuar en consecuencia.

Con ello, se realizará un plan de gestión ambiental, diagramando medidas de mitigación y prevención, de manera tal de evitar – o minimizar – los impactos negativos del proyecto.

9.5.1 Identificación de Acciones

Las acciones son aquellas actividades llevadas a cabo en el proyecto que presentan interacciones con el medio ambiente. Como anteriormente fue mencionado, el proyecto se divide en tres etapas, las cuales a su vez, presentan diferentes actividades: por un lado la etapa de construcción de la planta, luego la etapa de operación y mantenimiento, y por último la etapa de cierre de la misma.

Además, se tendrán en consideración las contingencias, en caso de posibles inconvenientes que se presenten de forma imprevista.

En la Tabla 54, se muestran las diversas etapas del proyecto junto con las principales acciones que la integran.

Tabla 54. Actividades relacionadas al desarrollo de la planta de tratamiento

Construcción	Desmalezado y preparación del terreno Excavación Instalación de estaciones de control Instalación de unidades básicas para construcción Instalación de cañerías y conexiones Maquinaria Mano de obra/consumo de servicios Generación de residuos
Operación	Puesta en marcha Operación diaria Limpieza Mantenimiento

	Monitoreo Gestión de residuos Gestión de lodos Generación de residuos
Cierre	Desmantelamiento Reacondicionamiento del área Monitoreo
Contingencias	

9.5.2 Identificación de Factores

Las diversas actividades que integran al proyecto pueden generar impactos sobre el medio ambiente receptor, estos puntos propensos a sufrir este tipo de impactos se denominan factores, los mismos pueden diferenciarse según el medio en el que se hallen según, físico-biológico y medio antropogénico. En la tabla 55, se presentan los diversos factores identificados.

Tabla 55. Identificación de factores ambientales

Medio físico-biológico	Atmósfera	Calidad Olores Ruido Vibraciones
	Agua	Calidad superficial Drenaje superficial Calidad subterránea
	Biodiversidad	Ambiente biótico

		Biodiversidad vegetal Biodiversidad animal Paisaje natural
	Suelo	Calidad Compactación Calidad de uso
Medio socioeconómico	Economía	Calidad subterránea Actividades económicas
	Social	Calidad de vida Densidad poblacional Trama urbana y servicios

9.5.3 Criterios de Evaluación de Impactos

Una vez identificadas las acciones y factores del medio, se procede a realizar la evaluación de los posibles efectos. Los impactos serán valorados de manera de definir la incidencia que presentan frente a la actividad por el cual se lo está evaluando. La evaluación será llevada a cabo a través de la matriz de Leopold, la cual es una matriz de impacto ponderada de acción-efecto ambiental, que correlaciona los factores ambientales con las acciones. Los impactos serán caracterizados teniendo en cuenta una serie de atributos y cuantificándolos con valores: +/-, intensidad, extensión, momento, persistencia, reversibilidad, sinergia, acumulación, efecto y recuperabilidad. A continuación, en la Tabla 56 se presentan las diferentes variables consideradas para la ponderación de los efectos en la matriz de impacto.

Tabla 56. Sistema de ponderación de efectos¹⁷

Variable	Estado	Valor
Valor de impacto	Negativo	-

Proyecto Final Integrador de Ingeniería Ambiental
 - Zabarini, Damián -

	Positivo	+
Intensidad (IN)	Baja	1
	Media	2
	Alta	4
	Muy alta	8
	Total	12
Extensión (EX)	Puntual	1
	Parcial	2
	Extenso	4
	Total	8
	Crítica	(+4)
Momento (MO)	Largo plazo	1
	Mediano plazo	2
	Inmediato	4
	Crítico	(+4)
Persistencia (PE)	Fugaz	1
	Temporal	2
	Permanente	4
Reversibilidad (RV)	Corto plazo	1
	Mediano plazo	2
	Irreversible	4
Recuperabilidad (MC)	Recuperable de manera inmediata	1
	Recuperable a mediano plazo	2
	Mitigable	4
	Irrecuperable	8
Acumulación (AC)	Simple	1
	Acumulativo	4
Efecto (EF)	Directa	3
	Indirecta	1
Periodicidad (PR)	Irregular o aperiódico y discontinuo	1
	Periódico	2

$$\text{Importancia} = \pm (3IN + 2E + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

- Signo (+/-): el signo positivo corresponde a un impacto de tipo beneficioso para el factor ambiental, mientras que el signo negativo lo correspondiente para un impacto perjudicial.
- Intensidad (*IN*): se refiere al grado probable de destrucción sobre el factor. La valoración está comprendida entre 1 y 12, siendo 12 equivalente a la destrucción total del factor y 1 la afectación mínima.
- Extensión (*EX*): Se refiere al área de influencia del impacto. El mínimo valor es 1 y corresponde a una acción cuyo efecto se expresa en forma puntual. El valor de 12 es el máximo asignado y corresponde a aquel efecto que no se encuentra en una localización precisa, presentando un efecto generalizado en toda el área.
- Momento (*MO*): Alude al tiempo que transcurre entre la acción y la aparición del impacto sobre el factor considerado. Cuando el tiempo transcurrido es nulo, el valor asignado es 8. Entre 1 y 5 años, el valor será de 2, y si el efecto tarda en manifestarse más de 5 años, el valor será de 1.
- Persistencia (*PE*): Se refiere al tiempo de permanencia del efecto una vez generado el impacto. Si la permanencia del efecto tiene lugar durante menos de un año, el impacto será fugaz y el valor adoptado será 1. Si dura entre 1 y 10 años, será considerado temporal, correspondiendo a un valor de 2. Finalmente, será considerado permanente asignándole un valor de 4, cuando su duración supere los 10 años.
- Reversibilidad (*RV*): Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado, lo que significa, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales, una vez que aquél deje de actuar sobre el medio. Si es reversible, en menos de 2 años se le asigna el valor de 1. Entre 2 y 10 años se considera de medio plazo, tomando el valor de 2. Por último, si no podrá volver a las condiciones iniciales en forma natural, se le asigna el valor de 4 considerándolo irreversible.
- Sinergia (*SI*): Debe interpretarse como el reforzamiento de dos o más efectos simples. Se asigna una valoración de 1 cuando dicho fenómeno no se produce. Luego, corresponderá valores de 2 o 4 dependiendo de cuán pronunciada sea su magnitud.
- Acumulación (*AC*): Fenómeno mediante el cual los efectos se incrementan progresivamente. El valor de 1 se considera cuando es simple y 4 cuando es acumulativo
- Efecto (*EF*): De acuerdo a su manifestación o forma de operar sobre el medio, se puede considerar directo o indirecto.
- Periodicidad (*PR*): Es la manifestación de la posibilidad de ocurrencia del efecto en el tiempo, clasificándose como irregular, periódico o continuo.
- Recuperabilidad (*RC*): Se refiere a la posibilidad de reconstrucción total o parcial del factor afectado, por medio de la intervención humana, volviendo a las

condiciones iniciales previas a la actuación. El efecto puede ser recuperable inmediatamente, recuperable a lo largo de un período de tiempo, irrecuperable o mitigable, lo que significa que puede recuperarse en forma parcial.

Una vez cuantificados los atributos de cada impacto, se procede a confeccionar la correspondiente matriz de impacto ambiental, en la que cada casilla de cruce corresponde a un impacto. La importancia (I) del impacto numéricamente, se expresa mediante la aplicación de la siguiente función:

$$I = \pm(3IN + 2 EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + RC)$$

Habiendo evaluado cada atributo del efecto se procede a realizar el cálculo de valoración del impacto, es decir la importancia que tiene la acción en un factor ambiental. La identificación de la intensidad de cada uno de los impactos en la matriz, se verá reflejada por color, de la siguiente manera (Tabla 58).

Tabla 58. Identificación de la intensidad del impacto en la matriz¹⁷

Valor del Impacto	Intensidad del Impacto
+I	Positivo
I > -51	Leve
-51 > I > -81	Medio
< -80	Alto

Así, para cada una de las actividades del proyecto, teniendo en cuenta los diferentes factores ambientales y cómo podrían verse afectados, se procedió a elaborar la matriz de valoración de impactos ambientales

9.5.4 Matriz de Impactos Ambientales

A continuación, se presenta la matriz de impacto ambiental, ver figura 48, en la que se muestran los impactos de cada actividad, según el factor ambiental que se esté evaluando, siguiendo el criterio detallado anteriormente.

Matriz de Impactos ambientales			Construcción										Operación				Valor medio			
			Preparación del terreno	Excavación	Implantación soportes estructura	Instalación de unidades	Construcción de recintos cerrados	Instalación de cañerías	Maquinarias	Mano de obra	Consumo de servicios	Generación de residuos	Puesta en marcha	Operación normal	Gestión de residuos	Gestión de lodos		Mantenimiento	Limpieza	
Medio Físico-biológico	Atmósfera	Calidad	-32	-29	-18	-14	-14	-14	-27											-21
		Olores		-13										-23	-23	-23				-21
		Ruidos	-27	-32	-22	-22	-22	-22	-52				-17	-13						-25
		Vibraciones	-27	-27	-16	-16	-16	-16	-52				-13	-13						-22
	Suelo	Calidad	-43	-39																-29
		Compactación	-38	-43	-23	-14	-14	-29	-88	-14			-19							-26
	Biodiversidad	Calidad de uso	-40	-50	-23	-14	-14	-34	-24											-27
		Ambiente biótico	-30	-36	-17	-27	-25	-21	-27				-33							-27
		Biodiversidad vegetal	-28	-26	-35	-34	-30	-21												-29
		Biodiversidad animal	-29	-26	-38	-37	-30	-23												-31
		Paisaje natural	-24	-24	-33	-36	-32	-17	-16											-25
	Agua	Calidad Superficial																		
		Drenaje Superficial																		
Calidad Subterránea																				
Medio Socio-económico	Economía	Nivel de empleo	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
		Actividades económicas																		
	Social	Calidad de vida																		
		Densidad poblacional																		
		Tramo urbano y servicios																		
			-32	-31	-25	-24	-22	-22	-34	-14	-18	-27	-15	-16	-23	-23		-18	-25	

Figura 48. Matriz de impactos ambientales. Fuente: Propia

9.5.5 Descripción de los Impactos Ambientales

- Impactos en la etapa de construcción

Durante la etapa de construcción del proyecto, se generarán impactos ambientales de carácter temporario en la mayoría de los casos, con magnitud variable y, por lo general, acotados al entorno inmediato de las obras. Cabe destacar, que los impactos negativos más significativos del proyecto se producen durante la llevada a cabo de la presente etapa. Se producirán cambios temporales en la calidad del aire y generación de polvo, debido al trabajo de adecuación del terreno, los caños de escape de los vehículos y la maquinaria utilizada. Esto podría resultar en una molestia temporal para la fauna y habitantes del área. Sin embargo, las emisiones serán dispersadas por los vientos de la zona disminuyendo su magnitud de impactos. Se espera que los mismos desaparezcan una vez que se complete la construcción. Por otro lado, el transporte de materiales y equipos hacia el área de obra, así como la operación de los mismos durante la construcción resultará en un incremento temporal en los niveles de ruido y vibración local, los cuales se presentan como uno de los mayores impactos negativos de la presente etapa del proyecto. Otro impacto muy significativo resulta en la

compactación y calidad de uso del suelo, producida por el peso y los cambios realizados sobre el terreno. En consecuencia, podrían alterarse los canales de escurrimiento superficial preexistentes, modificando, aunque levemente, la dinámica de drenaje natural del sitio. Además de alterar los patrones de escurrimiento superficial, la nivelación del terreno podría interrumpir la dinámica natural de arrastre de sedimentos y relleno de depresiones. Como resultado de la remoción vegetal se afectará ineludiblemente a la fauna y especialmente a la microfauna asociada al medio. De este modo, la actividad de despeje implica la alteración de esta porción del hábitat natural. Así mismo, la percepción paisajística por parte de la fauna silvestre será disminuida por la presencia de maquinarias y material acumulado, aunque los tiempos de trabajo serán mínimos, con lo que la perturbación desaparecerá una vez finalizada la construcción.

La realización de todas las tareas llevadas a cabo durante la etapa de construcción, conlleva a la generación de residuos tanto de carácter sólido urbano, como residuos especiales o peligrosos. Para evitar posibles impactos, deberán respetarse los estándares y procedimientos de tratamiento y disposición de tales residuos. Por su parte, la calidad del agua tanto subterránea como superficial puede verse alterada debido al uso de agua para las tareas de limpieza, que arrastran contaminantes hacia otros cuerpos de agua. A su vez, el material particulado desprendido de las actividades puede afectar la calidad del agua superficial al depositarse el polvo en los cuerpos de agua cercanos. No obstante, el efecto no será muy significativo debido a la escorrentía propia del río, la cual actuará como diluyente de tal efecto. Dentro de los impactos positivos que se producirán durante la etapa de construcción, se destaca el efecto sobre la economía, donde las diversas tareas a desarrollar se traducen en demanda laboral. Industrial y de servicios, así como también la necesidad de insumos, materiales y equipamiento.

- **Impactos en la Etapa de Operación.**

Durante la etapa de operación de la planta de tratamiento, los mayores impactos negativos están relacionados principalmente con las afectaciones a la atmósfera. Las mismas pueden provenir de la producción de olores por parte de los reactores biológicos y el manejo de residuos y lodos, así como de la liberación de los gases característicos del metabolismo de los microorganismos, si estos no se encuentran bien controlados. A su vez, podría producirse contaminación sonora por el ruido y las vibraciones propias de alguno de los equipos de operación. Siempre que la operación de la planta de tratamiento funcione correctamente, no deberían verse afectados los

componentes del suelo y agua, contrariamente, debería producirse una mejoría en cuanto a la calidad de agua superficial y subterránea, generando un impacto positivo, si bien no sería muy significativo el mismo debido a los valores de base que presenta el cuerpo receptor, el cual se encuentra contaminado por otros agentes. A su vez, este impacto positivo podría verse reflejado en un aumento de la calidad de vida acuática, tanto de la flora como de la fauna.

Entre los impactos positivos durante esta etapa, además de la esperada por parte del cuerpo de agua receptor y la biodiversidad asociada al mismo, se destacan aquellos que repercuten sobre la economía, aunque en menor medida que en la etapa de construcción, ya que se requerirá la contratación de profesionales, insumos y servicios para la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento.

- **Impactos ambientales por Contingencias**

Las contingencias pueden ocurrir en cualquier etapa del proyecto y pueden ser de origen natural (como inundaciones) o por accidentes de origen humano (como explosiones o derrames). Se caracterizan por generar impactos negativos sobre los factores ambientales que generalmente, son de carácter eventual, de alcance y magnitud variable en función del grado de afectación. Una contingencia como una inundación o derrame puede generar impactos negativos sobre la calidad del agua y del suelo, mientras que una contingencia referida a una explosión, puede generar impactos negativos sobre la calidad del aire. A su vez, podría verse afectado el paisaje de la zona, así como también el funcionamiento normal de los servicios. Por otro lado, generalmente causan un impacto negativo la cual se vería afectada por los costos adicionales para revertir los daños ocasionados. Además, podrían generar efectos negativos en la salud y la seguridad laboral y pública.

9.6 Plan de Gestión Ambiental

El objetivo del Plan de Gestión Ambiental (PGA) se encuentra asociado a generar una correcta organización de los recursos de manera tal de prevenir, mitigar, evitar y/o remediar los potenciales impactos ambientales negativos detallados en el inciso anterior. El mismo, se encuentra compuesto por diferentes programas de los cuales se despliegan diferentes medidas y acciones para el cumplimiento de su finalidad.

9.6.1 Programa de Prevención

El objetivo del Programa de Prevención es considerar los factores ambientales y las medidas de prevención en la etapa más temprana. En la Tabla 59, se especifican las consideraciones a tener en cuenta para la protección de los diferentes factores ambientales.

Tabla 59. Medidas de prevención ante los factores ambientales

Factor ambiental	Medida de prevención
Calidad atmosférica	Mantenimiento de equipos de combustión para reducir emisiones
	Minimizar tránsito de maquinaria
	Prevenir la generación y dispersión de polvo, humedeciendo zonas secas
Generación de ruido	Cumplir con la normativa aplicable a ruido (< 63 dB)
	Utilizar barreras o silenciadores para aminorar el ruido de maquinaria
	Realizar un aislamiento adecuado y anti vibratorio.
Generación de residuos líquidos y sólidos	Separación adecuada
	reciclado o reutilización
	Mantener una correcta registro y gestión de residuos
	Prever la instalación de una estructura acorde para prevenir derrames o lixiviados. En caso de que suceda, contar con un protocolo mitigación
Seguridad y salud ocupacional	Identificar y evaluar los posibles riesgos laborales, buscando minimizarlos.
	Mantener el orden y limpieza de cada sector.
	Dotar al personal con elementos de protección personal acorde a la tarea realizada
	Elaborar y seguir un programa de seguridad

	e higiene
--	-----------

9.6.2 Programa de Monitoreo

El objetivo del mismo será proporcionar un sistema de control ambiental, del cual se genere información que permita alertar y mantener un seguimiento sobre diferentes indicadores de impacto. Para ello, se realizarán diferentes mediciones de parámetros característicos, en los puntos más relevantes en cuanto a su potencialidad de generar impactos negativos

Complementariamente, se elaborarán reportes de los resultados obtenidos de manera semestral. Los datos recolectados durante el presente programa, serán comparados con los datos de Línea de Base, de manera tal de identificar las posibles variaciones de las condiciones ambientales. A su vez, se determinarán niveles de acción para los distintos componentes ambientales, con los cuales se podrá determinar la necesidad de monitoreo adicional, validación o la implementación de medidas de mitigación más estrictas o remediación.

9.6.3 Programa de Mitigación

Las medidas que se proponen en el siguiente programa son de carácter correctivo y se realizan con el fin de recuperar aquellos factores impactados negativamente. A continuación, se listan posibles medidas a considerar:

- Programar las tareas y realizar las actividades en horarios menos sensibles
- Comunicar de manera anticipada las tareas a realizar
- Minimizar la duración y frecuencia de las mismas
- Señalizar de manera adecuada, delimitar el área y garantizar alternativas.
- Buscar disminuir la cantidad de efluente generado a partir de la revalorización del mismo

En todos los casos se deberán analizar las medidas concretas de recomposición para la restitución del medio afectado

9.6.4 Programa de Contingencias

La finalidad del plan de contingencias es incorporar la capacidad de accionar de manera inmediata frente a un imprevisto que pudiera generar impactos negativos. Para ello, es necesario asegurar respuestas planificadas y ordenadas. La toma de decisiones deberá ser llevada a cabo por un responsable a cargo de cada área. En el caso de ocurrir una contingencia, primero deberá detectarse el tipo de imprevisto ocurrido, contando a su vez, con un equipo de contingencia para mitigar lo más rápidamente el inicio del problema. Los instrumentos necesarios deberán encontrarse al alcance de todos los operarios de la planta y tener absoluto conocimiento sobre su uso. En pos de reducir la contingencia, los operarios deberán actuar acorde a los protocolos de higiene y seguridad establecidos. Las zonas seguras deberán estar señalizadas de forma tal que cualquier persona dentro de la planta pueda reconocerlas y dirigirse a estos lugares, en caso de ser necesario una evacuación en el lugar

9.6.5 Programa de Capacitación

La capacitación tiene por objetivo formar a los diferentes operadores de la planta y demás actores de relevancia, de manera tal de prevenir accidentes durante la manipulación de maquinarias y demás actividades realizadas en la etapa de construcción y operación. Para ello, se brindarán capacitaciones previas a las actividades, donde se pretende incorporar conocimiento sobre los trabajos a realizar, fomentar el buen manejo y práctica de las diferentes acciones, e informar sobre los posibles riesgos que puedan existir, brindando herramientas de higiene y seguridad. Las capacitaciones se realizan en más de una oportunidad, de manera de reforzar y mejorar continuamente los conocimientos previos, como también adquirir nuevos en caso de ser necesario.

9.7 Conclusiones del EsIA

Como conclusión final del Estudio de Impacto Ambiental realizado, se considera que el proyecto es **viable ambiental y socioeconómicamente**. A lo largo del presente capítulo pudo corroborar que el proyecto no presenta impactos negativos de tal magnitud que pudieran impedir su realización o no puedan ser mitigados durante la implementación del PGA. Cabe destacar que, encontrándose el proyecto emplazado sobre un Parque Industrial, los efectos que traerá asociados al medio receptor ambiental, resultan insignificantes ya que la zona es un área previamente modificada por el hombre, en la

que los impactos negativos más significativos fueron realizados durante la construcción masiva del mismo. Es posible notar que el impacto global generado por el proyecto es positivo, teniendo en cuenta que se trata del tratamiento de los efluentes líquidos de una fábrica de jabones. En cuanto a los potenciales impactos negativos identificados, los mismos fueron categorizados en este trabajo como moderados, considerando la utilización y buenas prácticas de las medidas establecidas en el Programa de Gestión Ambiental de manera tal de minimizar y prevenir los mismos.

XI. Planos

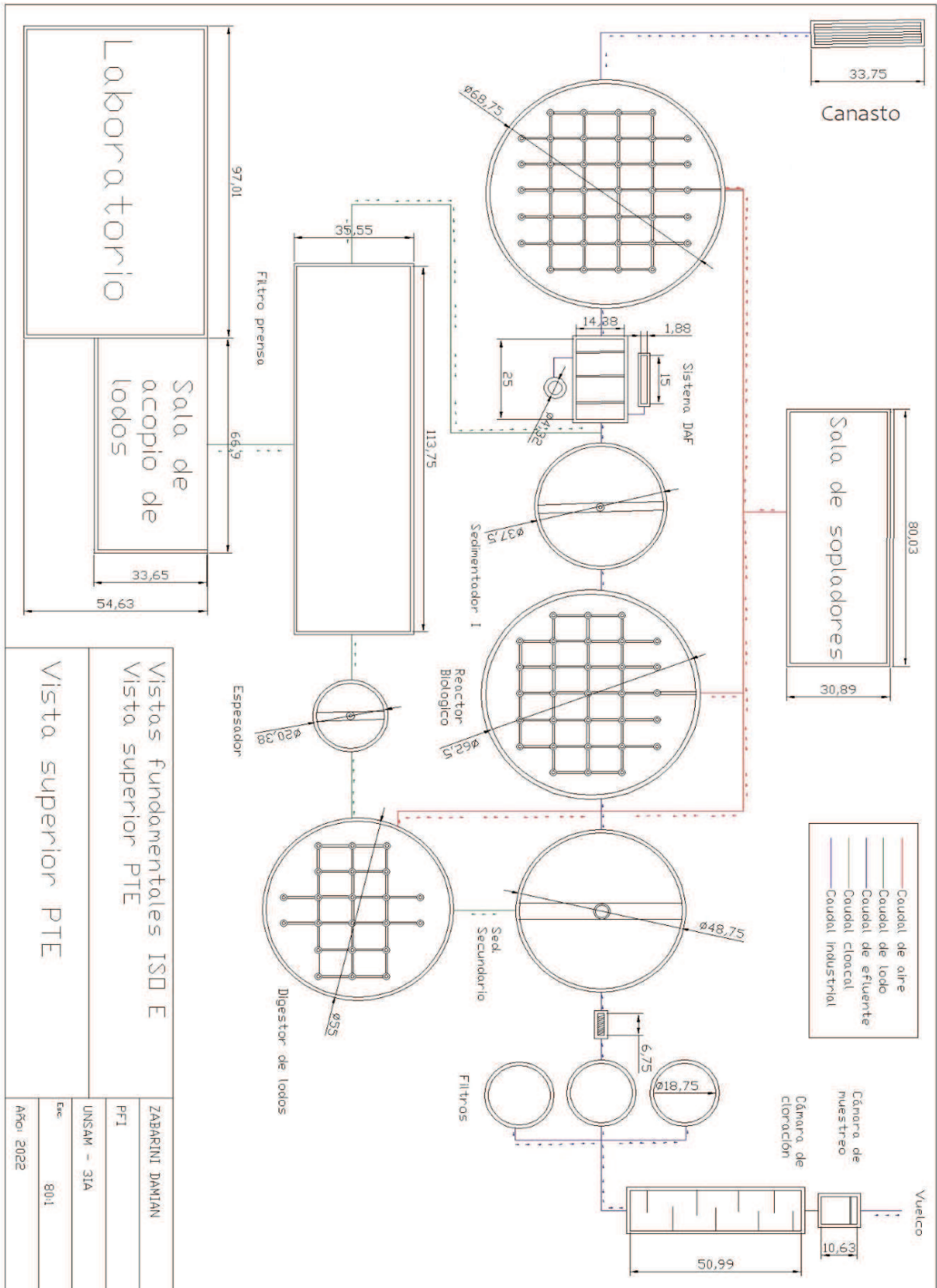
En esta sección se muestran los planos de los equipos que integran la planta de tratamiento de efluentes dimensionados en los capítulos anteriores, así como vistas globales de la planta, tanto de forma lateral como frontal.

Cabe mencionar que en los planos se presentan equipos accesorios meramente en carácter ilustrativo, ya que los mismos son armados por terceros y no se dispone del plano de los mismos, como son el sistema DAF, barredores de los sedimentadores, sistemas de bombeo y filtro prensa.

Así mismo, se incorporan las cañerías que conectan las distintas unidades de manera ilustrativa, el recorrido de las mismas puede ser alterado durante la construcción de verse esto necesario.

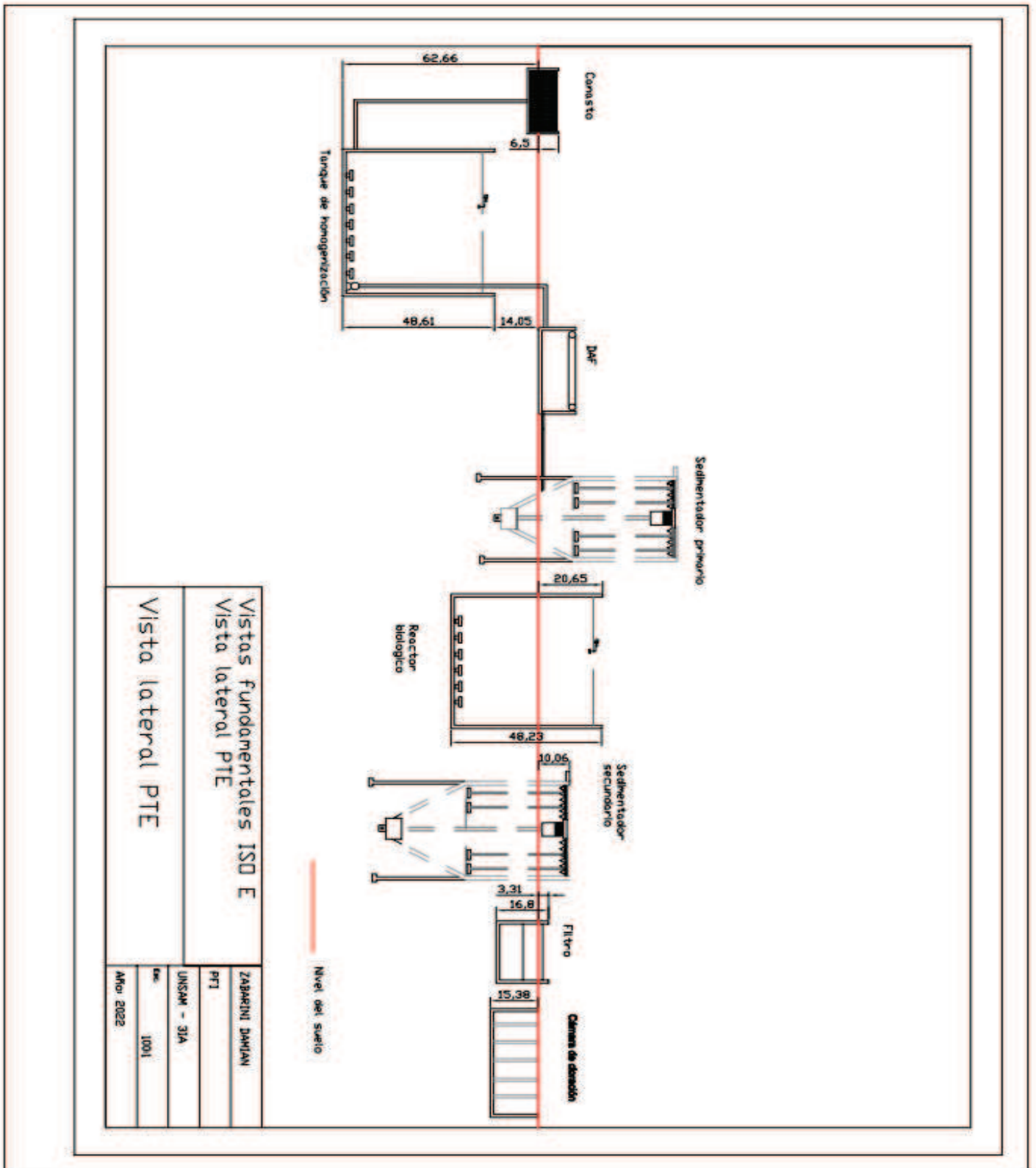
A continuación se presentan los siguientes planos:

11.1 Vista superior de la planta de tratamiento de efluente.

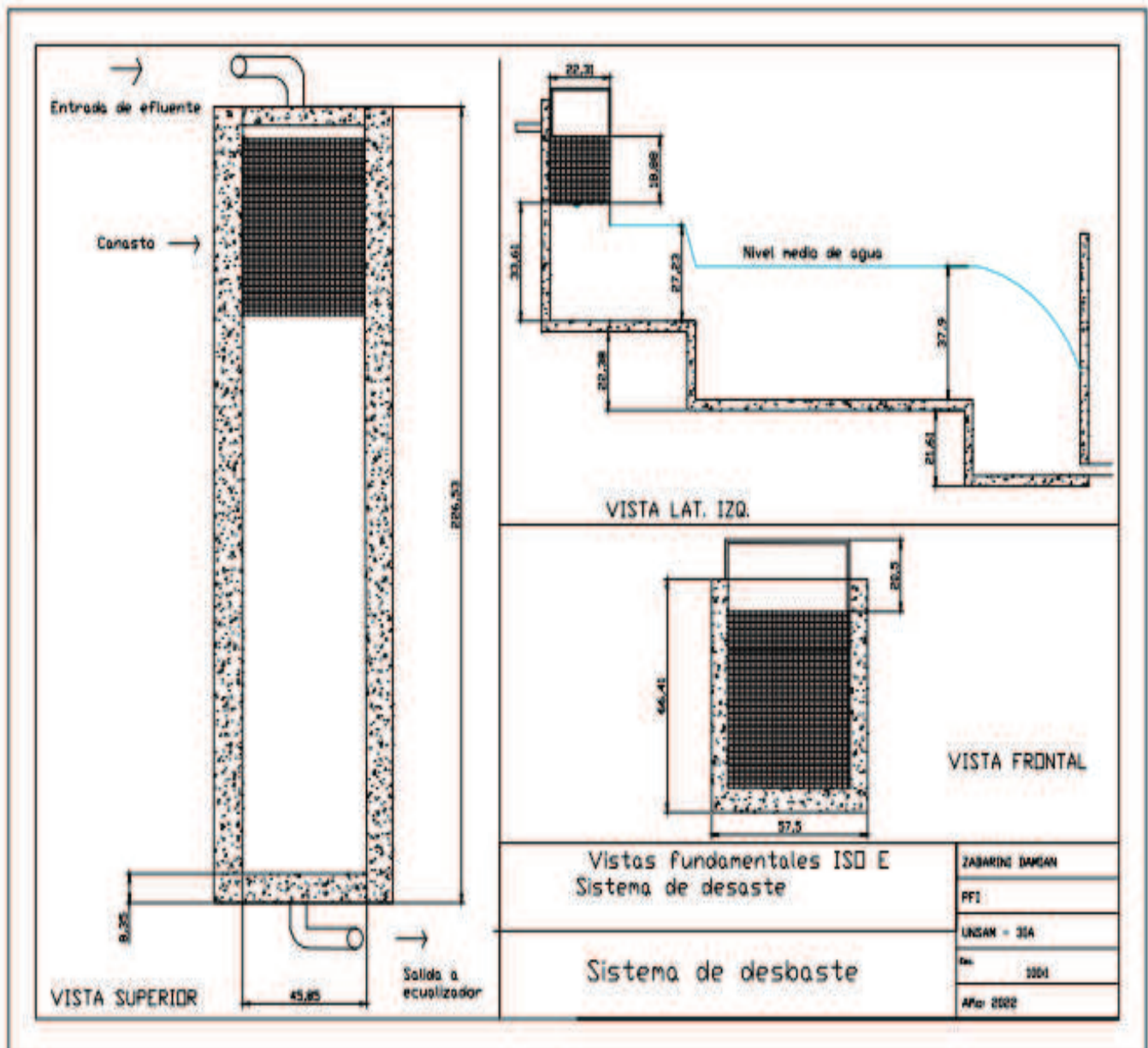


Vistas Fundamentales ISD E		ZABARINI DAMIAN
Vista superior PTE		PFI
Vista superior PTE		UNSAM - 31A
		Esc 801
		Año: 2022

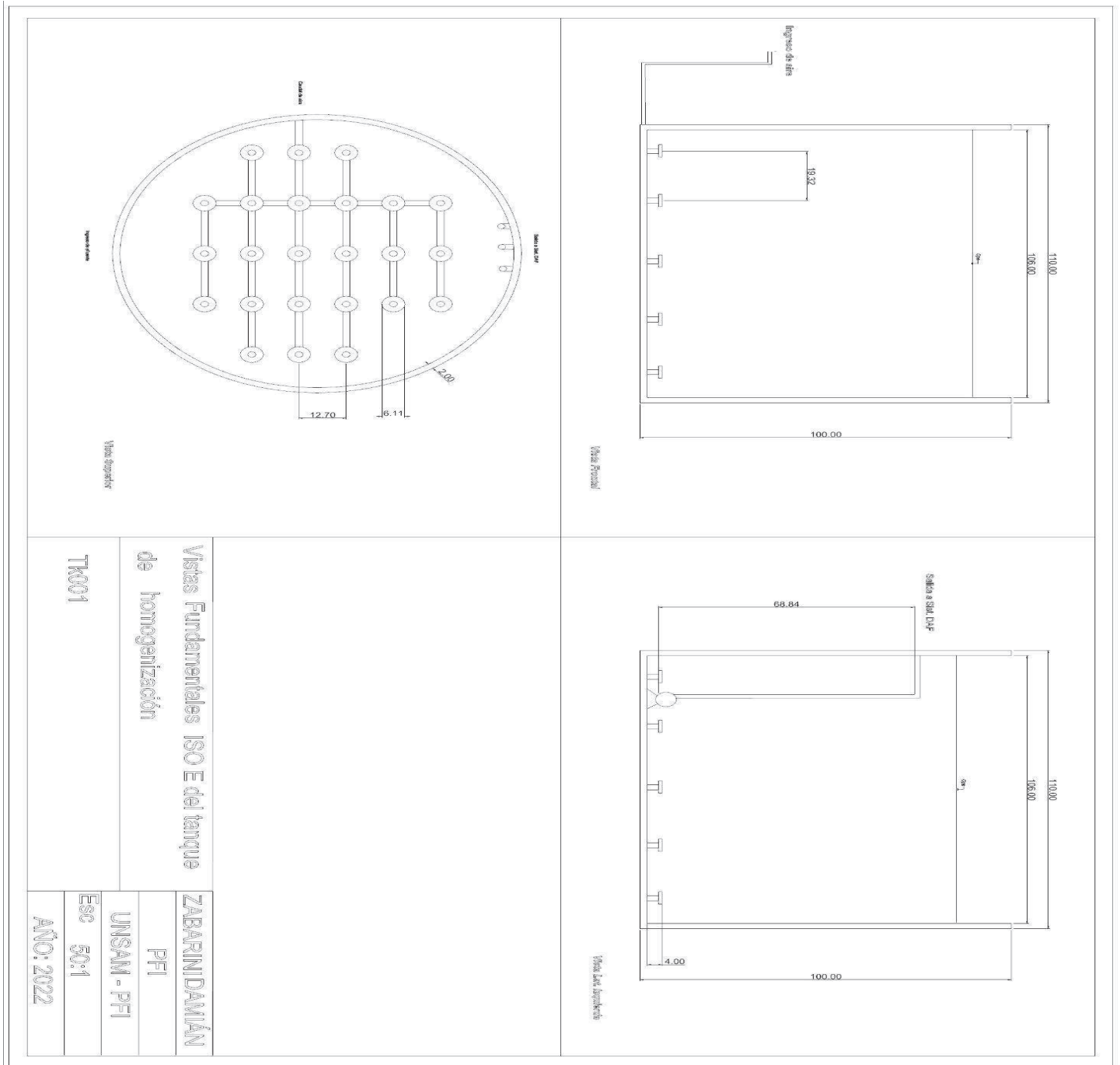
11.2 Vista lateral de la planta de tratamiento



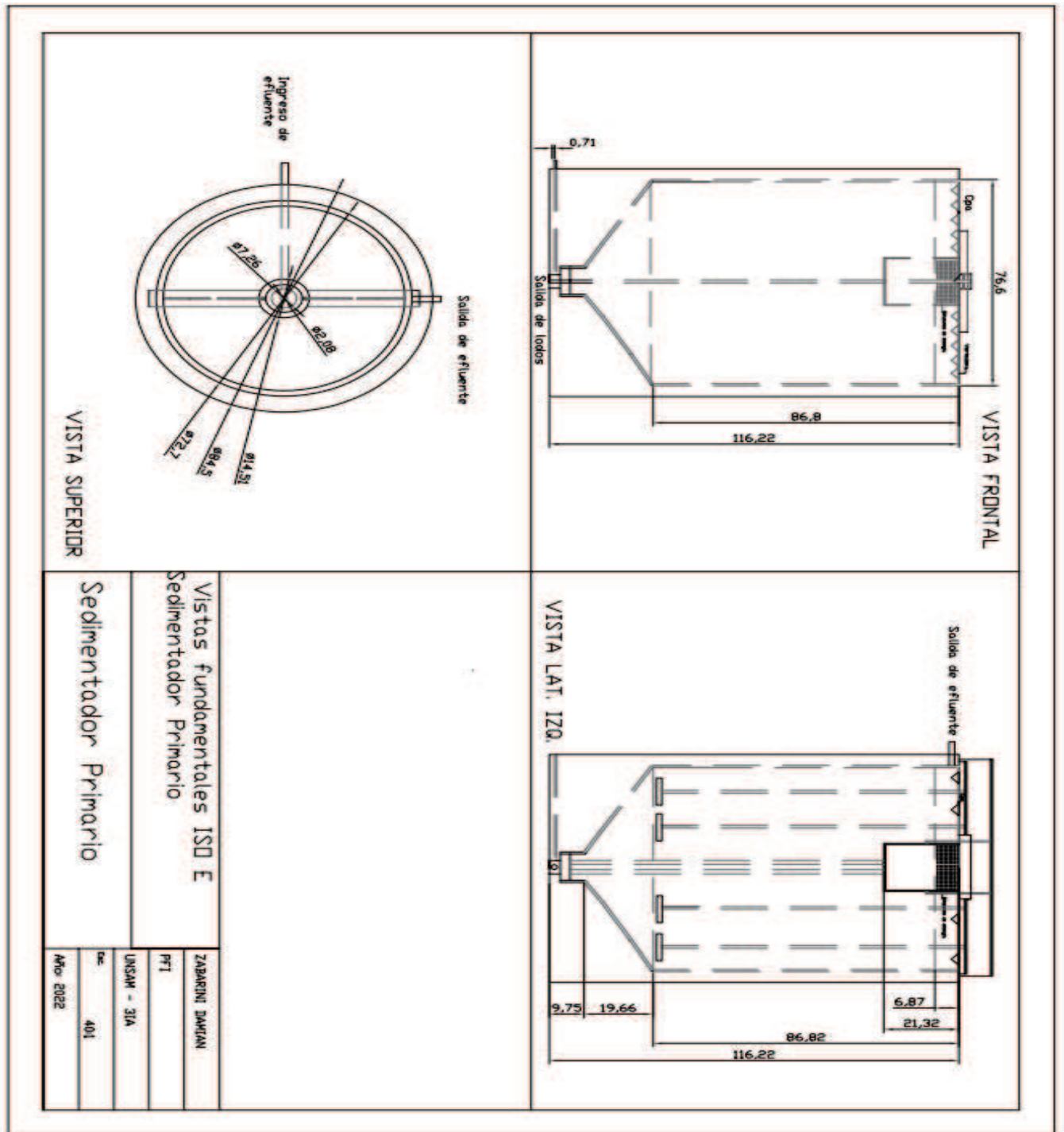
11.3 Vistas fundamentales canasto.



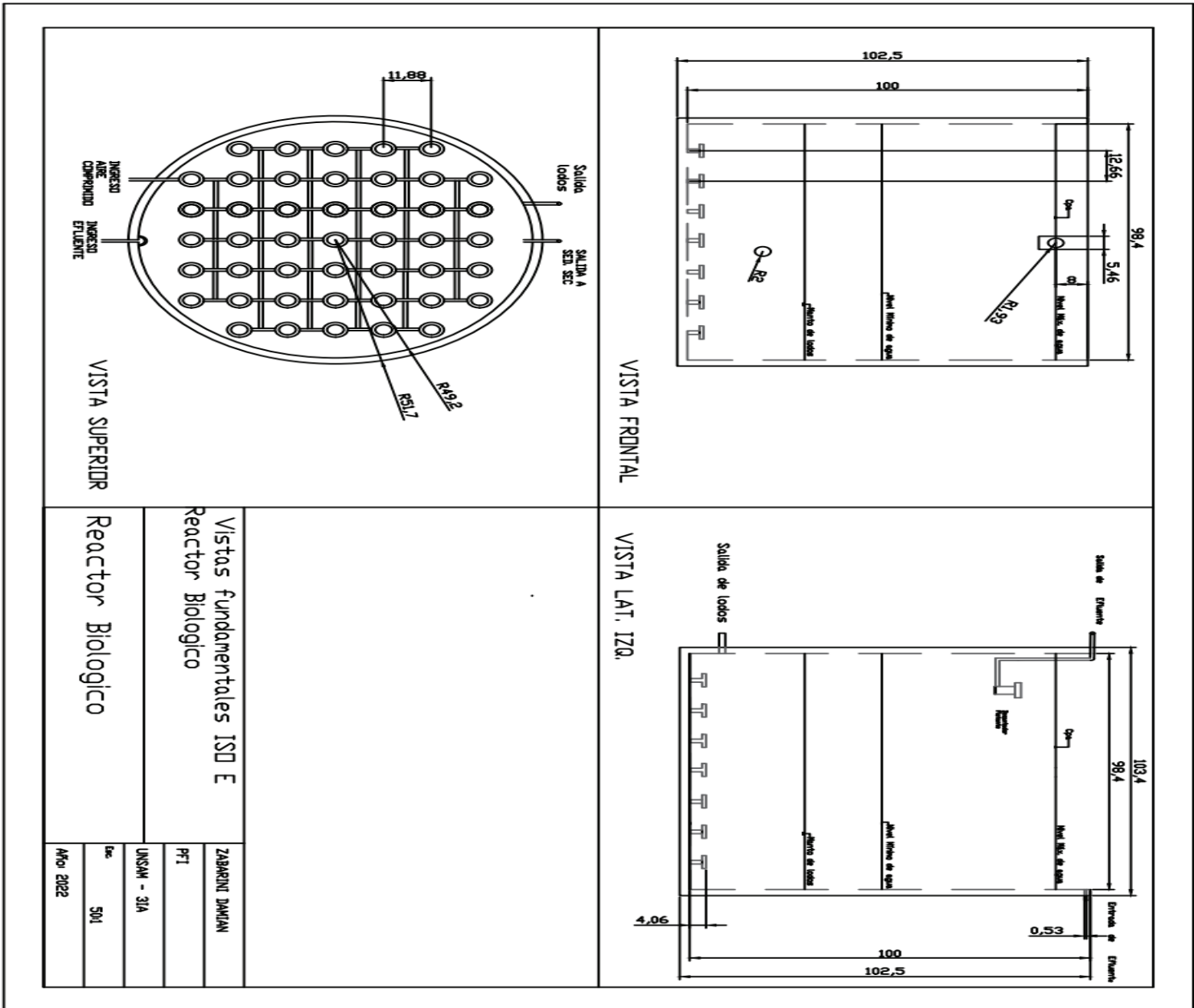
11.4 Vistas fundamentales Tanque de homogenización



11.5 Vistas fundamentales Sedimentador I

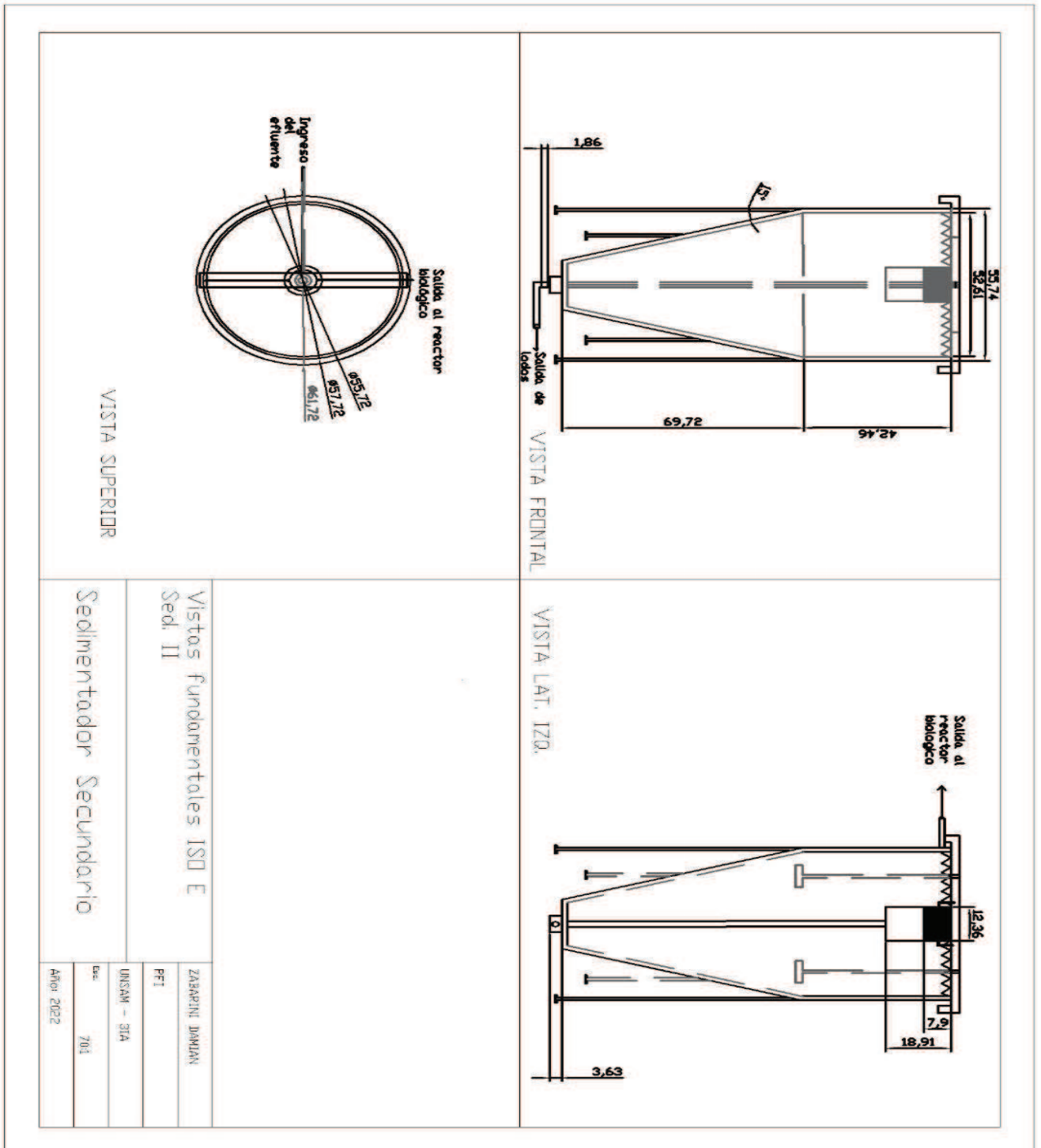


11.6 Vistas fundamentales Reactor Biológico

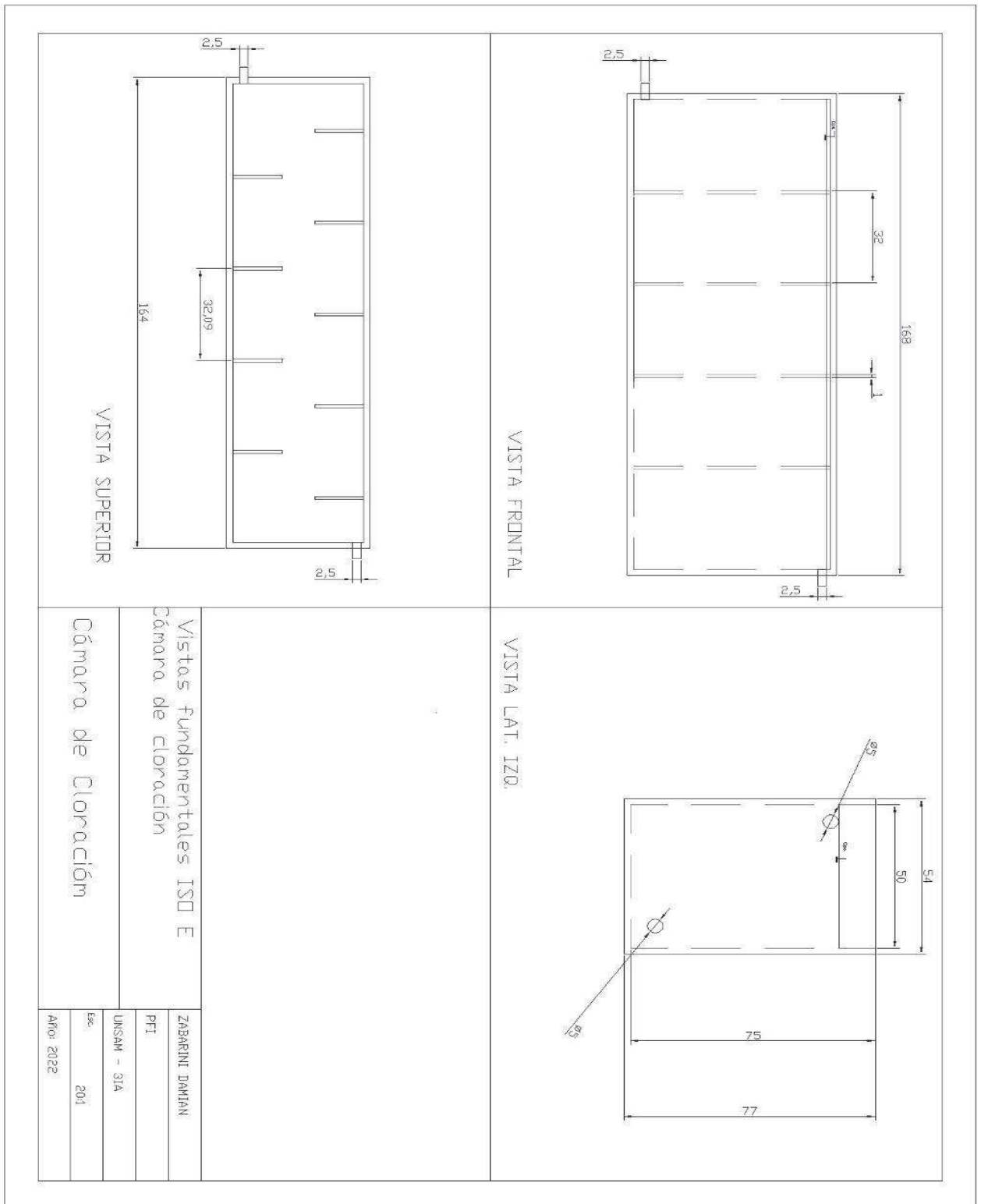


Vistas fundamentales ISD E	
Reactor Biológico	
ZABARINI DAMIAN	
PT1	
LNSAM - 31A	
Doc	501
Año	2022

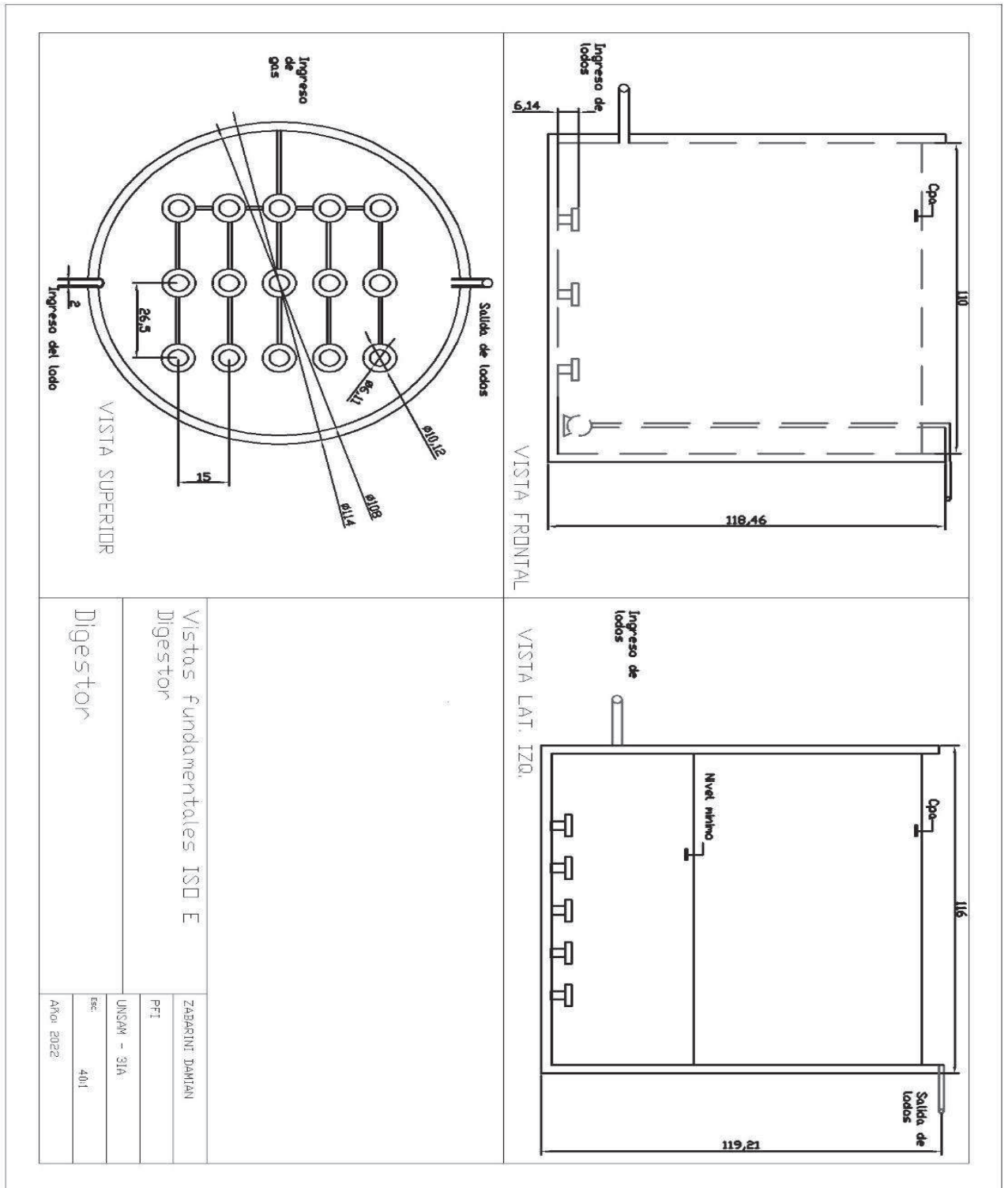
11.7 Vistas fundamentales Sedimentador II



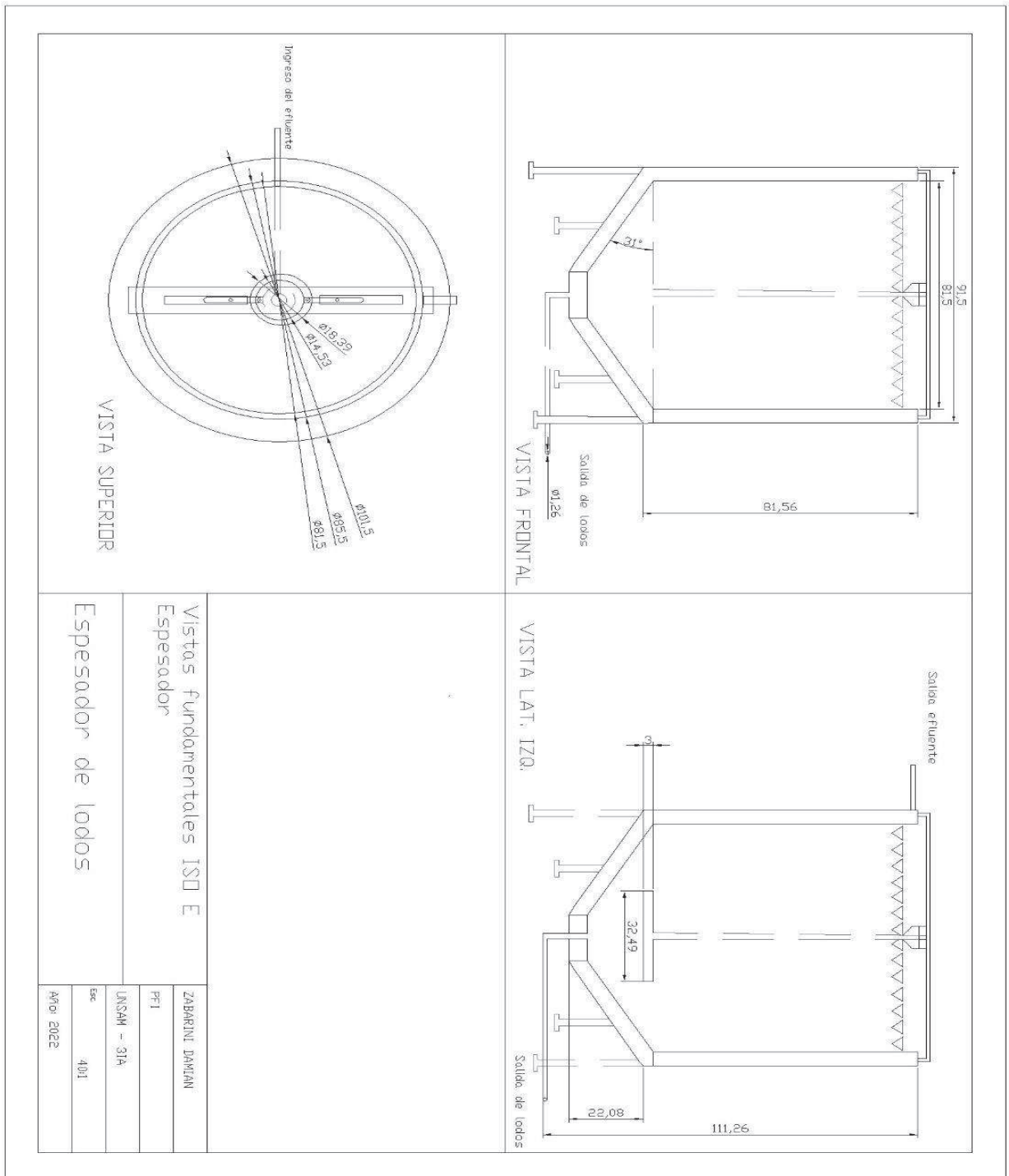
11.8 Cámara de cloración



11.9 Digestor de lodos



11.10 Espesador de lodos



XII. Conclusiones

12.1 Conclusiones del proyecto

Gracias a la caracterización del efluente líquidos generados por la empresa Servicios de Limpieza S.A y teniendo en cuenta que el lugar de vuelco será el Arroyo Morón. Se planteó como posible solución el diseño de una planta de tratamiento de efluentes líquidos. Para su diseño se optó entre tres alternativas, en las que se comparó su eficiencia de remoción de contaminantes, espacio ocupado y costó de inversión inicial. Mediante dicha comparativa, se selección un tren de tratamiento compuesto por un sistema de rejas, un tanque de homogenización, un sistema de flotación por aire disuelto, un clarificador, un reactor biológico de lodos activos en conjunto con un sedimentador secundario, un sistema de precipitado de fósforo, filtros y una cámara de cloración, con la elección de este tren de tratamiento se obtuvieron valores de contaminante por debajo de los permitidos por la autoridad provincial para el vuelco a un cuerpo de agua superficial.

Por otro lado, para disminuir la cantidad de lodo generado y el costo asociado a este para su disposición final, se diseñó un sistema de tratamiento de barros compuesto por una Espesador, Digestor y Filtro prensa, para así lograr una menor cantidad de lodos que necesite ser tratado como residuo especial.

Se comprobó que el diseño y puesta en marcha de la planta de tratamiento resulta en la opción económica y logística más viable en comparación con el tratamiento del efluente líquido como residuo peligroso, ya que, debido a la cantidad de m³ de efluente generado serán necesarios una gran cantidad de retiros mediante cisterna, además del costó asociado al tratamiento y disposición final del mismo.

Finalmente, a partir del Estudio de Impacto Ambiental, se pudo comprobar que el proyecto no posee impactos negativos significativos sobre el medio ambiente, pudiendo prevenir y mitigar la mayor parte de los mismos con la incorporación del Plan de Gestión Ambiental propuesto. Se concluyó que el proyecto es viable ambientalmente, provocando un impacto positivo sobre el vuelco de las aguas tratadas en el Arroyo Morón.

12.2 Conclusiones personales

Consideró que la realización del presente proyecto significó un enorme desafío, en primer lugar por la complejidad del mismo y, por otro lado, debido a la necesidad de

poner en práctica diversos conocimientos incorporados durante la cursada de las diversas materias a lo largo de la carrera, así como también la búsqueda de información, redacción de informes y criterio en la selección de diferentes situaciones presentadas.

Siento la necesidad de agradecer a todo el personal docente, tanto de la Unsam como de la CNEA e INTI, no solo por formarme a nivel profesional, sino como ser humano. Por último, quisiera reconocer el apoyo inquebrantable de mi familia a lo largo de la carrera y la ayuda brindada por mis colegas de trabajo en Exolgan S.A

¡GRACIAS!

XII. Bibliografía

1. Vecchia, N. D. (2020, Marzo 19). *Aceleran la producción de jabón ante el pico de la demanda*. Forbes Argentina. Retrieved June 4, 2022, from <https://www.forbesargentina.com/today/aceleran-produccion-jabon-pico-demanda-n2230>
2. Baccifava, Rúben. Obtención de glicerina, UTN, 2022
3. Proceso industrial de la fabricación de jabón, Ing. Vulmaro Noera, 2020. <https://www.ingenieriaquimicareviews.com/2020/10/fabricacion-jabon-proceso-industrial.html#Procesos-de-produccion-de-jabon>
4. Metcalf y Eddy, Inc. Wastewater engineering treatment and reuse. 4th ed. McGrawHill. New York. USA, 2003.
5. Identificación y clasificación de industrias potencialmente contaminantes sobre el Arroyo Morón, Hurlingham, Argentina, UNAHUR, 2021.
6. Flotación de Aire Disuelto, Fluence. <https://www.fluencecorp.com/es/flotacion-aire-disuelto/>
7. Componentes principales del reactor UASB, Chong et al., 2012.
8. Water and Wastewater Engineering, Design principles and practice, Mackenzie Davis, Michigan State University, 2016.
9. Optimización de la planta de tratamiento de aguas residuales, Diana Constanza Cárdenas Castañeda, 2008.
10. Gestión de efluentes líquidos, Ing. Federico Bailat, INTI, 2020.
11. Mecánica de fluidos, Cengel, 2006.

12. MARIANO, S. C. (2004). Depuración de las aguas residuales por tecnologías ecológicas y de bajo costo. España: mundi prensa.

13. Wastewater Treatment and Reuse, , Volume 1: Principles and Basic Treatment Syed R. Qasim, Guang Zhu, 2017.

14. Estudio de impacto ambiental para el tratamiento de aguas residuales, ACASAM Consultores, 2017.

15. Diagnóstico Ambiental del Partido de Morón, Griselda Alsina, 2007.

16. Topografía del Partido de Morón, Topografic - Map.com
<https://es-ar.topographic-map.com/maps/j0wl/Mor%C3%B3n/>

17. Mapa de Lluvias del Ámbito Metropolitano de Buenos Aires Años 2012- 2013, Carlos Alberto Nadale.

XII.Anexos

I. Anexo I- Dimensionamiento entre tratamientos posibles

1- Análisis de tratamientos.

En el presente anexo, se describirán los distintos cálculos aplicados para la realización del dimensionamiento de las características fundamentales de las alternativas descritas en el proyecto y que no fueron seleccionadas para llevarse a cabo.

Ya que debido a las justificaciones mencionadas en el informe el tipo de tratamiento a desarrollar será la alternativa 2, DAF + lodos activos, en ambas alternativas descritas a continuación sólo se mostrarán los valores obtenidos para el reactor de lodos activos, ya que el mismo, fue desarrollado con mayor profundidad en el informe.

1.1 Lodos activos

Los valores obtenidos del dimensionamiento de la alternativa 1, se muestran en la tabla 60.

Los parámetros adoptados coinciden con lo descrito en el informe para la alternativa 2.

Tabla 60. Dimensionamiento del reactor de lodos activos

<i>Dimensionamiento del reactor lodos activos</i>	<i>Valor</i>
---	--------------

Diámetro del reactor (m)	4
Superficie del reactor (m ²)	12
Volumen del reactor (m ³)	50
RO (kg O ₂ /h)	176
Px (Kg SSLM/día)	50,5

1.2 UASB + Lodos activos

- Reactor UASB

Dentro de los aspectos a considerar para el diseño de un reactor anaerobio de flujo ascendente se encuentran las características de aguas residuales en términos de la composición y contenido de sólidos, la carga orgánica volumétrica, la velocidad de flujo ascendente, el volumen del reactor, las características físicas, como el sistema de distribución del efluente y el sistema de recolección de gas.

Para la depuración de la materia orgánica del efluente, a través de un reactor UASB, se recomienda que el caudal de diseño no supere los 500 m³/día.

En primer lugar, se determinó la carga orgánica a tratar por los reactores UASB a partir de la siguiente ecuación :

$$CO = Q So \quad (103)$$

Donde:

CO: Carga orgánica (kg DBO/día)

Q: Caudal de diseño (m³/día)

So: Concentración de DBO de entrada al reactor (mg/l)

Por otro lado, se adoptó un tiempo de retención hidráulica (th) a partir de recomendaciones bibliográficas donde se relaciona dicho factor con la temperatura del efluente.

De esta manera, se calculó el volumen del reactor, ver ecuación 103, utilizando el caudal de ingreso a cada reactor,:

$$\text{Volumen reactor UASB} = Q_{UASB} th \quad (103)$$

El reactor UASB se encuentra conformado principalmente por dos zonas: la zona de decantación y la de alimentación. Adoptando una altura total del reactor, se calculó el área que ocupará cada uno de ellos y el diámetro que poseen. Según la bibliografía consultada, la zona de alimentación presenta una altura (H_2) óptima de 2,5 m, el cual se tomó para el dimensionamiento del reactor. La carga hidráulica volumétrica (CHV) debe ser menor a $5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ día}$, por tales razones se verificó que la misma se encuentre por debajo de dicho valor a partir de la siguiente expresión:

$$CHV = \frac{Q_{uasb}}{V_{uasb}} \quad (104)$$

Finalmente, la eficiencia del sistema en términos de DBO depurado, se obtiene utilizando la ecuación 105, presentada a continuación:

$$E_{DBO} = 100 (1 - 0,7 \text{ th}^{-0,5}) \quad (105)$$

En la Tabla 61, se presentan los valores adoptados y obtenidos del dimensionamiento de los reactores UASB.

Tabla 61. Dimensionamiento del reactor UASB

Dimensionamiento del reactor UASB		Valor
Adoptados	Tiempo de retención hidráulica Tr_h (h)	10
	Altura del reactor	4
	Altura zona de alimentación H_2 (m)	2.5
Volumen del reactor (m^3)		125
Área del reactor (m^2)		28.5
Diámetro del reactor		6.9
Carga Orgánica total a tratar (kg DQO/día)		787,5
Carga orgánica volumétrica total CHV ($\text{m}^3/\text{m}^3 \text{ d}$)		2.4

Q biogás (m ³ /d)	140,5
Eficiencia de depuración del sistema (%)	78
DBO de salida (mg/L)	577.5

La DBO de salida será el valor de entrada para dimensionar el sistema de lodos activos.

Con los parámetros de salida, se diseña el sistema de lodos activos requerido en la alternativa 3, ver tabla 62.

Tabla 62. Dimensionamiento del reactor lodos activos

Parámetros	Valor
Diámetro del reactor (m)	4
Superficie del reactor (m ²)	15
Volumen del reactor (m ³)	58
RO (kg O ₂ /h)	101
Px (Kg SSLM/día)	36

El área total ocupada por ambos tratamientos es:

$$\text{Área}_{\text{total}} = \text{Área}_{\text{Uasb}} + \text{Área}_{\text{Lodos activos}}$$

$$\text{Área}_{\text{total}} = 28.5 \text{ m}^2 + 15 \text{ m}^2$$

$$\text{Área}_{\text{total}} = 43.5 \text{ m}^2$$

II. Anexo II - Conducción a gravedad e impulsión

Tabla 62. Diámetros nominales de tuberías de PVC.

**DIÁMETROS NORMALIZADOS (NOMINAL E INTERIOR) PARA TUBERIAS
 DE PVC**

DN (mm)	DI (mm)			
	4 atm	6 atm	10 atm	16 atm
16	-	-	-	13,6
20	-	17,5	-	17
25	22,6	22,6	22	21,2
32	29,6	29,2	28,4	27,2
40	37,2	36,4	36	34
50	47,2	46,4	45,2	42,6
63	59,4	59,2	57	53,6
75	71,4	70,6	67,8	63,8
90	86,4	84,6	81,4	76,6
110	105,6	103,6	99,4	93,6
125	120	117,6	113	106,4
140	134,4	131,8	126,6	119,2
160	153,6	150,6	144,6	136,2
180	172,8	169,4	162,8	153,2
200	192	188,2	180,8	170,4
225	216	211,8	203,4	191,4
250	240,2	235,4	226,2	213
280	269	263,6	253,2	238,4
315	302,6	296,6	285	268,2
355	341	334,2	321,2	302,4
400	384,2	376,6	361,8	340,6
450	432,4	423,8	407	383,2
500	480,4	470,8	452,2	425,8

Tomado de Chow (1959).

Material de las paredes del canal	n
A. Canales recubiertos artificialmente de	
Vidrio	0.010
Cobre	0.011
Acero liso	0.012
Acero pintado	0.014
Acero remachado	0.015
Hierro fundido	0.013
Concreto acabado	0.012
Concreto no acabado	0.014
Madera aplanada	0.012
Madera no aplanada	0.013
Azulejo	0.014
Ladrillo	0.015
Asfalto	0.016
Metal corrugado	0.022
Escombros	0.025
B. Canales Excavados en tierra	
Limpio	0.022
Grava	0.025
Con raíces de maleza	0.030
Con piedras, adoquines	0.035
C. Canales naturales	
Limpio y recto	0.030
De flujo lento con fondos profundos	0.040
Ríos grandes	0.035
Corrientes de montaña	0.050
D. Llanuras inundables	
Pastadero, terreno agrícola	0.035
Con poca maleza	0.050
Con mucha maleza	0.075
Con árboles	0.150

* La incertidumbre en n puede ser 20 por ciento o más.

III. Anexo III - Costos y materiales

- Bomba 1 - impulsión cámara de homogeneización a sistema DAF - Modelo WQ - 0,75B - Precio:\$ 120.732,64

**BOMBA CLOACAL INOXIDABLE
CZERWENY WQ-2,2B**

Garantía 6 MESES

**Apta para aguas de infiltración,
líquidos pluviales y cloacales.**

Electrobomba Cloacal Inoxidable
Marca: Czerweny
Modelo: WQ-2,2B
Protección: IP68
Tensión: 380V
Potencia: 2,2KW / 3CV
Altura máxima de elevación: 15 metros (1,5 bar)
Caudal máximo entregado: 683 litros por minuto
(41000 litros por hora) (41 m³/h)
Conexión de impulsión: 3"
Peso del producto: 21 kg

CER
AMERICA LATINA

INDUSTRIA ARGENTINA

mercado libre

MERCADO LIDER PLATINUM



BOMBAS SUMERGIBLES PARA DRENAJE INOXIDABLE CZERWENY






MODELO		POTENCIA (HP)	Ø MAX PARTÍCULA EN SUSPENSIÓN (mm)	Q MAX. (m ³ /h)	H MAX. (m)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E	PESO Kg
WQ-0,55B	220V 50Hz	0,75	38	17	9,3	170	195	370	76	1 1/2"	14
WQ-0,75B	220V 50Hz	1,00	38	21	9,8	170	195	395	76	1 1/2"	15
WQ-1,1B	220V 50Hz	1,50	38	24	12	170	195	395	76	1 1/2"	17
WQ-1,5B	220V 50Hz	2,00	50	32	13,2	190	201	465	100	2"	19
WQ-2,2B	380V 50Hz	3,00	50	41	15	190	225	470	110	3"	21
WQ-1,5B-QG	220V 50Hz	2,00		18	11,2	190	201	465	100	2"	20
WQ-2,2B-QG	380V 50Hz	3,00		29	15	190	225	470	110	3"	23

CER America Latina S.A.
 Distribuidor y Servicio Técnico Oficial Czerweny
 Villa Martelli, Buenos Aires – Lunes a Viernes de 8 a 17hs

- Bomba 2 - Recirculación sedimentador secundario - Modelo: modelo HF 51 B -
 Precio: \$ 78.988,63

CARACTERÍSTICAS

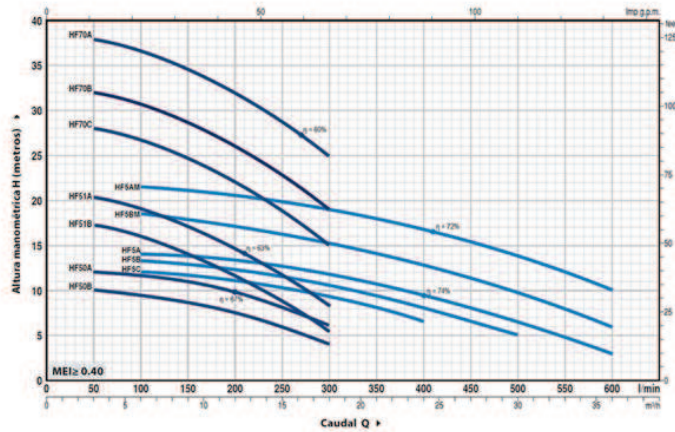
Marca: **Pedrollo**
Modelo: **HF 70C**

- Tensión: 220 V.
- Consumo: 8 A.
- Potencia: 1,5 HP.
- Altura max.: 29 m.
- Caudal max.: 18000 L/h.
- Succión máx.: 7 m.
- Entrada: 1 1/2".
- Salida: 1 1/2".
- Protección: IPX4.
- Peso: 19 kg.

Garantía: 3 años.



RENDIMIENTO





Electrobomba Centrifuga Alto Caudal Pedrollo Modelo HFm 51 A 0,75 KW/ 1HP 220V IPX5

Código: [I.HF.1.A010.M]

Marca: Pedrollo
Modelo: HFm 51A

- Tensión: 220 V.
- Amperaje de consumo: 5,6 A.
- Potencia: 0,75 KW / 1 HP.
- Altura máxima de elevación: 21 metros (2 bar).
- Caudal máximo entregado: 300 L/min (18000 L/h – 18 m3/h).
- Succión máx.: 7 metros.
- Conexión Aspiración: 1 1/2".
- Conexión Impulsión: 1 1/2".
- Protección: IPX5.
- Peso del producto: 13 kg.

Garantía: 2 años.

- Bomba 3 - Recirculación de lodos - reactor biológico - modelo: 1.5/1B - AM(R)

Home / All Industries / Tools & Hardware / Pumps & Parts / Pumps [Subscribe to Trade Alert](#)

high quality slurry sludge desliming centrifugal cyclone raw water feed pump

1 - 5 sets **\$1,812.00** >= 6 sets **\$1,712.00**

Benefits: US \$500 coupons [Claim now >](#)

Type:

Maximum Head:

Maximum Flow Rate:

Lead Time: > 10

Quantity(sets)	1 - 10	> 10
Est. Time(days)	20	To Be Negotiated

Customization:

For product pricing, customization, or other inquiries:

[Contact Supplier](#)

[Call us](#)

[Chat Now](#)

Verified supplier

Shijiazhuang An Pump Machinery Co.,...
Custom manufacturer
CN 11 YRS

Cooperated with Fortune 500
1 own-brands

Store score On-time delivery rat

Response time Transactions

[Messenger](#)

Proyecto Final Integrador de Ingeniería Ambiental
- Zabarini, Damián -

Model	Capacity	Head	Speed	NPSHr	Efficiency	Shaft Power	Power	Dia. of pump	
	(m3/h)	(m)	(r/min)	(m)	(%)	(kw)	(kw)	Inlet	Outlet
1.5/1B-AM(R)	3.6-22	5-70	1200-3800	3.2	20-40	0.34-9.36	1.5-15	38	25
2/1.5B-AM(R)	7.2-50	7-61	1200-3200	3	18-45	0.93-13.5	1.5-15	51	38
3/2C-AM(R)	21.6-89	13-63	1300-2700	3	45-60	1.9-24.1	4-30	76	51
4/3C-AM(R)	28.8-155	7-44	1000-2000	2.2-6	50-74	1.73-22.54	5.5-30	102	76
4/3D-AM(R)	28.8-155	7-44	1000-2000	2.2-6	50-74	1.73-22.54	5.5-37	102	76
6/4D-AM(R)	72-360	12.6-54	800-1480	3-6.8	50-68	6.27-51.07	15-55	152	102
6/4E-AM(R)	93.6-385	21.7-58	1050-1600	3-7.8	50-68	11.9-101	22-110	152	102
8/6E-AM(R)	126-648	10-58	500-1100	2-7.5	51-72	8.1-103	22-110	203	152
10/8ST-AM	216-972	11-46	400-730	2-8.5	50-71	16.47-158	45-250	254	203
12/10ST-AM	316.8-1620	10-55	350-730	2-7.2	60-80	18.26-249	30-380	305	254
14/12ST-AM	504-2455	13-61	300-590	2-12.8	60-77	36.6-449	55-480	356	305

* Bomba 4 - Filtro prensa a sedimentador primario



Bomba Centrifuga Pluvius Cpm-130 1/2 Hp

SKU 12400195

Se el primero en comentar sobre este artículo.



\$43.154

6 sin interés \$7.192

FORMAS DE PA...

1

COMPRAR

Asesor en Vivo

AHOR! Carla, en línea



! Este producto **no está disponible** en su ubicación. **Enviar a Buenos Aires CP (1642)**

Altura	20 cm
Ancho	17 cm
Largo	26 cm
Color	Azul
Voltaje	220V
Frecuencia	50Hz
Potencia	1/2 hp
Presión de trabajo.[bar]	6 bar
Altura máxima de succión.[\" cm m]	7 m
Tipo de bomba	Centrifuga
Material del cuerpo	Hierro fundido
Temperatura máxima de entrada de agua.[°C]	90 °C
Diámetro de entrada.[\" cm mm]	1 \"
Diámetro de salida.[\" cm mm]	1 \"

AGITADOR INDUSTRIAL SERIE VTG



La principal característica de los agitadores VTG4 es su turbina axial de 4 palas. La turbina axial tiene una gran potencia absorbida y logra un fuerte efecto de mezclado en tanques de 10 a 100 m³ de volumen. El sentido de rotación de la turbina puede alimentarse fácilmente simplemente cambiando los cables de alimentación de motor. Un robusto reductor de ejes paralelos hace que sea una máquina de mantenimiento fácil, solo para conectar y trabajar. Los agitadores VTG4 pueden ser equipados con más de una turbina.

CARACTERÍSTICAS DEL MEZCLADOR VTG

- Para tanques de 10 - 100 m³.
- Potencias de 2,2 kW a 75 kW.
- Velocidades de salida de 20 a 120 rpm.
- Turbina Axial de 4 a 2 paletas.
- Longitud de eje según altura del tanque.
- Eje y hélice en AISI 316, AISI 304, acero al carbon o ebonitadod.

EXTRAS OPCIONALES

- Placa en AISI 316 o PVC con retén de aceite.
- Ejecución alimentaria o pulida.
- Motores ATEX.
- Bridas DIN o ANSI.

Materiales de laboratorio

Proyecto Final Integrador de Ingeniería Ambiental - Zabarini, Damián -

INICIO > Productos > Análisis de Agua > Reactivos >

28 vendidos
Kit visual para determinación de Cloro Libre y Total Hach CN-66
PN: 223101

Fabricante: Hach

Este kit de discos de colores de prueba emplea reactivos en polvo DPD que responden más rápidamente frente al cloro que las pastillas DPD y brindan resultados más precisos. El polvo DPD también presenta una ventaja enorme en comparación con la ortotolidina, una sustancia peligrosa. Utilizado para medir los niveles de cloro libre y total en el campo o laboratorio.

Compartir:   

EN STOCK
USD 176,95 + IVA (21%)

1  **AGREGAR**

 FAVORITOS

 COMPARAR



INICIO > Productos > Material de plástico >

28 vendidos
Cono de sedimentación PP graduado según Imhoff x 1000ml
PN: JP-CI1000

Fabricante: J.Prolab

Cono de polipropileno para sedimentación según Imhoff

Compartir:   

OPINIONES SOBRE EL PRODUCTO CONTACTENOS

EN STOCK
USD 99,00 + IVA (21%)

1  **AGREGAR**

 FAVORITOS

 COMPARAR



INICIO > Productos > Material de vidrio >

750 vendidos
Vaso de precipitado de vidrio forma baja graduado Glassco
PN: GL-229.202.02

Fabricante: Glassco

Cumple con DIN 12331 e ISO 3819. Gran campo de etiquetado para facilitar el marcado. Espesor de pared uniforme e ideal para calentar líquidos. Graduación métrica clara para mayor comodidad. Altamente resistente al ataque químico.

Seleccionar volumen *

10 ml

Compartir:   

EN STOCK
USD 2,75 + IVA (21%)

1  **AGREGAR**

 FAVORITOS

 COMPARAR



INICIO > Productos > Material de vidrio >

170 vendidos
Probeta graduada sin tapa, con base plástica Glassco
PN: GL-137.202.01

Fabricante: Glassco

Probetas graduadas sin tapa disponible de 5 ml a 1000 ml

Seleccione volumen *

5 ml

Compartir:   

DESCRIPCIÓN GENERAL OPINIONES SOBRE EL PRODUCTO CONTACTENOS

EN STOCK
USD 5,00 + IVA (21%)

1  **AGREGAR**

 FAVORITOS

 COMPARAR



Proyecto Final Integrador de Ingeniería Ambiental - Zabarini, Damián -



INICIO > Productos > Análisis de Agua > Reactivos >

42 vendidos
Tiras para determinación de pH rango 0 - 14 x 100u.
PN: ME-109535

Fabricante: Merck

Rango pH 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10 - 11 - 12 - 13 - 14. Las tiras de pH MQuant® son adecuadas para todos los medios en el análisis ambiental y en los controles industriales en proceso. Nuestro método especial de fabricación otorga a las tiras indicadoras de pH ventajas decisivas sobre el papel indicador: como el indicador no sangra, la tira se puede dejar en el medio de medición sin contaminarla. El valor del pH se mide de forma semicuantitativa mediante la comparación visual de las tres zonas de reacción en la tira de prueba con los campos de la escala de color, que se corresponden perfectamente con el color de la reacción. Las inteligentes cajas Safetyedge permiten un almacenamiento seguro y el retiro conveniente de las tiras reactivas.

Compartir:

EN STOCK

USD 38,00 + IVA (21%)

1

AGREGAR

FAVORITOS

COMPARAR



INICIO > Productos > Análisis de Agua > Reactivos >

Kit de prueba,NI-8 nitrógeno de amoníaco
PN: 224100

Fabricante: Hach

Kit de prueba,NI-8 nitrógeno de amoníaco

Compartir:

EN STOCK

USD 247,25 + IVA (21%)

1

AGREGAR

FAVORITOS

COMPARAR



INICIO > Productos > Análisis de Agua > Reactivos >

Kit de prueba,totales de dureza HA-71A
PN: 145201

Fabricante: Hach

Kit de prueba,totales de dureza HA-71A

Compartir:

CONSULTAR STOCK A INFO@ONELAB.COM.AR

USD 182,97 + IVA (21%)

1

AGREGAR

FAVORITOS

COMPARAR

DESCRIPCIÓN GENERAL

OPINIONES SOBRE EL PRODUCTO

CONTÁCTENOS



INICIO > Productos > Análisis de Agua > Reactivos >

7 vendidos
Reactivo p/determinación de Potasio 3, método de Tetrafenilborato
PN: 1432399

Fabricante: Hach

Para realizar determinaciones de potasio en agua, suelo y en tejidos de plantas mediante el método de tetrafenilborato. Método 8049 de Hach. Tamaño de la muestra: 25 ml. Paquete de 100 almohadillas de polvo.

Compartir:

CONSULTAR STOCK A INFO@ONELAB.COM.AR

USD 199,34 + IVA (21%)

1

AGREGAR

FAVORITOS

COMPARAR

Proyecto Final Integrador de Ingeniería Ambiental - Zabarini, Damián -



INICIO > Productos > Análisis de Agua > Reactivos >

100 vendidos
Reactivo para la determinación de sulfuro 2 x 500 mL
PN: 181749

Fabricante: Hach

Para la determinación de sulfuro mediante el método del azul de metileno (método Hach 8131). Rango: hasta 800 µg/L. También usado en test kits visuales. Botella de 500 mL.

Compartir:

CONSULTAR STOCK A INFO@ONELAB.COM.AR

USD 165,69 + IVA (21%)

1

AGREGAR

FAVORITOS

COMPARAR



Ready to Ship In Stock Fast Dispatch

1" high quality mixing equipment UPVC Ozone Static Mixer tube 1 inch

\$20.50/ Piece | 1 Piece/Pieces(Min. Order)

Contact Supplier

Chat Now

[View product details](#)



INICIO > Productos > Análisis de Agua > Reactivos >

KIT de Reactivos TNT p/determinación fósforo (total), bajo rango

PN: 2742645

Fabricante: Hach

Para realizar determinaciones de fósforo total mediante el método de ácido ascórbico PhosVer ®3 con digestión de persulfato ácido. Compatible con las normativas de EPA Método 8190 de Hach. Rango: 0,06 - 3,50 mg/l PO4.

Compartir:

CONSULTAR STOCK A INFO@ONELAB.COM.AR

USD 179,58 + IVA (21%)

1

AGREGAR

FAVORITOS

COMPARAR



INICIO > Productos > Análisis de Agua > Reactivos >

DRB200 Reactor mono-block viales de 16 y 20mm

PN: LTV082.52.30001

Fabricante: Hach

DRB200: bloque de reactor digital: 9 alojamientos para viales de 16 mm, 2 alojamientos para viales de 20 mm, 230 V CA La solución simple para digestiones estándar y especiales. Fácil de usar y rápido. Funcionamiento seguro. Versátil. Admite la mayoría de viales de test. Seleccione el modelo de doble bloque para digestiones simultáneas.

Compartir:

EN STOCK

USD 2.459,66 + IVA (21%)

1

AGREGAR

FAVORITOS

COMPARAR

Proyecto Final Integrador de Ingeniería Ambiental
- Zabarini, Damián -



INICIO > Productos > Análisis de Agua > Reactivos >

Ampollas Accuvac de reactivo para la determinación de oxígeno disuelto, de 6 a 800 µg/l de O₂, pack de 25

PN: 2501025

Fabricante: Hach

Las ampollas Accuvac contienen la cantidad exacta de reactivo para una única prueba y se pueden utilizar como cubetas de medición. Para la determinación de oxígeno disuelto, método del carmin de indigo. Rápido, fácil, exacto.

Compartir:

CONSULTAR STOCK A INFO@ONELAB.COM.AR

USD 91,22 + IVA (21%)

1

AGREGAR

FAVORITOS

COMPARAR



INICIO > Productos > Análisis de Agua > Reactivos >

6 vendidos

Tira para determinación de nitrato/nitrito x 25u.

PN: 2745425

Fabricante: Hach

Las cantidades excesivas de nitrato o nitrito en el agua pueden causar la muerte del lactante, enfermedades en los adultos y pueden producir abortos espontáneos en las vacas. Algunos pozos contienen altos niveles de nitrato. Cuando el agua contiene altos niveles de nitrato, los nitritos a menudo están presentes en baja concentración. Contiene 25 pruebas.

Compartir:

CONSULTAR STOCK A INFO@ONELAB.COM.AR

USD 64,87 + IVA (21%)

1

AGREGAR

FAVORITOS

COMPARAR



**Electrobomba Centrifuga
Pedrollo Modelo HFm 70 C 1,1
KW/ 1,5 HP IPX4 220V**

Código: [I.HF.1.A015.M]

Marca: Pedrollo
Modelo: HF 70C

- Tensión: 220 V.
- Amperaje de consumo: 8 A.
- Potencia: 1,1 KW / 1,5 HP.
- Altura máxima de elevación: 29 metros (2,9 bar).
- Caudal máximo entregado: 300 L/min (18000 L/h – 18 m3/h).
- Succión máx.: 7 metros.
- Conexión Aspiración: 1 1/2".
- Conexión Impulsión: 1 1/2".
- Protección: IPX4.
- Peso del producto: 19 kg.

Garantía: 3 años.

Disponibilidad: Con stock

\$ 119.511,70

Proyecto Final Integrador de Ingeniería Ambiental
- Zabarini, Damián -

Nuevo | 16 vendidos

Sulfato De Aluminio Por 25 Kg Para Agua De Rio Delta, Isla

\$ 6.100
en 12x de \$ 894⁹⁹ pagando con Mercado Crédito

[Ver los medios de pago](#)

Llega gratis entre el martes y el miércoles
[Ver más formas de entrega](#)

Devolución gratis
Tenés 30 días desde que lo recibís.
[Conocer más](#)

Stock disponible

Cantidad: **1 unidad** (964 disponibles)

Máquina mezcladora de tanque de dosificación Química Industrial Eléctrica, agitador para helado

>= 1 Unidades
180,00 US\$

Beneficios: [Cupones de USD 500](#) [Reclamar ahora >](#)

Número de Modelo: **EW-mixer-0.37kw**

Muestras: **EW-mixer-0.37kw**
180,00 US\$/Unidad Pedido mínimo : 1 Unidad [Comprar muestras](#)

Plazo de entrega:

Quantity(Unidades)	1 - 10	> 10
Hora del Est.(días)	10	Para negociar

Personalizacion: [Logotipo personalizado](#) (Pedido mínimo 10 Unidades)
[Embalaje personalizado](#) (Pedido mínimo 10 Unidades)
[More >](#)

[Ver imagen más grande](#)

[Añadir para co...](#) [Compartir](#)



Codo PVC 90° ø50mm encolar PNI6

Ref: H050104401

☆☆☆☆☆ Escriba una opinión

1.31€ IVA incl.

1

AÑADIR AL CARRITO

Precio

€/unidad



ENVÍO GRATUITO

Para pedidos superiores a 99€, y solo en península. Promoción no disponible en tuberías.



PLAZO DE ENTREGA

De 2 a 5 días hábiles



+34 655 988 154
L-V 9:00-13:00 / 17:00-19:00

Buscar



Mi cuenta



PRODUCTOS

INICIO QUIÉNES SOMOS BLOG CONTACTO

OTROS PRODUCTOS



Filtro anillas automático 2" batería PP 2 uds. SKS 2" S LCE 120 mesh
4.685.21€ IVA incl.



Tubo PE drenaje ø200mm corrugado barra
5.91€ IVA incl.



Crespina pasamuro PP ø63mm-RM 2"
6.04€ IVA incl.



Tubo PVC evacuación ø200mm serie B barra 3m

Ref: H010304003

☆☆☆☆☆ Escriba una opinión

38.64€ IVA incl.

SOLICITAR PRESUPUESTO

Precio

€/barra

Diámetro (mm.)

200

Largo (m.)

3



Válvula bola PVC ø40mm 3 vías JIMTEN

Ref: H271102200

☆☆☆☆☆ Escriba una opinión

58.67€ IVA incl.

1

AÑADIR AL CARRITO

Precio

€/unidad



ENVÍO GRATUITO

Para pedidos superiores a 99€, y solo en península. Promoción no disponible en tuberías.



PLAZO DE ENTREGA

De 2 a 5 días hábiles



Válvula bola PVC ø40mm junta viton JIMTEN

Ref: H270202172

☆☆☆☆☆ Escriba una opinión

19.68€ IVA incl.

1

AÑADIR AL CARRITO

Precio

€/unidad



Caño Pvc Cloacal Top 50x4m Reforzado

✓ En Stock

DESCUENTO EXTRA!

CON DÉBITO, TRANSFERENCIA O 1 PAGO CON TARJETAS

\$ 2.240,07

12 CUOTAS SIN INTERÉS CON **ahora 12**

\$ 2.908,75 en 12 Cuotas de \$ 242,40

Ver todos los medios de pago

1



Añadir al carrito



Zoom



Zoom



Electrobomba Sumergible Cloacal Czerweny Modelo WQ-2.2B 2,2 KW/ 3 HP 380V IP68

Código: [WQ-2.2B]

Marca: Czerweny
Modelo: WQ-2.2B

- Tensión: 380 V.
- Amperaje de consumo: 4,2 A.
- Potencia: 2 KW / 3 HP.
- Altura máxima de elevación: 15 metros (1,5 bar).
- Caudal máximo entregado: 683 L/min (41000 L/h – 41 m3/h).
- Inmersión máx.: 5 metros.
- Conexión descarga: 3".
- Protección: IP68.
- Peso del producto: 21 kg.
- Tamaño máx. de partícula: 50mm.





INCLUYE 10 METROS DE CABLE.

Garantía: 1 año.

Disponibilidad: Con stock

\$ 120.732,64

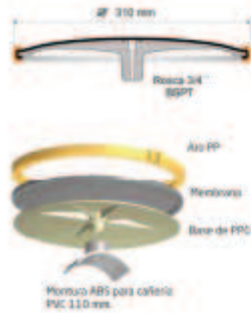


-  Ha paí sat
-  Toc cue def
-  Si t pro cor
-  Tu dat enc

Información Técnica

Los difusores de membrana Repicky se fabrican en dos versiones, de burbuja fina y de burbuja gruesa.

Los primeros, modelo RG-300 con miles de microperforaciones, permiten obtener valores muy altos de transferencia de O_2 siendo ideales para su instalación en los reactores aeróbicos de las plantas de tratamiento de efluentes, tanto industriales como cloacales.



Para otros diámetros o materiales de cañerías consultar el tipo de adaptador.

Por otra parte los difusores de burbuja gruesa modelo CB-300, se utilizan en tanques de equalización, digestores aeróbicos y también en cámaras de aireación de efluentes con muy baja demanda de O_2 (DBO).

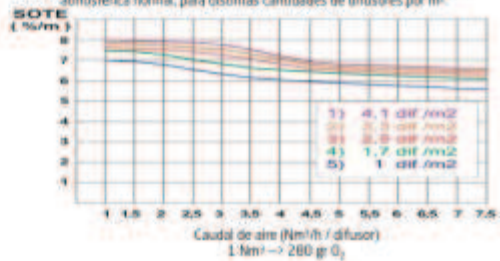
Consulte por nuevos materiales disponibles para su efluente industrial.

Difusor de burbuja fina | RG-300

Rango de caudal:	2 a 8 $Nm^3/hora$
Caudal de diseño:	5 $Nm^3/hora$
Pérdida de carga:	20 mbar para 2 $Nm^3/hora$ 40 mbar para 5 $Nm^3/hora$ 70 mbar para 8 $Nm^3/hora$
Densidad:	1 a 6 difusores/ m^2
SOTE:	15,4 gr. (5,5%) a 22,4 gr. (8%) por m^3/h de aire y por m de profundidad.
Eficiencia de transferencia de O_2 :	2,5 – 6 Kg. O_2/KWh



Transferencia de O_2 para el modelo RG-300 por metro de profundidad en función del caudal de aire por difusor (m^3/h) a 20 °C, agua limpia y presión atmosférica normal, para distintas cantidades de difusores por m^2 .



La membrana de EPDM o Acrílico nitrilo de ambos modelos, permite operar en forma intermitente, sin que ingrese líquido a las cañerías sumergidas facilitando el arranque de los soplores de aire.

Difusor de burbuja gruesa | CB-300

Rango de caudal:	3 a 25 $Nm^3/hora$
Caudal de diseño:	10 $Nm^3/hora$
Pérdida de carga:	20 mbar para 3 $Nm^3/hora$ 40 mbar para 10 $Nm^3/hora$ 70 mbar para 25 $Nm^3/hora$
Densidad:	0,5 a 3 difusores/ m^2
SOTE:	5,1 gr. (1,8%) a 7,4 gr. (2,6%) por m^3/h de aire y por m de profundidad.
Eficiencia de transferencia de O_2 :	0,8 – 2 Kg. O_2/KWh



Tabla de Selección de Sopladores trabajando como Compresor

Los valores indicados con una tolerancia de +/- 5 %, tanto de caudal de aspiración como de potencia del cabezal sin accesorios, corresponden a presión atmosférica normal P= 1013 mbar y temperatura de admisión del aire T = 20°C.
Para otros gases y/o condiciones operativas, consultar.



Modelo	RPM	100		200		300		400		500		600		700		800		900		1000		
		Q m³/h	P HP	Q m³/h	P HP	Q m³/h	P HP	Q m³/h	P HP	Q m³/h	P HP	Q m³/h	P HP	Q m³/h	P HP	Q m³/h	P HP	Q m³/h	P HP	Q m³/h	P HP	
R100	1450	29.6	0.4	23.1	0.5	18	0.7	13.7	0.9													
	2250	54	0.6	47.5	0.8	42.2	1.1	38.1	1.4	34.3	1.6	30.8	1.8									
	2900	74	0.7	67.3	1.1	62.2	1.4	57.9	1.6	54.1	2.0	50.6	2.3	47.4	2.7							
	4500	123	1.5	116	1.6	111	2.1	107	2.6	103	3.1	99	3.7	96	4.2							
R200	1450	63	0.6	52	0.9	43.3	1.3	35.9	1.6													
	2250	112	0.9	101	1.4	92.1	1.9	84.6	2.4	78.1	2.9	72.1	3.4									
	2900	152	1.2	140	1.8	132	2.4	124	3.1	118	3.8	112	4.5	106	5.1	101	5.7					
	4500	249	1.7	238	2.8	229	3.8	222	4.9	215	5.8	209	6.9	204	7.9							
R300	1450	89	0.6	80	1.1	65	1.5	56	1.9	48	2.4											
	2250	156	0.9	142	1.6	131	2.3	122	3.0	114	3.7	107	4.4	100	5.0							
	2900	210	1.2	196	2.0	185	3.0	176	3.9	168	4.8	161	5.6	154	6.5	148	7.5					
	4500	342	1.8	328	3.2	318	4.7	309	6.0	301	7.4	293	8.7	286	10.2	280	11.5					
R500	1450	142	1.0	132	1.6	112	2.3	101	3.0	91	3.6	82	4.3	74	4.9							
	2250	241	1.5	225	2.5	211	3.6	200	4.6	190	5.6	181	6.7	173	7.8							
	2900	322	1.9	306	3.3	292	4.6	281	5.9	271	7.3	262	8.6	254	10.0	246	11.3					
	4500	521	3.0	504	5.0	491	7.1	480	9.2	470	11.3	461	13.4	452	15.4	444	17.6	437	19.6			
R600	1450	185	1.2	158	2.1	138	3.0	120	3.9	105	4.9											
	2250	319	1.8	293	3.3	272	4.7	255	6.1	239	7.5	225	8.9	212	10.3							
	2900	429	2.4	402	4.2	382	6.0	364	7.9	349	9.7	335	11.4	321	13.3	309	15.1					
	4500	698	3.7	692	6.5	651	9.3	634	12.1	618	14.9	604	17.8	591	20.7							
R1000	1450	297	2.0	275	3.3	259	4.6	245	5.8	232	7.2	221	8.4	210	9.7							
	2250	487	3.1	466	5.1	449	7.1	435	9.1	422	11.1	411	13.1	400	15.0	390	17.1	381	19.0			
	2900	641	4.0	620	6.6	603	9.1	589	11.7	577	14.3	565	16.8	555	19.4	545	21.9	535	24.5	527	27.1	
	4300	974	5.9	953	9.8	936	13.6	922	17.4	910	21.1	898	24.9	888	28.7	878	32.6	868	36.4			
R1200	1450	433	2.5	407	4.4	387	6.2	370	8.1	355	9.8	341	11.8	329	13.5	317	15.3					
	2250	703	4.0	677	6.8	657	9.6	640	12.4	625	15.2	612	18.0	599	21.0	587	23.8					

SPECIFICATIONS



EA 1200

Std. Height:	83"/2,108mm
Std. Width:	86"/2,184mm
Range of Length:	196-316"/4,978-8,026mm
Capacity:	40.0 ft³-100.0 ft³
Std Area/Chamber:	24.6 ft²
Plate Dimension:	47.2"/1,200mm
Discharge Ports:	4 Corner
Std. Vol./Chamber:	1.23 ft³

EA 1200	
Std. Height:	66"/1,676mm
Std. Width:	64"/1,626mm
Range of Length:	200-376"/5,080-9,550mm
Capacity:	38.3 ft ³ -92.8 ft ³
Std. Area:	25.2 ft ²
Plate Dimension:	47.2"/1,200mm
Discharge Ports:	4 Corner
Std. Vol./Chamber:	1.16 ft ³

IV. Anexo IV - Parámetros de diseño

TABLE 27-12
Typical design criteria for aerobic digesters

Parameter	Range of values
Feed concentration	1.5–3.5%
SRT to meet PSRP ^a	
At 15°C	60 d
At 20°C	40 d
k_d at 10°C	0.02 d ⁻¹
k_d at 15°C	0.06 d ⁻¹
k_d at 20°C	0.10 d ⁻¹
k_d at 25°C	0.14 d ⁻¹
Volatile solids loading	1.6–4.8 kg/m ³ · d
Oxygen requirements:	
Cell tissue	~2.3 kg O ₂ /kg VSS destroyed
BOD ₅ in primary sludge	1.6–1.9 kg O ₂ /kg VSS destroyed
Oxygen concentration	≥ 1 mg/L
Air flow rates for oxygen	
Waste activated sludge (WAS)	0.015–0.020 m ³ /min · m ³
Mixed primary and WAS	0.024–0.030 m ³ /min · m ³

TABLE 27-12 (continued)
Typical design criteria for aerobic digesters

Parameter	Range of values
Mixing requirements	
Mechanical aerators/mixers	20–40 kW/10 ³ m ³
Diffused air mixing	0.02–0.040 m ³ /min · m ³
Reduction in VSS	38–50%
Tank dimensions	
Depth for diffused air	4.5–7.5 m
Depth for mechanical air	3–6 m
Circular diameter ^b	12–45 m
Rectangular	
W:D	1:1 to 2.2:1
L:W	≥ 5:1

^aPSRP = process to significantly reduce pathogens.

^bCircular is the typical configuration.

Sources: 40 CFR 503; Metcalf & Eddy, 2003; U.S. EPA, 1979; WEF, 1998.

TABLE 26-1
Typical alum dosages to achieve various levels of phosphorus reduction

Phosphorus reduction, %	Alum:P weight ratio	Al:P weight ratio
75%	13:1	1.2:1
85%	16:1	1.5:1
95%	22:1	2.0:1

Source: U.S. EPA, 1976.