

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

ESCUELA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA



UNSAM

UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
SAN MARTÍN



CAMPUS
MIGUELETE

ESCUELA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

PROYECTO FINAL INTEGRADOR (PFI)

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL LAVADO DE TANQUES DE FORMULACIÓN DE PESTICIDAS

PROYECTO FINAL INTEGRADOR DE CARRERA PARA EL TÍTULO DE
INGENIERÍA AMBIENTAL

Julieta Hocsman

Legajo N°6307
Buenos Aires
2020

Índice de contenidos

RESUMEN.....	8
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	
1.1. Formulación a la problemática ambiental del proyecto.....	9
1.2. Objetivo y alcance del proyecto	10
1.3. Justificación del proyecto	10
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1. Efluentes líquidos industriales: una problemática ambiental	11
2.2. Problemática ambiental derivada de los efluentes generados por la industria de agroquímicos.....	11
2.3. Diagnóstico.....	12
2.4. Estudios preliminares.....	12
2.4.1. Proceso productivo.....	12
2.4.2 Ubicación.....	14
2.4.3. Residuos sólidos.....	14
2.4.3.1. Residuos asimilables a sólidos urbanos.....	14
2.4.3.2. Residuos peligrosos.....	15
2.4.4. Abastecimiento de agua y efluentes generados	15
2.4.4.1. Efluentes cloacales	15
2.4.4.2. Efluentes industriales	15
2.4.5 Cuadro normativo.....	15
2.4.6 Partido de Ezeiza.....	17
2.4.7 Cuenca Matanza-Riachuelo.....	17
CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO	
3. Alternativas para el sistema de tratamiento	19
3.1 Pretratamiento.....	20
3.1.1 Rejas.....	20
3.2. Tratamiento primario efluente industrial: Alternativas.....	20
3.2.1 Procesos Avanzados de Oxidación (PAO).....	21
3.2.1.1 Proceso de oxidación Fenton.....	21

3.2.1.2	Concentración del agente oxidante y del catalizador.....	23
3.2.1.3	Influencia del pH y la temperatura.....	23
3.2.1.4	Tiempo de reacción.....	24
3.2.1.5	Proceso de Oxidación Fenton/UV.....	24
3.2.1.6	Lodos del proceso de oxidación Fenton.....	25
3.2.1.7	Justificación del tratamiento de oxidación Fenton (Proceso de oxidación Fenton aplicados a pesticidas en laboratorio)	25
3.2.2	Coagulación y Floculación	26
3.2.2.1	Coagulación	27
3.2.2.2	Floculación.....	28
3.2.3	Sedimentación	28
3.2.4	Lodos	30
3.3.	Tratamiento primario: Efluente cloacal + Efluente industrial	30
3.3.1	Ecuador.....	30
3.3.2	Tanque Imhoff.....	31
3.4.	Tratamiento secundario.....	34
3.4.1	Lodos activos.....	34
3.5.	Tratamiento terciario.....	35
3.5.1	Cámara de cloración.....	36
3.6	Tratamiento de lodos.....	36
3.6.1	Lodos industriales.....	37
3.6.2	Lodos biológicos.....	37
3.7	Cámara de muestreo y medición de caudal.....	38
3.8	Análisis comparativo y selección del tratamiento primario del efluente industrial.....	39
3.9	Diagrama de flujo y esquema de la planta de tratamiento.....	41

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA, RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS EN LABORATORIO. SELECCIÓN DE SISTEMA DE TRATAMIENTO

4.1	Caracterización del efluente	45
4.2	Tratamientos del efluente.....	46
4.2.1	Tratamiento Fenton.....	47
4.2.1.1	Concentración de H ₂ O ₂	47
4.2.1.2	Concentración de Fe(II)	48
4.2.1.3	Ensayo Fenton.....	49

4.2.1.4 Gradiente de velocidad	50
4.2.2 Tratamiento Foto-Fenton.....	51
4.2.3 Coagulación y Floculación.....	51
4.2.3.1. Ensayo de coagulación y floculación.....	51
4.2.3.2 Cálculo del gradiente de velocidad	52
4.2.4 Resultados de los tratamientos.....	52
4.2.5 Conclusiones de los ensayos	54
4.3 Registro fotográfico del trabajo en laboratorio.....	55
4.4 Discusiones y conclusiones	59

CAPÍTULO V: MEMORIA DE CÁLCULO DEL DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.

CONSIDERACIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES

5.1 Diseño de rejas.....	60
5.1.1 Efluente industrial.....	60
5.1.2 Efluente cloacal.....	62
5.2 Proceso de oxidación Fenton	63
5.2.1 Dimensión del tanque.....	63
5.2.2 Dosificador de reactivos	64
5.2.3 Potencia de mezcla.....	64
5.2.4 Sistema de mezcla.....	65
5.2.5 Velocidad de mezcla.....	66
5.2.6 Sedimentación y neutralización	66
5.3 Ecuación.....	67
5.3.1 Diseño de la cámara de ecuación.....	67
5.3.2 Sistema de mezcla.....	67
5.4 Diseño del tanque Imhoff.....	69
5.4.1 Carga orgánica.....	69
5.4.2 Diseño del sedimentador.....	70
5.4.2.1 Diseño de la cámara sedimentadora.....	72
5.4.2.2 Diseño del área de ventilación y cámara de grasas.....	74
5.4.3 Diseño del digestor.....	75
5.4.3.1 Volumen de almacenamiento y digestión	75
5.4.3.2 Tolvas y volumen rectangular.....	76
5.4.4 Altura total del tanque	78

5.4.5 Digestión y extracción de lodos	78
5.4.6 Carga de lodos generados.....	80
5.5 Diseño de lodos activos.....	80
5.5.1 Diseño del reactor de mezcla completa.....	81
5.5.2 Producción de lodos.....	85
5.5.3 Requerimiento de oxígeno.....	86
5.5.4 Equipo de aireación.....	87
5.5.5 Sedimentador secundario.....	88
5.5.5.1 Zona de entrada.....	91
5.5.5.2 Zona de salida.....	92
5.5.5.3 Zona de barro.....	94
5.5.6 Purga de lodos biológicos	95
5.6. Tratamiento terciario.....	95
5.6.1 Cámara de cloración.....	95
5.7 Cámara de muestreo y medición de caudal.....	96
5.8 Deshidratación de lodos.....	96
5.9 Dimensionamiento de sistema de conducción.....	98
5.9.1 Tuberías a presión y a gravedad.....	98
5.9.2. Pérdidas de carga en conducciones	102
5.9.3 Altura de las unidades de proceso.....	105
5.9.4 Sistema de impulsión.....	106
5.10 Sistema de control y automatización.....	108
5.11 Parámetros de control de planta y recomendaciones.....	108
5.12 Conclusiones	109

CAPÍTULO VI: PLANOS DEL PROYECTO

CAPÍTULO VII: CÓMPUTO Y PRESUPUESTO- EVALUACIÓN ECONÓMICA

7.1. Inversión inicial	112
7.2. Costo operación y mantenimiento	116
7.2.1. Insumos químicos	116
7.2.2. Servicios: Energía eléctrica	116
7.2.3. Mano de obra	118
7.2.4. Costos variables, indirectos y esporádicos	118

7.2.5. Costo de la gestión de lodos	119
7.2.6. Costo total por m ³	120
7.3 Costo total.....	120
7.4. Viabilidad presupuestaria.....	120
7.5 Financiamiento.....	121
7.6. Conclusiones.....	122

CAPITULO VIII: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL

8.1 Objetivos.....	123
8.2. Metodología.....	124
8.3 Descripción general del proyecto.....	124
8.3.1 Etapa de construcción.....	127
8.3.2 Etapa de operación.....	128
8.4 Área de influencia.....	129
8.5 Marco normativo.....	130
8.6 Análisis del ambiente.....	133
8.6.1 Medio físico.....	133
8.6.1.1.Climatología.....	133
8.6.1.2.Geología y geomorfología.....	134
8.6.1.3.Suelos y edafología.....	135
8.6.1.4.Recursos hídricos.....	135
8.6.1.5. Atmósfera.	142
8.6.2. Medio biológico.....	143
8.6.2.1 Flora.....	143
8.6.2.2 Fauna.....	144
8.6.3. Áreas protegidas.....	145
8.6.4. Medio Ambiente Socioeconómico e infraestructura.....	145
8.6.4.1 Caracterización poblacional.	145
8.6.4.2 Usos y ocupación del suelo.	146
8.6.4.3 Infraestructura de servicios.....	146
8.7. Identificación y valoración de los impactos ambientales.....	147
8.7.1 Metodología.....	147
8.7.2 Características del medio y actividades impactantes.....	150
8.7.2.1 Características del medio.....	150

8.7.2.2 Actividades impactantes.....	151
8.7.2.3 Matriz para la evaluación de impactos	153
8.7.3 Evaluación cualitativa de los impactos.....	153
8.7.3.1 Medio físico.....	153
8.7.3.2 Medio biológico.....	157
8.7.3.3 Medio socioeconómico.....	159
8.7.3.4 Resultados de la evaluación cualitativa.....	161
8.7.4 Medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación de los impactos ambientales identificados.....	163
8.7.4.1 Etapa de construcción.....	163
8.7.4.2 Etapa de operación.....	164
8.8 Plan de gestión ambiental (PGA)	164
8.8.1 Gestión de Residuos Sólidos.....	165
8.8.2 Programa de seguimiento y control (PSC) y Programa de monitoreo ambiental (PMA)	166
8.8.3 Plan de contingencias ambientales (PCA).	167
8.8.4 Programa de Difusión.....	167
8.8.5 Programa de Seguridad e Higiene (PSH).....	167
8.8.6 Programa de Capacitación y Comunicación.....	168
8.9 Conclusiones.....	168
 CAPÍTULO IX: CONCLUSIONES	
9.1 Conclusiones proyecto.....	170
9.2 Conclusiones personales.....	170
 ANEXOS	
Anexo	
I.....	172
Anexo II.....	183
Anexo III.....	191
 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	 200

RESUMEN

La producción de pesticidas genera aguas residuales provenientes del lavado de los tanques donde se lleva a cabo su formulación. Las mismas poseen altas concentraciones del agroquímico formulado y, por lo tanto, altas cargas orgánicas. Resulta imperativo el tratamiento de estos efluentes antes de ser vertidos al ambiente con el fin de evitar la contaminación del agua y la alteración de los ecosistemas. Para esto es necesario someter las aguas residuales a distintos procesos que permitan disminuir los efectos negativos que produce su vertido al ambiente.

En el presente trabajo se presenta un fundamento teórico relacionado con el sistema de tratamiento de aguas residuales provenientes del lavado de tanques de formulación de pesticidas generadas en una planta de producción de agroquímicos. La empresa no posee actualmente un sistema de tratamiento para las aguas residuales generadas, y las mismas son volcadas a un arroyo cercano. Tampoco posee un tratamiento de los efluentes cloacales generados en la planta de producción ni conexión a una red cloacal, por lo que, para beneficiar el tratamiento de los efluentes industriales, éstos serán tratados en conjunto con los efluentes cloacales.

A partir de un relevamiento de la empresa, la caracterización de muestras del efluente industrial en laboratorio, y el análisis de material bibliográfico específico, se analizaron todos los aspectos que deben ser considerados antes de llevar a cabo del diseño de la planta de tratamiento. Se determinó el diseño óptimo para el caso en estudio, y se realizó una descripción y dimensionamiento de las unidades de proceso seleccionadas y de sus parámetros de diseño. Se buscó que el efluente, luego del tratamiento, cumpla con la normativa vigente en cuanto a los valores de los parámetros de vuelco a aguas superficiales.

Además del diseño y dimensionamiento de la planta de tratamiento se incluyen también los planos de obra, el cómputo y presupuesto integral, la evaluación de impacto ambiental y el plan de gestión ambiental del proyecto. A partir de la totalidad del trabajo realizado puede decirse que el proyecto es viable desde el punto de vista técnico, económico y socioambiental, contribuyendo a la disminución de impactos negativos y mejorando la gestión de los efluentes generados.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Formulación a la problemática ambiental del proyecto

La industria dedicada a la formulación de agroquímicos lleva a cabo su producción mediante lotes que dependen de las necesidades específicas de formulación, de las operaciones de producción, y de la limpieza y preparación de los equipos. Si bien el proceso de formulación de los pesticidas no produce aguas residuales, éstas se generan durante el lavado de los tanques de mezcla cuando se realiza un cambio del producto a formular dentro de los mismos, o bien transcurrida una cierta cantidad de tiempo. Dichas aguas de lavado contienen una alta concentración y una amplia variedad de sustancias químicas orgánicas e inorgánicas que resultan nocivas para el medioambiente. Por lo tanto, deben ser tratadas antes de ser vertidas al ambiente, para así poder alcanzar los valores de vuelco permitidos por la normativa vigente.

El presente proyecto busca caracterizar las aguas de lavado de tanques de formulación de agroquímicos de una planta de producción ubicada en el partido de Ezeiza, en la provincia de Buenos Aires. Tal industria produce distintos tipos de pesticidas, y el efluente es generado durante el lavado de los tanques de formulación cuando cambia la producción de un producto a otro, o durante las tareas de limpieza de la planta. A su vez, la planta de producción no posee conexión a una red cloacal, por lo que genera un efluente cloacal producido por los 200 empleados que trabajan allí diariamente, y el mismo es vertido al ambiente. Para beneficiar entonces el tratamiento, debido al bajo caudal de efluente industrial, a su alta carga orgánica, y a la inexistencia de tratamiento para los efluentes cloacales generados en la planta, se diseña un sistema de tratamiento que permite tratar ambos efluentes de manera conjunta. Al aplicar entonces un sistema de tratamiento previo al vuelco de las aguas residuales, se reduce la carga orgánica del efluente, alcanzando valores de vuelco compatibles con la normativa vigente para la descarga en aguas superficiales en la cuenca Matanza Riachuelo.

El presente proyecto propone una planta de tratamiento de efluentes líquidos que consta en primera instancia de un Proceso de Oxidación Avanzada (POA) por tratamiento Fenton para el efluente industrial, y un tratamiento anaeróbico en un tanque Imhoff y un tratamiento biológico por lodos activos para ambos efluentes en conjunto. Se incluirá también el tratamiento de los lodos generados tanto en el tratamiento primario como en el secundario. El tratamiento global busca disminuir la carga orgánica del efluente, minimizar la generación de lodos, obtener un efluente de calidad para verter al medio, y un tratamiento eficiente, disminuyendo al máximo los costos asociados.

1.2. Objetivo y alcance del proyecto

El proyecto propuesto tiene por objetivo inicial la caracterización en laboratorio del efluente procedente del lavado de tanques de formulación de agroquímicos generado por una industria ubicada en el partido de Ezeiza en la provincia de Buenos Aires y, en función de los resultados obtenidos, diseñar un sistema de tratamiento adecuado donde se incorpore también el efluente cloacal generado en la planta de producción. Se busca disminuir los valores de aquellos parámetros que se encuentren por encima del límite máximo permitido según la normativa aplicable, y obtener agua depurada de calidad que sea apta para ser volcada en aguas superficiales cumpliendo con la normativa.

Dicho proyecto contemplará la aplicación de conceptos de ciencias básicas y ambientales, tecnologías e ingeniería de detalles, economía y gerenciamiento, impactos sociales y demás características que puedan facilitar la planificación y desarrollo del mismo.

1.3. Justificación del proyecto

Se llevará a cabo el diseño de un sistema de tratamiento de efluentes, pues hoy en día la empresa carece de cualquier tipo de tratamiento de sus efluentes líquidos, tanto industriales como cloacales. Por lo tanto, resulta de gran importancia que se realice un manejo adecuado y eficiente de los mismos a través su tratamiento, con el fin de minimizar su impacto sobre el medio ambiente y realizar un vertido de los mismos al cuerpo de agua superficial más cercano cumpliendo con la normativa vigente y los planes de saneamiento establecidos, llevándose a cabo con un impacto socioeconómico y ambiental positivo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Efluentes líquidos industriales: una problemática ambiental

Durante el desarrollo de los procesos industriales se generan efluentes que, en caso de ser vertidos al medio ambiente sin un tratamiento previo, pueden provocar severos impactos ambientales.

Hoy en día, se estima que existen más de 4 000 establecimientos industriales ubicados en las secciones media e inferior de la cuenca Matanza Riachuelo en la provincia de Buenos Aires, donde muchos de ellos vierten sus efluentes sin tratar al sistema de drenaje o al río mismo. Esto provoca altos niveles de contaminación orgánica y un aporte de contaminantes tóxicos tales como metales pesados, transformando así la cuenca en la cuenca fluvial más contaminada de la Argentina. Esto se debe en parte al gran crecimiento de la actividad industrial y al avance de la urbanización, así como también a la falta de previsión sobre la construcción de plantas de tratamiento de efluentes, lo que llevó al incremento de problemas relacionados con los efluentes generados ^[1].

2.2. Problemática ambiental derivada de los efluentes generados por la industria de agroquímicos

Los plaguicidas o pesticidas son sustancias destinadas a prevenir, destruir, atraer, repeler o combatir cualquier plaga, incluidas las especies indeseadas de plantas o animales, durante la producción, almacenamiento, transporte, distribución y elaboración de alimentos, productos agrícolas o alimentos para animales, o que pueda administrarse a los animales para combatir ectoparásitos (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO).

El vuelco de las aguas residuales de la producción de pesticidas sin un tratamiento previo puede provocar graves desequilibrios ecosistémicos. Algunos tipos de plaguicidas son altamente solubles en agua y pueden provocar la contaminación de los recursos naturales, transportándose tanto por aguas superficiales como por aguas subterráneas, contaminando así las napas freáticas. Otros agroquímicos son liposolubles, lo que indica que se absorben

fácilmente a través de las membranas biológicas de organismos vivos, permitiendo su acumulación en el tejido graso. Por lo tanto, la presencia de estos contaminantes y de sus productos de degradación puede afectar a la supervivencia o reproducción de especies acuáticas, alterando la biodiversidad y los ecosistemas.

Una de las investigaciones más recientes realizada en Argentina, confirma que la presencia del herbicida glifosato modifica la flora de lagos y lagunas, lo cual repercute directamente en el resto de los componentes del ecosistema ^[2]. También se han comprobado efectos negativos sobre el desarrollo de renacuajos subtropicales *Scinax nasicus*, variedad ampliamente difundida en el país ^[3], y se ha comprobado el efecto negativo sobre el yacaré overo (*Caiman latirostris*), produciendo alteraciones genéticas y del desarrollo postnatal en animales nacidos de huevos provenientes de nidos expuestos ^{[4][5]}.

La protección y conservación de los recursos naturales tales como el agua constituyen hoy en día una de las principales preocupaciones sociales. Es por esto que resulta de vital importancia que se lleve a cabo un tratamiento de las aguas residuales, respetando las normas legales que imponen criterios estrictos para obtener una depuración adecuada de los efluentes líquidos.

2.3 Diagnóstico

La industria en estudio se dedica a la formulación de distintos tipos de agroquímicos y otros productos tales como herbicidas, insecticidas, bio-insecticidas, fungicidas foliares y curasemillas, coadyuvantes, e inoculantes acuosos.

Hoy en día la planta tiene una producción aproximada de 70 metros cúbicos de agroquímicos diarios. Sin embargo, la producción varía según los requerimientos del mercado, lo que requiere el lavado de los tanques de formulación cuando se realiza un cambio en el producto a formular. A su vez, para evitar el deterioro de los tanques, es necesario realizar un lavado semanal independientemente de si hubiere un cambio en el producto a formular. De aquí, y de la limpieza y mantenimiento de la planta, resultan los efluentes líquidos industriales que poseen altas concentraciones de agroquímicos y deben ser tratados previo a su vuelco.

2.4. Estudios preliminares

2.4.1. Proceso productivo

El proceso de fabricación de pesticidas consta de dos etapas. En primera instancia se produce la síntesis del ingrediente activo: una sustancia química que puede presentar una amplia gama de estructuras moleculares y que da la forma de acción al plaguicida. Es la

característica global de su composición lo que define la manera de actuar de cada sustancia activa. En segunda instancia se produce la formulación de los pesticidas, donde se mezcla el ingrediente activo con elementos que cumplen el rol de vehículos, obteniéndose en distintas formas el producto final ^[6]. El vehículo del plaguicida se usa además para un manejo más eficiente del mismo, para regular la concentración con la que se utilizará el ingrediente activo, y para darle un estado físico compatible con la forma en que será aplicado (polvo, líquido, etc.).^[7]

Hoy en día, en la Argentina, las industrias que se dedican a la producción de plaguicidas es pequeña, y la mayor parte de los procesos industriales que existen se desarrollan desde la etapa de formulación en adelante. Los compuestos activos no se sintetizan en el país, sino que son importados por las empresas que se encargan de formular los productos específicos.

Existen dos tipos de formulaciones que dependen del tipo de preparación: seca o húmeda ^[7]. Las formulaciones secas están hechas a base de polvos finos, polvos, gránulos y comprimidos. Éstas se fabrican llevando a cabo la mezcla del ingrediente activo con un vehículo inerte adecuado. En los casos en que el ingrediente activo es un líquido, la formulación se realiza introduciendo el mismo a través de una boquilla pulverizadora al mezclador. Cuando el ingrediente activo es sólido, habitualmente la formulación se lleva a cabo en dos etapas: primero se pulveriza y se mezcla el vehículo y el compuesto activo, y luego son almacenados un tiempo determinado con el fin de que se produzca la “maduración” de la mezcla. Una vez finalizado el proceso de maduración, se realiza un proceso de trituración final y combinación, donde se agregan agentes estabilizantes y humidificantes para lograr una unión adecuada del vehículo y del ingrediente activo. Finalmente se combinan y pasan por una serie de nuevas trituraciones y combinaciones para llegar al producto final.

Los plaguicidas también pueden presentarse como un líquido (ej.: soluciones en solventes o concentrados oleosos). Aquí el ingrediente activo puede ser tanto líquido como sólido. Los sólidos suelen ser insolubles, por lo que se introducen en un sustrato líquido en presencia de un emulsificante; mientras que los líquidos simplemente se disuelven en un diluyente que puede ser acuoso o un solvente orgánicos. Las mezclas se realizan en proporciones establecidas para cada plaguicida.

Para combinarse, el ingrediente activo y el vehículo se disponen en tanques de combinación que habitualmente son abiertos, y se emplean agitadores de paletas para lograr la mezcla. Si bien tanto las preparaciones húmedas como secas pueden diseñarse como procesos continuos, habitualmente se opera por lotes, incrementando así los peligros de exposición y fugas en las operaciones de carga del proceso.

Los productos finales del proceso de formulación son los plaguicidas, que pueden presentarse como formulaciones sólidas y líquidas. Aquí las diferenciamos en comunes y especiales, diferenciando estas últimas por su composición y destino.

Formulaciones comunes:

- *Formulaciones sólidas:* Polvo para espolvoreo, Polvo mojable, Polvo soluble, Gránulos secos, Gránulos dispersables en agua
- *Formulaciones líquidas:* Concentrados emulsionables, Líquidos solubles, Concentrados suspendibles, Microemulsiones, Líquidos emulsionados, Líquidos ultra bajo volumen, Suspoemulsiones

Formulaciones especiales:

- Geles, Fumigantes, Fumígenos, Aerosol líquido, Tabletas, Cebos

2.4.2 Ubicación

La industria de producción de agroquímicos en estudio se encuentra ubicada en el partido de Ezeiza en la provincia de Buenos Aires, Argentina. El predio total tiene una extensión de 3,2 hectáreas, donde se llevan a cabo la formulación de distintos tipos de agroquímicos. Dentro de este predio es donde se proyecta implantar el sistema de tratamiento de los efluentes líquidos generados. Se encuentra disponible una hectárea y media del predio que actualmente no se utiliza con ninguna finalidad, y que podrá disponerse para la construcción de la planta de tratamiento. El cuerpo de agua más cercano al predio es un tributario del río Matanza Riachuelo, y se encuentra a 350 metros de distancia en línea recta.

2.4.3. Residuos sólidos**2.4.3.1. Residuos asimilables a sólidos urbanos**

En el sector administrativo, en la cocina, en el sector de producción y en los laboratorios se generan residuos asimilables a sólidos urbanos (RSU) tales como papel, cartón, plásticos, otros restos de material de embalaje y material biodegradable (restos de comida). Los mismos se disponen en cestos de basura diferenciados entre reciclables y no reciclables, ubicados en cada sitio de generación. Al finalizar el día laboral, los residuos no reciclables son recolectados por el servicio de recolección de basura y son trasladados a la Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE) para su disposición final, mientras que los reciclables son almacenados retirados por terceros que reciclan y reutilizan estos materiales.

2.4.3.2. Residuos peligrosos

Durante el proceso productivo y dentro del laboratorio se generan residuos peligrosos tales como envases de materias primas y solventes orgánicos. Éstos están clasificados como residuos de categoría Y4 e Y6 (desechos resultantes de la producción, la preparación y utilización de biocidas y productos fitosanitarios, y desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de disolventes orgánicos respectivamente) según la Ley Nacional de residuos peligrosos N°24.051. Los mismos son dispuestos de forma diferenciada en cestos y tanques apropiados para su almacenamiento temporal y, una vez acumulada una cantidad que justifique el retiro de los mismos por parte de un transportista habilitado, son recolectados y se procede a su incineración.

2.4.5. Abastecimiento de agua y efluentes generados

El agua corriente se obtiene del acuífero de la zona mediante bombeo. Se utiliza como agua corriente en las instalaciones (cocina, baño, laboratorio), y para el lavado de las instalaciones, maquinaria, y los tanques de formulación.

2.4.5.1. Efluentes cloacales

Los efluentes asimilables a domiciliarios se generan en los baños, cocina y laboratorio de las instalaciones de la planta por parte de los 200 empleados que trabajan en la planta. Se generan aproximadamente 12,8 m³/día, que hoy en día son volcados a un tributario del río Matanza-Riachuelo, el mismo que recibe el vuelco de efluentes industriales.

2.4.5.2. Efluentes industriales

Los efluentes líquidos derivados del proceso de producción constan del lavado de los tanques de formulación y cuentan con altas concentraciones del pesticida formulado. El lavado de los mismos se realiza semanalmente, y se estima que generan 75 m³ de aguas residuales en total.

2.4.6 Cuadro normativo

La autoridad competente en la zona de estudio es la Autoridad del Agua de la Provincia de Buenos Aires (ADA) que, mediante la Resolución N° 336/2003, determina los valores de vuelco de distintos parámetros fisicoquímicos. A su vez, el efluente tratado será volcado en el río Matanza Riachuelo, por lo que también rige la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR) a través de la Resolución 283/2019, que tiene por objetivo establecer un sistema de

control de vertidos más exigente y controlar no sólo la calidad de las aguas que las industrias vierten, sino también el caudal de las mismas, y así poder garantizar que los cursos de agua estén aptos para recibir esa carga másica sin sufrir deterioros. En la Tabla 2.4.6.1 a continuación se observan los valores de los límites admisibles para algunos parámetros fisicoquímicos para el vertido de efluentes líquidos en aguas superficiales para las dos normativas, la de ACUMAR y la de ADA, para conductos pluviales o cuerpos de agua superficiales. Se buscará alcanzar los valores de vuelco límite de los parámetros más estrictos.

Tabla 2.4.6.1: Límites admisibles de vertido de efluentes líquidos para conductos pluviales/cuerpos de agua superficiales en la Cuenca Hídrica Matanza Riachuelo

Parámetro	Unidad	Límite Permitido (ACUMAR)	Límite Permitido (ADA)
DBO ₅ (sobre muestra bruta)	mg O ₂ /l	≤ 30	≤50
DQO	mg O ₂ /l	≤ 125	≤250
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	mg/l	≤ 35	-
pH	UpH	6,5-9,0	6,5-10
Sólidos Sedimentables en 10 min (f)	ml/l	≤ 0,1	Ausente
Sólidos sedimentables en 2 hs (f)	ml/l	≤ 1,0	≤1,0
Coliformes fecales	UFC/100 ml	≤ 500	≤2000

A su vez, ambas autoridades regulan las concentraciones de pesticidas permitidas para vuelco en aguas superficiales. En el caso de ADA regula en conjunto los grupos de pesticidas organoclorados y organofosforados, mientras que ACUMAR regula algunos pesticidas específicos. Los valores se exponen en la Tabla 2.4.6.2.

Tabla 2.4.6.2: Límites admisibles de vertido de pesticidas para conductos pluviales/cuerpos de agua superficiales en la Cuenca Hídrica Matanza Riachuelo

Pesticidas	Unidad	Límite Permitido (ACUMAR)	Límite Permitido (ADA)
Pesticidas organoclorados	mg/l	-	≤ 0,05
Pesticidas organofosforados	mg/l	-	≤ 0,1
Aldrin	mg/l	< 0,01	-

Clordano	mg/l	< 0,1	-
DDT (Total isómeros)	mg/l	< 1	-
Dieldrin	mg/l	< 0,01	-
Endosulfán	mg/l	< 0,02	-
Heptacloro	mg/l	< 0,04	-
Heptacloro epóxido	mg/l	< 0,04	-
Hexacloro benceno	mg/l	< 0,01	-
Lindano	mg/l	< 3	-
Metoxicloro	mg/l	< 30	-
Paration	mg/l	< 0,65	-
Malation	mg/l	< 0,65	-
2,4 D	mg/l	< 4	-

2.4.7 Partido de Ezeiza

El partido de Ezeiza se ubica al sudeste de la Región Metropolitana de Buenos Aires y limita con el partido de La Matanza al Norte, Esteban Echeverría al Este, Cañuelas al Oeste y San Vicente al Sur. Se creó en el año 1994 y posee una superficie de 223 km² que alberga un total de 163 722 habitantes según el censo del INDEC del año 2010, con una densidad de población de 734 habitantes por km². Dentro de las localidades del partido se encuentran Ezeiza, Tristán Suárez, La Unión, Carlos Spegazzini, Aeropuerto Internacional Ezeiza, Canning y El Trébol. Tiene variedad de vías de comunicación con el resto de la región y del país, dado el hecho que alberga el aeropuerto internacional Ministro Pistarini. Se comunica gracias a las Autopistas Ricchieri y Ezeiza-Cañuelas, y las Rutas 52 y 205 ^[8].

2.4.8 Cuenca Matanza-Riachuelo

La cuenca Matanza-Riachuelo está formada por el río Matanza-Riachuelo y sus afluentes. El agua de las precipitaciones forma arroyos (entre los cuales se encuentran el Rodríguez, Morales, Chacón, Canuelas, Aguirre, Ortega, Santa Catalina, La Paja y Del Rey)

que confluyen en un curso principal llamado Matanza, en sus orígenes, y Riachuelo, en su tramo final. Este curso principal tiene una escasa pendiente, y recorre 64 km en sentido sudoeste-noreste hasta llegar a su desembocadura y descargar sus aguas en el Río de la Plata. La cuenca limita, al norte con la cuenca del Río Reconquista y, al sur, con el sistema Samborombón-Salado; abarca una superficie aproximada de 2047 km², y se encuentra ubicada al noreste de la provincia de Buenos Aires ^[9].

El total de la cuenca abarca parte de catorce municipios de la Provincia de Buenos Aires: Lanús, Avellaneda, Lomas de Zamora, Esteban Echeverría, La Matanza, Ezeiza, Cañuelas, Almirante Brown, Morón, Merlo, Marcos Paz, Presidente Perón, San Vicente y General Las Heras. También atraviesa toda la Comuna 8 y parcialmente las Comunas 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9 y 10, de la Ciudad de Buenos Aires. Allí viven aproximadamente 4.500.000 millones de personas, lo que representa el 15% de la población del país, y da cuenta de una alta densidad poblacional, lo que implica un severo impacto sobre el ambiente^[9].

Las principales actividades productivas que se desarrollan en la cuenca son la agropecuaria y la actividad industrial. Las industrias radicadas en la región son de distinto tipo. Sin embargo, por su impacto ambiental, tienen mayor relevancia las del sector químico y petroquímico: las industrias alimenticias, curtiembres, frigoríficos, galvanoplastías y metalúrgicas ^[9].

La pérdida en la calidad de las aguas del río se debe a que la carga contaminante que se vierte supera ampliamente la capacidad diluyente y de autodepuración del río. Éste recibe descargas orgánicas, sustancias minerales e inorgánicas, metales pesados, plaguicidas, fungicidas, herbicidas y sedimentos ^[10]. Según el Informe Especial sobre la Cuenca Matanza-Riachuelo ^[11], la hidrología superficial de la cuenca es receptora de aproximadamente 368 000 m³ de efluentes domiciliarios por día, de los cuales solo el 5% es tratado previamente, y de aproximadamente 88 500 m³ de vertidos industriales por día por parte de un centenar de establecimientos industriales.

Las tres principales fuentes de contaminación orgánica de los cuerpos receptores en la cuenca listados por su orden de importancia relativa son^[12]:

- 1- Las industrias con vertidos de sus efluentes
- 2- Los vertidos de las plantas de tratamiento secundario
- 3- Las fuentes difusas de origen domiciliario de áreas urbanizadas sin servicio de cloacas

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

Según la naturaleza y las características del agua residual, existe un tren de tratamiento que resulta el más óptimo y eficiente para tratar el efluente. Para poder determinarlo se analizan factores ambientales, económicos, legales y sociales. Se evalúan distintas alternativas y, a partir de su análisis, se determina cuál de ellas resulta la más óptima para el problema en estudio. En este apartado se describen dos alternativas para el tratamiento primario del efluente industrial, y las etapas posteriores propuestas para el tratamiento del conjunto de efluentes, industrial y cloacal.

3. Alternativas para el sistema de tratamiento

La formulación de pesticidas incluye la mezcla de ingredientes activos concentrados con diluyentes inertes, por lo que el proceso de formulación en sí no genera desechos. Sin embargo, actividades no relacionadas con la formulación generan desechos peligrosos tales como la limpieza de los tanques de formulación de los agroquímicos. Éstas aguas residuales contienen altas concentraciones de agroquímicos y, generalmente, son sometidas a tratamientos biológicos, adsorción con carbón activado u otros adsorbentes, o a tratamientos químicos convencionales (oxidación térmica, cloración, ozonización, permanganato de potasio, etc). Sin embargo, éstos pueden resultar inadecuados para alcanzar el grado de pureza requerido por la legislación. De aquí surgen los Procesos de Oxidación Avanzada (PAO's), procesos fisicoquímicos capaces de producir cambios profundos en la estructura química de los contaminantes, permitiendo degradar el contaminante produciendo generalmente la mineralización completa del mismo a compuestos inocuos tales como dióxido de carbono, agua, y/o ácidos minerales ^[5].

Para el tratamiento primario del efluente industrial se plantean dos alternativas: un proceso de oxidación avanzada Fenton, o un proceso de coagulación y floculación. Luego, en conjunto con el efluente cloacal generado en la planta de producción y a continuación del

tratamiento primario del efluente industrial, ambos continúan por un tratamiento primario anaeróbico y luego un tratamiento aeróbico. Esto busca principalmente disminuir la carga orgánica del efluente. Se realiza una caracterización del efluente en el laboratorio con el fin de conocer los valores de distintos parámetros fisicoquímicos, y poder diseñar y dimensionar a partir del resultado la planta de tratamiento de efluentes.

3.1 Pretratamiento

El objetivo del pretratamiento es el de preparar el efluente para que pueda ser tratado en las etapas posteriores del tratamiento, eliminando sólidos suspendidos con un tamaño mayor a $1\mu m$ que podrían entorpecer el tratamiento del líquido residual y la eficiencia del funcionamiento de los equipos, máquinas e instalaciones, por obstrucciones o depósitos.

3.1.1 Rejas

Las rejas de barras se usan para proteger bombas, válvulas, conducciones y otros elementos contra posibles daños y para evitar que se obturen por trapos u objetos de gran tamaño: éstos son retenidos por las rejas, arrastrados por rastrillos deslizantes, extraídos y recogidos para su eliminación ^[13]. Ambos efluentes, tanto el industrial como el cloacal, atraviesan un sistema de rejas propio, adaptado a la naturaleza de sus aguas residuales y de su caudal.

El efluente industrial es colectado por canaletas ubicadas en la zona de lavado y conducido a través de las mismas hacia la planta de tratamiento, donde atraviesa el sistema de rejas de barras. Si bien no se esperan sólidos suspendidos en el efluente, el objetivo de las mismas es el de retener cualquier objeto caído accidentalmente en el efluente y evitar así la obstrucción de equipos de bombeo y/o accesorios.

El efluente cloacal es generado durante los días de operación de la planta por los 200 empleados que trabajan durante 9 horas diarias. El mismo es colectado en las instalaciones de la planta de producción y dirigido mediante tuberías hacia la planta de tratamiento de efluentes. Al presentar sólidos suspendidos, se instalará un sistema de rejas de barras adaptado a este tipo de aguas residuales con el fin de retener los sólidos de mayor volumen.

3.2. Tratamiento primario efluente industrial: alternativas

Una vez que el efluente industrial atraviesa las rejas de barras, pasa a un pozo de bombeo donde es impulsado hacia la siguiente unidad para iniciar su tratamiento primario. A

continuación se proponen y describen dos alternativas de tratamiento primario para el efluente industrial.

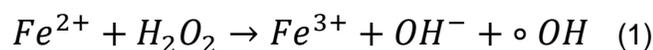
3.2.1 Procesos Avanzados de Oxidación (PAO)

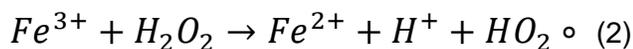
En ciertos casos, los tratamientos químicos convencionales para el tratamiento de aguas residuales resultan inadecuados, y puede recurrirse al uso de las llamadas tecnologías o procesos avanzados de oxidación (TAO's, PAO's). La mayoría de estos procesos pueden ser aplicados para el tratamiento de aguas residuales en pequeña o mediana escala, y pueden usarse solos, combinados entre ellos, o combinados con métodos convencionales ^[14]. Son considerados como alternativas emergentes, dado su bajo costo y su gran capacidad para la degradación total de contaminantes químicos refractarios, es decir que se resisten al tratamiento o cambian para generar compuestos más tóxicos ^[15].

Estos procesos involucran la generación y el uso de especies oxidantes, poderosas y poco selectivas, siendo el radical hidroxilo ($^{\circ}\text{OH}$) el principal agente oxidante ^[16]. Se basan fundamentalmente en la oxidación química del contaminante mediante un proceso en donde se forman radicales $^{\circ}\text{OH}$, los cuales son altamente reactivos y con baja selectividad. El método puede tener distintas variaciones como el uso de catalizadores, luz, ultrasonido o microondas, las cuales buscan incrementar la tasa de oxidación. El proceso Fenton (y foto-Fenton) es uno de los más promisorios y dentro de sus principales ventajas se destacan su gran capacidad potencial de llevar a cabo una profunda mineralización de los contaminantes orgánicos y la oxidación de los compuestos inorgánicos hasta dióxido de carbono e iones (cloruros, nitratos), su reactividad con la mayoría de compuestos orgánicos, hecho principalmente interesante si se quiere evitar la presencia de subproductos potencialmente tóxicos presentes en los contaminantes originales que pueden crearse mediante otros métodos, y la descomposición de los reactivos utilizados como oxidantes en productos inocuos ^[17].

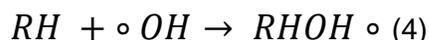
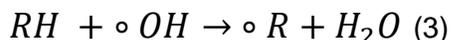
3.2.1.1 Proceso de oxidación Fenton

El proceso de oxidación Fenton fue descrito por primera vez en 1894 por Henry J. Fenton, cuando descubrió que el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) puede activarse con iones ferrosos para oxidar ácido tartárico ^[18]. Este proceso consiste en la adición de sales de hierro en presencia de H_2O_2 en medio ácido para la formación de radicales $^{\circ}\text{OH}$. A la combinación de H_2O_2 y sales de hierro se denomina reactivo Fenton (Ec. 1 y 2) ^{[19][20]}.

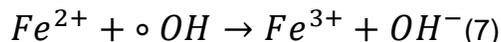




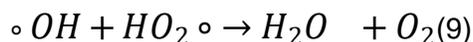
Además de formarse radicales $^\circ OH$, se generan radicales perhidroxilo (HO_2°), que inician una reacción de oxidación en cadena para eliminar la materia oxidable. Sin embargo, los radicales HO_2° presentan menor poder de oxidación que los $^\circ OH$ ^[21]. Éstos realizan mecanismos de reacción relacionados con abstracción de hidrógeno, adición a la estructura del contaminante, o transferencia de carga (Ec. 3, 4 y 5, respectivamente).



Debido a la acción oxidante de los radicales $^\circ OH$, el contaminante se deshidrogena, se hidroxila y se rompe la cadena carbonada, originándose ácidos orgánicos de cadena progresivamente cada vez más corta. En última instancia, el contaminante revierte a CO_2 , H_2O , e iones inorgánicos (combustión completa del contaminante o mineralización). Por su parte, los iones férricos (Fe^{3+}) resultantes (Ec. 1) pueden asimismo reaccionar con el H_2O_2 , lo que conduce a la regeneración del Fe^{2+} (Ec. 2)^[19]. La constante de velocidad de esta reacción tiene un valor de $0.01 \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$ aproximadamente^[20], por lo que se considera como la reacción limitante del proceso. Además, durante el sistema Fenton, puede ocurrir el consumo de radicales $^\circ OH$ ^{[19][21]}. Un exceso de H_2O_2 y/o de iones de hierro al inicio del proceso respecto de la cantidad de contaminante a tratar, limita la eficiencia del mismo (Ec. 6 y 7).



De igual modo, puede producirse la recombinación de radicales $^\circ OH$ y/o la reacción de éstos con radicales HO_2° , traduciéndose en la reducción del rendimiento del proceso Fenton (Ec. 8 y 9)^[19].



El hierro puede ser añadido en su forma ferrosa (Fe^{2+}) o férrica (Fe^{3+}), siendo ésta última conocida como proceso tipo Fenton. Las sales de hierro férricas suelen ser menos

utilizadas como consecuencia de la lenta generación de radicales $^{\circ}\text{OH}$ en las fases iniciales del proceso, ya que éste se iniciaría con la Ec. 2.

Es importante tener en cuenta que hay parámetros que pueden afectar el rendimiento del proceso tales como pH, temperatura, concentración del agente oxidante y catalítico, y tiempo de reacción.

Si bien la aplicación del proceso Fenton al tratamiento de aguas residuales industriales puede verse limitado por los altos requerimientos de reactivos como H_2O_2 y hierro, lo que implica un elevado coste operacional y una importante generación de lodos ^[25], al tratarse en este caso de un bajo volumen de efluente, este tipo de tratamiento podría resultar una alternativa adecuada y viable.

3.2.1.2 Concentración del agente oxidante y del catalizador

La cantidad de reactivos a utilizar depende del tipo del efluente a tratar. La dosis de H_2O_2 influye fundamentalmente sobre la eficacia del proceso mientras que la concentración de hierro afecta a la cinética ^{[18][26][20]}. Es importante señalar que el H_2O_2 precisa grandes cantidades de Fe^{2+} para su descomposición en radicales $^{\circ}\text{OH}$. Se esperaría que la velocidad de degradación de las moléculas orgánicas sea mayor a medida que aumenta la concentración del oxidante y del catalizador; sin embargo, grandes cantidades de H_2O_2 y de Fe^{2+} limitan el porcentaje de degradación del contaminante, ya que se favorecen las reacciones secundarias (Ec. 6-9) ^[20]. Si bien existen valores reportados sobre las concentraciones ideales de agente oxidante y catalizador, para obtener los valores óptimos se requiere una caracterización previa del efluente a tratar, ya que sustancias orgánicas complejas pueden requerir dosis de H_2O_2 altas, a pesar que los radicales $^{\circ}\text{OH}$ puedan oxidarlos de manera no selectiva ^[27]. Por lo tanto, dependerá de las características del efluente la relación adecuada entre $\text{Fe}(\text{II})$ y H_2O_2 para poder tener la condición más favorable de operación desde el punto de vista técnico, económico y medioambiental ^[20].

3.2.1.3 Influencia del pH y la temperatura

En el proceso Fenton, el pH es un parámetro muy importante para la eficiencia del tratamiento de aguas residuales ^[28], puesto que el valor de pH tiene un efecto decisivo sobre el potencial de oxidación de los $\bullet\text{OH}$ debido a la relación recíproca del potencial de oxidación al valor de pH ($E_0 = 2,8 \text{ V}$ y $E_{14} = 1,95 \text{ V}$) ^[29]. Un valor de pH alrededor de 3 resulta óptimo en la reacción Fenton, independientemente del sustrato que se analice ^[30]. A valores altos de pH, la tasa de producción de $\bullet\text{OH}$ se inhibe, y lo que es más, los iones Fe^{2+} precipitan en forma de

hidróxido y pierden su actividad catalítica ^[31]. Además, los iones ferrosos son inestables a valores de pH superior a 4.0 ^[32]. También hay que tener en cuenta que el peróxido de hidrógeno es inestable en solución básica, y por encima de pH 7 se descompone para dar oxígeno y agua ^{[33][32]}. Sin embargo, a valores de pH inferiores a 2.5, la reacción importante es difícil que se produzca; los iones Fe^{3+} no se pueden reducir en iones Fe^{2+} y la reacción catalítica se vuelve más lenta ^[34]. Como el pH tiende a variar durante el proceso, es importante controlar este parámetro continuamente.

Por otra parte, resulta interesante mencionar la influencia de la temperatura. Si bien el proceso Fenton puede ocurrir a temperatura ambiente, un aumento de ésta favorece la cinética de las reacciones de oxidación. Sin embargo, un gran incremento de temperatura puede disminuir la estabilidad del H_2O_2 , ya que aumenta la velocidad de degradación del H_2O_2 a O_2 y H_2O ^[35].

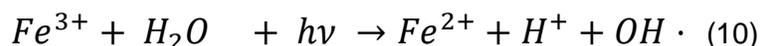
3.2.1.4 Tiempo de reacción

Desde un punto de vista económico, los altos tiempos de residencia no resultan viables. Por eso resulta necesario determinar experimentalmente el tiempo necesario para el proceso de tratamiento. Para esto pueden realizarse pruebas a diferentes concentraciones, primero variando la concentración del H_2O_2 y manteniendo fija la adición de Fe^{2+} , y luego variando la concentración de Fe^{2+} y dejando fija la del H_2O_2 , para obtener así el tiempo óptimo de reacción.

3.2.1.5 Proceso de Oxidación foto-Fenton

Otro tratamiento que puede resultar eficiente para efluentes que contienen pesticidas es el de oxidación por foto-Fenton. El mismo consiste en una versión más eficiente de la reacción Fenton mencionada anteriormente, donde se incluye la presencia de radiación UV. Aquí, se favorece la regeneración del Fe^{2+} (Ec. 10), y aumenta, al mismo tiempo, el número de radicales $^{\circ}OH$ generados.

Se incrementa la velocidad de formación de radicales $\bullet OH$ principalmente por la foto-reducción de $Fe(III)$ a $Fe(II)$, y se contribuye también a la regeneración del catalizador ferroso por la reducción de iones Fe^{3+} y la destrucción de complejos férricos, permitiendo de esta manera que el ciclo de reducción-oxidación continúe tanto tiempo como esté disponible el H_2O_2 en el medio reaccionante ^[36].



Este tipo de tecnología se utiliza usualmente cuando se requiere una alta reducción de la DQO. Generalmente se emplean lámparas de mercurio de media presión aunque, en algunos casos, es posible usar la radiación solar, lo que elimina el costo de la radiación UV.

3.2.1.6 Lodos del Proceso de Oxidación Fenton

Una vez completada la reacción Fenton, es necesaria la decantación de los lodos generados como resultado de la neutralización del efluente tratado para lograr su separación y que el mismo pueda seguir el tren de tratamiento. Diversos autores (Tekbas et al., 2008; Yong et al., 2012; Kallel et al., 2009) mencionan que dentro de los inconvenientes de los sistemas Fenton homogéneos se encuentra la producción de lodos, causados por la precipitación del hidróxido férrico. Éstos pueden implicar varios problemas debido a su naturaleza y al tratamiento que requieren antes de disponerlos. Si bien su tratamiento puede generar gastos económicos, si es el adecuado, se pueden obtener diversos beneficios como por ejemplo el uso de los mismos en la agricultura como mejoradores de suelo y/o para sustituir el uso de fertilizantes químicos ^[40].

3.2.1.7 Justificación del tratamiento de oxidación Fenton (Proceso de oxidación Fenton aplicados a pesticidas en laboratorio)

La reacción Fenton se considera una de las más eficaces respecto a la oxidación de contaminantes orgánicos, los cuales son degradados por los radicales hidroxilo generados a partir de H_2O_2 en presencia de Fe^{2+} como catalizador ^[41]. Se ha probado la eficacia de la oxidación avanzada en la destrucción de numerosos contaminantes orgánicos y, dentro de ellos, los pesticidas ^[42]. Este proceso de oxidación fue aplicado por distintos autores a distintos tipos de pesticidas y se obtuvieron resultados muy positivos.

Dentro de ellos se encuentran Muñoz *et al.* ^[43], quienes utilizaron 4-clorofenol a una concentración inicial 100 mgL^{-1} , donde se obtuvo una degradación total y su conversión en CO_2 y algunos ácidos de cadenas cortas. Sin embargo observaron que cuando la concentración de H_2O_2 se encontraba por debajo de la cantidad estequiométrica, o cuando las cantidades de Fe^{3+} utilizadas resultaban muy pequeñas, el COT resultante era significativamente mayor. Por otro lado, Sanchis *et al.* ^[44] estudiaron la degradación del diuron y la atrazine (27 mgL^{-1}) y el alaclor (180 mg.L^{-1}) mediante una combinación de la reacción Fenton con oxidación biológica. Variaron las dosis de H_2O_2 utilizadas entre un 20 y un 100 % de la cantidad estequiométrica relacionada con la DQO inicial, y como resultado se obtuvo un incremento importante en la

biodegradabilidad de los efluentes de alaclor y atrazine, trabajando a un 60 % de la estequiometría, mientras que para el caso del diuron solamente con un 40 % de la estequiometría se obtuvieron resultados similares. Oliveira *et al.* [44] llevaron a cabo otro estudio para analizar la degradación de CFVP, donde se fijaron las condiciones de la reacción Fenton, y se vio que el rol de la temperatura resultó de gran importancia: entre 10 y 70 C, donde el tiempo para la degradación total de la molécula disminuyó de 3 horas a solo 5 minutos y para el caso de la mineralización, después de 3 horas esta aumentó de un 5 % a un 35 %. Otro estudio llevado a cabo fue el de Chen *et al.* [45], quienes estudiaron la degradación del herbicida 2,4-D por el proceso Fenton heterogéneo utilizando como catalizador FeS, y obtuvieron que el herbicida se degrada eficientemente en un rango de pH entre 2,0 hasta 6,5, alcanzando la degradación total a pH 4,5 en un tiempo de 300 min y una mineralización de un 70,4 %. Como subproductos de degradación se identificaron el 2,4 -diclorofenol, la 2-clorohidroquinona, el 4,6-diclororesorcinol, la 2-clorobenzoquinona y un gran número de ácidos de cadenas cortas.

En base a la evidencia mencionada, se propone un tratamiento Fenton para el efluente industrial en estudio con el fin de disminuir su carga orgánica y eliminar los agroquímicos presentes. Sin embargo, cabe resaltar que, si se quisiera reducir la carga orgánica del efluente a un valor de vuelco permitido por la normativa mediante un proceso de oxidación química, representaría un costo muy alto que no permitiría que pueda ser llevado a cabo de forma rentable. Es por esto que la propuesta del tratamiento de oxidación Fenton se lleva a cabo mediante la combinación con un tratamiento biológico, ya que así se permite reducir los costos operacionales. Además, los procesos biológicos son los métodos más recomendados para efluentes que contienen sustancias orgánicas, sobretudo pesticidas. Sin embargo, estos tratamientos son más susceptibles a compuestos tóxicos que pueden inhibir la degradación por parte de los microorganismos [46]. Es por esto que resulta útil tratar inicialmente los residuos tóxicos mediante tecnologías de oxidación, generando así productos intermedios que resultan más fácilmente biodegradables para los microorganismos en una etapa posterior.

3.2.2 Coagulación y Flocculación

El proceso de coagulación–floculación consiste en añadir al agua residual determinados aditivos químicos con el objetivo de favorecer la sedimentación de materia coloidal no sedimentable, o aumentar la rapidez de sedimentación por la formación de flóculos [47]. La eliminación de estas partículas puede realizarse mediante la adición de compuestos químicos llamados coagulantes que logran la desestabilización en las partículas coloidales que están cargadas eléctricamente y presentan una doble capa eléctrica que le da estabilidad al sistema.

Los agentes coagulantes deben tener cargas positivas contrarias al ión determinante del potencial en la partícula en las aguas residuales. Éstas últimas, por lo general, están cargadas negativamente debido a la presencia de grupos COO^- y OH , o por la absorción en la superficie de iones por fuerzas de Van Der Waals ^{[48][49]}. A mayor carga, el agente químico tendrá mejores características coagulantes. En este punto, también se puede agregar otro agente químico (polímeros inorgánicos, sintéticos o naturales) llamado floculante, que promueve la formación de flóculos ^[50]. El proceso de floculación consiste en la aglomeración de las partículas para formar microflóculos y más tarde flóculos, que pueden sedimentarse fácilmente.

Entre las variables fundamentales que afectan el proceso se encuentran el tipo de coagulante, la dosis en que se emplea, el pH del medio y el tiempo de la agitación que se emplea en la mezcla del coagulante y el agua residual ^[51]. Dentro de los principales objetivos de este proceso fisicoquímico están el de evitar efectos tóxicos para la biomasa en el tratamiento secundario, evitar la acumulación de metales pesados en el barro biológico, evitar la toxicidad acuática en el efluente, y alcanzar niveles de vuelco permitidos.

Se plantea entonces que, para romper la estabilidad de las partículas coloidales y poderlas separar, es necesario realizar tres operaciones: la coagulación, la floculación y la decantación o flotación posterior ^[52].

3.2.2.1 Coagulación

La coagulación es un fenómeno de desestabilización de partículas coloidales que se lleva a cabo mediante la neutralización de sus cargas eléctricas que anulan las fuerzas repulsivas, o actuando sobre la hidrofilia de las partículas coloidales. Este proceso debe llevarse a cabo de forma rápida, por lo que se realiza en una cámara de coagulación donde se disponen agitadores mecánicos tipo turbina con un flujo radial, donde el líquido se mueve perpendicularmente al eje. Este tipo de turbinas poseen seis láminas cortas en un disco, y representan el mayor número de potencia. Es por esto que se utiliza para la coagulación, donde la mezcla entre el coagulante y el efluente debe ser rápida: debe ser inferior a 7 segundos, y los gradientes de velocidad deben estar comprendidos entre 300 y 1200 s^{-1} .

Entre los agentes coagulantes más utilizados por sus características fisicoquímicas, se encuentran el sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$), y el cloruro férrico (FeCl_3). El primero se utiliza mucho por su bajo costo y su gran disponibilidad, sumado a sus buenos resultados dentro del rango de pH recomendado por bibliografía (4,5-8). Sin embargo, la dosis requerida de agente coagulante debe obtenerse en experiencias de ensayos en laboratorio mediante pruebas *Jar test* con el efluente en estudio ^{[53][54]}.

3.2.2.2 Floculación

La floculación trata la unión entre los flóculos ya formados con el fin de aumentar su volumen y peso de forma que puedan decantar. Consiste en la captación mecánica de las partículas neutralizadas dando lugar a un entramado de sólidos de mayor volumen que puedan decantar debido a su peso. De esta forma, se consigue un aumento considerable del tamaño y la densidad de las partículas coaguladas, aumentando por tanto la velocidad de sedimentación de los flóculos.

Esto se lleva a cabo en una cámara de floculación que posee agitadores mecánicos tipo turbina de flujo axial con láminas conectadas al eje e inclinadas a 45°, con una distribución uniforme de gradientes de velocidad sobre todo en el tanque, y que mueven el líquido paralelamente al eje del agitador. Aquí la mezcla es lenta, con gradientes de velocidad de entre 10 y 70 $\frac{1}{s}$, y el tiempo de contacto varía entre 20 y 30 minutos.

Los floculantes consisten en macromoléculas de cadenas largas obtenidas de la asociación de monómeros sintéticos, algunos de los cuales tienen grupos ionizables y cargas eléctricas. Se clasifican en aniónicos (usualmente acrilamidas y copolímeros de ácido acrílico), neutros (básicamente poliacrilamidas) y catiónicos (copolímeros de acrilamida y monómeros catiónicos) ^[50]. Para este tipo de polielectrolitos, se debe considerar la toxicidad del producto, por ejemplo, los monómeros acrílicos son tóxicos al sistema nervioso y pueden estar presentes en los productos comerciales ^[48].

3.2.3 Sedimentación

La sedimentación es el proceso natural por el cual las partículas más pesadas que el agua que se encuentran en su seno en suspensión son removidas por la acción de la gravedad^[55]. Los sedimentos son material particulado que durante un tiempo determinado sufren el proceso de decantación y posterior acumulación de dicho material particulado, y se convierte así en el material removido, ya sea artificial o naturalmente del líquido. Estas impurezas pueden encontrarse en las aguas según tres estados de suspensión en función de su diámetro:

- a) Suspensiones hasta diámetros de 10^{-4} cm.
- b) Coloides entre 10^{-4} y 10^{-6} cm.
- c) Soluciones para diámetros aún menores de 10^{-6} cm

A su vez, el tipo de sedimentación puede dividirse en cuatro clases:

Sedimentación tipo I: Es aquella que tiene una baja concentración de material particulado, y que además su tendencia es a decantarse de manera independiente, y nunca presenta interacción o tendencia sedimentaria entre partículas^[56].

Sedimentación tipo II: En este tipo de sedimentación intervienen partículas floculentas. Sin embargo, la concentración de sólidos en suspensión es mayor a 500 mg/l, por lo que se produce una gran interacción entre las partículas. Por lo tanto, los sólidos en suspensión no se comportan como partículas aisladas, sino que actúan como una sola masa de sólidos^[56].

Sedimentación tipo III: Se conoce como sedimentación retardada y se caracteriza principalmente porque las mismas partículas se obstaculizan entre sí retardando la decantación, por lo general las partículas tienen diferentes tamaños. Este tipo de sedimentación se ve habitualmente en fuentes hídricas naturales y lagunas a las que le llega una gran cantidad de material particulado para su respectiva decantación ^[56].

Sedimentación tipo IV: La característica fundamental de este tipo de sedimentación es la gran concentración de material particulado generando una mayor precipitación de dicho material y posterior compactación de manera que garantice la mayor eliminación de aire en una sedimentación ^[56].

A continuación de aquellos procesos que requieren agentes químicos que luego deben ser removidos por sedimentación, es necesaria la implantación de un sedimentador primario. Estas unidades de proceso permiten la separación de los barros generados una vez completadas las reacciones de las aguas clarificadas. Éstos pueden ser rectangulares o circulares, de alta o de baja carga, de flujo horizontal o vertical, y poseen cuatro zonas:

Zona de entrada: Los sólidos en suspensión se dispersan uniformemente a través de la sección transversal del sedimentador.

Zona de sedimentación: Tiene lugar el proceso de sedimentación

Zona de salida: El líquido clarificado se colecta a través de toda la sección transversal y se transporta hacia el conducto de salida.

Zona de barros: Se acumulan los sólidos separados durante el proceso

En la zona de sedimentación se establece un flujo pistón en el cual la masa líquida se traslada de un punto a otro con una velocidad horizontal constante. Una partícula quedará entonces removida, es decir que alcanzará la zona de lodos, cuando tenga una velocidad de caída tal que, si entra a la zona de sedimentación a nivel con la superficie del líquido, sale de ella cuando la lámina de agua que la transporta pasa de la zona de sedimentación a la zona de salida.

Existen distintas variables que pueden afectar a la sedimentación tales como la existencia de corrientes de densidad térmica, la concentración de sólidos en el líquido, la acción del viento, o alteraciones en la entrada o salida del sedimentador.

3.2.4. Lodos

Una vez completada la sedimentación, deben purgarse los lodos acumulados en el fondo del sedimentador durante el proceso, en donde las partículas fueron comprimidas mediante un proceso llamado espesamiento por gravedad que se da debido al peso de las partículas que se encuentran por encima, y por consiguiente se concentran los sólidos. Sus características varían según su origen, y poseen un alto contenido de líquido (entre un 97 a 99%).

Antes de disponerlos, será necesario reducir su volumen y su contenido de humedad para facilitar su manejo. Para lograr concentrar los lodos se pueden desaguar y/o secar, lo que consiste en remover el agua libre mediante métodos físicos que buscan extraer la mayor cantidad de agua posible, quedando así los lodos con un contenido de sólidos mayor al 15%. Para secar lodos se requiere el uso de la fuerza de gravedad, de evaporación, de vacío, de la fuerza centrífuga, de presión, de acción capilar, o de una combinación de las anteriores. Esto se logra mediante lechos de secado de arena, lagunas, filtros al vacío, centrifugas, filtros prensa o filtros de presión.

Se requiere una adecuada gestión de los lodos, buscando minimizar su generación y tratarlos y disponerlos de forma adecuada, ya que en la mayoría de los casos no pueden recircularse ni reutilizarse.

Otro aspecto a tener en cuenta es el costo de la disposición final de los lodos, por lo que se requiere un análisis del tipo y volumen de los lodos que se generarán en cada una de las alternativas propuestas.

3.3. Tratamiento primario: Efluente cloacal + Efluente industrial

Una vez que el efluente industrial atravesó las etapas del tratamiento primario inicial y redujo su carga orgánica inicial, se encuentra listo para mezclarse junto con el efluente cloacal y continuar el tratamiento primario en conjunto. A continuación se describen las unidades de proceso que atravesarán los efluentes en conjunto.

3.3.1 Ecuilizador

El objetivo principal de la cámara de ecualización es el de nivelar la temperatura, el pH, la carga orgánica y el caudal del efluente. Aquí llega el efluente industrial proveniente de las

aguas de lavado de los tanques al finalizar su tratamiento primario, y el efluente cloacal luego de atravesar un sistema de rejillas. Ambos efluentes confluyen dentro de esta unidad de proceso y se busca que se homogenice la mezcla dentro de la misma. La homogeneización de caudales en el tratamiento de aguas residuales presenta como ventaja la mejora del tratamiento biológico posterior debido a la eliminación o disminución de efectos causados por cargas bruscas a causa de la dilución de sustancias inhibitorias y estabilización del pH ^[13]. Además, esta unidad de proceso permite que se establezca un caudal de salida constante a pesar de que los caudales de ambos efluentes, industrial y cloacal, no lo sean, permitiendo dimensionar y trabajar con un caudal de salida constante.

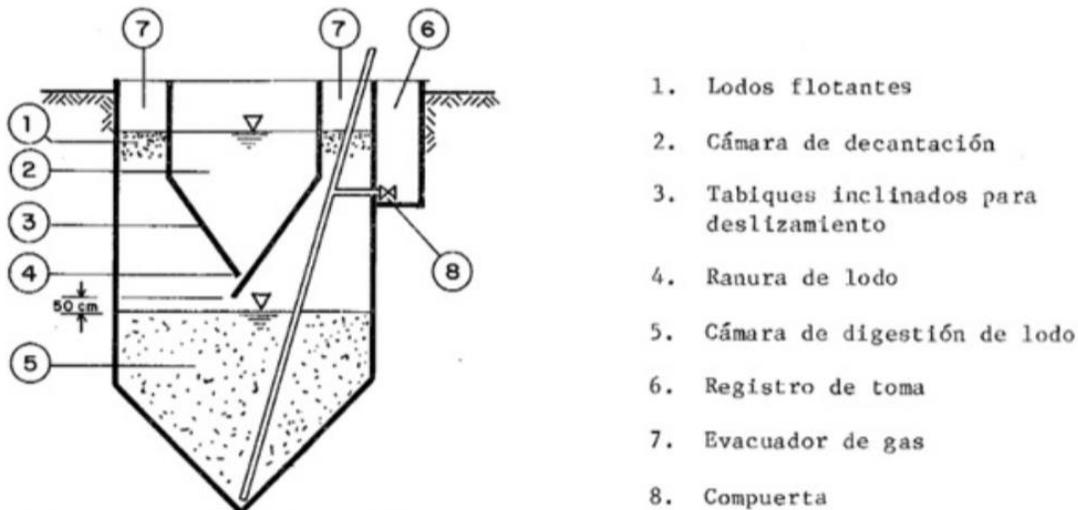
El efluente cloacal ingresa a esta unidad desde un pozo de bombeo gradualmente. El efluente industrial se incorpora gradualmente mediante bombeo cinco veces al día durante cuatro de los días de operación en períodos de 5 minutos hasta verter todo el efluente semanal generado. Esta unidad se compone de un tanque cilíndrico con un agitador mecánico para permitir la mezcla dentro del mismo. El efluente continúa por bombeo hacia la siguiente unidad de proceso mediante un caudal continuo.

3.3.2 Tanque imhoff

El tanque imhoff es una unidad de tratamiento primario cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos. Para comunidades de 5000 habitantes o menos, los tanques imhoff ofrecen ventajas para el tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que integran la sedimentación del agua y la digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad, por ese motivo también se les llama tanques de doble cámara ^[57]. Suelen construirse enterrados, y dentro del mismo existen tres compartimentos principales: la cámara de sedimentación en la parte superior, la cámara de digestión de lodos en la parte inferior, y el área de ventilación y acumulación de grasas. El agua entra a la cámara de sedimentación, donde los sólidos se asientan y descienden lentamente por un tabique inclinado para deslizamiento, hasta que alcanzan la ranura de lodo y pasan a la cámara de digestión de lodo donde se acumulan y se digieren lentamente ^[58].

En este tratamiento ocurren procesos tanto físicos como químicos. Por un lado se separan los sólidos sedimentables por acción de la gravedad y se acumulan en el fondo del tanque, y por otro lado se separan los flotantes, los aceites y las grasas acumulándose en la superficie. También ocurren procesos biológicos en los sólidos acumulados en el fondo, donde se generan reacciones de degradación anaerobia por parte de los microorganismos y se

produce la liberación de biogás (metano y dióxido de carbono principalmente) ^[58]. En la Figura 3.3.2.1 se observa un esquema de un tanque Imhoff.



Fuente: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/022518/022518-18.pdf>

Figura 3.3.2.1: Esquema de tanque Imhoff. Fuente: Organización Panamericana de La Salud

El efluente entra por la tubería de entrada y puede dirigirse a través de las cámaras de sedimentación en cualquier sentido. Una vez depositados los sólidos sedimentables, las aguas salen clarificadas por el canal de salida (en la dirección opuesta a la entrada). Los sólidos se sedimentan deslizándose por las superficies lisas de las paredes inclinadas, atravesando la ranura de 0.5 cm (hacia abajo), para depositarse en la cámara de digestión, donde permanecen alrededor de cuarenta días, o hasta que sean bien digeridos. El fondo de la cámara de digestión tiene forma de pirámide invertida con el fin de facilitar la extracción de los lodos una vez digeridos. Las tolvas poseen paredes con una inclinación de entre 30° y 40°. Existen distintas variaciones de la cantidad y dimensión de las mismas:

- Una sola tolva con las dimensiones superiores iguales a la cámara superficial del tanque Imhoff
- Una línea de tolvas en serie donde cada una tiene con ancho igual al ancho efectivo del tanque y donde la suma de las longitudes de todas ellas es igual al largo de la cámara superficial (cuando hay una cámara sedimentadora)
- Dos líneas de tolvas en serie donde cada una tiene un ancho igual a la mitad del ancho efectivo, y donde la suma de la longitud de todas ellas es igual al largo total de la cámara superficial (cuando hay dos cámaras sedimentadoras)

Los gases provenientes de la digestión suben por las ventosas de gas debido a que las paredes solapadas impiden su paso a través de las cámaras de sedimentación, asegurando así

mejor rendimiento. Los sólidos digeridos se extraen bajo carga estática mediante una tubería de lodos, por lo que para la remoción se requerirá de una carga hidráulica mínima de 1,80 m. El tiempo de vaciado del lodo se debe determinar durante la puesta en marcha del sistema ^[58], pero dado que en el fondo del compartimento se mezclan lodos frescos y lodos digeridos, el intervalo de tiempo entre extracciones de lodos sucesivas deberá ser por lo menos el tiempo de digestión, a excepción de la primera extracción en la que se deberá esperar el doble de tiempo de digestión ^[57].

Este tipo de tanques se utilizan principalmente para flujos de aguas residuales de viviendas o mixtas, que tengan un equivalente poblacional de 50 a 20 000 habitantes, y puede utilizarse tanto en climas fríos como cálidos. Por otro lado, es una buena opción para tratamiento primario si se le dará un tratamiento posterior. Sin embargo, los pocos gases que se producen pueden generar olores localmente.

Estas unidades no cuentan con unidades mecánicas que requieran mantenimiento y la operación consiste en la remoción diaria de espuma, en su evacuación por el orificio más cercano, y en la inversión del flujo por lo menos dos veces al mes con el fin de distribuir los sólidos de manera uniforme en los dos extremos del digestor y retirarlos periódicamente ^[60]. Los respiraderos de gas también deben limpiarse diariamente, si fuera necesario.

En la Tabla 3.3.2.1 se describen los rendimientos promedio de este tipo de tratamiento en referencia a los sólidos suspendidos y la DQO.

Tabla 3.3.2.1: Rendimiento promedio de tratamiento de tanques Imhoff. Fuente: Tilley *et al* (2018) ^[61]

Parámetro	Reducción (%)
Sólidos Suspendidos Totales	50-70
DQO	20-50

Este tipo de tanques tiene numerosas ventajas asociadas:

- + La separación sólido-líquido y la estabilización de lodos se combinan en una sola unidad.
- + Resistente ante cargas de choque orgánicas.
- + Requiere un terreno pequeño.
- + El efluente no es séptico (poco mal olor).
- + Bajos costos de operación.
- + Contribuye a la digestión del lodo, produciendo un líquido residual de mejores características

Sin embargo presenta algunas desventajas que deberán ser tenidas en cuenta a la hora del diseño:

- Infraestructura muy alta (o profunda); la profundidad puede ser un problema si la capa freática es alta.
- Requiere experiencia en diseño y construcción.
- Baja reducción de patógenos.
- El efluente, el lodo y la espuma requieren tratamiento adicional.

3.4. Tratamiento secundario

El tratamiento secundario de las aguas residuales consiste en la reducción de los compuestos orgánicos solubles presentes en el efluente luego del tratamiento primario mediante procesos exclusivamente biológicos. Los microorganismos tienen la capacidad de asimilar la materia orgánica y los nutrientes presentes en el agua para su propio crecimiento. Al reproducirse, forman agregados que, al alcanzar una masa crítica, decantan y así es posible separar la biomasa del sobrenadante. Los tratamientos biológicos de esta categoría tienen una eficiencia de remoción de la DBO de entre el 85% al 95% [62].

Los microorganismos pueden llevar a cabo este proceso en presencia de oxígeno, o bien en ausencia total de éste, dando lugar entonces a dos sistemas de tratamiento biológico diferenciados: aeróbico y anaeróbico. Dentro de los tratamientos biológicos anaerobios, las principales ventajas que resultan atractivas para el tratamiento del efluente en estudio son su bajo consumo eléctrico, la baja producción de barros, el pequeño espacio que ocupa el reactor y sus bajos costos de mantenimiento y operación. Sin embargo, cabe mencionar que el comienzo del proceso es lento, y el proceso es sensible a la presencia de compuestos tóxicos. Dentro de los tratamientos biológicos aerobios, como ventajas existe la conversión de la materia orgánica en dióxido de carbono, biomasa (lodo) y agua, la gran eficiencia del metabolismo aerobio para la degradación del material orgánico, y la eficiencia del tratamiento en sí, que puede llegar a superar el 95% en términos de remoción de DBO.

3.4.1 Lodos activos

El objetivo de esta unidad de proceso es afinar el tratamiento anaerobio previo y disminuir la carga orgánica para alcanzar los valores de vuelco permitidos por la normativa. Se trata de un reactor biológico aireado mediante difusores de aire donde se hace pasar el líquido residual y se pone en contacto con un cultivo bacteriano aerobio en suspensión que se encarga de la depuración natural del efluente. Los difusores están conectados a sopladores de aire que

proporcionan el oxígeno requerido para estabilizar la materia orgánica. Tras un período determinado de tiempo, la mezcla de las nuevas células de los microorganismos con las viejas se conduce a un tanque de sedimentación secundario donde las células y las partículas en suspensión se separan del agua residual tratada mediante su sedimentación y se asientan en la tolva del sedimentador secundario. Una parte es recirculada para mantener la concentración deseada de microorganismos en el reactor, mientras que otra es purgada del sistema.

El empleo de lodos activados ofrece una alternativa eficiente para el tratamiento de aguas residuales ya que poseen una gran variedad de microorganismos capaces de remover materia orgánica, patógenos y nutrientes, razón por la cual resulta un método ideal para tratar aguas residuales domésticas y municipales [63][64][65]. A continuación en la Figura 2.4.1.1 se muestra un esquema del proceso de lodos activados convencional.

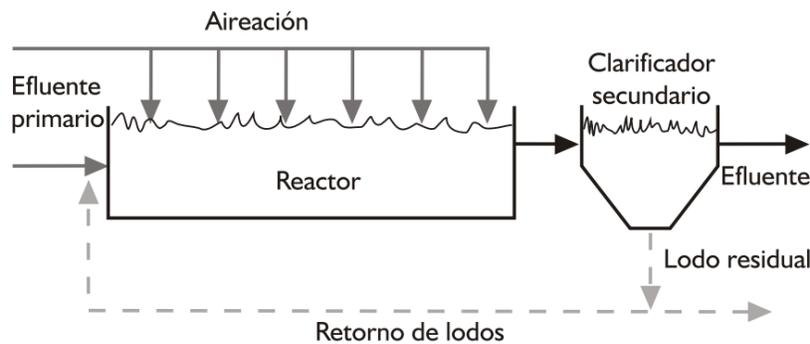


Figura 2.4.1.1: Esquema del proceso de lodos activado convencional. Fuente: Metcalf & Eddy (1995).

La fracción de lodos acumulados en el fondo del sedimentador secundario debe ser purgada periódicamente. La misma puede recircularse hacia el tanque Imhoff, donde se puede completar su proceso de degradación en conjunto con los lodos anaerobios. Una vez completado el proceso, los mismos se retiran y se neutralizan. Finalmente, se completa su tratamiento mediante deshidratación y posterior disposición final.

3.5. Tratamiento terciario

Al tratarse de un efluente que se vuelca en un cuerpo de agua superficial, es necesaria su desinfección antes de verterse al medio. Es por esto que se realiza un tercer tratamiento al agua residual que tiene por objetivo la destrucción selectiva de organismos causantes de enfermedades.

3.5.1 Cámara de cloración

Al abandonar el sedimentador secundario, el efluente es conducido por gravedad a una cámara de contacto laberíntica donde se llevará a cabo su desinfección empleando como agente desinfectante hipoclorito de sodio. Esta unidad de proceso garantiza el tiempo de contacto necesario para permitir la acción bactericida del cloro con un máximo de eficiencia, y logra garantizar que la dosis de cloro aplicada permita una disminución de la la concentración de coliformes a un valor de 500 mg/ 100 ml, tal como lo indica la normativa.

Se ubica el difusor de cloro al inicio de la cámara previo al resalto hidráulico, con el fin de promover una mezcla interna entre el cloro y el agua. Se busca obtener el máximo rendimiento hidráulico, por lo que se aproxima el tiempo real de residencia al tiempo nominal con un mínimo de espacios muertos y con un flujo de características próximas al ideal-flujo de pistón.

3.6 Tratamiento de lodos

Se propone un tratamiento de los lodos generados en la planta, tanto de los industriales provenientes del tratamiento de oxidación Fenton, como los biológicos generados en el sedimentador secundario del proceso de lodos activados y en el tanque Imhoff. Los mismos serán deshidratados mediante un filtro prensa.

El filtro prensa es un equipo destinado a la deshidratación de lodos previamente espesados. Se utiliza para separar grandes volúmenes de sólidos y líquidos por medio de una filtración por presión, y su capacidad permite deshidratar sólidos hasta obtener un 65% por peso de los lodos compactados ^[66].

Los filtros prensa están formados por una cabeza móvil que ejerce presión entre las placas y otro fijo por el que penetra el líquido fangoso a una determinada presión. Entre ambos se sitúan las cámaras, formadas por placas y marcos, o por placas con cámara incorporada. Los lodos previamente decantados y con una concentración del 40-50% de sólidos se bombean al filtro prensa mediante una bomba que va aumentando progresivamente la presión de alimentación hasta conseguir la presión de filtración. Las placas se cubren con tejidos filtrantes, que en los marcos de las mismas hacen de juntas de estanqueidad y en el centro forman un conjunto de espacios huecos, que se alimentan con la suspensión a filtrar mediante una bomba. Mediante un dispositivo de cierre hidráulico se mantienen en compresión las placas merced al cabezal móvil, mientras a través del cabezal fijo se inyecta a presión el líquido que discurre entre las placas a través de un hueco central abierto en las mismas, formándose un conducto continuo por el que la solución fangosa va filtrándose a las cámaras, formando el

volumen de las tortas. El agua filtrada pasa a través de unos orificios de drenaje previstos en la parte inferior de las placas y es evacuada individualmente en cada placa hasta un canal exterior de recogida. A medida que se va secando la torta de fango, el caudal de filtrado disminuye hasta un mínimo, y ahí en ese momento es cuando se interrumpe la bomba y por lo tanto el flujo. Una vez despresurizado el sistema, el cilindro de presión se desplaza al espacio libre creado por la carrera de apertura, separándose las placas, se acciona un motor que hace girar un sistema de transporte de placas con la acción de pinzas y cadenas, las cuales actúan sobre las manguetas de las placas filtrantes colaborando a que la torta se desprenda totalmente ^[67].

3.6.1 Lodos industriales

Los lodos industriales corresponden a los lodos de hierro generados a partir del ajuste de pH que se realiza luego del período de oxidación para finalizar la reacción Fenton. En esta etapa, el hierro disuelto precipita como un lodo que contiene principalmente hidróxido férrico. Debido a la adsorción de residuos orgánicos del efluente, este lodo se considera peligroso y requiere tratamientos adicionales y una eliminación de manera adecuada ^[68]. Por lo tanto, estos lodos son purgados del sistema para su tratamiento mediante el filtro prensa. Allí, el lodo pasa a través de la malla filtrante donde se remueve el exceso de humedad y los sólidos quedan retenidos. El agua recuperada es recirculada al sistema Fenton y tratada en conjunto con el efluente industrial. Los sólidos se almacenan en tanques apropiados por tratarse de residuos peligrosos, y deben ser recolectados por operadores autorizados.

3.6.2 Lodos biológicos

Cuando un agua residual, urbana o industrial se somete a un proceso de aireación durante un periodo de tiempo determinado, su contenido de materia orgánica se reduce, formando un lodo floculento, conformado por una población heterogénea de microorganismos ^[69].

Estos lodos biológicos, pueden someterse a una digestión anaeróbica dentro del tanque Imhoff con el fin de obtener un producto final aséptico. Así, los materiales de descomposición del lodo pasan por distintos procesos: licuefacción, gasificación y mineralización, obteniéndose un producto final inerte con liberación de gases. Los fangos se conducen entonces hacia el tanque Imhoff, donde se mezclan con los barros anaeróbicos presentes y se genera la digestión anaeróbica. Luego, son purgados y conducidos a un tanque de neutralización donde

se medirá su pH y se procederá a su estabilización. Durante este proceso, se les añade suficiente cal viva (CaO) para elevar su pH por encima de 12, condiciones a las cuales los microorganismos no mantienen sus funciones metabólicas, y así se evitan malos olores, vectores infecciosos y se elimina su potencial de putrefacción [70].

Una vez estabilizado, se bombea mediante cañerías hacia las cámaras del filtro prensa, donde se procederá a su filtración. El líquido recuperado será reconducido al sedimentador secundario, y los sólidos serán almacenados y recolectados para su disposición final.

3.7 Cámara de muestreo y medición de caudal

En base a lo mencionado en la Resolución 607/12 de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, es necesaria la construcción de una cámara de toma de muestras y medición de caudales (CTMYMC) destinada al ejercicio de las funciones de fiscalización de la autoridad de aplicación de acuerdo a las especificaciones enunciadas en los documentos de la resolución. La misma estará ubicada formando nicho interno en el predio, pero con acceso libre externo.

En la Figura 3.7.1 se detallan las dimensiones que deberá adoptar la cámara según el caudal.

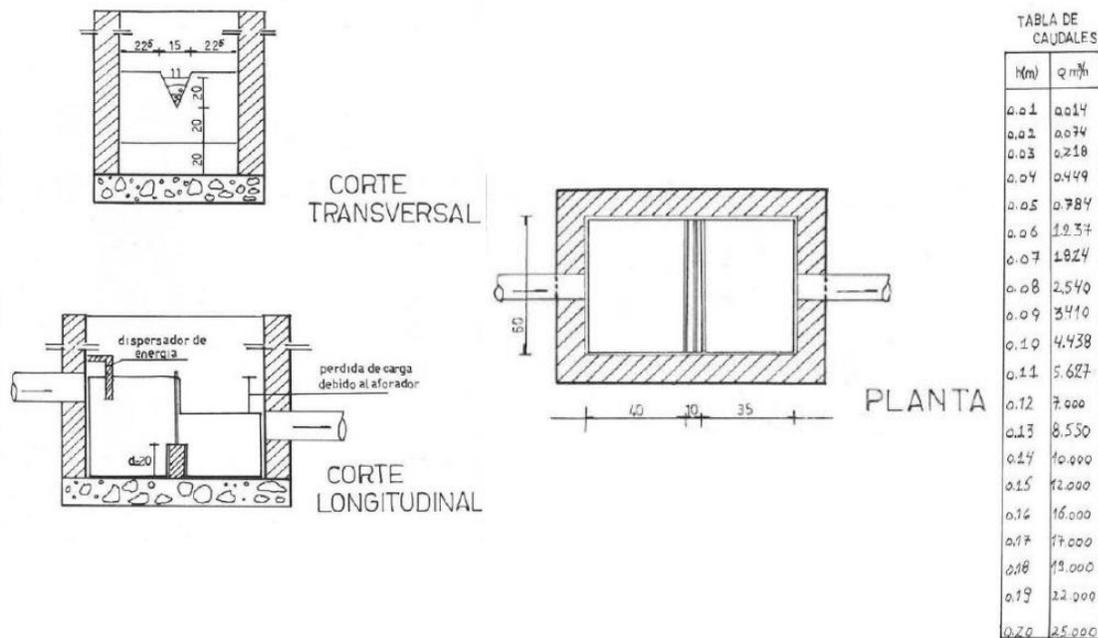


Figura 3.7.1: Esquema de cámara para extracción de muestras y medición de caudales para líquidos industriales.

Fuente: Resolución N° 607/2012

3.8 Análisis comparativo del tratamiento primario del efluente industrial

Se presentaron dos alternativas de tratamiento primario para los efluentes provenientes del lavado de los tanques de formulación de pesticidas. Por un lado un tratamiento por Procesos de Oxidación Avanzada, y por el otro un tratamiento de coagulación y floculación. Para seleccionar el más óptimo para el caso en estudio se deben tener en cuenta como principales criterios optar por el sistema más eficiente en cuanto a la reducción de la carga contaminante del efluente, el que presente menor costo de operación, el que presente mejor disponibilidad de los recursos necesarios, y tener en cuenta tiempo de tratamiento requerido.

Los Procesos Avanzados de Oxidación son aplicados generalmente en pequeña o mediana escala, especialmente en donde los métodos convencionales pierden eficiencia, y cuando es necesario remover sustancias potencialmente tóxicas y nocivas tanto inorgánicas como orgánicas para satisfacer los requerimientos establecidos para los tratamientos de aguas residuales. Suelen resultar más costosos que los convencionales ^{[71][72]}.

A partir del análisis de antecedentes, se realizará un análisis FODA que permita exhibir las ventajas, desventajas, oportunidades y amenazas que presenta cada una de las dos alternativas propuestas. Esto servirá como apoyo para la selección de una de las opciones. Ambos análisis se presentan en las figuras 3.7.1 y 3.7.2.



Figura 3.7.1: Análisis FODA del sistema de tratamiento con un proceso de oxidación Fenton



Figura 3.7.2: Análisis FODA del sistema de tratamiento con un proceso coagulación y floculación

Del análisis realizado se puede ver que ambas alternativas de tratamiento podrían ser viables para cumplir con la reducción de la carga orgánica. Sin embargo, para determinar cuál de las dos resulta óptima, deben llevarse a cabo ensayos de laboratorio que provean información sobre la respuesta del efluente a las distintas alternativas de tratamiento. A continuación, se realiza un análisis detallado de estos resultados, y se tienen en cuenta todos los criterios de comparación listados para determinar la elección del sistema de tratamiento final propuesto para el efluente en estudio y optar por la mejor alternativa.

3.9 Diagrama de flujo y esquema de las posibles plantas de tratamiento

A continuación se detalla en las Figuras 3.8.1 y 3.8.2 el diagrama de flujo para ambas plantas propuestas, y en las Figuras 3.8.3 y 3.8.4 los esquemas de las plantas de tratamiento propuestas.

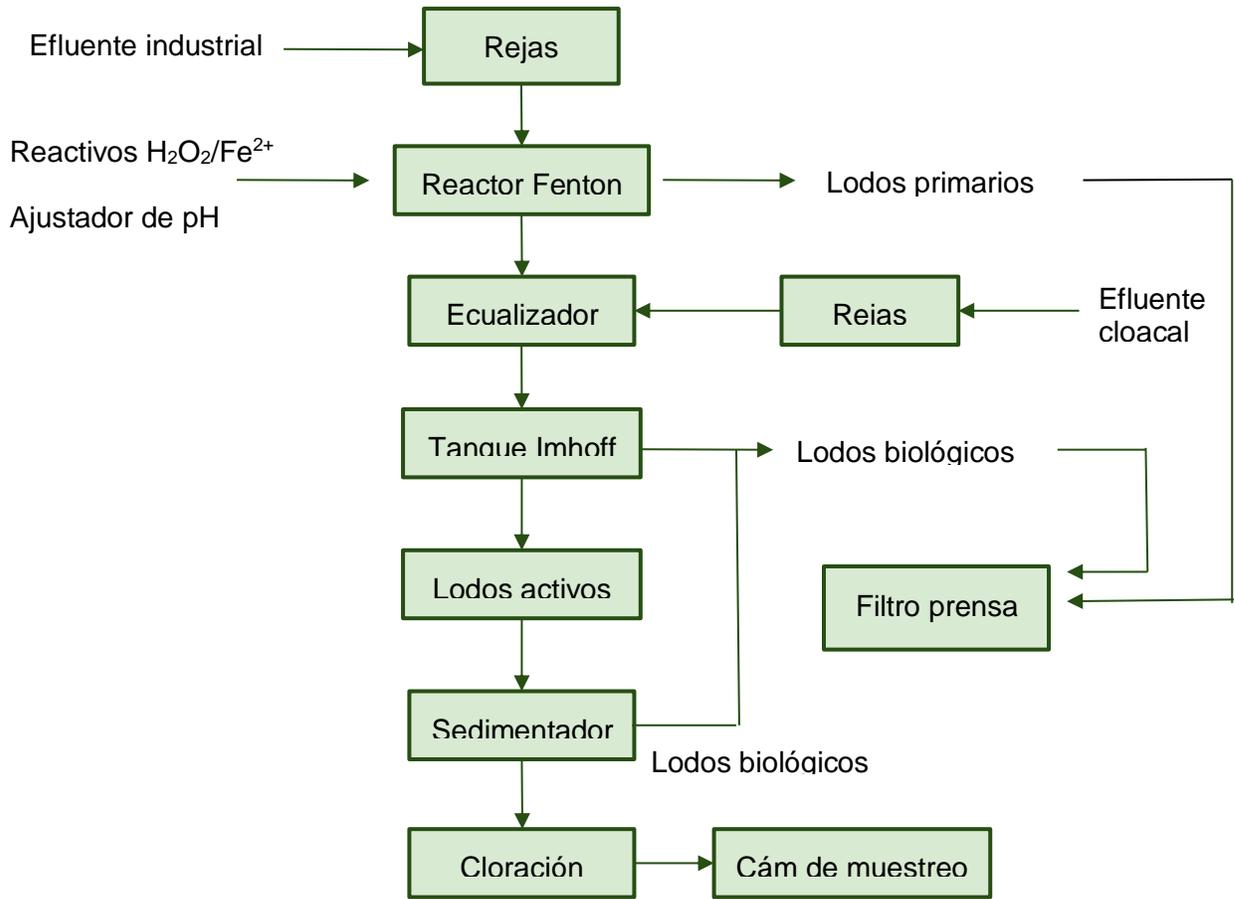


Figura 3.8.1: Diagrama de flujo. Tratamiento Fenton. Fuente: Elaboración propia

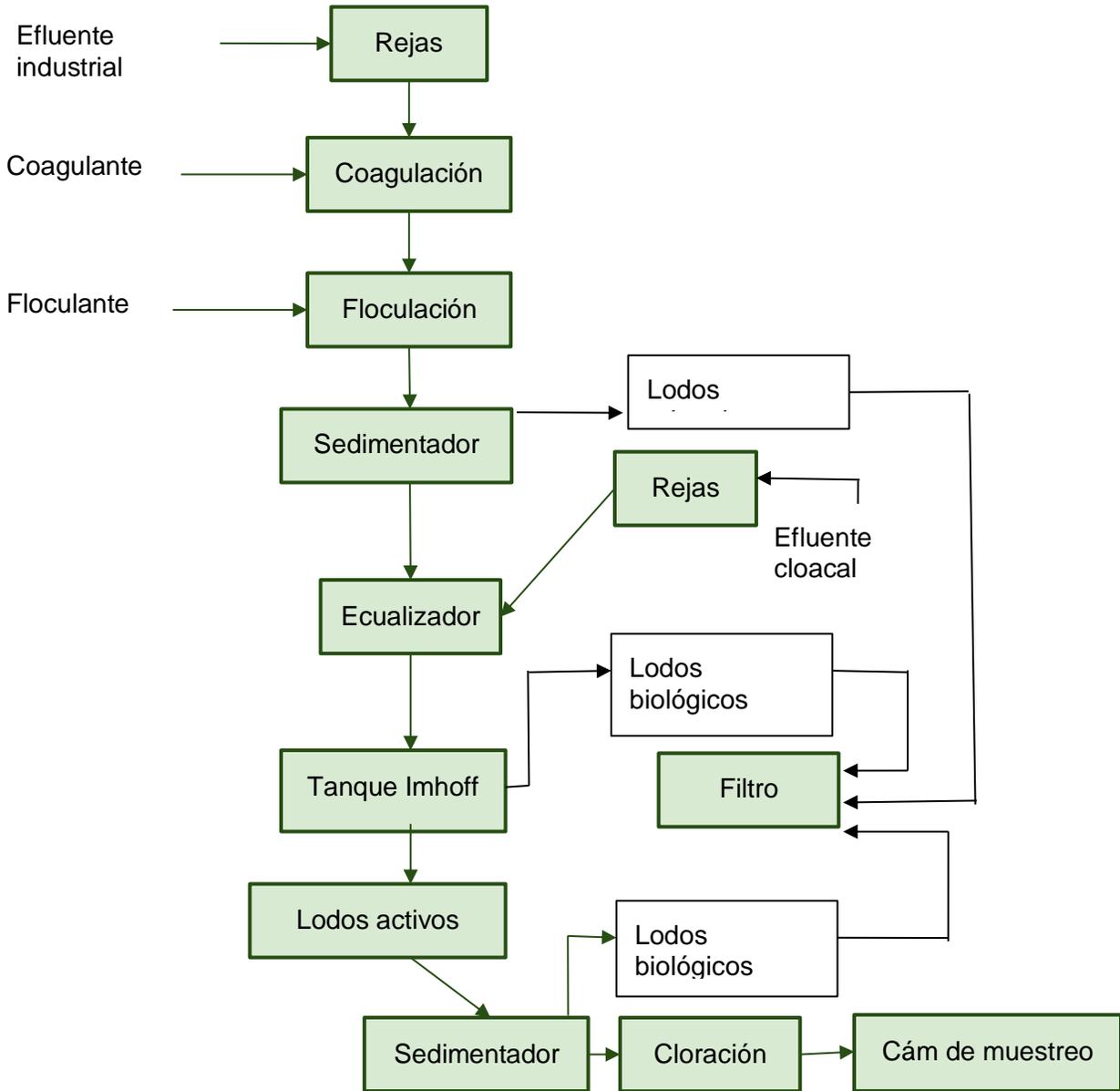


Figura 3.8.2: Diagrama de flujo. Tratamiento Coagulación-Floculación. Fuente: Elaboración propia

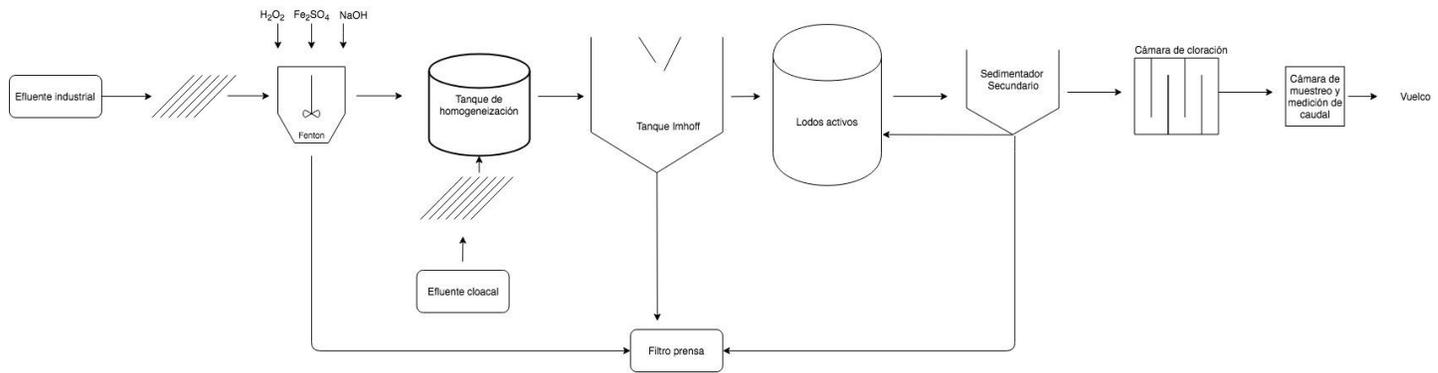


Figura 3.8.3: Esquema de la planta de tratamiento Fenton. Fuente: Elaboración propia

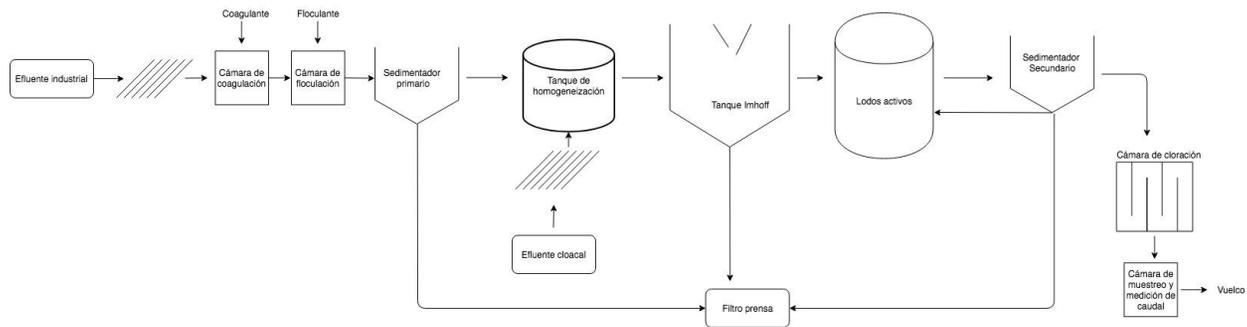


Figura 3.8.4: Esquema de la planta de tratamiento Coagulación-Floculación. Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA, RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS EN LABORATORIO. SELECCIÓN DEL TREN DE TRATAMIENTO

Para poder determinar el tren de tratamiento más eficiente y las condiciones óptimas de operación del sistema, resulta necesario realizar una caracterización del efluente en el laboratorio. Una vez caracterizado y, a partir de los resultados obtenidos, deben llevarse a cabo distintos ensayos para determinar el tratamiento más adecuado y eficiente para el efluente en estudio. A partir de los resultados obtenidos, se determina el tratamiento óptimo para poder luego dimensionar las distintas unidades de operación del tren de tratamiento.

Se obtuvo una muestra de 20 litros de las aguas residuales del lavado de un tanque de formulación donde se produce una suspensión concentrada de un fungicida cuyo principio activo es el Fluazinam con una concentración del 50%. Se trató de un muestreo puntual provisto por la empresa en estudio. La misma fue recibida y almacenada en un bidón limpio de polietileno de alta densidad, y fue conservada a temperatura ambiente hasta el comienzo de los ensayos en laboratorio, sin el agregado de ningún preservante químico. Se considera que la muestra recolectada es representativa de todos los lavados de los tanques de formulación que se realizan mensualmente en la empresa.

Para la caracterización de la muestra se emplearon metodologías estandarizadas para la medición de cada parámetro fisicoquímico, y todos los equipos de medición fueron calibrados previamente. Las metodologías y equipos empleados se describen en la Tabla A.4.1 del Anexo I.

4.1 Caracterización del efluente

Para la caracterización inicial del efluente se determinaron los siguientes parámetros: pH, DQO, COT, conductividad eléctrica, color, turbidez, y sólidos suspendidos totales. No se analizaron otros parámetros regulados en la normativa para límites de vuelco en desagüe pluvial ya que no se esperaba la presencia de los mismos.

El efluente presentaba un color amarillento, un leve olor y una elevada turbidez. En la Tabla 4.1.1 se muestran los resultados obtenidos a partir de la caracterización inicial del efluente en el laboratorio. Se puede observar que los valores de DQO, de sólidos suspendidos totales y de pH se encuentran por fuera de los límites de vuelco permitidos por la normativa presentados en la Tabla 2.4.6.1.

Tabla 4.1.1: Caracterización inicial del efluente

Parámetro	Unidad	Valor	Límite permitido
Color (Dilución 1:10)	(Pt-Co)	163	
Carbono Orgánico Total (COT)	mg C/l	26,45	
Conductividad Eléctrica	(μ S/cm)	1140	
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /l	10 596	≤ 250
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	169,5	≤ 35
pH	UpH	5,07	6,5-10
Turbidez (Dilución 1:10)	(NTU)	1437	

4.2 Tratamientos del efluente

Se realizaron distintos ensayos para analizar el tratamiento del efluente más eficiente: coagulación y floculación, Fenton y foto-Fenton. Con los resultados obtenidos se determinó el tratamiento más eficiente desde el punto de vista económico y ambiental para llevar a cabo el diseño y dimensionamiento de la planta.

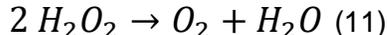
4.2.1 Tratamiento Fenton

4.1.2 Determinación de la dosis óptima de los reactivos

4.1.2.1 Concentración de H₂O₂

La cantidad de agente oxidante es una variable determinante en la eficacia del proceso y resulta de gran importancia determinar la dosis adecuadamente, ya que concentraciones muy elevadas pueden dar lugar a la degradación del mismo por parte de los radicales hidroxilo [73] [74] [18] [75] [32]; además del costo que representa el reactivo y de la concentración residual que puede quedar en el efluente tratado. Por otro lado, concentraciones elevadas de iones inorgánicos pueden actuar secuestrando los radicales hidroxilos [76], por lo que la dosis de agente oxidante debe ser suficiente como para generar la cantidad de ·OH necesaria, para que no puedan reaccionar también con aniones.

Para determinar la dosis adecuada de agentes químicos, se partió inicialmente del valor de DQO obtenido en la caracterización inicial para conocer el valor del peróxido de hidrógeno estequiométrico necesario para llevar a cabo la oxidación de la materia orgánica (Ecuación 11). Allí se establece una relación entre la DQO y el agente oxidante. La relación es de 1g de DQO= 0,03125 mol O₂ = 0,0625 mol H₂O₂ [77].



Se trabajó con peróxido de hidrógeno al 30%, es decir 110 volúmenes.

$$30\% = \frac{30 \text{ ml } H_2O_2}{100 \text{ ml sn}} = \frac{30 \text{ g } H_2O_2}{100 \text{ ml sn}} = \frac{0,3 \text{ g } H_2O_2}{\text{ml sn}}$$

$$\frac{32 \text{ mg } O_2}{68 \text{ mg } O_2} \times \frac{0,3 \text{ g } H_2O_2}{\text{ml sn}} \times \frac{10^3 \text{ mg}}{\text{g}} = \frac{141,18 \text{ mg } O_2}{\text{ml sn}}$$

Al tener una DQO = 10 596 mgO₂/l:

$$V_{\text{solución } 30\%} = \frac{10596 \text{ mg } O_2 / \text{ml efl}}{141,18 \text{ mg } O_2 / \text{ml efl}} = 75,05 \frac{\text{ml sn}}{\text{l efl}}$$

Por lo tanto, como los ensayos se realizaron en un volumen de 600 ml de efluente, el volumen agregado para cada uno de ellos fue de 45,03 ml de H₂O₂.

4.1.2.1 Concentración de Fe(II)

Existe una concentración óptima del catalizador que puede ser determinada con el fin de obtener la máxima eficacia consumiendo la menor cantidad de reactivos. Partiendo de la cantidad de peróxido de hidrógeno estequiométrico obtenido (75,05 ml sn/l efl), se estudió el efecto de distintas concentraciones iniciales de catalizador. Se realizaron distintas cinéticas correspondientes a tres radios: 1:10, 1:15 y 1:20, siendo las concentraciones de hierro 48,5, 32,2 y 24,15 ml Fe²⁺/l efl respectivamente, de una solución de sulfato de hierro Fe(SO₄).7H₂O al 20%. Para todos los ensayos se midieron los valores de DQO a distintos tiempos hasta completar las 24hs de reacción.

La eficiencia de remoción de DQO puede expresarse en función del radio teórico:

$$\eta = \frac{68 DQO_{oxidada}}{32 [H_2O_2]} \text{ (Ecuación 4.1)}$$

$$\eta = 2.12 \frac{DQO_{oxidada}}{[H_2O_2]}$$

Se calcula entonces el volumen de Fe²⁺ a agregar para cada uno de los distintos radios:

$$V_{sn Fe^{2+}} = \frac{DQO}{R \frac{[Fe^{2+}]_{20\%}}{\eta}} \text{ (Ecuación 4.2)}$$

Donde:

V_{sn Fe²⁺}: Volumen de Fe²⁺ [l]

DQO: Demanda química de oxígeno del efluente [mg O₂/l]

R: Radio, relación entre agente oxidante y catalizador (H₂O₂/Fe²⁺)

[Fe²⁺]: Concentración de Fe²⁺ en la solución de sulfato de hierro al 20% [mg/l]

η= Eficiencia de remoción de DQO

Se determina la concentración de Fe²⁺ en la solución de Fe(SO₄).7H₂O al 20%:

$$[Fe^{2+}] = \frac{200 \frac{mg Fe(SO_4).5 H_2O}{ml sn}}{4.3 \frac{mg Fe(SO_4).5 H_2O}{mg Fe^{2+}}}$$

$$[Fe^{2+}] = 46.51 \frac{mg Fe^{2+}}{ml sn}$$

Radio 1:10:

$$V_{Sn Fe^{2+}} = \frac{10\,596 \frac{mg\ O_2}{l}}{10 \times \frac{46.51 \frac{mg\ Fe^{2+}}{ml\ sn}}{2.12 \frac{DQO_{oxidada}}{[H_2O_2]}}} = 48.5 \frac{ml\ sn}{l\ efl}$$

Radio 1:15:

$$V_{Sn Fe^{2+}} = \frac{10\,596 \frac{mg\ O_2}{l}}{15 \times \frac{46.51 \frac{mg\ Fe^{2+}}{ml\ sn}}{2.12 \frac{DQO_{oxidada}}{[H_2O_2]}}} = 32.2 \frac{ml\ sn}{l\ efl}$$

Radio 1:20:

$$V_{Sn Fe^{2+}} = \frac{10\,596 \frac{mg\ O_2}{l}}{20 \times \frac{46.51 \frac{mg\ Fe^{2+}}{ml\ sn}}{2.12 \frac{DQO_{oxidada}}{[H_2O_2]}}} = 24.15 \frac{ml\ sn}{l\ efl}$$

4.1.3 Ensayo Fenton

Los ensayos fueron llevados a cabo en un equipo de Jar-Test que consta de seis agitadores que pueden alcanzar una velocidad de rotación de entre 50 y 250 rpm, y tienen por objetivo mantener en agitación constante la muestra a analizar dispuesta en una jarra de 1000 ml de capacidad. Este ensayo tiene por objetivo determinar la eficiencia de remoción de la carga orgánica del efluente para cada radio, y analizar el volumen de barros generados.

Se emplearon 600 ml de efluente crudo para cada ensayo, y se midió inicialmente el pH y la temperatura. Luego se inició la agitación a 50 rpm e inmediatamente se agregó la dosis correspondiente para cada radio de $Fe(SO_4) \cdot 7H_2O$. Transcurrido 1 minuto se agregó el volumen correspondiente de peróxido de hidrógeno al 30% y se dejó en agitación durante 24 horas. Una vez finalizada la agitación, se midió el pH y se ajustó a un valor cercano al neutro con 10 ml de hidróxido de sodio (NaOH) 1M. A continuación se dispusieron las muestras en probetas de 1000 ml de capacidad y se dejaron decantar los barros durante 2 horas. Se tomaron muestras de los sobrenadantes para la medición de DQO y se registraron los volúmenes de los barros generados.

4.2.3.2 Cálculo del gradiente de velocidad

Se calculó el gradiente de velocidad para determinar el grado de agitación de la muestra y verificar que los ensayos hayan sido realizados cumpliendo con los rangos óptimos recomendados por la bibliografía para el proceso Fenton, que se asimila al proceso de floculación. Éste parámetro es función de la potencia disipada y se obtiene con la siguiente ecuación:

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu V}} \text{ (Ecuación 4.3)}$$

Donde:

G = Gradiente de velocidad (s⁻¹)

P = Potencia disipada (W)

μ = Viscosidad absoluta del agua (kg/m.s)

V = Volumen (m³)

A su vez, la potencia disipada en un régimen turbulento corresponde a la siguiente ecuación:

$$P = K \rho n^3 D^5 \text{ (Ecuación 4.4)}$$

Donde:

P = Potencia disipada (W)

K = Número de potencia (adimensional)

ρ = Densidad del agua (kg/m³)

n = Número de rotaciones por segundo (rps)

D = Diámetro de la turbina (m)

A partir de las Ecuaciones 4.3 y 4.4 se obtiene lo siguiente:

$$G = \sqrt{\frac{K \rho n^3 D^5}{\mu V}} \text{ (Ecuación 4.5)}$$

Considerando que los ensayos se realizaron a 17°C, se determinó el valor de la viscosidad y la densidad relativa ρ y μ respectivamente.

El sistema de agitación utilizado consta de una turbina de flujo radial con paletas cortas y rectas de 6 cm de diámetro, por lo que se estimó un número de potencia según lo mencionado por McCabe, Smith, & Harriott (2007) ^[78] de 1,7. Se reemplazaron los distintos parámetros con los valores a continuación:

$$K = 1,7$$

$$\rho = 998,86 \text{ kg/m}^3 \text{ a } 17^\circ\text{C}$$

$$\mu = 1,081 \cdot 10^{-3} \text{ kg/ms a } 17^\circ\text{C}$$

$$V = 6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$n = 0,83 \text{ rps}$$

$$D = 0,06 \text{ m}$$

A partir de estos valores se empleó la Ecuación 4.5 para determinar el gradiente de velocidad.

$$G = 34.1 \text{ s}^{-1}$$

El valor de G se encuentra dentro del rango recomendado para cada proceso, detallados en el capítulo III.

4.2.2 Ensayo Foto-Fenton

Para llevar a cabo el ensayo foto-Fenton se utilizó una lámpara UV como fuente de radiación. La misma se dispuso dentro de una probeta de 1000 ml de capacidad cubierta con papel de aluminio por fuera para evitar la entrada de luz exterior. Dentro de la misma, y en contacto con la lámpara, se agregaron 600 ml de muestra que se mantuvo en agitación con un buzo a 300 rpm. A continuación se agregó el volumen de los reactivos correspondiente al radio 1:20. Se tomaron muestras del sobrenadante luego de transcurridas 1, 2 y 24 horas para medir su DQO.

Se observó que la lámpara dejó de funcionar en el transcurso final del ensayo. Sin embargo, se la encontró apagada y a 55°C, lo que indicaría que el ensayo se completó casi en su totalidad.

4.2.3 Coagulación y Floculación

4.2.3.1. Ensayo de coagulación y floculación

Se llevaron a cabo dos ensayos de coagulación y floculación: uno empleando como coagulante hidroxiclورو de aluminio (PAC), y el otro utilizando sulfato de aluminio. Para ambos ensayos se utilizó como floculante BRIAC 010. Los mismos fueron realizados en un

equipo de Jar-Test que consta de seis agitadores que pueden alcanzar una velocidad de rotación de entre 50 y 250 rpm, y tienen por objetivo mantener en agitación constante la muestra a analizar dispuesta en una jarra de 1000 ml de capacidad. Este ensayo tiene por objetivo determinar la eficiencia de remoción de la carga orgánica del efluente de cada coagulante

Se emplearon 400 ml de efluente crudo para ambos ensayos, y se midió inicialmente el pH y la temperatura. Luego se inició la agitación a 250 rpm durante 1 minuto, y se agregaron 2 ml de coagulante con una pipeta automática de manera simultánea en ambos ensayos. Una vez transcurrido el tiempo se agregaron 2 ml de floculante y se disminuyó la agitación a 50 rpm durante 20 minutos. Una vez finalizada la agitación se dispuso el efluente en una probeta de 500 ml, se dejó reposar durante 2 horas, y se midió el volumen de barros generado en cada uno de los ensayos. A continuación se tomó una muestra del sobrenadante y se midió la DQO.

4.2.3.2 Cálculo del gradiente de velocidad

Se calculó el gradiente de velocidad para determinar el grado de agitación de la muestra y verificar que los ensayos hayan sido realizados cumpliendo con los rangos óptimos recomendados por la bibliografía para los procesos de coagulación y floculación. Se empleó la Ecuación 4.5 mencionada previamente y se obtuvieron los siguientes resultados.

$$G_{coagulación} = 468,87 \text{ s}^{-1}$$

$$G_{floculación} = 41 \text{ s}^{-1}$$

Ambos valores de G se encuentran dentro del rango recomendado para cada proceso, detallados en el capítulo III.

4.2.5 Resultados de los tratamientos

Una vez realizados los ensayos se analizaron los resultados para determinar qué tratamiento presentó una mayor eficiencia.

Para analizar y comparar los resultados obtenidos se determinó la eficiencia de remoción de la DQO de las muestras. La misma se calculó según la Ecuación 4.6:

$$Remoción (\%) = 100 * \frac{DQO_i - DQO_f}{DQO_i} \text{ (Ecuación 4.6)}$$

DQO_i= Demanda Química de Oxígeno antes del tratamiento [mg O₂/l]

DQO_f= Demanda Química de Oxígeno luego del tratamiento [mg O₂/l]

El valor de la DQO del efluente crudo de la caracterización inicial no fue el mismo valor encontrado durante la realización de los ensayos de coagulación y floculación, Fenton, y foto-Fenton. La diferencia entre estos valores se debe a que el valor obtenido durante la caracterización inicial del efluente fue medido unas semanas antes en el laboratorio del Instituto IIIA, por lo que se consideró que resultaba más representativo utilizar el valor de la DQO del efluente crudo medido en las mismas condiciones que serían medidos los valores finales de DQO (es decir el mismo día, con el mismo equipo de medición), luego del tratamiento.

Se tuvo en cuenta el volumen y las características de los lodos generados en ambos tratamientos una vez finalizados los ensayos.

Las mediciones no pudieron realizarse por duplicado debido a limitaciones presupuestarias, por lo que los resultados obtenidos se consideran estimativos y fueron empleados de forma orientativa para la determinación del tratamiento más adecuado para la remoción de la carga orgánica. A continuación se detallan los resultados en la Tabla 4.2.5.1.

Tabla 4.2.5.1: Resultados obtenidos en los distintos tratamientos

DQO _{INICIAL} (mgO ₂ /l)	13 022.41		
Tratamiento	Volumen de barros generados (ml)	DQO (mgO ₂ /l)	Remoción de DQO (%)
Coagulación y floculación			
Hidroxiclорuro de aluminio (PAC)	25 ± 1	12 669,5	2,7%
Sulfato de aluminio	37 ± 1	11 094,6	14,8%
Fenton			
Radio 1:10	120 ± 1	5796.2	55.5%
Radio 1:15	100 ± 1	-	-
Radio 1:20	85 ± 1	5864.9	55%
Foto-Fenton			
UV	-	9278.5	28.7%

UV + Fenton Radio 1:20	85 ± 1	9462	27.3%
------------------------	--------	------	-------

4.2.5 Conclusiones de los ensayos

Si bien dentro de los tres tratamientos propuestos todos presentaron una disminución de la carga orgánica, el que presentó mejores resultados fue el tratamiento Fenton, con una disminución cercana al 55%. Durante el ensayo correspondiente al radio 1:15 hubo un error en la medición que no permitió obtener un resultado correcto, y es por esto que no se informa el valor obtenido.

El ensayo de coagulación y floculación arrojó porcentajes de remoción muy bajos, por lo que no resultaría un tratamiento adecuado, ya que no se justificaría llevar a cabo el tratamiento para obtener una remoción inferior al 15% .

Si bien el resultado del tratamiento foto-Fenton entregó valores de remoción mayores al de la coagulación y la floculación, éstos siguen siendo inferiores al tratamiento Fenton y su costo es mayor por el gasto energético que implica el empleo de la lámpara UV.

Por lo tanto, en base a los resultados obtenidos, el tratamiento más eficiente resultaría el Fenton. Dentro de los distintos ensayos realizados, el correspondiente al radio 1:20 ya que, no solo es el que menor cantidad de barros generó, sino que también es el que requiere el empleo de la menor cantidad de reactivos, lo que disminuye los costos frente al radio 1:10. Además presenta una remoción del 55%, lo que lo convierte en un tratamiento eficiente. Si bien los costos de los reactivos resultan mayores a los que implica un tratamiento de coagulación y floculación, son necesarios ya que este último tratamiento no permite la disminución de la carga orgánica del efluente.

En conclusión, en base a los resultados obtenidos y los análisis realizados, se puede determinar que el tratamiento más efectivo para el efluente de estudio resulta el tratamiento de oxidación Fenton de radio 1:20 utilizando peróxido de hidrógeno al 30%p/V con una concentración de 75,05 ml/l y sulfato de hierro al 20% con una concentración de 24,15 ml/l a pH 4.9. Con este tratamiento se permite una reducción de la carga orgánica del 55% utilizando la menor cantidad de reactivos. El valor final de DQO resulta de 5796.2 mgO₂/l luego del tratamiento. Este valor es mayor al límite permitido para vuelco en aguas superficiales (125 mgO₂/l), por lo que este proceso fisicoquímico es el inicial, y debe ser completado con una segunda etapa de tratamiento para llevar a cabo la depuración completa del efluente.

A continuación, en los siguientes capítulos, se detallará el tratamiento que deberá seguirle en serie al tratamiento Fenton para disminuir la carga orgánica del mismo y alcanzar los valores de vuelco permitidos.

4.3 Registro fotográfico del trabajo en laboratorio

A continuación se muestran las fotografías realizadas durante el trabajo llevado a cabo en los laboratorios del Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental 3iA y del INTI Química y Ambiente.

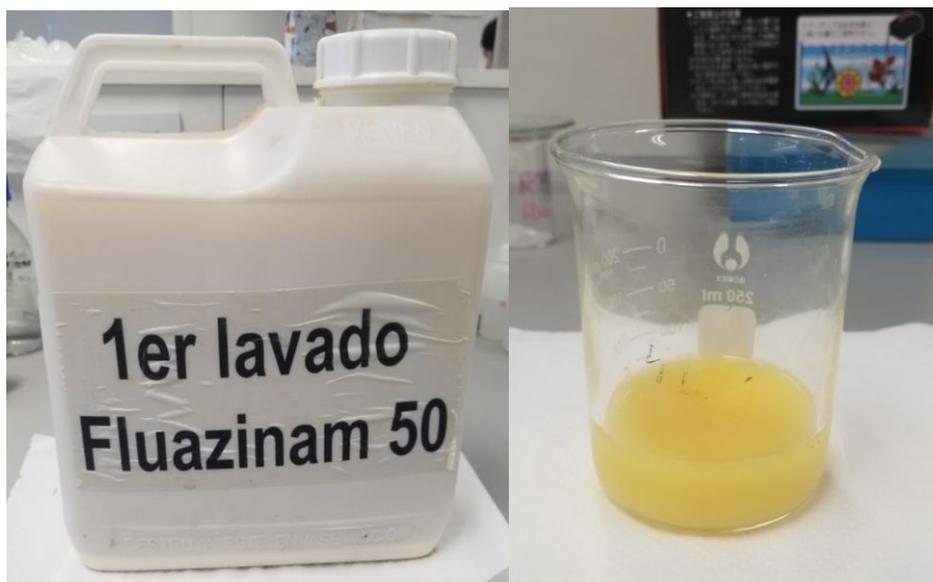


Figura 4.4.1 y 4.4.2: Efluente en estudio



Figura 4.4.3: Sólidos suspendidos totales



Figura 4.4.4: Medición de conductividad y pH

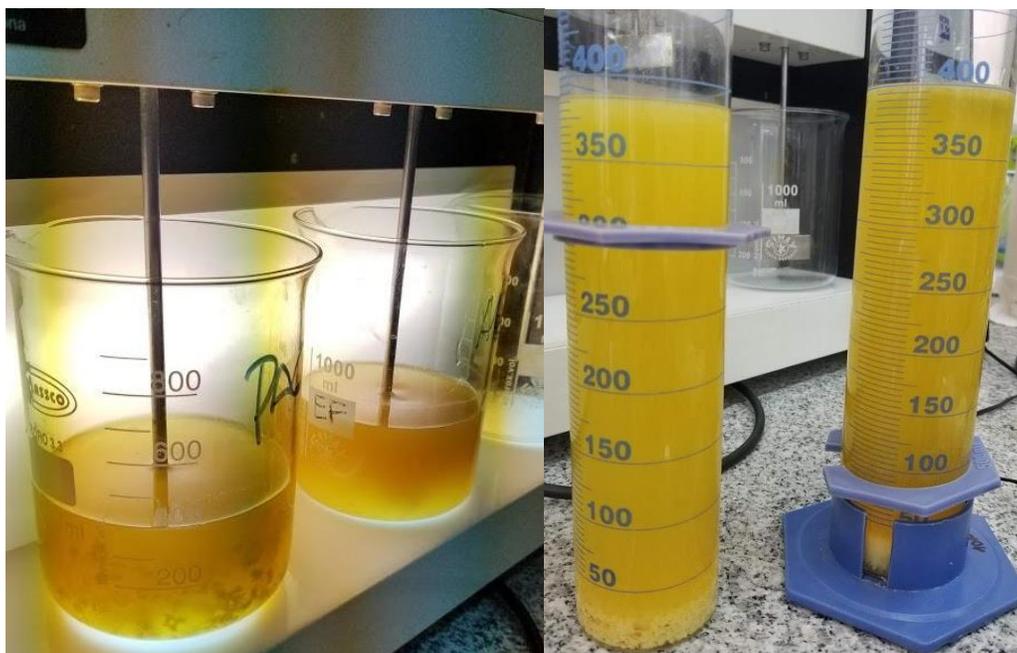


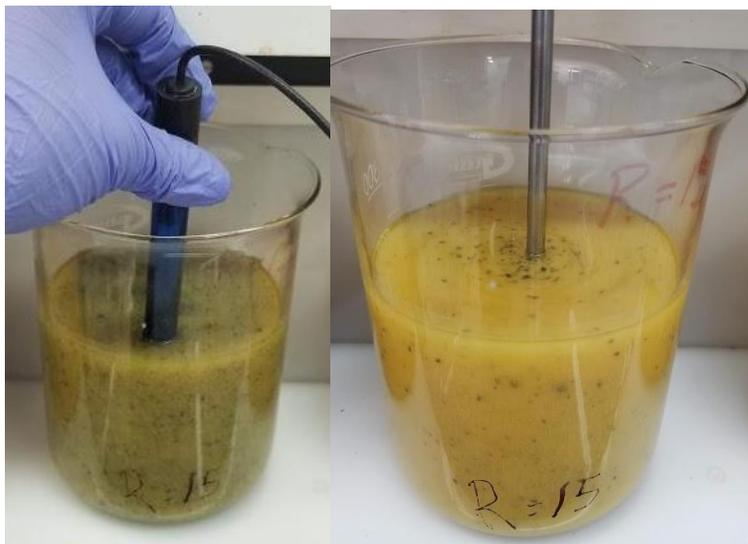
Figura 4.4.5 y 4.4.6: Coagulación y floculación



Figura 4.4.7: Ensayo Fenton (Equipo Jar test antes del agregado de reactivos)



4.4.8: Ensayo Fenton (Equipo Jar test luego del agregado de reactivos)



Figuras 4.4.9 y 4.4.10: Ensayo Fenton (Medición y ajuste de pH)



Figuras 4.4.11: Ensayo Fenton (Decantación de barros)



Figuras 4.4.12 y 4.4.13: Ensayo Foto-Fenton

4.4 Discusiones y conclusiones

Se pudo evaluar y caracterizar el efluente y, mediante distintos ensayos, determinar la eficiencia de remoción de carga orgánica. Se alcanzaron porcentajes de remoción de 55% para la DQO en el ensayo que mejores eficiencias alcanzó, obteniendo una DQO final de 5796,2 mgO₂/l. Este tratamiento representa un tratamiento fisicoquímico primario, y deberá implementarse a continuación un tratamiento secundario para disminuir la carga orgánica del efluente hasta alcanzar los valores permitidos en la normativa. Es de gran importancia a su vez también implementar medidas de buenas prácticas para alcanzar un aumento en la eficiencia del tratamiento, disminuir el consumo de agua dentro de lo posible y mejorar la operación de la futura planta de tratamiento.

CAPÍTULO V

MEMORIA DE CÁLCULO DEL DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO. CONSIDERACIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES

Se mencionaron en los capítulos previos las ventajas tanto económicas como ambientales de la implantación de la planta de tratamiento propuesta. El presente capítulo se destina al dimensionamiento del conjunto de estructuras y sistemas de ingeniería necesarios para que el efluente en estudio se vuelva apto para el vuelco en un curso de agua natural mediante la disminución de su carga contaminante tanto química como biológica. Se detallan los criterios de diseño seleccionados, se mencionan los rangos recomendados en bibliografía para cada parámetro, se adaptan a las condiciones en estudio, se analizan las características de cada una de las unidades de diseño y las condiciones de operación más eficientes para cada una de ellas. Además se detalla el sistema de conducción de los efluentes entre las distintas unidades, los equipos de bombeo que se utilizan, y los equipos de medición y dosificación para aquellos que requieren el agregado de productos químicos. Para el dimensionamiento se tiene en cuenta el espacio disponible para la implantación de todas las unidades de proceso con el fin de no exceder el área disponible y llenar el espacio libre de la manera más eficiente, evitando ocupar espacio que podría ser destinado a la construcción de posibles nuevas instalaciones.

5.1 Diseño de rejas

5.1.1 Efluente industrial

En este apartado se diseñan las rejas destinadas al efluente industrial una vez generado el lavado de los tanques de formulación de pesticidas. Se esperan 75 metros cúbicos de efluente líquido del lavado de los tanques de formulación en un tiempo de 4 horas ($Q = 18,75 \text{ m}^3/\text{h}$). Al no esperarse sólidos de gran tamaño, se dispondrán rejas circulares de tamaño

medio, fijas y de limpieza manual. Para determinar la pérdida de carga se utiliza la siguiente Ecuación 5.1:

$$h_L = \beta \left(\frac{w}{b}\right)^{\frac{3}{4}} h_v \text{sen}(\theta) \text{ (Ecuación 5.1)}$$

Donde:

h_L : Pérdida de carga en las rejillas (m)

β : Factor de la forma de la rejilla

w : Anchura máxima transversal de las barras en dirección de la corriente (m)

b : Separación mínima entre barras (m)

h_v : Altura cinética del flujo que se aproxima a la rejilla (m)

θ : Ángulo de la rejilla con respecto a la horizontal

En la Tabla 5.1.1.1 se detallan los valores adoptados para el diseño.

Tabla 5.1.1.1: Valores de diseño de las rejillas para el efluente industrial

Parámetro	Valor
β	1,79
w (cm)	2,5
b (cm)	2,5
θ (grados)	45
Velocidad de acercamiento (v_a) (m/s)	0,3
Ancho de la barra (a) (cm)	2

A partir de la Ecuación 5.2 se calcula el área de paso A_p :

$$A_p = \frac{Q}{v_a} \text{ (Ecuación 5.2)}$$

A partir del valor obtenido y adoptando un valor del ancho del canal (A_c), pudo determinarse la altura cinética del flujo que se aproxima a la rejilla (h_v) a partir de la Ecuación 5.1.

Se verifica si los resultados obtenidos están dentro de los rangos recomendados. La velocidad de acercamiento debe tener un valor comprendido entre 0,3 y 0,6 m/s, y la pérdida de carga debe tener un valor entre 0,1 y 0,4 metros. Se detallan los resultados en la Tabla 5.1.1.2.

Tabla 5.1.1.2: Valores de los parámetros de diseño de las rejillas para el efluente industrial

Ancho del canal (A_c) (m)	Altura cinética del flujo (h_v) (m)	Pérdida de carga (h_L) (m)
-------------------------------	---	--------------------------------

0,4	0,087	0,11
-----	-------	------

Para determinar la altura del canal se tuvieron en cuenta los valores de los parámetros h_L y h_v calculados. Se determinó la altura total tomando un valor de cota de 1 m. Por lo tanto, la altura total se determina según la Ecuación 5.3:

$$H_{tot} = h_v + h_L + 1 \text{ m (Ecuación 5.3)}$$

A partir del valor obtenido y del ángulo de inclinación de las rejjas se calculó el largo de las mismas (L). También se determinó a partir de la Ecuación 5.4 la cantidad de rejjas (N_b) y de la Ecuación 5.5 la cantidad de espacios (N_e) necesarios.

$$N_b = \frac{A_c - b}{a + b} \text{ (Ecuación 5.4)}$$

$$N_e = \frac{A_c + a}{a + b} \text{ (Ecuación 5.5)}$$

En la Tabla 5.1.1.3 se detallan todos los valores obtenidos.

Tabla 5.1.1.3: Valores de los parámetros de diseño de las rejjas para el efluente industrial

H_{tot} (m)	N_b	N_e	L (m)
0.7	11	12	1

5.1.2 Efluente cloacal

El efluente cloacal pasará por un sistema de rejjas propio para retener los sólidos presentes. Para el diseño de las mismas se emplearon rejjas circulares finas de limpieza manual, por tratarse de un bajo caudal diario. Para determinar la pérdida de carga se utiliza Ecuación 5.1 mencionada. En la Tabla 5.1.2.1 se detallan los valores adoptados para el diseño.

Tabla 5.1.2.1: Valores de diseño de las rejjas para el efluente cloacal

Parámetro	Valor
β	1,79
w (cm)	2
b (cm)	1,5
θ (grados)	60

Velocidad de acercamiento (v_a) (m/s)	0.3
Ancho de la barra (a) (cm)	2

A partir del valor obtenido del área de paso (A_p) mediante la Ecuación 5.2, y adoptando un valor del ancho del canal (A_c), pudo determinarse la altura cinética del flujo que se aproxima a la reja (h_v) a partir de la Ecuación 5.1.

Se verifica si los resultados obtenidos están dentro de los rangos recomendados ya mencionados. En la Tabla 5.1.2.2 se detallan los resultados obtenidos.

Tabla 5.1.2.2: Valores de los parámetros de diseño de las rejas para el efluente industrial

Ancho del canal (m)	Altura cinética del flujo (h_v) (m)	Pérdida de carga (h_L) (m)
0.5	0.07	0.16

Para determinar la altura del canal se tuvieron en cuenta los valores de los parámetros h_L y h_v calculados. Se determinó la altura total tomando un valor de cota de 0.5 m, y se calculó la altura total (H_{tot}) mediante la Ecuación 5.3.

A partir del valor obtenido y del ángulo de inclinación de las rejas (θ) se calculó el largo de las mismas (L). También se determinó a partir de la Ecuación 5.4 la cantidad de rejas (N_b) y a partir de la Ecuación 5.5 la cantidad de espacios (N_e) necesarios.

En la Tabla 5.1.2.3 se detallan todos los valores obtenidos.

Tabla 5.1.2.3: Valores de los parámetros de diseño de las rejas para el efluente industrial

H_{tot} (m)	N_b	N_e	L (m)
0.73	14	15	1,03

5.2 Proceso de oxidación Fenton

5.2.1 Dimensión del tanque

La reacción de oxidación Fenton se llevará a cabo en un tanque cilíndrico de hormigón. Dentro del reactor se trata semanalmente el efluente generado a partir del lavado de los tanques de formulación de pesticidas, cuyo volumen corresponde a 75 m^3 . Una vez finalizada la reacción, la sedimentación de los barros industriales se produce dentro del mismo tanque, por lo que posee una tolva que permite que los mismos se asienten y, una vez finalizado el proceso, son purgados. Para la determinación del volumen nominal del reactor se utilizó un

factor de seguridad de 20%^[79] que contempla el agregado de los reactivos y un margen de seguridad.

$$V_{nomr} = V m^3 \times 0,20 + V m^3$$

El volumen total del reactor deberá tener un total de 90m³, teniendo en cuenta que se destinarán 11 m³ para la tolva (valor obtenido a partir del volumen de lodos generados en los ensayos de laboratorio). Para la altura del tanque se propone un valor de 3 metros. A continuación, a partir de la Ecuación 5.6, se calcula el área y luego el diámetro del reactor.

$$V = h \times A \text{ (Ecuación 5.6)}$$

A esto debe sumarse el volumen de la tolva, cuyo diámetro superior será el mismo del reactor, y su diámetro inferior será de 0.5m. En la Tabla 5.2.1.1 se detallan las dimensiones del reactor.

Tabla 5.2.1.1: Dimensiones del tanque de reacción Fenton

Volumen total (m ³)	Altura total (m)	Área (m ²)	Diámetro superior (m)	Volumen tolva (m ³)	Diámetro inferior (m)	Altura tolva (m)
90	5	20	5	11	0.5	1.5

5.2.2 Dosificador de reactivos

Para la inyección de los reactivos necesarios para llevar a cabo la reacción Fenton (ajustadores de pH, sales de hierro (II) y H₂O₂), se instalan bombas dosificadoras que bombean los reactivos hacia el tanque de reacción. Cada uno de los reactivos, el peróxido de hidrógeno, el sulfato de hierro y el hidróxido de sodio, es aplicado individualmente mediante una bomba dosificadora propia. Se instalan bombas Grundfos modelo DMX 4-10. La preparación de estos reactivos se realiza de forma previa en tanques de almacenamiento.

5.2.3 Potencia de mezcla

Se determina la potencia disipada por el sistema de agitación mecánico bajo régimen turbulento mediante la Ecuación 5.7, tomando el valor del gradiente de velocidad obtenido en el laboratorio:

$$P = \mu G V^2 \text{ (Ecuación 5.7)}$$

Donde:

P = Potencia disipada (W)

G = Gradiente de velocidad (s^{-1})

μ = Viscosidad absoluta del agua ($kg/m.s$)

V = Volumen (m^3)

$$P = 207.3W$$

5.2.4 Sistema de mezcla

El sistema de mezcla para llevar a cabo la reacción Fenton es asimilable con el sistema de mezcla de las cámaras de floculación, por lo que se realiza el dimensionamiento del sistema con los valores recomendados para este tipo de mezcla.

Dentro del tanque se producirá la mezcla de los reactivos con el agua a tratar, por lo que se instala un sistema de agitación mecánico mediante una turbina con eje vertical de flujo axial tipo 4, con 4 láminas inclinadas a 45 grados conectadas al eje, con una distribución uniforme de gradientes de velocidad sobre todo el tanque. Este tipo de turbina presenta un valor de potencia $K=0.75$. Se instalan también 4 deflectores en las paredes del reactor con el fin de romper el movimiento circular que imponen las paletas de la turbina generando mayor turbulencia.

En la Figura 5.2.4.1 se detallan las dimensiones que debe adoptar la turbina para asegurar la mezcla requerida.

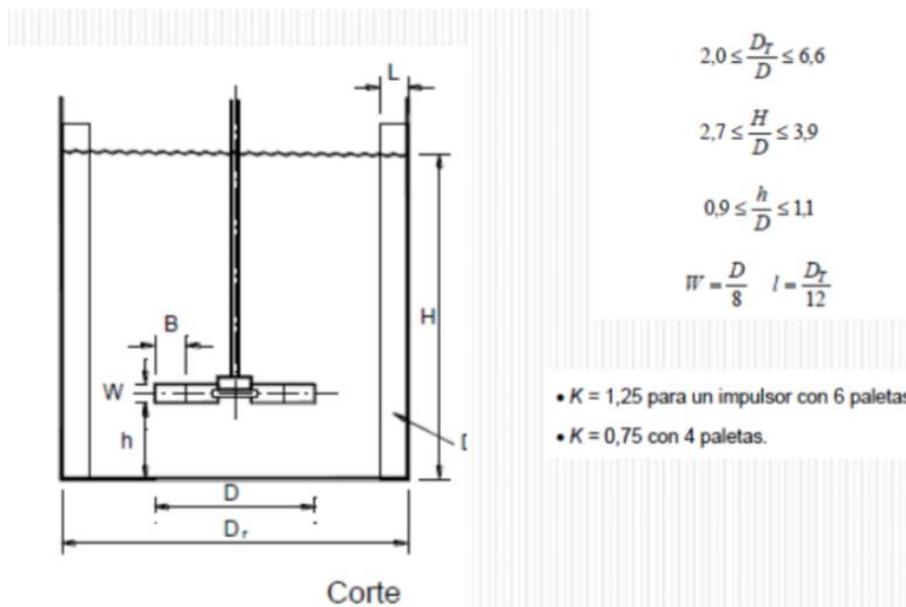


Figura 5.2.4.1: Relaciones geométricas entre el tanque de reacción y la turbina tipo 4 de flujo axial.

A partir de los resultados obtenidos del dimensionamiento del tanque se obtienen las siguientes dimensiones de la turbina en la Tabla 5.2.4.1.

Tabla 5.2.4.1: Dimensiones de la turbina.

Diámetro de la turbina (D) [m]	Ancho de las paletas (W) [m]	Ancho de los deflectores (l) [m]	Distancia de la turbina al fondo de la cámara (h) [m]
1.3	0.17	0.42	1.4

5.2.5 Velocidad de mezcla

A partir de la potencia disipada, las características del fluido y las dimensiones calculadas, se puede hallar la velocidad de rotación necesaria para otorgar la potencia requerida a partir de la Ecuación 4.4 mencionada previamente.

$$n = 0.42 \text{ rps}$$

$$n = 25 \text{ rpm}$$

5.2.6 Sedimentación y neutralización

El tiempo de reacción dentro del tanque es de 24 horas. Una vez cumplido, se inyecta hidróxido de sodio 1M (NaOH) mediante una bomba dosificadora para permitir la coagulación y precipitación del Fe disuelto, y a su vez aumentar al pH para la neutralización del efluente. A partir de los ensayos realizados en el laboratorio, se determinó que resultaban necesarios para la neutralización del efluente tratado (600 ml) 10 ml de NaOH. A partir de esta relación se puede determinar que, para el volumen de efluente a tratar, son necesarios 1.25 m³ de NaOH (1M) por cada tratamiento Fenton realizado.

Se dejan transcurrir 2 horas para la decantación de los fangos metálicos dentro del mismo tanque ya que, en el diseño del tanque de reacción, se contempló la incorporación de una tolva con una pendiente de 30° respecto de la línea vertical para permitir la sedimentación de los fangos.

Se incorpora una tubería desde el fondo del tanque de reacción hasta la superficie que permita la aspiración de los lodos generados mediante una bomba de aspiración. Los mismos serán transportados hacia el filtro prensa para su deshidratación. Para evitar obstrucciones, se instalan tuberías con un DN=110mm. Para prevenir asentamientos de lodo en la tubería de desagüe, la velocidad de flujo debe ser mayor de 1.4 m/s ^[80].

5.3 Ecuación

5.3.1 Diseño de la cámara de ecuación

En esta unidad de proceso confluyen el efluente proveniente de las aguas de lavado de los tanques de formulación de pesticidas una vez concluido el proceso de oxidación Fenton, junto con el efluente cloacal. Este último proviene de una dotación de 80 litros por día y por persona de los 200 empleados que trabajan en la planta de producción durante los cinco días hábiles de la semana. Se asume que el 80% del agua usada que se convierte en residual. El efluente industrial recibirá el tratamiento Fenton el primer día de la semana, y los cuatro días hábiles restantes se incorporará el efluente industrial ya tratado 5 veces diarias en períodos de 5 minutos, habiéndose incorporado todo el efluente para el último día de la semana.

Para determinar el volumen del tanque se tomó el volumen de efluente cloacal generado por día, se lo multiplicó por la cantidad de días que opera la planta, y se le sumó el efluente industrial proveniente del sedimentador primario.

$$Q_{semanal} = (Q_{cloacal\ diario} \times \text{Días laborales}) + Q_{industrial\ semanal}$$

Luego, este valor se dividió por 7, con el fin de obtener un caudal constante de alimentación para las siguientes unidades de proceso.

$$Q_{salida} = Q_{semanal} / 7$$

Al tener una generación de efluente cloacal continuo al igual que de efluente industrial, se calcula entonces el caudal que debe acumularse por semana para garantizar la alimentación continua incluso los días en que la planta de producción se encuentre cerrada:

$$Q_{acumulado\ por\ semana} = Q_{semanal} - Q_{salida} \times \text{Días laborales}$$

Teniendo en cuenta que este caudal acumulado debe acumularse durante los días en que la planta de producción se encuentra en funcionamiento, se calculó el volumen que debe acumularse por día laboral:

$$Q_a\ acumular\ por\ día = Q_{acumulado\ por\ semana} / \text{Días laborales}$$

Finalmente, obtendremos el volumen de la cámara de homogeneización sumando el caudal diario de ambos efluentes, y el caudal que debe ser acumulado en la semana de producción:

$$V_{tanque} = Q_{cloacal\ diario} + Q_{industrial\ diario} + Q_a\ acumular\ por\ día \\ \times\ Días\ laborales$$

En la Tabla 5.3.1 a continuación se resumen los valores obtenidos:

Tabla 5.3.1: Cálculos para el tanque de homogenización

Caudal cloacal [m³/d]	12,8
Q industrial [m³/sem]	75
Días laborales	5
Q total semanal [m³/sem]	139
Q salida [m³/d]	19.86
Q salida [m³/h]	0.827
Q_{acumulado} [m³/sem]	40
Q_a acumular [m³/d]	8
Volumen del tanque (m³)	40

Al volumen del tanque obtenido se le sumará un 20% como margen de seguridad. Así se obtiene entonces un volumen de tanque de 48 m³. El mismo tendrá una forma cilíndrica y se detallan sus dimensiones en la Tabla 5.3.2. Se incorpora un sistema de agitación mecánico mediante una turbina con eje vertical de flujo para lograr una mezcla adecuada en el tanque.

Tabla 5.3.2: Dimensiones de la cámara de eualización

Volumen [m³]	Altura [m]	Área [m²]	Diámetro [m]
48	4	12	4

5.3.2 Sistema de mezcla

Para el diseño del sistema de mezcla se emplearon las dimensiones que debe adoptar la turbina descritas en el apartado 5.2.4. A partir de los resultados obtenidos del dimensionamiento del tanque de eualización se obtienen las siguientes dimensiones de la turbina en la Tabla 5.3.2.1.

Tabla 5.3.2.1: Dimensiones de la turbina.

Diámetro de la turbina (D) [m]	Ancho de las paletas (W) [m]	Ancho de los deflectores (l) [m]	Distancia de la turbina al fondo de la cámara (h) [m]
1.1	0.14	0.32	1.1

5.4 Diseño del tanque Imhoff

Como se mencionó anteriormente, el tanque Imhoff es una unidad de tratamiento primario cuyo objetivo es la remoción de sólidos suspendidos. Reduce los sólidos suspendidos de un 50 a 70%, la DQO de 25 a 50%, y conduce a una adecuada estabilización del lodo. El mismo consta de tres compartimentos diferenciados: la cámara de sedimentación, la cámara de digestión de lodos, y el área de ventilación y acumulación de grasas. Los mismos serán diseñados por separado a continuación, tomando como referencia los parámetros de diseño procedentes de bibliografía citados en la Tabla 5.4.1.

Tabla 5.4.1: Criterios usuales para el diseño de la cámara de sedimentación de tanques Imhoff. (Fuente: García y Corzo, 2008)^[81]

Parámetro	Unidades	Rango	Valor usual
Carga hidráulica superficial punta diaria	$m^3 / m^2 d$	24 – 40	32
Tiempo de retención a Q_m	h	2 – 4	3
Tiempo de retención a $Q_{punta \text{ horario}}$	h	-	1
Velocidad horizontal punta diaria	m/min	-	< 0,3
Relación longitud / ancho	-	2/1 – 5/1	3/1
Pendiente de la cámara de decantación	-	1,25 : 1,0 – 1,75: 1,0	1,5:1,0
Obertura inferior	m	0,15 – 0,3	0,25
Pestaña inferior	m	0,15 – 0,3	0,25
Deflector debajo de la superficie	m	0,25 – 0,4	0,3
Deflector encima de la superficie	m	0,3	0,3
Resguardo	m	0,45 – 0,6	0,6
Zona de escape de gases			
Área (% de la superficie total)	%	15 – 30	20
Anchura ^(a)	m	0,45 – 0,75	60
Zona de digestión			
Tiempo de digestión	años	0,5 – 1,5	1,0
Tasa de emisión unitaria de lodos	l/hab año	100 – 200	140
Tubería de extracción de lodos	m	0,2 – 0,3	0,25
Distancia libre hasta el nivel del lodo	m	0,3 – 0,9	0,60
Profundidad total del agua en el tanque (desde la superficie hasta el fondo)	m	7 – 9	9

(a) La abertura debe ser de 0,45 m para permitir el acceso.

5.4.1 Carga orgánica

Como se mencionó anteriormente, los tanques Imhoff tienen la capacidad de reducir la DQO con la que entra el efluente entre un 25 y un 50%. Se adoptará para el caso en estudio una reducción de la carga orgánica del 40%.

Se calcula la carga orgánica con la que salen ambos efluentes de la cámara de homogeneización. En este tanque se mezcla el efluente industrial una vez finalizada la

oxidación Fenton, por lo que su carga orgánica es un 55% menor a la inicial, con el efluente cloacal. Se tuvo en cuenta que la empresa cuenta con 200 empleados, se estimó una dotación de 80 litros por día y por persona (donde un 80% termina como agua residual), lo que da como resultado un caudal cloacal diario de $Q_{cloacal} = 12,8 \text{ m}^3/\text{d}$. Se adoptó un valor de carga orgánica (DQO) de 140 gramos por persona por día.

$$DQO_{inicial} = \frac{(DQO_{cloacal} \times Q_{cloacal}) + (DQO_{industrial} \times Q_{industrial})}{Q_{cloacal} + Q_{industrial}}$$

Donde:

$$DQO_{cloacal} = \left(\frac{140 \frac{\text{g DQO}}{\text{hab día}} \times 200 \text{ hab}}{12,8 \frac{\text{m}^3}{\text{dia hab}}} \right) = 2187.5 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$$

$$DQO_{industrial} = (13022.41 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} - 13022.41 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} * 0.55) = 5860.08 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$$

$$Q_{cloacal} = 64 \frac{\text{m}^3}{\text{sem}}$$

$$Q_{industrial} = 75 \frac{\text{m}^3}{\text{sem}}$$

Así, obtenemos la concentración de DQO inicial total:

$$DQO_{inicial} = 4170 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$$

Si se espera que luego del tratamiento anaeróbico en el tanque Imhoff exista una reducción del 40% de la carga orgánica, obtenemos la siguiente carga orgánica final:

$$DQO_{final} = DQO_{inicial} - (0.40 \times DQO_{inicial})$$

$$DQO_{final} = 2502 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$$

5.4.2 Diseño del sedimentador

El sedimentador recibirá el caudal de salida de la cámara de homogeneización. El mismo tendrá una parte inferior en forma de V, con una pendiente con un ángulo de 50°, una abertura de 0,15 m, y uno de los lados prolongados con una longitud de 0,15 m. Asimismo se

contempla una distancia entre la parte exterior de la pared del sedimentador y la parte interior de la pared de la cámara de almacenamiento de 1,25 metros.

El caudal de diseño corresponde a $Q = 19.86 \text{ m}^3/\text{d}$.

Para calcular el área superficial es necesario adoptar un valor de carga superficial y se determinará mediante la Ecuación 5.8 a continuación:

$$A_s = \frac{Q}{C_s} \text{ (Ecuación 5.8)}$$

Donde:

A_s = Área del sedimentador [m^2]

C_s = Carga superficial [$\text{m}^3/\text{m}^2.\text{día}$]

Q = Caudal [$\text{m}^3/\text{día}$]

Se adopta como carga superficial un valor de $C_s = 4 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ día}$. Este valor se encuentra por debajo del rango recomendado en la Tabla 5.4.1, pero puede adoptarse por tratarse de un tanque que trata un bajo caudal de aguas residuales.

Se instala una cámara de sedimentación con una relación largo:ancho de 4:1. A partir de las Ecuaciones 5.9 y 5.10 se obtiene la Ecuación 5.11, con la cual se determina el largo y el ancho de la cámara de sedimentación.

$$A_s = L \times B \text{ (Ecuación 5.9)}$$

$$r = \frac{L}{B} \text{ (Ecuación 5.10)}$$

$$A_s = r \times B^2 \text{ (Ecuación 5.11)}$$

Donde:

r : Relación Largo Ancho de una cámara de sedimentación

A_s : Área superficial del sedimentador [m^2]

B : Ancho de una cámara de sedimentación [m]

L : Largo de la cámara de sedimentación [m]

$$\mathbf{B = 1,11 m}$$

$$\mathbf{L = 4,45 m}$$

Para determinar el volumen de la cámara sedimentadora se establece un tiempo de retención hidráulico de 3 horas. Se obtiene entonces el volumen de cada cámara a partir de la Ecuación 5.12:

$$V_s = \frac{Q \times R}{n} \text{(Ecuación 5.12)}$$

Donde:

V_s = Volumen de la cámara sedimentadora (m^3)

R= Tiempo de retención (hs)

Q = Caudal (m^3/h)

n = Número de cámaras sedimentadoras

$$V_s = 2,5 m^3$$

El sedimentador constará de una cámara sedimentadora con una relación de largo:ancho de 4:1, y un volumen de $2,5 m^3$.

5.4.2.1 Diseño de la cámara sedimentadora

Para dimensionar la cámara sedimentadora se calcula el área de la sección transversal de la cámara del sedimentador haciendo uso del volumen de la misma, del largo ya calculado previamente, y de la siguiente relación:

$$A_{transversal} = \frac{V_s}{L} \text{(Ecuación 5.13)}$$

Donde:

$A_{transversal}$ = Área transversal de la cámara sedimentadora [m^2]

V_s = Volumen de la cámara sedimentadora [m^3]

L = Largo de la cámara sedimentadora [m]

$$A_{transversal} = 0,56 m^2$$

Para dimensionar en su totalidad la cámara de sedimentación es necesario determinar las distintas alturas que pueden observarse en el esquema de la Figura 5.4.2.1.1:

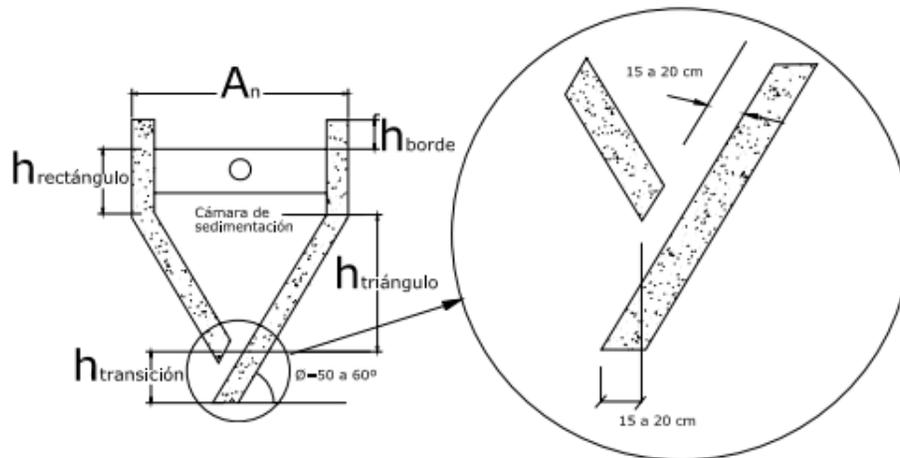


Figura 5.4.2.1.1: Esquema frontal de la cámara de sedimentación

Con la Ecuación 5.14 es posible determinar la altura del triángulo $h_{\text{triángulo}}$:

$$h_{\text{triángulo}} = \frac{B \times \tan \varphi}{2} \text{ (Ecuación 5.14)}$$

Donde:

$h_{\text{triángulo}}$ = Altura del triángulo [m]

B = Ancho de la cámara de sedimentación [m]

φ = Pendiente respecto a la horizontal (grados)

Se adopta una pendiente respecto a la horizontal de 50 grados.

$$h_{\text{triángulo}} = 0.67 \text{ m}$$

A partir de este valor podemos calcular el área del triángulo mediante la siguiente Ecuación 5.15:

$$A_{\text{triángulo}} = \frac{B \times h_{\text{triángulo}}}{2} \text{ (Ecuación 5.15)}$$

Donde:

$A_{\text{triángulo}}$ = Área del triángulo [m²]

B = Ancho de la cámara de sedimentación [m]

$h_{\text{triángulo}}$ = Altura del triángulo [m]

$$A_{\text{triángulo}} = 0,37 \text{ m}^2$$

Si se le resta al área transversal el área del triángulo, obtenemos el área del rectángulo, y con la misma se puede calcular su altura:

$$A_{\text{rectangulo}} = A_{\text{transversal}} - A_{\text{triangulo}} \text{ (Ecuación 5.16)}$$

Donde:

$A_{\text{triangulo}}$ = Área del triángulo [m²]

$A_{\text{transversal}}$ = Área transversal de la cámara sedimentadora [m²]

$A_{\text{rectangulo}}$ = Área del rectángulo [m²]

$$A_{\text{rectangulo}} = 0,19 \text{ m}^2$$

La altura del rectángulo resulta:

$$h_{\text{rectangulo}} = \frac{A_{\text{rectangulo}}}{B} \text{ (Ecuación 5.17)}$$

Donde:

$h_{\text{triangulo}}$ = Altura del triángulo [m]

$A_{\text{rectangulo}}$ = Área del rectángulo [m²]

B: Ancho de una cámara de sedimentación [m]

$$h_{\text{rectangulo}} = 0,17 \text{ m}$$

La altura de transición se obtiene teniendo en cuenta que uno de los lados del sedimentador se prolonga 15 cm, así se impide el paso de gases y sólidos desprendidos del digestor hacia el sedimentador. Por lo tanto la altura de las cámaras de sedimentación resulta:

$$h_{\text{sedimentación}} = h_{\text{borde}} + h_{\text{rectángulo}} + h_{\text{triángulo}} + h_{\text{transición}} \text{ (Ecuación 5.18)}$$

$$h_{\text{sedimentación}} = 1,6 \text{ m}$$

5.4.2.2 Diseño del área de ventilación y cámara de grasas

A la hora de diseñar la superficie libre entre las paredes del digestor y el sedimentador se toma un espacio libre a cada lado de entre 1,25 m (Figura 5.4.2.2.1).

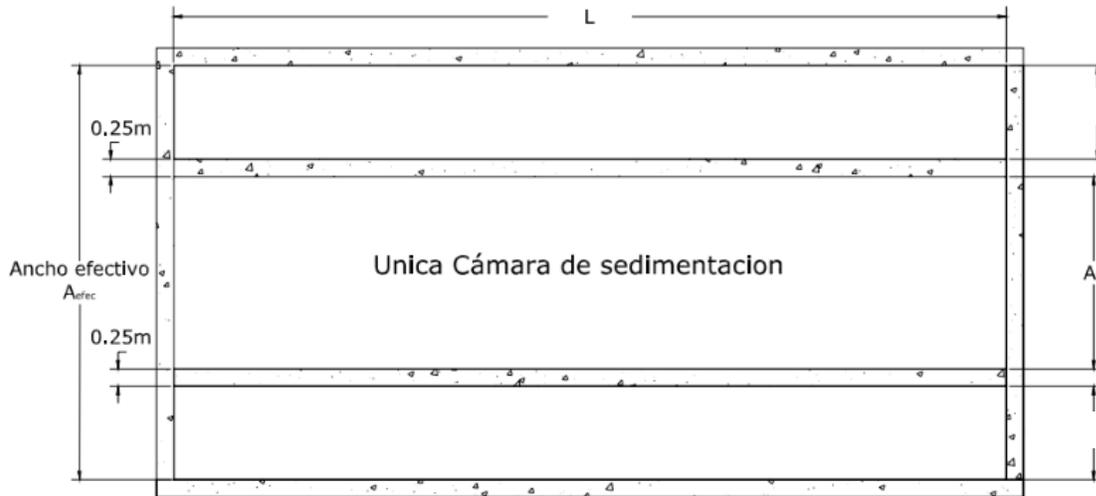


Figura 5.4.2.2.1: Esquema de una cámara de sedimentación de un tanque Imhoff

El área de ventilación y grasas está representada por el área de la superficie libre total. A partir de las cotas que se observan en la Figura 5.4.2.2.1 se calcula el área, que debe representar un 30% de la superficie del tanque total. La misma se calculará mediante la Ecuación 5.19 a continuación:

$$A_{\text{ventilación}} = [A_{\text{efectivo}} - n \times (A_n + 0.5)] \times L \text{ (Ecuación 5.19)}$$

Donde:

$A_{\text{ventilación}}$: Área de grasas y ventilación [m^2]

A_{efectivo} : Ancho efectivo del tanque Imhoff (sin ancho de paredes externas) [m]

A_n : Ancho interno de las cámaras de sedimentación [m]

n : Número de cámaras de sedimentación

L : Largo del tanque Imhoff y cámaras de sedimentación [m]

$$A_{\text{efectivo}} = (1,25 \text{ m} \times 2) + (0,25 \text{ m} \times 2) + B$$

$$A_{\text{efectivo}} = 4,11 \text{ m}$$

$$A_{\text{ventilación}} = 11,15 \text{ m}^2$$

Comprobamos ahora que el área encontrada represente efectivamente al menos 30% de la superficie total del tanque Imhoff mediante la Ecuación 5.20:

$$\% = \frac{A_{\text{ventilación}} \times 100}{L \times A_{\text{efectivo}}} \geq 30\% \text{ (Ecuación 5.20)}$$

$$\frac{3.8 \text{ m}^2 \times 100}{3.16 \text{ m} \times 3.3 \text{ m}^2} = 61 \%$$

Al cumplir con lo esperado, se puede estar seguro del correcto dimensionamiento del área de ventilación. Adicionalmente se debe dejar un borde libre de 0,30 metros.

5.4.3 Diseño del digestor

5.4.3.1 Volumen de almacenamiento y digestión

Se calcula el volumen total del digestor según la Ecuación 5.21 y la Tabla 5.4.3.1.1. Se adopta una contribución de sólidos suspendidos de 70 gr de SS/hab.día.:

$$V_{\text{total}} = \frac{70 \times P \times f_{cr}}{1000} \text{ (Ecuación 5.21)}$$

V_{total} : Volumen total de almacenamiento y digestión (m^3)

f_{cr} : Factor de capacidad relativa

P: Población (hab)

El valor del factor de capacidad relativa depende de la temperatura y los valores que pueden adoptarse se observan en la Tabla 5.4.3.1.1:

Tabla 5.4.3.1.1: Factor de capacidad relativa en función de la temperatura.

Temperatura (°C)	Factor de capacidad relativa (f_{cr})
5	2
10	1,4
15	1
20	0,7
>25	0,5

Se optó por un factor de capacidad relativa de 1,4 ya que en los meses más fríos la zona puede alcanzar temperaturas de 8°C, y se calculó la población equivalente en base a la carga orgánica del efluente, dando un total de 592 habitantes.

$$V_{total} = 58 \text{ m}^3$$

5.4.3.2 Tolvas y volumen rectangular

Al tratarse de un tanque rectangular pequeño, se espera que el diseño lleve una única tolva. A continuación se verificará esto mediante la siguiente Ecuación 5.22:

$$N^{\circ} \text{ de tolvas} = \frac{L}{A_{efectivo}} \text{ (Ecuación 5.22)}$$

$$N^{\circ} \text{ de tolvas} = 0.96$$

Se diseña entonces una única tolva. Siguiendo el esquema de la Figura 5.4.3.2.1, al haber una única tolva y una única cámara sedimentadora, el largo y el ancho de la tolva corresponderá al ancho efectivo del tanque y al largo del mismo (y por lo tanto el largo de la cámara sedimentadora). Se toma una relación 4:1 para el ancho de la sección inferior de la tolva en relación a la sección superior.

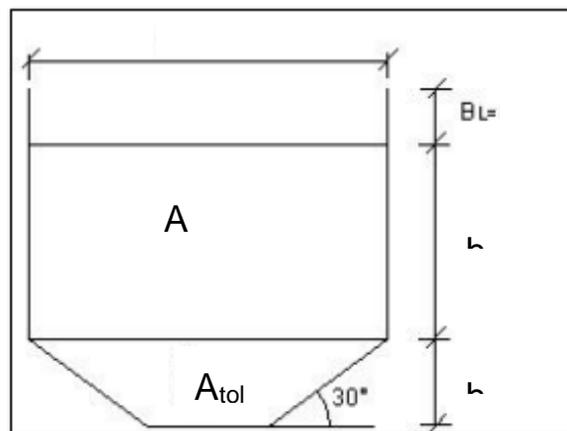


Figura 5.4.3.2.1: Esquema de la cámara digestora

Se determina la altura y el volumen de la tolva (h_{tolva} y V_{tolva}):

$$h_{tolva} = \frac{(A_{efectivo} - W)}{2} \tan(\theta) \text{ (Ecuación 5.23)}$$

$$V_{tolva} = \frac{1}{3} h_{tolva} (A_{sup} + A_{inf} + \sqrt{A_{sup} \times A_{inf}}) \text{ (Ecuación 5.24)}$$

Donde:

h_{tolva} : Altura de la tolva [m]

$A_{efectivo}$: Ancho total del tanque [m]

W : Ancho inferior de la tolva [m]

θ : Inclinación de la tolva (grados)

V_{tolva} : Volumen de la tolva [m^3]

A_{sup} : Área superior de la tolva [m^2]

A_{inf} : Área inferior de la tolva [m^2]

$$h_{tolva} = 0,9 \text{ m}$$

$$V_{tolva} = 7,4 \text{ m}^3$$

Se calcula entonces el volumen del sector rectangular del digestor mediante la diferencia de los volúmenes obtenidos según la Ecuación 5.25:

$$V_{rectangular} = V_{total} - V_{tolva} \text{ (Ecuación 5.25)}$$

$$V_{rectangular} = 50,6 \text{ m}^3$$

A partir del área y el volumen, se determina la altura de la sección rectangular del digestor ($h_{rectangular}$):

$$h_{rectangular} = \frac{V_{rectangular}}{A_{efectivo} \times L} \text{ (Ecuación 5.26)}$$

Donde:

$h_{rectangular}$: Altura de la sección rectangular del digestor [m]

$V_{rectangular}$: Volumen del sector rectangular del digestor [m^3]

$A_{efectivo}$: Ancho total del tanque [m]

L : Largo del tanque [m]

$$h_{rectangular} = 2,76 \text{ m}$$

Se deberá tener en cuenta que la altura máxima de los lodos deberá estar 0,50 m por debajo del fondo del sedimentador.

5.4.4 Altura total del tanque

A partir de los resultados obtenidos se puede determinar que la altura del tanque resulta la suma de las distintas alturas ya calculadas.

$$h_{tanque} = h_{borde} + h_{rectángulo} + h_{triángulo} + h_{transición} + h_{zona\ neutra} + h_{rectangular} + h_{tolva}$$

$$h_{tanque} = 5,3\ m$$

5.4.5 Digestión y extracción de lodos

Como se mencionó anteriormente, el lodo estabilizado en el fondo del compartimiento de digestión debe retirarse periódicamente, y el tiempo que requiere la digestión del mismo varía según la temperatura. En la Tabla 5.4.5.1 se muestra el tiempo de digestión según la temperatura.

Tabla 5.4.5.1: Relación entre la temperatura y el tiempo de digestión de los lodos

Temperatura (°C)	Tiempo de digestión (días)
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

En la zona de estudio hay una temperatura media anual 16°C, por lo que se establece un tiempo de digestión de 50 días.

Para quitar los lodos e impedir la acumulación de gases, se coloca un tubo de hierro fundido de 200 mm de diámetro, en posición aproximadamente vertical, con su extremo inferior abierto a unos 15 cm por encima del fondo del tanque. En el tramo horizontal del tubo se monta una válvula a través de la cual, cuando se encuentra abierta, el lodo fluye libremente. Se establece una pendiente hidráulica del 15% para asegurar el escurrimiento del lodo. Ésta se conecta mediante un accesorio a otra tubería de 200 mm de diámetro, a través de la cual se evacúan los lodos, llegando a un buzón de inspección donde se coloca la válvula de limpieza. El buzón es de concreto y tiene un tamaño de 0.60 m x 0.60 m para facilitar el acceso a un operario para las tareas de mantenimiento. Esta tubería continúa hacia la sala de deshidratación de lodos, donde el lodo pasa inicialmente por una cámara de neutralización, y luego se lo conduce hacia el filtro prensa para proceder a su deshidratación.

5.4.6 Carga de lodos generados

A partir de los valores de la Tabla 5.4.1, se estima una generación de 140 litros de lodos por habitante por año. Se calculó un valor de población equivalente de 592 habitantes, que contempla la carga orgánica aportada por el efluente industrial. Se calcula la cantidad de lodos generados diariamente:

$$\text{Lodos anaeróbicos} = \frac{140 \frac{l}{hab \text{ dia}} * 365 \text{ dias} * 592 \text{ hab}}{1000}$$

$$\text{Lodos anaeróbicos} = 0.23 \frac{m^3}{dia}$$

Como se mencionó, la purga se realizará cada 50 días:

$$\text{Lodos anaeróbicos} = 12.5 \frac{m^3}{purga}$$

Se purgan cada 50 días 12,5 m³ de lodos anaeróbicos a partir de las tuberías instaladas, se neutralizan, y se envían hacia el filtro prensa para su deshidratación.

5.5 Diseño de lodos activos

Para lograr alcanzar los valores de vuelco permitidos por la normativa se incluye en el tren de tratamiento, a continuación del tanque Imhoff, un tratamiento aerobio de lodos activos. En el siguiente apartado se describen los procesos biológicos que ocurren durante el tratamiento, los parámetros a tener en cuenta, y el dimensionamiento de las unidades de proceso del tratamiento biológico.

En la Tabla 5.5.1 se describen los valores de guía de diseño del libro de Metcalf y Eddy *Ingeniería de aguas residuales* (1995).

Tabla 5.5.1: Parámetros de diseño de lodos activos. Fuente: Metcalf & Eddy (1995)

Modificación del proceso	θ_c , d	F/M Kg DBO ₅ aplicada/kg SSVLM.d	Carga volúmica, kg DBO ₅ aplicada/m ³ .d	SSLM, mg/lit	Θ (V/Q), horas	Fracción de retorno r (Q _r /Q)
Convencional	4-10	0.30-0.8	0.32-0.64	1500-3000	4-8	0.25-0.75
Reactor de Mezcla Completa	5-15	0.20-0.6	0.80-1.92	2500-4000	3-5	0.25-1.0
Aireación con alimentación escalonada	5-15	0.2-0.4	0.64-0.96	2000-3500	3-5	0.25-0.75
Aireación modificada	0.2-0.5	1.5-5.0	1.20-2.40	200-1000	1.5-3	0.05-0.25
Contacto y estabilización	5-15	0.20-0.6	0.96-1.20	(1000-3000) ^a (4000-10000) ^b	(0.5-1.0) ^a (3-6) ^b	0.5-1.5
Aireación Prolongada	18-30	0.05-0.15	0.16-0.40	3000-6000	18-36	0.5-1.5
Aireación de alta carga	5-10	0.40-1.5	1.60	4000-10000	2-4	1.0-5.0
Proceso de Kraus	5-15	0.3-0.8	0.64-1.60	2000-3000	4-8	0.50-1.0
Sistema de oxígeno puro	3-10	0.25-1.0	1.60-3.2	2000-5000	1-3	0.25-0.50
Zanjas de oxidación	10-30	0.05-0.30	0.08-0.48	3000-6000	8-36	0.75-1.50
Reactor de flujo discontinuo secuencial	NA	0.05-0.30	0.08-0.24	1500-5000 ^c	12-50	NA

Una vez finalizado el tratamiento anaeróbico, el efluente reduce un 40% su carga orgánica, y abandona el tanque con un valor de DQO de $2501 \frac{g}{m^3}$. Es con esta carga ingresará al reactor aeróbico: un reactor de mezcla completa donde se busca una remoción de la carga orgánica (DQO) del 96%.

En la Figura 5.5.1 se observa un esquema del funcionamiento del tratamiento de lodos activados. El efluente entra al reactor de mezcla completa y, una vez finalizado el período de retención hidráulica, pasa el sedimentador secundario, donde una parte del efluente sale tratado, y otra parte se divide en dos líneas: una se recircula para evitar que el reactor se licúe, y otra parte se purga.

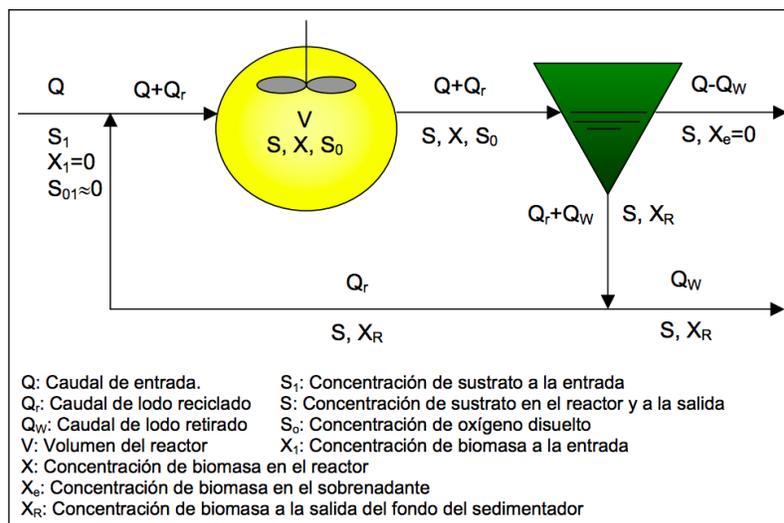


Figura 5.5.1: Diagrama de flujo con sus respectivas variables

5.5.1 Diseño del reactor de mezcla completa

Para el cálculo del volumen del reactor se empleó la norma ENOHSA que, si bien es adoptada para efluentes cloacales, se adopta en este caso donde el 50% del efluente corresponde a un efluente cloacal. El tiempo de retención hidráulica no se aplica como parámetro de diseño, sino que el cálculo se realiza en base a parámetros tales como el factor de carga, la edad de lodo, y la concentración de sólidos en suspensión totales en el reactor. Para el cálculo del volumen del reactor se emplea la Ecuación 5.27:

$$V_r = \frac{y \theta_c Q (S_0 - S)}{X_v (k_d \theta_c + 1)} \quad (\text{Ecuación 5.27})$$

Donde:

y: Relación entre la masa de microorganismos formados y el sustrato consumido $\left(\frac{mg \text{ SSV}}{kg \text{ DQO}} \right)$

Θ_c : Edad Celular [d]

Q: caudal [m^3]

S_o : concentración orgánica del efluente de entrada al reactor [mg DQO/l]

S: concentración orgánica del efluente de salida [mg DQO/l]

X_v : concentración de sólidos suspendidos volátiles en el tanque de aireación [mg SSVTA/l]

K_d : constante de decaimiento

Los parámetros toman los valores que figuran en la Tabla 5.5.1.1, y fueron adoptados en base al libro de Metcalf & Eddy (1995) para efluentes cloacales. Estos valores se adoptan para un cálculo inicial, sin embargo será necesario realizar a futuro ensayos de biodegradabilidad de la mezcla del efluente industrial junto con el cloacal para evaluar cómo se comportan los microorganismos.

Tabla 5.5.1.1: Valores adoptados de parámetros de diseño y volumen del reactor

$y \left(\frac{mg\ SSV}{kg\ DQO} \right)$	Θ_c [d]	k_d [d^{-1}]	$X_v \left(\frac{mg\ SSVTA}{l} \right)$
0,4	5	0,06	3700
Volumen del reactor [m^3]	20		

A partir de los valores adoptados se obtiene un reactor de $20\ m^3$.

Se adopta entonces una altura de tanque (h) de 4 metros, y se procede a calcular su área y su diámetro a partir de la Ecuación 5.28:

$$A = \frac{V}{h} \text{ (Ecuación 5.28)}$$

$$A = 5\ m^2$$

$$D = 2,5\ m$$

Para calcular el tiempo medio de retención hidráulica, es decir el tiempo medio teórico que permanecen las partículas de líquido en el proceso de tratamiento dentro del reactor, se emplea la Ecuación 5.29:

$$\tau_{Hr} = \frac{V_r}{Q_o} \text{ (Ecuación 5.29)}$$

Donde:

τ_{Hr} : Tiempo de retención hidráulica en el reactor [h]

V_r : Volumen del reactor [m^3]

Q_o : Caudal de trabajo [m^3/h]

$$\tau_{rh} = 24 \text{ hs}$$

Al trabajar con un caudal bajo, el tiempo de retención hidráulico será alto, resultando 1 día. Si bien esto se aparta de los valores de la Tabla 5.5.1, resulta necesario para poder tratar un bajo caudal de forma continua.

A partir del valor obtenido puede determinarse la relación sustrato/microorganismos mediante la siguiente Ecuación 5.30:

$$\left(\frac{F}{M}\right) = \frac{S_o}{Xv \theta} \text{ (Ecuación 5.30)}$$

Donde:

$\frac{F}{M}$ = Relación alimento/microorganismos [d^{-1}]

Para determinar la producción de fangos y la transferencia y necesidad de oxígeno dentro del reactor, se detalla a continuación la cinética de crecimiento biológico.

Podemos definir la tasa de crecimiento de la biomasa teniendo en cuenta que los microorganismos aumentan su cantidad en proporción a su masa. La tasa de crecimiento de la biomasa se puede obtener a partir de la siguiente Ecuación:

$$r_g = \mu X \text{ (Ecuación 5.31)}$$

Donde:

r_g : Tasa de crecimiento bacteriano [$g \text{ SSV}/m^3h$]

μ : Tasa de crecimiento específico [h^{-1}]

X : Concentración de microorganismos [$g \text{ SSV}/m^3$]

Sin embargo, el sustrato puede ser uno de los elementos limitantes para el crecimiento de los microorganismos, por lo que una de las ecuaciones a tener en cuenta a la hora de diseñar el reactor biológico es la ecuación de Monod (Ecuación 5.32). Ésta relaciona las tasas de crecimiento microbiano en un ambiente acuoso con la concentración de un nutriente limitante, en este caso la carga orgánica. Esto resulta importante ya que el crecimiento de los microorganismos será responsable de la degradación de la materia orgánica presente en el efluente.

$$\mu = \mu_{max} \frac{S}{K_s + S} \text{ (Ecuación 5.32)}$$

Donde:

μ_{max} : Tasa de crecimiento máximo específico (h^{-1})

S : Concentración del sustrato limitante del crecimiento (mg/l)

K_s : Afinidad de los microorganismos por el sustrato (mg sustrato/l)

Al combinar las ecuaciones 5.31 y 5.32 obtenemos la Ecuación 5.33:

$$r_g = \frac{\mu_{max}XS}{K_S+S} \text{(Ecuación 5.33)}$$

A su vez, parte del sustrato se transforma en nuevas células, y otra parte se oxida generando nuevos productos finales. Existe una relación entre la tasa de crecimiento y el grado de utilización del sustrato representada en la Ecuación 5.34:

$$r_g = -Yr_{su} \text{(Ecuación 5.34)}$$

Donde:

Y : Relación entre la masa de microorganismos formados y el sustrato consumido (g SSV/g sustrato)

R_{su} : Grado de utilización del sustrato (g/m³h)

Así obtenemos la Ecuación 5.35:

$$r_{su} = \frac{-\mu_{max}XS}{Y(K_S+S)} \text{(Ecuación 5.35)}$$

Otro aspecto a tener en cuenta es el efecto del metabolismo endógeno: se deben tener en cuenta factores tales como depredación y muerte celular. Esto supone una disminución de la masa celular proporcional a la concentración de microorganismos presentes llamada decaimiento endógeno. Se puede expresar según la Ecuación 5.36:

$$r_d = -Xk_d \text{(Ecuación 5.36)}$$

Donde:

X : Concentración de microorganismos (g SSV/m³)

k_d : Constante de decaimiento endógeno (h⁻¹)

Combinando las Ecuaciones obtenemos:

$$r_g' = \frac{\mu_{max}XS}{K_S+S} - k_dX \text{(Ecuación 5.37)}$$

También puede definirse la tasa de utilización del sustrato (U) en la Ecuación 5.38:

$$U = \frac{S_o - S}{\tau_{rh} X} = \frac{Q (S_o - S)}{V X} = \frac{-r_{su}}{X} \text{ (Ecuación 5.38)}$$

El coeficiente estequiométrico de producción observada se define según la siguiente Ecuación 5.39, y ésta permite describir con buen grado de aproximación el crecimiento de la masa celular causado por la remoción de sustrato soluble, usado por los microorganismos para su reproducción, crecimiento y metabolismo:

$$y_{obs} = \frac{yU - k_d}{U} = \frac{y}{1 + \theta_c k_d} \text{ (Ecuación 5.39)}$$

Donde:

Y_{obs} : coeficiente estequiométrico de producción observada (gSSV/gDQO)

Para la determinación del requerimiento de oxígeno y la producción de lodos generados en el reactor biológico, se tomarán las ecuaciones del libro Metcalf & Eddy (1995).

5.5.2 Producción de lodos

A partir de las Ecuaciones descritas, se puede determinar la producción de fangos generada en el reactor a partir de la siguiente Ecuación 5.40:

$$P_x = \frac{Y}{1 + k_d \theta_c} \frac{Q (S_o - S)}{1000} \text{ (Ecuación 5.40)}$$

Donde:

P_x : Producción de fangos (kg SSV/m³.d)

Se obtiene una generación de fangos biológicos de 15 kg diarios.

Se adopta un valor de microorganismos en el caudal de reciclo de 8000 g/m³, adoptado a partir de valores bibliográficos. Se calcula la cantidad de fango a purgar desde el sedimentador secundario a partir de la Ecuación 5.41.

$$Q_r = \frac{VX}{\theta_c X_r} \text{ (Ecuación 5.41)}$$

Donde:

Q_r : Caudal de recirculación (m³/d)

X_r : Concentración de microorganismos en el caudal de recirculación (g/m³)

El caudal de reciclo resulta de 17,1 m³ por día.

El caudal de lodos biológicos a purgar puede determinarse a partir de la Ecuación 5.42:

$$Q_{wr} = \frac{VX_v}{X_r\theta_c} \text{(Ecuación 5.42)}$$

Donde:

Q_{wr} : Caudal de fango a purgar (m^3/d)

Se obtiene un caudal de lodos biológicos a purgar de $1,84 m^3$ diarios.

5.5.3 Requerimiento de oxígeno

A partir de la producción de fangos es posible calcular el requerimiento de oxígeno en el tanque para oxidar la materia orgánica presente según la Ecuación 5.43:

$$RO = \frac{Q(S_0 - S)}{f \cdot 1000} - 1.42 P_x \text{(Ecuación 5.43)}$$

Donde:

RO: Requerimiento de oxígeno [kgO_2/d]

f: Factor de seguridad

Para la elección del equipo de aireación es necesario conocer el valor del requerimiento de oxígeno estándar, es decir la cantidad de oxígeno que va a prestar el equipo al sistema en condiciones ideales. Éste se calcula a partir del requerimiento de oxígeno del sistema, que depende de la cantidad de oxígeno necesario para los microorganismos presentes para degradar la materia orgánica y para su respiración endógena, y se va a ver afectada por la velocidad de difusión del gas (oxígeno) en el líquido (agua residual).

El mismo puede calcularse según la siguiente Ecuación 5.44:

$$SOR = \frac{RO}{\frac{\beta(c_{water} - c_L)}{c_s} 1.024^{(T-20)} \alpha} \text{(Ecuación 5.44)}$$

Donde:

β : Factor de corrección por salinidad y tensión superficial

c_L : Concentración de oxígeno disuelto en condiciones de funcionamiento [mgO_2/l]

c_s : Concentración de oxígeno saturado en agua limpia a $20^\circ C$ y 1 atm [mgO_2/l]

T: Temperatura del líquido [°C]

α : Factor de conversión de la transferencia de oxígeno para agua residual

c_{water} : Concentración saturación de oxígeno para agua residual a una temperatura y altura dada [mgO₂/l]

Para asegurar el correcto aireamiento del tanque y una mezcla perfecta, se dispondrán en el fondo del tanque difusores de aire con una densidad de 1,7 difusores por metro cuadrado. Se instalarán difusores Repicky de membrana de burbuja fina modelo RG-300.

Todos los valores calculados en base a las Ecuaciones mencionadas previamente se detallan en la Tabla 5.5.3.1 a continuación. El caudal de diseño del difusor es de 5 m³/h medidos a 20° C y presión atmosférica normal (especificaciones técnicas del difusor en Figura A.5.1 en el Anexo I). Los mismos se instalan a 10 cm del fondo del reactor de mezcla completa.

Tabla 5.5.3.1: Parámetros de diseño del sistema de lodos activos

Parámetros	Valores
Requerimiento de oxígeno (RO) [kgO ₂ /h]	2,2
SOR [kg/h]	3,3
Producción de fangos (P _x) [kg/d]	14,7
Caudal a purgar (Q _{rw}) [m ³ /d]	1,84
Caudal de recirculación (Q _r) [m ³ /d]	17,1
Relación alimento/microorganismos (F/M)	0,6
Difusores	9
Caudal de salida (Q _s) [m ³ /d]	18,1
Q _{aire} [Nm ³ /min]	0,5

Es necesario verificar si la potencia alcanza la mínima necesaria para asegurar la mezcla. La misma corresponde a $Q_{\text{aire}}/\text{área reactor} = 0,037 \frac{m^3 \text{aire}}{m^2 \text{reactor min}}$.

Para cumplir con esta condición se necesita al menos un caudal de aire de 0,185 m³/min, lo que queda cubierto con el caudal de aire otorgado por los difusores.

Se debe verificar también que la aireación no rompa el floc biológico, por lo que debe no debe superarse la siguiente relación:

$$Q_{\text{aire}}/\text{volumen reactor} = 0,09 \frac{m^3}{m^3 \text{reactor min}}$$

Esto se cumple para un caudal de aire de 1,8 m³/min. Este valor no es superado por el caudal de aire de los difusores instalados.

5.5.4 Equipo de aireación

Para asegurar el funcionamiento adecuado de los difusores de membrana hay que instalar compresores de aire. El soplador instalado debe comprimir el aire asegurando una presión mayor a la ejercida sobre las membranas de los difusores. Ésta corresponde a la suma de la presión atmosférica, la presión de la columna de agua sobre el difusor, y la pérdida de carga de los difusores. A partir de la Ecuación 5.45 se calcula la presión de trabajo. No se incluye la presión atmosférica ya que los equipos empleados ya la tienen en cuenta.

$$p = p_{\text{pérdida de carga}} + p_h = p_{\text{pérdida de carga}} + \rho gh \text{ (Ecuación 5.45)}$$

Donde:

p = Presión de trabajo [mbar]

$p_{\text{pérdida de carga}}$ = Presión debida a la pérdida de carga según el caudal de trabajo [mbar]

p_h = Presión hidrostática

ρ = Densidad del agua [kg/m³]

g = Aceleración de la gravedad [m/s²]

h = Altura de la columna de agua [m]

Los difusores instalados, funcionando a una presión de trabajo de 5Nm³/h, presentan una pérdida de carga de 40 mbar. Se obtiene entonces una presión de trabajo $p = 421,55$ mbar.

El caudal de aire corresponde a la cantidad de difusores instalados por el caudal individual de cada uno, lo que resulta 45 m³/h. Se propone entonces como equipo de aireación un soplador trabajando como compresor de la marca Repicky modelo R100. Este equipo permite otorgar un caudal de aire de 57,9 m³/h, con una pérdida de carga de 400 mbar y una potencia de 1,6 HP (Tabla A.5.2 Anexo I). Se tendrán dos de estos equipos, ante la posibilidad de alguna falla.

5.5.5 Sedimentador secundario

Una vez que el efluente atraviesa el sistema de lodos activos, pasa al sedimentador secundario, donde el agua clarificada (Q_s) es separada de los fangos generados en la etapa anterior mediante sedimentación gravitacional. Parte del material sedimentado retorna al

reactor biológico (Q_r), con el fin de mantener cierta concentración de microorganismos en el sistema y evitar que el reactor se licúe. Otra parte del lodo es purgada para luego ser tratada.

La sedimentación se lleva a cabo en un tanque circular de alimentación central. El mismo posee una tolva central para la acumulación de lodos por acción de la gravedad, y una cañería que permite la evacuación de los mismos. El diámetro de la zona de entrada en el centro del tanque debe ser aproximadamente el 15 - 20% del diámetro de sedimentador. El retorno de los lodos debe ser continuo y se realiza mediante bombas centrífugas.

Al no tener información de laboratorio sobre algunos parámetros de diseño a contemplar, se tienen en cuenta algunos valores de bibliografía (Tabla 5.5.5.1).

Tabla 5.5.5.1: Parámetros de diseño para sedimentadores secundarios. Fuente: Metcalf & Eddy, 1995.

Tipo de tratamiento	Carga de superficie $m^3/m\ d$		Carga de sólidos $kg/m^2 \times h$		Profundidad (m)
	Media	Punta	Media	Punta	
Sedimentación a continuación del proceso de fangos activados (excepto en la aireación prolongada)	16 - 32	41 - 49	3,90 -5,85	9,76	3,6-6,0
Sedimentación a continuación del proceso de fangos activados con oxígeno	16 - 32	41 - 49	4,88-6,83	9,76	3,5-6,0
Sedimentación a continuación del proceso de aireación prolongada	8 - 16	24,42-32	0,97-4,88	6,83	3,6-6,0
Sedimentación a continuación de filtros percoladores	16 - 24	41 - 49	2,93-4,88	7,81	3,0-4,5
Sedimentación a continuación de biodiscos:					
Efluente secundario	16 - 32	41 - 49	3,90-5,85	9,76	3,0-4,5
Efluente nitrificado	16 - 24	32 - 41	2,93-4,88	7,81	3,0-4,5

El volumen del sedimentador, se calcula a partir de la Ecuación 5.46, adoptando un tiempo de retención hidráulico de 4 horas.

$$V = \tau_{rh} \times Q \text{ (Ecuación 5.46)}$$

Donde:

V: Volumen del sedimentador secundario [m^3]

Q: Caudal [m^3/h]

τ_{rh} : Tiempo de retención hidráulico [h]

A partir del valor obtenido, se calcula el volumen que será destinado para la tolva de recolección de lodos biológicos, adoptando una inclinación de las paredes de 50° (α) para asegurar la acumulación de los mismos en el fondo del sedimentador.

$$tg(\alpha) = \frac{h_{tolva}}{r} \text{(Ecuación 5.47)}$$

$$V_{tolva} = \frac{1}{3}\pi r^2 h_{tolva} \text{(Ecuación 5.48)}$$

Donde:

α = Ángulo de inclinación de las paredes de la tolva

h_{tolva} = Altura de la tolva [m]

r = Radio del sedimentador [m]

V_{tolva} = Volumen de la tolva [m³]

Conociendo las dimensiones de la tolva y el volumen total del sedimentador, se obtiene la altura total del sedimentador por diferencia. La altura es inferior a las alturas recomendadas en la Tabla ya que se trata de una planta pequeña de bajo caudal.

Se calcula el área del sedimentador según la Ecuación 5.49, adoptando un valor de radio para el tanque de $r = 0,75$ m:

$$A_s = \pi r^2 \text{(Ecuación 5.49)}$$

A_s : Área superficial del sedimentador secundario (m²)

r : Radio del sedimentador (m)

A partir del valor obtenido, se calcula la carga superficial mediante la siguiente expresión:

$$C_s = \frac{Q}{A_s} \text{(Ecuación 5.50)}$$

Donde:

C_s : Carga superficial: (m³/m²d)

A_s : Área superficial del sedimentador secundario (m²)

Q : Caudal (m³/d)

El 15% del diámetro será el reparto central, entonces tenemos que:

$$D_{central} = D \times 0.15 \text{(Ecuación 5.51)}$$

Donde:

$D_{central}$: Diámetro central del sedimentador secundario (m)

D : Diámetro del sedimentador secundario (m)

En la Tabla 5.5.5.2 se detallan las dimensiones de sedimentador secundario. Algunos valores se encuentran por debajo de los recomendados en la Tabla 5.5.1 debido al pequeño caudal que trata la planta.

Tabla 5.5.5.2: Resultados del dimensionamiento del sedimentador secundario

Parámetros	Valores
Volumen (m ³)	3
Diámetro (m)	1,5
Altura (m)	2,3
Tiempo de retención hidráulica (hs)	4
Diámetro central (m)	0,23
Carga superficial (m ³ /m ² d)	10,2

En el fondo del sedimentador se dispondrá una tubería para la recirculación y la extracción de lodos de DN=110mm.

5.5.5.1 Zona de entrada

La zona de entrada en un sedimentador es un conjunto de estructuras que debe permitir una distribución uniforme del flujo de agua hacia la zona de sedimentación, evitar chorros que puedan provocar corrientes cinéticas en la masa líquida, disipar la energía que trae el agua, y evitar altas velocidades que puedan disipar los barros del fondo ^[81].

El efluente ingresa por un contenedor cilíndrico en el centro del tanque, y se distribuye en dirección tangencial. Como se mencionó previamente, tiene un diámetro correspondiente al 15% del diámetro del sedimentador. Se instala alrededor una pantalla cilíndrica con orificios a través de los cuales el agua pasa con un régimen de velocidades adecuado para que ocurra la sedimentación, con el fin de proveer una transición suave entre la velocidad relativamente alta de la tubería afluyente y la velocidad baja uniforme deseable en la zona de asentamiento ^[80]. Su altura varía típicamente entre 1 y 2,5 metros, y la velocidad de paso en los orificios no debe superar los 0,15 m/s para no crear perturbaciones dentro de la zona de sedimentación ^[80].

El flujo proveniente del reactor de mezcla completa pasa entonces a través de la columna central y sale en forma radial a través de ventanas circulares localizadas en la parte superior de la pantalla. La relación típica entre la altura de la pantalla circular desde el borde superior del

sedimentador y la profundidad del sedimentador es de 0,4 ^[80]. Por lo tanto, a partir de esta relación se determina la altura de la pantalla cilíndrica.

$$h_c = \text{Altura de la pantalla cilíndrica} = 0,92 \text{ m}$$

Para diseñar los orificios de la placa difusora, se adopta una velocidad de paso ($v_o=0,15$ m/s), y luego se calcula el área total ocupada por los mismos con la Ecuación 5.53.

$$A_o = \frac{Q}{v_o} \text{(Ecuación 5.53)}$$

Donde:

A_o : Área total de los orificios [m^2]

Q : Caudal [m^3/h]

v_o : Velocidad de paso por los orificios [m/h]

A partir del área total de los orificios obtenida, y asumiendo un diámetro para cada uno de ellos ($d_o=0.01$ m), se establece la cantidad de orificios necesarios para cubrir el área requerida a partir de la Ecuación 5.54.

$$n = \frac{A_o}{a_o} \text{(Ecuación 5.54)}$$

Donde:

n : Cantidad de orificios

A_o : Área total de los orificios [m^2]

Se obtiene un total de 18 orificios.

La disposición de los orificios se realizará de forma tal que se asegure una distribución uniforme en toda la superficie de la placa.

5.5.5.2 Zona de salida

La zona de salida también posee estructuras que aseguran una distribución uniforme del flujo en la mayor área posible, minimizan el ascenso de las partículas en su escape al efluente y reducen el escape de materia flotante al efluente.

Se instalan canaletas de recolección con vertederos de tipo Thompson como se observa en la Figura 5.5.5.2.1. Se trata de una chapa con ranuras triangulares de 90° . Para estos vertederos se adapta la fórmula de Thompson obteniendo caudales en metros cúbicos por segundo según la Ecuación 5.55:

$$Q = 1,4 \times h^{\frac{5}{2}} \text{(Ecuación 5.55)}$$

Donde:

$Q =$ Caudal [m^3/s]

$h =$ Altura del líquido [m]

Se obtiene entonces un valor de $h = 0,03$ m. A partir de este valor y el ángulo del vertedero, obtenemos un ancho para vertedero de $b = 0,06$ m

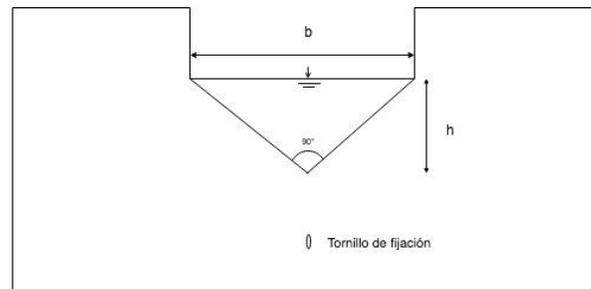


Figura 5.5.5.2.1: Vertedero tipo Thomsen. Fuente: Elaboración propia

La Ecuación 5.57 permite calcular el caudal que evacúa cada vertedero:

$$q = 1,34 h^{2,47} \text{ (Ecuación 5.57)}$$

Donde:

$q =$ Caudal unitario [m^3/s]

$h =$ Altura del líquido [m]

Se obtiene un caudal unitario de $q = 2,22 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$.

A partir de los valores obtenidos, se calcula la proporción del perímetro del sedimentador que ocupa la totalidad de los vertederos. Se utiliza la Ecuación 5.58:

$$L_v = \frac{Q}{C_v} \text{ (Ecuación 5.58)}$$

Donde:

$L_v =$ Longitud ocupada por los vertederos [m]

$Q =$ Caudal [m^3/s]

$C_v =$ Carga de salida por cada vertedero [$\text{m}^3/\text{m s}$]

Se adopta un valor para la carga de salida por cada vertedero ($C_v = 0,87$ l/ms), teniendo en cuenta que ENOhSA recomienda un valor menor o igual a 1,8 l/ms.

Se obtiene entonces una longitud ocupada por los vertederos de $L_v = 0,24$ m.

Por lo tanto, teniendo en cuenta el ancho (b) de cada vertedero, se requieren 4 vertederos. Se agrega un margen de seguridad del 20% a la altura del vertedero obtenida, resultando en una altura total de 3,6 cm, con el fin de tener mayor flexibilidad de operación. El efluente se recolecta mediante un canal que rodea el sedimentador, donde se adopta un valor de ancho (b = 5 cm). A partir de la Ecuación 5.59 se calculan sus dimensiones:

$$h_{max} = \left(\frac{73 Q}{b} \right)^{\frac{2}{3}} \text{ (Ecuación 5.59)}$$

Donde:

h_{max} = Lámina máxima de agua en la canaleta [m]

Q = Caudal de diseño [m^3/h]

b = Ancho de la canaleta

Se obtiene un valor de altura de la lámina de agua máxima en la canaleta de 2,10 cm.

5.5.5.3 Zona de barros

Para permitir la acumulación del lodo en el fondo del sedimentador, se diseña una tolva con una pendiente de $\alpha = 45^\circ$ respecto de la horizontal para permitir su concentración, y se instala una tubería de descarga para su remoción.

Se calcula a partir de las dimensiones del sedimentador, el volumen destinado a la zona de descarga:

$$H_o = tg(\alpha) \times r \text{ (Ecuación 5.60)}$$

$$V_o = \frac{\pi r^2 H_o}{3} \text{ (Ecuación 5.61)}$$

Donde:

H_o = Altura de la zona de descarga [m]

r = Radio del sedimentador [m]

V_o = Volumen de la zona de descarga [m^3]

Se obtienen los siguientes valores:

$H_o = 1,2$ m

$V_o = 0,6$ m^3

Para evitar el taponamiento del tubo de salida, se dispone una tubería de DN 110 mm que tendrá una salida lateral desde el centro de la tolva. Esta tubería recircula los lodos hacia el reactor biológico mediante una bomba, y tendrá una conexión mediante una tee que permitirá la purga de los lodos biológicos hacia el tanque Imhoff. La velocidad de flujo debe ser mayor a 1.4 m/s para evitar asentamientos de lodo en la tubería de desagüe ^[80].

5.5.6 Purga de lodos biológicos

Como se mencionó previamente, se estima la generación de 1,84 m³ de fangos biológicos diarios. Los mismos se purgan del sedimentador secundario y se bombean a través de la tubería de salida hacia el tanque Imhoff para su digestión anaeróbica. Allí se los deja un tiempo de residencia de 10 días. Una vez transcurrido este tiempo, los mismos se purgan, se neutralizan con cal viva, y son enviados hacia el filtro prensa para su deshidratación.

5.6 Tratamiento terciario

5.6.1 Cámara de cloración

Una vez finalizado el tratamiento secundario de lodos activos, el efluente continua a través del tren de tratamiento por gravedad hacia una cámara laberíntica de cloración, donde se lo pone en contacto con hipoclorito de sodio para su desinfección. Se determina el volumen de la cámara, asumiendo un tiempo de residencia de 30 minutos:

$$V = Q \times \tau_{rh}$$

Donde:

V: Volumen de la cámara de desinfección [m³]

Q: Caudal [m³/h]

τ_{rh} : Tiempo de retención hidráulico [h]

Se adopta una altura de 1 metro y un largo de 0.5 metros. Se calcula entonces a partir de los valores adoptados el área y el ancho de la cámara. En la Tabla 5.6.1.1 se detallan los resultados obtenidos

Tabla 5.6.1.1: Resultados del dimensionamiento del sedimentador secundario

Parámetros	Valores
Volumen (m ³)	0,38
Altura (m)	1

Largo (m)	0,75
Ancho (m)	0,5
Distancia entre tabiques (m)	0,15
Núm. de tabiques	4

La normativa permite una concentración final de coliformes menor a 500 UFC/ 100ml, por lo que se busca obtener una concentración final de 300 UFC/ 100ml para asegurar un margen de seguridad. La reducción de organismos coliformes en un efluente clorado de tratamiento primario puede definirse por medio de la siguiente Ecuación 5.62:

$$\frac{N}{N_o} = \left(1 + 0.23 \frac{l}{\text{min.mg}} \times C \times t\right)^{-3} \text{(Ecuación 5.62)}$$

Donde:

N: Concentración de coliformes final (mg/100ml)

N_o: Concentración de coliformes inicial (mg/100ml)

C: Concentración de cloro necesaria (mg/l)

T: Tiempo de residencia (min)

Se asume un valor inicial de coliformes totales de 1,10⁷ UFC/100ml basado en bibliografía, y así se obtiene la concentración de cloro total residual.

$$C_t = 4.52 \text{ mg/l}$$

Al tratar un caudal diario de 18 m³, se requiere una dosis anual de 294 kg.

5.7 Cámara de muestreo y medición de caudal

Siguiendo las medidas exigidas por la Resolución N° 607/2012 de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, para el caudal que se tiene, la cámara debe tener una altura de 0.7 metros, un ancho interno de 0,6 metros y una longitud interna de 0,85 metros. Los bordes de la cámara tendrán un espesor de 0,15 metros.

5.8 Deshidratación de lodos

Para la deshidratación de los lodos generados en las distintas etapas del sistema de tratamiento, se emplea un filtro prensa con traslado lateral de placas que proporciona un grado de sequedad del 40%.

Por un lado, se lleva a cabo la deshidratación de los lodos industriales una vez a la semana (Lodos A), luego de ser purgados del reactor Fenton. A partir de los análisis realizados

en laboratorio, se espera la generación de 10,7 m³ de lodos industriales semanales, es decir un volumen aproximado de lodos del 14% del volumen de efluente tratado. Tomando una densidad de lodos inicial de 1000 kg/m³ y proporcionando una sequedad del 40%, se espera la generación de 4280 kg de lodo seco en cada tratamiento Fenton realizado. Éstos deberán ser retirados semanalmente por gestores autorizados para evitar el almacenamiento prolongado de estos lodos, ya que se trata de residuos peligrosos.

Por otro lado, cada 50 días se realiza la purga de los lodos generados en el tanque Imhoff (Lodos B). Se extrae un volumen de 12,5 m³. Tomando también una densidad de lodos de 1000 kg/m³ y una sequedad del 40%, se espera la generación de 2500 kg de lodo seco por mes.

Finalmente, también deben extraerse diariamente del tanque Imhoff los lodos enviados desde el sedimentador secundario que representan un volumen de 1,84 m³ (Lodos C). Este volumen se purga diariamente y corresponde a una mezcla de estos lodos aerobios y los anaeróbicos del tanque Imhoff. Para estos lodos se espera una generación mensual de 22080 kg.

Los lodos biológicos serán retirados por gestores autorizados mensualmente, por lo que, hasta su retiro, serán almacenados en dos tolvas de almacenamiento de PVC con capacidad de 14 000 litros.

Para la elección del equipo de filtración se calculó el área necesaria para tratar el volumen de lodos generado. Los equipos poseen cámaras filtrantes con un espesor de 30 mm, por lo que se calcula el área necesaria para filtrar los distintos volúmenes de lodos teniendo en cuenta este valor a partir de la Ecuación 5.63.

$$\text{Superficie filtrante} = \frac{\text{Volumen de lodos}}{0.030 \text{ m}} \text{ (Ecuación 5.63)}$$

Se instalan dos filtros prensa de la marca Draco modelo FPM 47 con 60 placas (Tabla A.5.3 Anexo I). Esto se hace con el fin de tener un respaldo en caso de que alguno presente alguna falla. En la Tabla 5.8.1 se detallan las características del filtro y la cantidad de ciclos necesarios para el tratamiento de cada uno de los lodos.

Tabla 5.8.1: Dimensionamiento filtro prensa

Núm de placas	Superficie filtrante total [m ²]	Volumen torta total [m ³]	Tamaño de placas [m]	Espesor de torta [mm]
60	21,2	0,284	0,47	30

Lodos	Volumen [m ³]	Superficie filtrante [m ²]	Filtros prensa utilizados	Ciclos totales por filtro
A	10,7	357	2	9
B	12,5	417	2	10
C	1,84	62	1	3

Los lodos A se tratan una vez por semana, prensando la mitad del volumen de lodos en uno de los filtros, y la otra mitad en el segundo filtro en paralelo. Lo mismo se realiza para los lodos B, aunque estos se purgan cada 50 días. Finalmente, los lodos C, son tratados diariamente utilizando uno de los filtros prensa, ya que se trata de un pequeño volumen de lodos.

5.9 Dimensionamiento de sistema de conducción

5.9.1 Tuberías a presión y a gravedad

Para el sistema de conducción se optó por tuberías de PVC cerradas con el fin de disminuir el riesgo tanto ambiental como sanitario. Las principales ventajas de las tuberías de este material son su elevada resistencia mecánica y química, su baja rugosidad hidráulica (lo que se traduce en menores pérdidas de carga), su fácil instalación y transporte, su inadmisibilidad de incrustaciones, su alta duración, y su seguridad total en las uniones. También se emplean conexiones, accesorios y otros componentes de PVC.

Para disminuir los costes energéticos se busca que las cañerías sean lo más cortas posibles, se evitan los bombeos innecesarios, y se reducen al máximo los cambios de dirección y la cantidad de accesorios, dejando únicamente aquellos que resultan imprescindibles.

Con el fin de simplificar los cálculos, se asume un fluido ideal (no viscoso, incompresible, e irrotacional), y también se asume un flujo turbulento, desarrollado completamente a lo largo de todas las cañerías, que se mueve bajo estado estacionario. Se tiene en cuenta el intervalo recomendado para la velocidad de líquidos poco viscosos en líneas de conducción de 1,2 y 2,4 m/s, y para el flujo por gravedad entre 0,15 y 0,3 m/s, con una pendiente mínima del 3‰ (Tabla 5.9.1.1).

Tabla 5.9.1.1: Velocidades recomendadas para fluidos en tuberías

Fluido	Tipo de Flujo	Velocidad	
		ft/s	m/s
Líquidos poco viscosos	Flujo por gravedad	0.5 - 1	0.15 - 0.30
	Entrada de bomba	1 - 3	0.3 - 0.9
	Salida de bomba	4 - 10	1.2 - 3
Líquidos viscosos	Línea de Conducción	4 - 8	1.2 - 2.4
	Entrada de bomba	0.2 - 0.5	0.06 - 0.15
	Salida de bomba	0.5 - 2	0.15 - 0.6
Vapor de Agua		30 - 50	9 - 15
Aire o gas		30 - 100	9 - 30

Se dimensionan inicialmente las conducciones cuya fuerza impulsora es la gravedad. Luego de darle altura al efluente industrial y cloacal mediante bombeo, los mismos seguirán por gravedad hasta su vuelco. Para lograr esto, las unidades de proceso fueron enterradas a distintos niveles de forma que el efluente pueda fluir correctamente. Las tuberías donde el fluido fluye por gravedad corresponden a las instaladas en los sistemas de rejillas, y a las tuberías que conectan el tanque Imhoff, el reactor de lodos activos, el sedimentador secundario, la cámara de cloración y la cámara de muestreo.

Para una tubería parcialmente llena tal como se observa en la Figura 5.9.1.1 existen las siguientes relaciones descritas por las Ecuaciones 5.64, 5.65, 5.66.

$$A = R^2(\theta - \sin(\theta) \cos(\theta)) \text{ (Ecuación 5.64)}$$

$$P_m = 2R\theta \text{ (Ecuación 5.65)}$$

$$R_h = \frac{R^2(\theta - \sin(\theta) \cos(\theta))}{2R\theta} \text{ (Ecuación 5.66)}$$

Donde:

R_h : Radio hidráulico

R : Radio de la tubería

A : Área mojada [m^2]

P_m : Perímetro mojado [m]

θ : Ángulo desde la superficie de la lámina hasta el centro del tubo ($^\circ$)

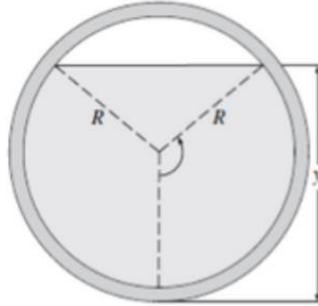


Figura 5.9.1.1: Tubería parcialmente llena

Se asume una relación entre el diámetro y la altura de llenado (y) de 0.75 por lo que, a partir de la Tabla A.5.4 del Anexo I, se obtienen las siguientes relaciones:

$$A = 0.6319 D^2 \text{ (Ecuación 5.67)}$$

$$P_m = 2.0944 D \text{ (Ecuación 5.68)}$$

$$R_h = 0.3017 D \text{ (Ecuación 5.69)}$$

Donde:

A: Área mojada [m^2]

P_m : Perímetro mojado [m]

R_h : Radio hidráulico [m]

Se adopta una velocidad de fluido de 0,3 m/s, y se obtiene así el área mojada a partir de la Ecuación 5.67:

$$A_{mojada} = \frac{Q}{v} \text{ (Ecuación 5.70)}$$

Donde:

A_{mojada} = Área que ocupa el fluido en la tubería [m^2]

Q = Caudal [m/s]

v = Velocidad de escurrimiento [m/s]

A partir del valor obtenido se calcula el radio hidráulico (Ecuación 5.69). Se instalan tuberías de DN 63 mm clase 6 de PVC. A partir del valor del diámetro de las tuberías y el radio hidráulico puede calcularse la velocidad de escurrimiento en conducciones por gravedad según la Ecuación de Chez-Manning (velocidad de Manning), y verificar que el valor obtenido cumpla con las recomendaciones mencionadas previamente.

$$v = \frac{1}{n} R_h^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \text{ (Ecuación 5.71)}$$

Donde:

v: Velocidad del flujo (m/s)

n: Coeficiente de Manning (0.011 para PVC)

R_h: Radio hidráulico

I: Pérdida de carga o pendiente (Valor adoptado: 0.3%)

En la Tabla 5.9.1.2 se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 5.9.1.2: Parámetros contemplados para el cálculo del diseño de las tuberías por gravedad

Tramo gravedad	
v [m/s]	0.3
Q [m ³ /s]	0.00023
A mojada [m ²]	0.00077
DN [mm]	63
e [mm]	1.9
D [mm]	61.1
v Manning [m/s]	0.35

Para la conducción a presión, las principales magnitudes geométricas de la sección transversal de una tubería son el diámetro nominal (DN), medida referencial que depende del material de la tubería, el diámetro exterior (DE), que representa el máximo de sección de la tubería, y el diámetro interior (DI), el diámetro hidráulicamente aprovechable. Esto puede verse en la Figura 5.9.1.2.

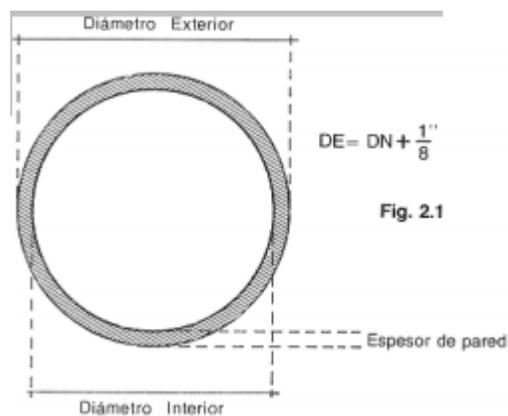


Fig. 2.1

5.9.1.2: Sección transversal de tubería de conducción. Fuente: Manual técnico de cobre.

En el caso de las tuberías de PVC, su DN es equivalente a su DE, por lo que el espesor y la presión máxima que tolera la tubería están definidos por la clase de tubería. En la Tabla A.5.5 del Anexo I se detallan los DN y los espesores para cada clase de tubería de PVC. Se tendrá en cuenta a la hora de instalar las tuberías los distintos caudales que existen a lo largo del tren de tratamiento.

Para los tramos donde el fluido fluye por presión, se instalan tuberías de DN 110 mm de PVC clase 6 cuando el fluido a trasladar se trata de lodos, tanto biológicos como industriales. En el caso de la impulsión del agua residual, se emplean tuberías de DN 63 mm de PVC clase 6.

5.9.2. Pérdidas de carga en conducciones

La pérdida de carga que tiene lugar en una conducción corresponde a la pérdida de energía dinámica del fluido debido a la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes del conducto que las contiene. Éstas pueden ser continuas, a lo largo de conductos regulares, o accidentales o localizadas, debido a circunstancias particulares, como un estrechamiento, un cambio de dirección, la presencia de una válvula, etc.

Estas pérdidas de carga se relacionan proporcionalmente con el cuadrado de la velocidad del fluido y no pueden ser despreciadas, excepto cuando el fluido fluye con una velocidad muy baja ^[82]. Es por esto que se deprecian las pérdidas de carga localizadas para las tuberías donde el fluido fluye por gravedad. Se instalan únicamente válvulas compuerta que estarán abiertas mientras funcione la planta normalmente.

En el caso de las tuberías a presión, para el cálculo hidráulico y la determinación de las pérdidas por fricción, se utiliza la ecuación de Darcy-Weisbach (Ecuación 5.72):

$$h_f = f \frac{L v^2}{D 2g} = f \frac{8LQ^2}{g\pi^2 D^5} \text{(Ecuación 5.72)}$$

Donde:

h_f : Pérdida de carga por fricción (m)

f : Factor de fricción Darcy

L : Longitud de la tubería (m)

v : Velocidad de escurrimiento (m/s)

g : Aceleración de la gravedad (m/s²)

Q: Caudal (m³/s)

D: Diámetro de la tubería (m)

El factor de fricción Darcy (f) puede determinarse a partir del gráfico de Moody (Figura A.5.6 del Anexo I) para el factor de fricción para un flujo desarrollado en tuberías circulares, donde se relaciona el el factor de fricción con el número de Reynolds (Re) y la rugosidad relativa de la tubería. Sin embargo, en el caso de las tuberías rugosas de sección circular, el factor de fricción se vuelve independiente del número de Reynolds (Re) para $Re > 10^6$ [78]. Existe una relación entre el factor de fricción y la rugosidad relativa para valores de $Re > 10^6$. Ésta se expresa en la Ecuación 5.73:

$$f = 0.026 \left(\frac{k}{D} \right)^{0.24} \quad (\text{Ecuación 5.73})$$

Donde:

k: Rugosidad absoluta (PVC: 0,0015 mm)

D: Diámetro de la tubería (m)

Se calcula a continuación el número de Reynolds según la Ecuación 5.74 adoptando valores para un fluido ideal a 20°C:

$$Re = \frac{Dv\rho}{\mu} \quad (\text{Ecuación 5.74})$$

Donde:

Re: Número de Reynolds

D: Diámetro de la tubería (m)

v: Velocidad del fluido en la tubería (m/s)

ρ : Densidad del fluido (kg/m³) (998,29 kg/m³)

μ : Viscosidad cinemática del fluido (kg/m.s) ($1,003 \cdot 10^{-6}$ kg/m.s)

Se reemplaza el diámetro de la tubería a presión y la velocidad media de escurrimiento, y se obtiene así el número de Reynolds. A partir de este último y el factor de rugosidad relativa, se obtiene el factor de fricción a partir del diagrama de Moody.

Se calculan también las pérdidas de carga producidas por los accesorios en cada tramo. La pérdida de carga es proporcional a la carga de velocidad del fluido y a una constante característica del accesorio (Ecuación 5.75). En la Tabla A.5.7 del Anexo I se detallan los valores algunas de estas constantes para distintos accesorios.

$$h_{f\text{ acc}} = K_{acc} \frac{v^2}{2g} \text{(Ecuación 5.75)}$$

Donde:

$h_{f\text{ acc}}$: Pérdida de carga en el accesorio [m]

K_{acc} : Constante del accesorio

v : Velocidad del fluido [m/s]

g : Aceleración de la gravedad [m/s²]

Se contemplan todas las constantes características de cada accesorio, se las suma y, mediante la Ecuación 5.75, se calcula la pérdida de carga generada por los accesorios. A continuación se describen los distintos tramos por los que fluyen los distintos efluentes.

El Tramo 1 corresponde al bombeo del efluente industrial desde el pozo de bombeo hacia el reactor Fenton. Durante 4 horas se bombean los 75 m³ de efluente industrial generado. El tramo tiene como accesorios una válvula de retención a la salida de la bomba de succión para evitar el retroceso del líquido una vez apagada la bomba, y un codo de 90° una vez alcanzada la altura del tanque de reacción Fenton.

El Tramo 2A corresponde al bombeo de los lodos Fenton generados en el tanque de reacción. Durante 12 minutos se bombean los 10,7 m³ de lodos generados hacia el filtro prensa. El tramo tiene como accesorios un codo de 45° y un codo de 90° una vez alcanzada la altura del tanque de reacción Fenton.

El Tramo 2B corresponde al bombeo del efluente industrial una vez llevada a cabo la reacción Fenton. Se bombean en un período de 5 minutos 3,75 m³ de efluente cinco veces al día durante cuatro días contiguos a la semana. Este tramo tiene los mismos accesorios que el tramo 2A.

El Tramo 3 corresponde al bombeo del efluente cloacal desde el pozo de bombeo hacia el tanque ecualizador. Se bombean durante 2 minutos 0,53 m³ de efluente cloacal con el fin de ir incorporando todo el efluente cloacal que se genera diariamente en la planta. Este tramo tiene como accesorios un codo de 90° una vez alcanzada la altura del tanque de ecualización, y una válvula de retención a la salida de la bomba para evitar el retroceso del líquido una vez apagada la bomba.

El Tramo 4 corresponde al bombeo del efluente desde el tanque de ecualización hacia el tanque Imhoff. La bomba queda prendida y bombea un caudal constante de 19,9 m³ diarios. Este tramo tiene como accesorios una válvula de retención a la salida de la bomba de succión para evitar el retroceso del líquido, y un codo de 90° una vez alcanzada la altura del tanque Imhoff.

El Tramo 5A corresponde a la recirculación de los lodos desde el sedimentador secundario hacia el tanque de lodos activos. Se bombean durante 1 minuto $0,72 \text{ m}^3$ de lodos a cada hora. Este tramo tiene como accesorios 3 codos de 90° , una válvula antirretorno, y una tee.

El Tramo 5B corresponde a la purga de los lodos desde el sedimentador secundario hacia el tanque Imhoff. Se bombean $1,84 \text{ m}^3$ durante 2 minutos de forma diaria. Este tramo tiene como accesorios 4 codos de 90° , una válvula antirretorno, una tee y una válvula compuerta.

Al sumar las pérdidas de carga por fricción y las pérdidas de carga debidas a los accesorios, se obtiene la pérdida de carga total para los distintos tramos de las tuberías. Los resultados obtenidos se detallan en la Tabla 5.9.2.1.

Tabla 5.9.2.1: Pérdida de carga en los distintos tramos de las tuberías.

	Diámetro interno (m)	Velocidad de escurrimiento (m/s)	Número de Reynolds	Rugosidad relativa	Largo total de la tubería [m]	Pérdida de carga tubería [m]	Pérdida de carga accesorios [m]	Pérdida de carga total [m]
Tramo 1	0,0611	2,46	$1,5 \cdot 10^5$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	8,46	0,73	1,05	1,78
Tramo 2A	0,1068	1,66	$1,76 \cdot 10^5$	$1,4 \cdot 10^{-5}$	5,9	0,13	0,4	0,53
Tramo 2B	0,1068	1,4	$1,48 \cdot 10^5$	$1,4 \cdot 10^{-5}$	5,9	0,09	0,13	0,22
Tramo 3	0,0611	1,52	$9,2 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	2,7	0,16	0,4	0,56
Tramo 4	0,0611	0,07	4767	$2,5 \cdot 10^{-5}$	8,6	-	-	-
Tramo 5A	0,1068	1,32	$1,4 \cdot 10^5$	$1,4 \cdot 10^{-5}$	5,5	0,06	0,61	0,67
Tramo 5B	0,1068	1,71	$1,8 \cdot 10^5$	$1,4 \cdot 10^{-5}$	5,56	0,13	0,49	0,62

5.9.3 Altura de las unidades de proceso

Para la selección de los equipos de bombeo, es necesario conocer las alturas del nivel del agua residual en las distintas unidades de proceso a lo largo de todo el tren de tratamiento. En la Figura 5.9.3.1 se tiene un esquema de las alturas de las distintas unidades, y se puede

observar el nivel de enterramiento que requiere cada una de ellas para que el efluente pueda fluir por gravedad al final del tratamiento.

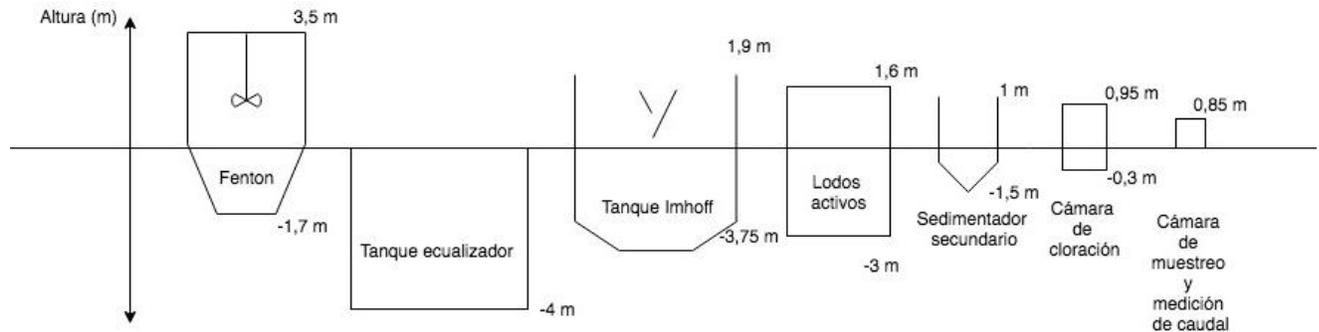


Figura 5.9.3.1: Altura de las distintas unidades de proceso

5.9.4 Sistema de impulsión

Los líquidos pueden desplazarse tanto por gravedad desde tanques elevados, o desde un “soplador” (recipiente de almacenamiento presurizado por una fuente externa de gas comprimido), aunque los aparatos más comunes para este propósito son las bombas. Éstas incrementan la energía mecánica del líquido, aumentando su velocidad, presión o elevación, o las tres anteriores [78]. Se instalan en una tubería de conducción y suministran la energía necesaria para succionar líquido y descargarlo con una velocidad volumétrica de flujo constante a la salida de la tubería situada a cierta altura. El líquido entra a la bomba por una conexión de succión (punto 1) y sale por la conexión de descarga (punto 2). Puede calcularse la carga que debe desarrollar la bomba utilizando la ecuación de Bernoulli (Ecuación 5.76).

Si se considera una bomba de carga positiva ubicada a la altura del punto de descarga del efluente industrial, el trabajo realizado por la bomba puede simplificarse como la sumatoria de la carga estática total (ΔZ) y la carga dinámica (h_f).

$$\frac{\eta W_p}{g} = \left(\frac{P_1}{g\rho} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} \right) - \left(\frac{P_2}{g\rho} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \right) = (\Delta Z + h_f) \text{ (Ecuación 5.76)}$$

Donde:

η : Eficiencia de la bomba

W_p : Trabajo realizado por la bomba (J)

G : Aceleración de la gravedad (m/s^2)

ΔZ : Carga estática (m)

V: Velocidad del fluido (m/s)

P: Presión (kg/m.s²)

h_r: Carga dinámica (m)

ρ: Densidad del fluido (kg/m³)

La potencia necesaria por la bomba se puede expresar según la siguiente Ecuación:

$$P = \frac{\rho Q g H}{\eta} \text{ (Ecuación 5.77)}$$

Donde:

P: Potencia de la bomba [W]

ρ: Densidad del líquido [kg/m³]

Q: Caudal [m³/s]

g: Aceleración de la gravedad [m/s²]

H: Altura de la bomba [m]

η: Eficiencia de la bomba. Se adopta una eficiencia del 50%.

Se dimensionan a continuación los sistemas de impulsión requeridos para el funcionamiento adecuado de la planta. Esto incluye los tramos ya mencionados previamente 1, 2A, 2B, 3, 4, 5A y 5B. Se detallan los requerimientos de las bombas a instalar en la Tabla 5.9.4.1.

Tabla 5.9.4.1: Requerimiento de las bombas a instalar.

	Altura desarrollada por la bomba [m]	Caudal a transportar [m ³ /h]	Potencia requerida [W]
Bomba 1	6,63	18,75	936
Bomba 2A	1,34	53,5	388
Bomba 2B	1,02	45	250
Bomba 3	1,98	16	173
Bomba 4	3,05	0,83	7
Bomba 5A	1,2	42,8	280
Bomba 5B	1,15	55,2	345

Para cumplir con los requerimientos de altura, caudal y potencia, se seleccionaron las siguientes bombas descriptas en la Tabla 5.9.4.2:

Tabla 5.9.4.2: Características de las bombas seleccionadas

	Bomba	Potencia [kW]
Bomba 1	Grundfos: SL1.50.65.09.2.1.502	1,3
Bomba 2	Grundfos: SEV.80.80.11.4.50D	1,4
Bomba 3	Grundfos: SLV.65.65.09.A.2.50B	0,9
Bomba 4	Espa: Vigilex 600	0,6
Bomba 5	Grundfos: SEV.80.80.11.4.50D	1,4

5.10. Sistema de control y automatización

Al existir distintos procesos que deben realizarse de forma periódica y sistemática tales como el arranque de bombas, la dosificación de productos químicos, la apertura de válvulas, y procesos que requieren cierto control tales como niveles de agua y lodos, nivel de mezcla y aireación, y otros parámetros fisicoquímicos, es importante que todas las unidades de proceso se encuentran controladas con el fin de garantizar la eficiencia del tratamiento. Es por esto que la operación del sistema estará completamente automatizada mediante tableros eléctricos de comando. Se emplean un Controlador Lógico Programable (PLC), es decir una computadora preparada para múltiples señales de entradas y salidas, tanto digitales como analógicas, que permite automatizar procesos electromecánicos, y un sistema SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos), que permite controlar los equipos y recopilar y registrar datos de las operaciones.

El sistema de automatización y control está conformado por una fuente de alimentación, módulos de entrada y salida de información, una unidad de procesamiento y una unidad de comunicación. Para lograr el control de los distintos parámetros mencionados se requieren distintos equipos de medición, tales como medidores de nivel, de caudal y de parámetros fisicoquímicos, conectados a la unidad de procesamiento central.

Con estas herramientas, el personal a cargo de la planta es capaz de monitorear y controlar las distintas variables desde el sistema y, si es necesario, realizar las modificaciones en caso de que algún parámetro se encuentre por fuera de los límites esperados. Esto se lleva

a cabo en una sala de operación y control destinada para tal fin que cuenta con un área de 7 m².

5.11 Parámetros de control de planta y recomendaciones

Para asegurar el correcto funcionamiento de la planta y evitar situaciones problemáticas es necesario realizar un monitoreo periódico de distintos parámetros fisicoquímicos, así como también monitorear las distintas unidades de proceso.

Para el sistema de rejillas se requiere su limpieza y acondicionamiento según recomienda por el proveedor del sistema. De esta forma se evitan obstrucciones, cambios en la velocidad, problemas de retención en los rastrillos de limpieza, etc.

En relación al tanque Imhoff, será necesaria la remoción diaria de espumas, grasas y sólidos flotantes generados. También deberá realizarse la inversión del flujo por lo menos dos veces al mes con el fin de distribuir los sólidos de manera uniforme en los dos extremos del digestor y retirarlos periódicamente. Es necesaria la limpieza de la ranura del compartimiento de sedimentación y los lados y fondos inclinados, así como de los respiraderos de gas si fuera necesario. Otro parámetro importante a verificar es el nivel de lodo, que debe ser monitoreado mensualmente.

El sistema de lodos activos requiere un monitoreo de los siguientes parámetros:

- Relación alimento-microorganismos (F/M) para constatar que su valor permite un tratamiento adecuado del efluente
- DBO₅ para controlar el funcionamiento del tratamiento
- DQO para verificar que este parámetro se ajusta al de diseño
- SSVL, para verificar el contenido de microorganismos en el reactor
- C/N/P, la relación carbono/nitrógeno/fósforo necesaria para permitir el crecimiento de los microorganismos y la depuración del efluente, debe tener un valor aproximado de 100:5:1.
- IVL: índice volumétrico de lodos, cuyo valor indica la capacidad de decantar de los lodos y permite tener noción de si es buena, media o mala
- OD, el oxígeno disuelto nos permite saber si el requerimiento de oxígeno para los microorganismos se encuentra dentro de los valores adecuados (2mg/l) y da una idea sobre la mezcla del líquido
- Tipo de microorganismos, el tipo de microorganismos presentes en el reactor da idea sobre la edad del lodo. Si el personal se encuentra capacitado podrá determinar el tipo

de microorganismos presentes y, por lo tanto, saber si es necesario tomar medidas preventivas o correctivas.

En el sistema de cloración es importante controlar el valor del cloro residual a la salida para verificar si cumple con el valor previsto.

Además es necesario controlar los valores de ingreso de DQO y DBO₅ al inicio y al final del tratamiento, con el fin de verificar la eficiencia a lo largo de todo el tren de tratamiento, ya que son los valores que se encuentran por fuera de los valores de vuelco permitidos por la normativa.

5.11. Conclusiones

Fue posible realizar una memoria de cálculo de la planta de tratamiento de efluentes propuesta, haciendo mención de observaciones y recomendaciones que ameriten. El diseño propuesto es técnicamente viable y cumple con los objetivos principales del proyecto, alcanzar la depuración de las aguas residuales, y que se vuelvan aptas para su vuelco en aguas superficiales.

Todas las unidades de proceso se dimensionaron teniendo en cuenta criterios conservadores y se contemplaron los factores de seguridad necesarios.

CAPÍTULO VI

PLANOS DEL PROYECTO

En el presente capítulo se presentan los planos del proyecto de la planta de tratamiento de las aguas provenientes del lavado de los tanques de formulación de pesticidas que fue dimensionada en el capítulo precedente. Los mismos ilustran, a modo de referencia, las unidades de proceso y las obras necesarias para llevar a cabo el proyecto, y complementan la memoria de cálculo presentada.

En el Anexo II se adjuntan los 7 planos que describen gráficamente el proyecto, tanto la planta como las unidades de proceso:

Plano PTELI001: Vista lateral del sistema de tratamiento completo

Plano PTELI002: Vista en planta del sistema de tratamiento completo

Plano TF001: Vistas Tanque de reacción Fenton

Plano RLA001: Vistas Tanque de lodos activados

Plano TI001: Vistas Tanque Imhoff

Plano CR001: Vistas Sistema de rejillas

Plano CC001: Vistas Cámara de cloración

En el plano PTELI001 se modificó la ubicación de algunas unidades de proceso con el fin de que pudieran verse en su totalidad. La disposición adecuada de las unidades se observa en el plano PTELI002.

CAPÍTULO VII

CÓMPUTO Y PRESUPUESTO EVALUACIÓN ECONÓMICA

Para llevar a cabo la realización del proyecto, es decir la implantación de la planta de tratamiento de efluentes de la industria de producción de agroquímicos, es necesario analizar el actor económico y definir el presupuesto requerido para asegurar su viabilidad y sostenibilidad. En el presente capítulo se evaluarán y detallarán los costos generales del proyecto que incluyen tanto los costos de inversión inicial como los costos de funcionamiento de la planta, es decir los relacionados con los costos administrativos, de mantenimiento y de operación. También se analizará la viabilidad de la inversión, y se considera una financiación para la obra debido a su gran magnitud.

7.1. Inversión inicial

La inversión inicial supone el capital necesario a invertir para poner en marcha el proyecto. Esto representa el monto necesario para adquirir e instalar la infraestructura y las unidades de proceso necesarias para el sistema de tratamiento. También incluye los costos indirectos que se desprenden del diseño de la planta, los administrativos, de ingeniería, de supervisión durante la construcción y montaje, los asociados a los permisos, y los legales.

En la Tabla 7.1 se detallan los costos de las distintas tareas que deben llevarse a cabo, y de los materiales y equipos necesarios, diferenciados para las distintas etapas de construcción. Se incluye toda la información necesaria para instalar la planta de tratamiento, incluyendo la correcta implantación de las unidades de proceso, su anclaje y posicionamiento, la instalación del tendido de conexión eléctrica, y las cañerías, accesorios y equipos de bombeo. También se incluyen los costos de la construcción de la infraestructura, de todos los trabajos preliminares necesarios, de los materiales de mampostería para las distintas salas, de todos los materiales o trabajos que, aunque no se encuentren especificados, deben ser necesarios para asegurar la funcionalidad de la planta, y de los honorarios. El costo unitario de cada estructura o unidad incluye el costo de todas las partes accesorias complementarias y sus terminaciones y acabados.

Se incluye en la tabla el ítem de AIU (Administración, Imprevistos y Utilidad), que indica un valor destinado a cubrir gastos indirectos del proyecto, con el fin de tener un respaldo económico frente a posibles imprevistos que puedan surgir durante la puesta en marcha del proyecto. Este valor se define en relación a la complejidad de la obra.

El importe del presupuesto base para el presente proyecto representa un total de \$8,749,959.27 + IVA (pesos ocho millones setecientos cuarenta y nueve mil novecientos cincuenta y nueve) para esta planta de tratamiento de efluentes provenientes de la industria de agroquímicos, con capacidad de tratamiento de 19,86 m³/día de efluente industrial de lavado y de efluente cloacal generado por la empresa. Los costos unitarios fueron extraídos de catálogos de presupuestos de construcción, de páginas de internet, y de presupuestos de proyectos similares presupuestados en Argentina durante este último período, donde los precios fueron ajustados con el valor de la inflación. Los mismos se adjuntan en el Anexo III.

Tabla 7.1: Costo de inversión discriminado

NRO RUB	ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	IMPORTE ÍTEM	IMPORTE RUBRO	% DE INCIDENCIA	
								ÍTEM	RUBRO
1		Trabajos preliminares					\$31,360		0.47%
	1.1	Limpieza inicial terreno, periódica y final de obra	m2	360	\$87	\$31,360			0.47%
	1.2	Obrador y construcciones provisionarias	m2	5	\$3,489.83	\$17,449			0.26%
	1.3	Desmonte; Terraplenamientos y rellenos	m3	245	\$652.67	\$159,904			2.38%
2		Movimientos de tierra					\$204,166		3.03%
	2.1	Excavación para conducciones	m3	0.78	\$731.49	\$567			0.01%
	2.2	Excavación para bases estructurales y entierro de unidades	m3	207	\$983.57	\$203,599			3.02%
3		Elementos estructurales					\$71,697		1.07%
	3.1	Hormigón para estructuras	m3	6.8	\$10,543.65	\$71,697			1.07%
4		Mamostería para salas					\$95,920		1.43%
	4.1	Ladrillos comunes	m2	119.1	\$805.37	\$95,920			1.43%
5		Revoques					\$92,501		1.37%
	5.1	Impermeable de cemento	m2	119.1	\$777	\$92,501			1.37%
7		Carpinterías					\$188,476		2.80%
	6.1	Madera: Puertas y ventanas	m2	14.1	\$9,480.58	\$133,676			1.99%
	6.2	Hierro: Escaleras, Rejillas de drenaje	m2	8	\$6,850	\$54,800			0.81%
8		Instalaciones eléctricas					\$999,572		14.85%
	8.1	Tendido eléctrico	m	30	\$372.93	\$11,188			0.17%
	8.2	Provisión y montaje de tablero eléctrico	gl	1	\$3,644.50	\$3,645			0.05%
	8.3	Provisión y montaje de sistema de automatización	gl	1	\$984,739.76	\$984,740			14.63%
9		Cañerías y accesorios					\$72,410		1.08%
	9.1	Instalación Cañerías y Accesorios a presión PVC Ø=63 Clase 6	m	41	\$439.67	\$18,026			0.27%
	9.2	Instalación Cañerías y Accesorios a gravedad PVC Ø=110 Clase 6	m	28	\$595.92	\$16,686			0.25%
	9.3	Tubería hierro fundido	m	10	\$240.72	\$2,407			0.04%
	9.4	Codo 90° DN 63mm	un	8	\$79.64	\$637			0.01%
	9.5	Codo 90° DN 110mm	un	5	\$187.00	\$935			0.01%
	9.6	Codo 45° DN 110mm	un	1	\$291.40	\$291			0.00%
	9.7	Válvula compuerta DN 110 mm	un	4	\$5,191.05	\$20,764			0.31%
	9.8	Válvula antirretorno DN 63 mm	un	3	\$4,180.00	\$12,540			0.19%
	9.9	Reducción PVC 110 x 63 mm	un	1	\$122.96	\$123			0.00%

10	Equipamiento y unidades					\$4,200,303	62.40%
	10.1	Carpintería hierro: Rejas	m2	0.63	\$3,296.67	\$2,077	0.03%
	10.2	Hormigón sistema de rejas	m3	2	\$17,853.56	\$35,707	0.53%
	10.3	Hormigón Tanque Fenton	m3	14.4	\$17,853.56	\$257,091	3.82%
	10.4	Hormigón Tanque Ecuallizador	m3	18.2	\$17,853.56	\$324,935	4.83%
H	10.5	Paleta de agitación (Ecuallizador, Tanque Fenton)	un	2	\$15,576.23	\$31,152	0.46%
	10.6	Hormigón Tanque Imhoff	m3	30.2	\$17,853.56	\$539,178	8.01%
	10.7	Hormigón Reactor Biológico	m3	6.82	\$17,853.56	\$121,761	1.81%
	10.8	Difusores de burbuja fina REPICKY modelo RG-300	un	9	\$1,698.00	\$15,282	0.23%
	10.9	Soplador REPICKY modelo R-100	un	2	\$210,000.00	\$420,000	6.24%
	10.11	Hormigón Sedimentador	m3	2.19	\$10,000.00	\$21,900	0.33%
	10.12	Carpinería de acero inoxidable: Entrada sedimentador	m2	0.72	\$8,635.78	\$6,218	0.09%
	10.13	Carpinería de acero inoxidable: Vertederos sedimentador	m2	1.9	\$8,635.78	\$16,408	0.24%
	10.14	Hormigón Cámara de Cloración y Cámara de muestreo	m3	1	\$17,853.56	\$17,854	0.27%
	10.15	Tolva de almacenamiento para lodos secundarios de 14000 litros de PVC	un	2	\$57,821.00	\$115,642	
	10.16	Bomba dosificadora de reactivos Grundfos: DMX4-10	un	3	\$102,387.06	\$307,161	
	10.17	Bomba dosificadora de cloro	un	1	\$24,476.37	\$24,476	
	10.18	Bomba Grundfos SL1.50.65.09.2.1.502	un	1	\$168,913.13	\$168,913	2.51%
	10.19	Bomba Grundfos SEV.80.80.11.4.50D	un	2	\$352,269.31	\$704,539	10.47%
	10.20	Bomba Espa: Vigilex 600	un	1	\$7,879.00	\$27,525	0.41%
	10.21	Bomba Grundfos SLV.65.65.09.A.2.50B	un	1	\$211,378.56	\$211,379	3.14%
	10.22	Filtro prensa	un	2	\$415,553.00	\$831,106	12.35%
11	Honorarios					\$595,641	8.85%
	11.1	Croquis preliminares	gl	1	\$41,695	\$41,695	0.62%
	11.2	Anteproyecto	gl	1	\$77,433	\$77,433	1.15%
	11.3	Documentación de proyecto	gl	1	\$238,256	\$238,256	3.54%
	11.4	Dirección de obra	gl	1	\$238,256	\$238,256	3.54%
12	Entrega final					\$178,692	2.65%
	12.1	Puesta en marcha de la planta de tratamiento	gl	1	\$119,128	\$119,128	1.77%
	12.2	Revisión y ajuste	gl	1	\$59,564	\$59,564	0.88%
COSTO TOTAL NETO						\$6,730,737.90	
COSTO TOTAL ESTIMADO (AIU 30%)						\$8,749,959.27	

7.2. Costo operación y mantenimiento

En este apartado se incluyen todos los costos relacionados con los propios del funcionamiento de la planta que aseguran un funcionamiento normal de la misma y un desarrollo adecuado de las distintas operaciones que deben llevarse a cabo. Dentro de los mismos se encuentran los costos de los reactivos, de la mano de obra, y del mantenimiento de la planta. También se incluye el costo de la disposición final de los lodos generados, luego de llevar a cabo su deshidratación.

7.2.1. Insumos químicos

Dentro de los insumos químicos necesarios para la planta de tratamiento se encuentran los reactivos vinculados al tratamiento del efluente y los reactivos vinculados al análisis del mismo en distintas etapas del tratamiento.

Para el tratamiento del efluente se requiere peróxido de hidrógeno 30%p/V y sulfato de hierro 20% para el tratamiento Fenton, NaOH (1M) para ajustar el pH, cal viva (CaO) para la neutralización de los lodos, e hipoclorito de sodio para la desinfección en la etapa final. En la Tabla 7.2.1.1 se detalla el costo de los reactivos teniendo en cuenta la cantidad requerida anualmente.

Tabla 7.2.1.1: Costo anual de insumos químicos

Producto químico	Precio (USD/tn)	Costo anual (USD)
Peróxido de hidrógeno 30%	300	81 054
Sulfato de hierro 20%	200	3 477
Hidróxido de Sodio	300	720
Hipoclorito de sodio	1330	387
Costo total (USD/año)		85 639

Se estima que el costo anual total aproximado por insumos químicos es de USD 85 639, es decir \$6 364 637,65.

7.2.2. Servicios: Energía eléctrica

La energía eléctrica es un requerimiento necesario para el funcionamiento de la planta. Es por esto que, para estimar el gasto energético anual, se utiliza el consumo promedio anual y se multiplica por el costo del suministro energético. Esto incluye, además del gasto energético

que requieren las distintas unidades de proceso, el gasto relacionado con la iluminación e instrumentos eléctricos y electrónicos presentes en las salas de control.

Se toma como referencia el cuadro tarifario vigente generado por la empresa prestadora local del servicio Empresa Distribuidora Sur S.A. (EDESUR), que discrimina las tarifas para grandes demandas de energía. Dentro de los conceptos se incluye un cargo fijo mensual por factura emitida, un cargo fijo mensual por cada kW de "capacidad de suministro" convenida en baja, media o alta tensión, aplicable a la potencia máxima registrada en el mes de facturación; un cargo fijo mensual por cada kW de "potencia máxima" registrada en baja, media o alta tensión aplicable a la potencia máxima registrada en el mes de facturación; un cargo por la energía eléctrica entregada en el nivel de tensión correspondiente al suministro, de acuerdo con el consumo registrado en cada uno de los horarios tarifarios "pico", "resto" y "valle"; y un recargo equivalente a un porcentaje de la energía eléctrica rectificadora si el suministro se efectúa en corriente continua. En la Tabla 7.2.2.1 se detalla el gasto energético de las distintas unidades de proceso, y en la Tabla 7.2.2.2 se detallan los costos en energía eléctrica, discriminando los distintos conceptos.

Tabla 7.2.2.1: Consumo energético de las distintas unidades de proceso

Unidad de proceso	kW/unidad	Tiempo de uso [h/mes]
Grundfos: SL1.50.65.09.2.1.502	1.3	64
Grundfos: SEV.80.80.11.4.50D	1.4	7,47
Grundfos: SLV.65.65.09.A.2.50B	0.9	24
Bomba Espa: Vigilex 600	0.6	720
Grundfos: SEV.80.80.11.4.50D	1.4	25,5
Paleta agitadora Fenton	0.55	720
Paleta agitadora Ecuallizador	0.55	720
Soplador Repicky modelo R100	1.2	720
Filtro prensa	1.1	96
Total [kW/h]	9	

Tabla 7.2.2.2: Cuadro tarifario EDESUR. Fuente: EDESUR.

Concepto	Unidad	Valor	Total
Cargo fijo	\$/mes	4 439,38	4 439,38
Cargo por Potencia Contratada	\$/kW-mes	306,61	929 320,60
Cargo por Potencia Adquirida	\$/kW-mes	62,43	189 222,42
Cargo Variable Pico	\$/kWh	2,488	-
Cargo Variable Resto	\$/kWh	2,383	514,73
Cargo Variable Valle	\$/kWh	2,279	-

El gasto energético total mensual corresponde a \$1,119,057,75.

7.2.3. Mano de obra

El costo de la mano de obra viene asociado a los salarios de los empleados que trabajan en la planta de tratamiento realizando tareas de operación, mantenimiento, supervisión, tareas administrativas, y análisis de laboratorio.

Se requieren para el correcto funcionamiento de la planta dos trabajadores capacitados en las tareas de asistente técnico de planta en las áreas química y eléctrica, cuya labor principal es la de operación y mantenimiento de la planta. Estos trabajadores se encontrarán presentes a lo largo de toda la jornada laboral. También se necesita un ingeniero jefe de planta, cuya labor es la de supervisar y monitorear el funcionamiento de la planta y los dispositivos de control.

En la Tabla 7.2.3.1 se detallan los salarios correspondientes para cada labor.

Tabla 7.2.3.1: Salarios según puesto de trabajo

Puesto de trabajo	Salario mensual (\$)
Técnico químico	50 000
Técnico eléctrico	50 000
Jefe de planta - Ingeniero	90 000
Total	190 000

7.2.4. Costos variables, indirectos y esporádicos

Deben asumirse dentro de los costos aquellos relacionados con la puesta en funcionamiento de la planta. Éstos se calculan como un porcentaje de los costos operativos

calculados previamente, donde el 10% corresponde a los costos de laboratorio (insumos y análisis), el 25% al mantenimiento de la planta, y el 8% está asociado a tareas administrativas y legales. Por lo tanto se obtiene un total de \$3,298,593.90 mensuales para afrontar los costos variables indirectos y esporádicos.

7.2.5. Costo de la gestión de lodos

Por la inclusión de unidades de proceso en la planta de tratamiento que generan lodos, es necesario tener en cuenta el costo de disposición final de los mismos una vez que son deshidratados. Se generan 24 580 kg de lodos biológicos deshidratados mensualmente, lo que implica un costo de \$442 440 por mes, teniendo en cuenta un costo de disposición de 18\$/kg. Se suma también su transporte, que requiere de un camión atmosférico con capacidad de 25 m³.

Los lodos industriales procedentes del tratamiento Fenton contienen metales y son lodos peligrosos que deben ser dispuestos como tales. El costo de transporte y disposición de estos últimos se estima en \$46 400 por tratamiento Fenton semanal realizado, según la cotización una empresa de extracción, transporte y disposición final de residuos industriales, lo que implica un costo total mensual de \$185 600.

Resulta interesante realizar una comparación con los costos que implicaría un tratamiento que no involucre la deshidratación de los lodos generados en la planta. En la Tabla 7.2.5.1 se observan los resultados obtenidos.

Tabla 7.2.5.1: Comparación de costos con y sin deshidratación de lodos

	Lodos deshidratados			Lodos sin deshidratar		
	kg/mes	Transporte (\$/mes)	\$/mes	kg/mes	Transporte (\$/mes)	\$/mes
Lodos biológicos B	22080	22 000	464 440	55200	44 000	993 600
Lodos biológicos C	2500			6250		112 500
Lodos industriales	17 120	-	185 600	42 800	-	464 000
Total	\$ 650 040			\$1 614 100		

A partir de los resultados puede observarse que no incorporar la deshidratación de los lodos generados implica un costo de tratamiento de lodos 2,48 veces mayor.

7.2.6. Costo total por m³

Es posible determinar el resultado del costo del tratamiento por metro cúbico de efluente tratado. Al tratarse 596 m³ mensuales de efluente industrial y cloacal, el costo total es de \$19496,28 por metro cúbico de aguas residuales.

7.3 Costo total

A partir de todos los costos detallados en los apartados previos, en la Tabla 7.3.1 se muestra el costo total de la implantación y funcionamiento de la planta de tratamiento de efluentes, discriminando el costo de inversión y el costo de operación.

Tabla 7.3.1: Costos de implantación del sistema de tratamiento

Costo de inversión (\$)	Costo de operación (\$/mes)	Costo total (\$/m ³)
\$8 749 959,27	\$11 619 782,49	\$19 496,28

7.4. Viabilidad presupuestaria

Si bien el proyecto propuesto no supone una ganancia económica para la empresa en estudio ya que no existe la comercialización de ningún bien o servicio, existen beneficios sociales y ambientales por los que resulta necesario llevarlo a cabo. Sin embargo, la cuantificación de estos beneficios resulta difícil. Todo esto contribuye a la dificultad de la toma de decisión sobre la puesta en marcha del proyecto.

Dentro de los principales beneficios ambientales se encuentra el cese de la contribución a la contaminación de la cuenca Matanza-Riachuelo, ya que hoy en día los efluentes provenientes del lavado de los tanques de formulación acaban directamente en la cuenca sin ningún tratamiento previo. Esto le brinda a la empresa la posibilidad de mejorar su imagen pública, identificando la actividad de la empresa con un desarrollo sustentable del medio ambiente.

Desde un punto de vista económico, uno de los beneficios más importantes es el ahorro que le supone a la empresa cumplir con las exigencias legales vigentes respecto a la gestión de los efluentes líquidos. Los costos relacionados con los efluentes líquidos incluyen la Tasa de Efluentes y las infracciones derivadas de una gestión incorrecta de los mismos. La Tasa de Efluentes debe ser abonada ante la Autoridad Del Agua (ADA), y se le aplica a aquellos establecimientos donde se realizan actividades tipificadas en la Resolución ADA N° 465/13 y que por lo tanto consumen agua y generan efluentes líquidos. Esta tasa se percibe en concepto de Inspección, se calcula en base al caudal producido y al nivel de riesgo del efluente. El nivel

de riesgo incluye dentro de su cálculo un coeficiente relacionado a la existencia de un tratamiento previo al vertido que permita cumplir con los límites máximos permisibles. En caso de no pagar la tasa correspondiente, la factura incurrirá en mora y el monto adeudado devengará los intereses correspondientes.

Dentro de las infracciones que pueden serle aplicadas a la empresa se encuentran las contempladas por ACUMAR en su Resolución N° 12/2019, donde se detalla el régimen sancionatorio que tiene por objetivo disuadir a los establecimientos bajo su control de incurrir en conductas fuera de la normativa vigente: la norma prevé en su artículo 44 un total de 24 infracciones, donde 3 de ellas están relacionadas con agentes contaminantes. También debe tenerse en cuenta que, más allá del cumplimiento del vertido de efluentes de calidad apropiada, la empresa debe cumplir con las normas vinculadas al empadronamiento (completar/subsanar la información declarada, cumplir en el plazo intimado, empadronarse al vencimiento del plazo, cumplir en el plazo establecido con la obligación de actualizar el empadronamiento efectuado o de reempadronarse), otras vinculadas al plan de adecuación (cumplir con la presentación de documentación que haya sido requerida en el plazo establecido, cumplir con la presentación de los Informes de Avance o del Informe Final del Plan de Adecuación aprobado en los plazos establecidos, cumplir con el Plan de Adecuación aprobado), y otras relativas a la fiscalización y el control (adecuación de la Cámara de Toma de Muestras y Medición de Caudales (CTM-MC), informar el vuelco discontinuo o periódico de los efluentes líquidos generados, informar modificaciones significativas en las actividades operativas habituales, contar con Seguro Ambiental Obligatorio y cumplir con su presentación en el plazo intimado, entre otras.

7.5. Financiamiento

Debido al elevado coste que supone la implantación del sistema de tratamiento, resulta necesario la búsqueda de una alternativa de financiamiento para poder llevarlo a cabo. La Autoridad del Agua y el Grupo Provincia lanzaron un Programa de Reconversión Tecnológica de Vertidos Industriales (PRTVI), cuya visión radica en mejorar la calidad de los recursos hídricos, y al mismo tiempo mejorar la eficiencia de las plantas de tratamiento de vertidos generando ahorros en el consumo energético y de agua.

Los objetivos principales del programa son:

- Brindar herramientas técnicas y financieras para la adquisición de modernas y eficientes plantas de tratamiento de vertidos industriales.
- Contribuir al ahorro energético en las industrias.

- La optimización tecnológica de controles mediante sistemas continuos de monitoreo de calidad basados en sensores.

A este programa pueden ingresar todas las Industrias de la Provincia de Buenos Aires cuyos vertidos industriales no estén adecuados a las normas de calidad establecidas por la Ley 12257 y su decreto reglamentario Nro. 3511/2007, y aquellas industrias que cumplan con las regulaciones vigentes, y que no cuenten con un sistema automático de monitoreo continuo basado en sensores en su planta de tratamiento de vertidos industriales o sea obsoleto, lo que es el caso de la industria en estudio.

Si se ingresa al programa, éste alcanza como beneficios el otorgamiento de constancias que permitirían a la industria acreditar que se encuentra en proceso de adecuación de los vertidos industriales ante otras instituciones que los requieran, la suspensión de multas aplicadas por parte de ADA a la industria, la reconsideración de clausuras pendientes por incumplimientos previos, la oportunidad de recibir, opcionalmente, asesoramiento por parte de un equipo técnico profesional de excelencia para la selección de la solución tecnológica adecuada, permiso de vuelco, permiso de explotación, certificado de aptitud hidráulica, eliminación del “Registro de Agentes Contaminantes”, e inclusión en el “Registro de Establecimientos con Procesos Sustentables”.

En cuanto al financiamiento, la industria podrá acceder a un crédito a tasa accesible estimada en un 12% anual, a través de un fideicomiso organizado por la empresa Provincia BA Desarrollo, que pertenece al Grupo Provincia.

7.6. Conclusiones

El tratamiento del agua residual proveniente del lavado de tanques de formulación de pesticidas y del efluente cloacal generado en la planta de producción a partir de la planta diseñada es de \$19 496,27 por metro cúbico de efluente tratado.

CAPÍTULO VIII

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

En el siguiente capítulo se llevará a cabo el Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) del proyecto de construcción, operación y mantenimiento de una planta de tratamiento para efluentes provenientes de aguas de lavado de tanques de formulación de pesticidas y del efluente cloacal generado en la planta de producción.

Una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es el proceso 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, previo a la toma de decisión sobre su ejecución. Se plantea como un procedimiento técnico-administrativo de carácter preventivo, 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. En ese sentido, la Ley General del Ambiente N.º 25675, que establece el marco en materia de presupuestos mínimos, incorpora el procedimiento de EIA como instrumento de política y gestión ambiental art. 8 , estando sujeto al mismo todo proyecto de obra o actividad “susceptible de degradar el ambiente, alguno de sus componentes, o afectar la calidad de vida de la población, en forma significativa”, en forma previa a su ejecución art. 11).

El estudio de impacto ambiental (EsIA) es el documento técnico central del procedimiento que presenta el proponente del proyecto a la autoridad ambiental. Contiene la identificación del proponente, la descripción de proyecto, el diagnóstico o línea de base ambiental, el marco legal de cumplimiento, el resultado del análisis de alternativas, la identificación y valoración de los potenciales impactos ambientales que el proyecto puede causar en todas sus etapas, así como las medidas de mitigación para abordarlos que se estructuran en el Plan de Gestión Ambiental ^[83].

8.1 Objetivos

El objetivo del presente informe es analizar las áreas a afectar por el proyecto con el fin de identificar los posibles daños al ambiente y a la salud humana que pueda generar la puesta en marcha del mismo, así como también los efectos positivos sociales, ambientales y económicos que traerá. A partir de la identificación de los mismos, es posible cuantificarlos y

valorarlos para así establecer un plan de acción que permita formular medidas para prevenir, corregir, mitigar y monitorear los efectos negativos, y potenciar los positivos, garantizando una mejor gestión ambiental del proyecto. Para el análisis de las actividades de impacto se tendrán en cuenta las etapas de construcción, operación y mantenimiento de la planta.

8.2. Metodología

El EsIA se inicia con la realización de diagnósticos del ambiente en la zona de estudio y en su área de influencia directa e indirecta y, mediante la relevación de las características ambientales del sitio y documentación de base como bibliografía y diversos documentos, se identifican los posibles impactos asociados a la implementación del proyecto. A continuación, para predecir el impacto de las acciones a desarrollar y proponer las medidas de atenuación y/o mitigación pertinentes, se diseña una matriz que tiene en cuenta todas las acciones que van a desarrollarse en las distintas etapas que, por su magnitud o importancia, de manera directa o indirecta, podrían generar impactos ambientales. Se contemplan aspectos naturales tradicionales tales como el medio físico inerte y biótico, y otros referidos a temáticas específicas de interés socio económico y cultural del entorno afectado. A partir de los diagnósticos iniciales del estado actual y la línea de base ambiental generada para el área de estudio, se describen los potenciales impactos ambientales en cada medio, se realiza una evaluación cuali-cuantitativa de los mismos, y luego se califican según su importancia.

Finalmente, se lleva a cabo un Plan de Gestión Ambiental con el objetivo de determinar todas las acciones que serán requeridas para prevenir, mitigar, controlar, compensar y corregir los posibles impactos ambientales negativos que pueden generarse a partir de la implementación del proyecto en cada una de sus etapas. Se busca cumplir con la legislación ambiental y garantizar el alcance de estándares establecidos. Incluye también planes de seguimiento, evaluación y monitoreo, y de contingencia.

8.3 Descripción general del proyecto

El proyecto corresponde a la construcción y operación de una planta de tratamiento de efluentes líquidos provenientes del lavado de tanques de formulación de pesticidas de una industria de fabricación de agroquímicos, y de los efluentes cloacales generados en la misma planta. Ésta se ubica en una zona industrial del partido de Ezeiza, provincia de Buenos Aires, y se proyecta instalar la planta de tratamiento de efluentes dentro del mismo predio. El objetivo de la misma es tratar los efluentes generados con el fin de que éstos cumplan con los límites de vuelco de los parámetros fisicoquímicos establecidos por la normativa vigente ya que, actualmente, la planta de producción no cuenta con un tratamiento de sus efluentes líquidos.

Una vez tratados, los efluentes serán vertidos a un tributario del río Matanza, que se encuentra en las proximidades de la industria y constituye el área de influencia operativa del proyecto. En la Figura 8.3.1 se observa la ubicación de la planta.



Figura 8.3.1: Ubicación de la planta de producción (amarillo). Fuente: Google Earth

La instalación de la planta de tratamiento de efluentes pretende aportar beneficios desde un punto de vista ambiental y social, contribuyendo a una disminución en la contaminación de la cuenca mejorando sus condiciones ambientales y la calidad de vida de los ciudadanos que habitan en la zona.

Dentro de la planta de tratamiento, los efluentes atravesarán distintas unidades de proceso que disminuirán su carga contaminante. Se proyecta que la misma tenga la capacidad de tratar el volumen de efluente industrial proveniente del lavado de los tanques de formulación de pesticidas generado semanalmente, que corresponde a 75 m³, y el volumen diario de efluente cloacal generado en la planta de producción, que supone 12.8 m³ diarios.

En las Tablas 8.3.1 y 8.3.2 se brinda información sobre la empresa de fabricación de agroquímicos y de la planta de tratamiento de efluentes proyectada. En la figura 8.3.2 se observa en rojo el terreno disponible destinado a la implantación de la planta de tratamiento.

Tabla 8.3.1: Descripción de la empresa

	Empresa
Ubicación	Polo industrial Ezeiza, Buenos Aires
Zona	Urbana
Clasificación	Industrial
Rubro de la empresa	Agroquímicos y fertilizantes
Actividad principal	Formulación de agroquímicos
Horario de trabajo	Lunes a viernes - 8 a 17 hs
Superficie cubierta	18 000 m ²
Servicios existentes del lugar	Electricidad, gas natural, líneas telefónicas, recolección municipal de residuos, seguridad policial, bomberos

Tabla 8.3.2: Descripción de la planta de tratamiento

	Planta de tratamiento
Generación del efluente	Limpieza de tanques de formulación de pesticidas + Efluente cloacal
Capacidad de tratamiento	20 m ³ /d
Unidades de proceso	Sistema de rejas, Reactor Fenton, Ecuilizador, Tanque Imhoff, Reactor aeróbico lodos activos, Sedimentador secundario, Cámara de cloración, Cámara de muestreo y medición
Cuerpo receptor	Tributario río Matanza-Riachuelo
Operación	Semicontinua con sistema de control manual y automatizado
Ubicación	Planta baja
Superficie	400 m ²

Plazo de construcción	2 meses
------------------------------	---------



Figura 8.3.1: Ubicación de la planta de producción (amarillo) y terreno destinado a la planta de tratamiento (rojo).

Fuente: Google Earth

Para llevar a cabo la planta de tratamiento de efluentes líquidos se construirá la infraestructura necesaria y se instalarán las distintas unidades de proceso físico-químicas y biológicas necesarias. En la presente Evaluación de Impacto Ambiental se analizarán dos de las etapas del proyecto: construcción y operación. La primera corresponde a todas las obras de preparación del terreno y construcción de la infraestructura, y la segunda corresponde a la puesta en marcha, operación y gestión de residuos de la planta de tratamiento de efluentes.

8.3.1 Etapa de construcción

Durante la etapa de construcción se realizarán actividades relacionadas con la preparación del terreno para llevar a cabo la construcción de la edificación. Las primeras actividades son el desmonte de la vegetación y la nivelación del terreno. A continuación habrán excavaciones de la superficie del terreno, movimiento de escombros, relleno y compactación del terreno, e instalación de infraestructura y equipos.

8.3.2 Etapa de operación

Durante la etapa de operación de la planta de tratamiento, se realizarán las actividades vinculadas al normal funcionamiento de la misma. Dentro de las mismas se encuentra la gestión de los residuos generados, el mantenimiento, y la limpieza.

Se emplean las siguientes unidades de proceso:

- Sistema de rejas
- Tratamiento Fenton
- Homogeneización de efluentes
- Tanque Imhoff
- Lodos activados
- Sedimentador secundario
- Filtro prensa
- Cámara de cloración
- Cámara de muestreo y medición de caudal

En la Figura 8.3.2.1 se describen las líneas de tratamiento, y se incluyen los residuos sólidos y efluentes líquidos que se esperan generar.

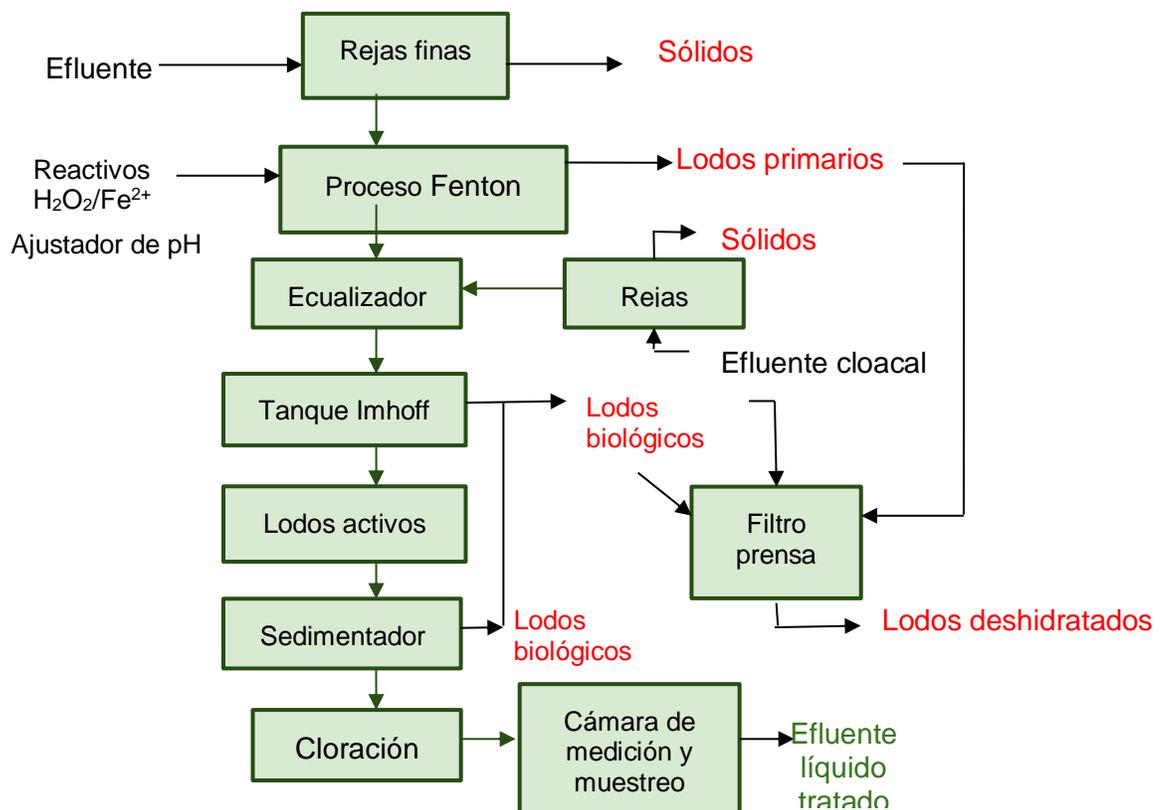


Figura 8.3.2.1: Líneas de tratamiento de la planta de tratamiento

El transporte de las materias primas, es decir de los reactivos necesarios para llevar a cabo los distintos procesos fisicoquímicos en la planta, se realizará bajo estrictas normas de seguridad. Serán traídas hasta la planta por distribuidores autorizados y almacenadas en salas de almacenamiento destinadas para este fin.

Los residuos sólidos generados, tanto sólidos retenidos en los sistemas de rejillas de barras como los lodos industriales y biológicos, serán removidos cumpliendo las normas sanitarias y de seguridad, y serán dispuestos según corresponda.

8.4 Área de influencia

Se entiende por área de influencia, al área geográfica sobre la cual el proyecto puede ejercer impactos positivos o negativos. Se denomina área operativa (AO), al área que ocupa el proyecto, y las áreas de influencia del mismo se encuentran subdivididas en el área de influencia directa (AID) y el área de influencia indirecta (AII). Esto permite que se relacionen con impactos directos e indirectos del proyecto, respectivamente. El AID es la máxima área envolvente del proyecto y sus instalaciones asociadas, dentro de la cual se pueden predecir los impactos ambientales directos sobre los receptores sensibles identificados en el área de estudio, mientras que el AII es el área dentro de la cual se prevén impactos indirectos vinculados a impactos directos del proyecto, y cuyos efectos se podrían superponer o acumular con efectos ambientales de otros proyectos pasados, presentes o futuros ^[83].

Si bien la definición de las áreas de influencia se ajusta conforme avanza la evaluación y solo quedan completamente definidas y fundamentadas una vez concluidos todos los estudios de evaluación, se realizará una aproximación de lo que se espera que represente el AID y el AII.

El AID se delimita a partir del sitio donde se construirán las instalaciones y toda la infraestructura de la planta, incluyendo también el polo industrial de Ezeiza, y una extensión de 200 metros sobre el río Matanza-Riachuelo donde se volcarán los efluentes tratados.

Para la definición del AII se incluye la extensión del río Matanza-Riachuelo 1000 metros aguas abajo, ya que es donde se volcarán los efluentes. Desde el punto de vista social se incluyen las ciudades cercanas al proyecto dentro del partido de Ezeiza, ya que se contribuirá a la mejora de su calidad de vida y a la generación de empleos.

8.5 Marco normativo

A continuación se presentan las regulaciones nacionales y provinciales aplicables a este tipo de emprendimientos y que la obra deberá considerar.

Dentro de la normativa que rige a nivel nacional debe contemplarse la Ley N° 25.675, la Ley General del Ambiente. Ésta establece los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica, y la implementación del desarrollo sustentable. En el artículo 8 se incluye a la Evaluación de Impacto Ambiental como uno de los instrumentos de la política y la gestión ambiental, y el artículo 11 menciona que toda obra o actividad que en el territorio de la Nación sea susceptible de degradar el ambiente, alguno de sus componentes, o afectar la calidad de vida de la población en forma significativa, estará sujeta a un procedimiento de evaluación de impacto ambiental, previo a su ejecución. A su vez, también se tiene en cuenta la Ley N° 25.688, Régimen de Gestión Ambiental de Aguas, donde en su artículo 7 menciona que la autoridad nacional de aplicación deberá determinar los límites máximos de contaminación aceptables para las aguas de acuerdo a los distintos usos, así como también fijar los parámetros y estándares ambientales de calidad de las aguas.

A nivel provincial, la autoridad ambiental responsable es el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS). En la Ley N°11.459 en su artículo 3 menciona que todos los establecimientos industriales deberán contar con el pertinente Certificado de Aptitud Ambiental como requisito obligatorio indispensable para que las autoridades municipales puedan conceder, en uso de sus atribuciones legales, las correspondientes habilitaciones industriales. Sin embargo, para obtenerlo, se requiere presentar previamente una EIA. Por otro lado, conforme lo establece la Ley 11.723, la realización de obras o actividades que produzcan o sean susceptibles de producir algún efecto negativo al ambiente de la Provincia de Buenos Aires y/o sus recursos naturales, deben obtener en forma previa a su materialización, una Declaración de Impacto Ambiental (DIA). El procedimiento tendiente a obtener la DIA, se conoce como Evaluación de Impacto Ambiental y se inicia con la presentación del Estudio de Impacto Ambiental por parte del promotor del proyecto ante la Autoridad Ambiental Jurisdiccional según corresponda.

También debe considerarse que, al volcar sus efluentes a un arroyo que integra la cuenca Matanza-Riachuelo, es necesario contemplar la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR) ya que corresponde, según a la Ley N° 26.168, al ente de derecho público interjurisdiccional en el ámbito de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Jefatura de Gabinete de Ministros. Ésta ejerce su competencia en el área de la Cuenca Matanza Riachuelo en el ámbito de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y los partidos de

Lanús, Avellaneda, Lomas de Zamora, Esteban Echeverría, La Matanza, Ezeiza, Cañuelas, Almirante Brown, Morón, Merlo, Marcos Paz, Presidente Perón, San Vicente y General Las Heras, de la provincia de Buenos Aires. Según el artículo 5 de esta ley, ACUMAR tiene facultades de regulación, control y fomento respecto de las actividades industriales, la prestación de servicios públicos y cualquier otra actividad con incidencia ambiental en la cuenca, pudiendo intervenir administrativamente en materia de prevención, saneamiento, recomposición y utilización racional de los recursos naturales. Se tiene en cuenta también el artículo 6 que aclara que las facultades, poderes y competencias de la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo en materia ambiental prevalecen sobre cualquier otra concurrente en el ámbito de la cuenca, debiendo establecerse su articulación y armonización con las competencias locales, por lo tanto en caso de confrontarse una norma provincial con una norma elevada por ACUMAR, prevalecerá esta última.

A continuación en la Tabla 8.4.1 se mencionan todas las regulaciones nacionales y provinciales tenidas en cuenta y aplicables a este tipo de emprendimientos que la obra deberá considerar.

Tabla 8.4.1: Normativa a tener en cuenta para la puesta en marcha del proyecto

Legislación Nacional
<ul style="list-style-type: none"> ● Constitución nacional: Artículo 41 Artículo 43 Artículo 124 ● Ley general del ambiente - Ley N° 25675 ● Ley de Residuos Industriales - Ley N° 25612 ● Convenio Diversidad Biológica - Ley N° 24.375 Decreto N° 666/97. Protección y Conservación de la fauna silvestre. Decreto N°1347/1997. Diversidad biológica ● Conservación de la Fauna. - Ley N° 22421/81 ● Régimen de Gestión Ambiental de Aguas - Ley N° 25688 ● Régimen de libre acceso a la información pública ambiental - Ley N° 25831 ● Higiene y Seguridad del Trabajo - Ley N° 19587 ● Código Alimentario Argentino - Ley 18284 ● Actividades no industriales y transportistas de residuos especiales - Ley 11.720 ● Residuos Peligrosos - Ley N°24.051 ● Prevención de los riesgos y la reparación de los daños sufridos por los trabajadores que se deriven del trabajo - Ley N°24.557 ● Gestión Integral de Residuos Industriales y de Actividades de Servicios - Ley N°25.612 ● Gestión de residuos domiciliarios - Ley N°25.916 ● Régimen de gestión ambiental de aguas - Ley N°25.688

Legislación Provincial

- Resolución 494/19 - Clasificación Según el Nivel de Complejidad Ambiental (CNCA) de los Establecimientos Industriales
- Resolución 492/19 - Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y los Requisitos para la Obtención de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA)
- Registro Ambiental de Establecimientos Industriales de la Provincia - Ley 15117
- Normas sobre la Instalación de Industrias en la Provincia de Buenos Aires - Ley 15107
- Decreto 1074/18 - Protección a las Fuentes de Provisión y a los Cursos y Cuerpos Receptores de Agua y a la Atmósfera
- Resolución 70/18 – Residuos Especiales. Declaración Jurada de Operadores
- Resolución 268/17 – Dirección Provincial de Controladores Ambientales
- Código de Aguas - Ley 12257
- Resolución 517/12 – Aprovechamiento del Recurso Hídrico
- Resolución 146/12 – Tratamiento de los Residuos Industriales
- Resolución 82/12 – Vuelco de los Efluentes Líquidos
- Resolución 85/11 - Estudio de Impacto Ambiental
- Ley de Medio Ambiente – Ley 11723
- Ley de protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera – Ley 5965/58
- Desarrollo Sustentable - Ley 11737
- Decreto 3970/90 – Modificación de los vuelcos de efluentes a las fuentes de agua
- Estudios De Evaluación De Impacto Ambiental – Industria - Disposición 1592/94

8.6 Análisis del ambiente

Para analizar las características del ambiente se focalizará la búsqueda de información tanto de la cuenca del río Matanza-Riachuelo (CMR), como del partido de Ezeiza y la provincia de Buenos Aires.

8.6.1 Medio físico

8.6.1.1. Climatología

Como puede observarse en la Figura 8.6.1.1.1, la zona de estudio se ubica la ecorregión argentina de la Pampa. El clima de la región es del tipo subhúmedo-húmedo, donde los meses con mayores precipitaciones son febrero, marzo, abril, octubre, noviembre y diciembre. Las tormentas están predominantemente asociadas a frentes fríos y cálidos, y ocurren preferentemente durante los meses de marzo-abril-mayo y agosto-septiembre-octubre. La dinámica de las lluvias está regida por el choque entre la masa de aire frío y seco del sudoeste procedente del anticiclón del Pacífico sur con la masa de aire cálido y húmedo proveniente del anticiclón del Atlántico sur. Debido a este accionar ocurren las intensas lluvias relacionadas con el pampero húmedo y las sudestadas. Las lluvias de tipo convectivo, en cambio, son de menor duración y ocurren en verano ^[84].

Las temperaturas medias anuales varían de 15°C en el sur a cerca de 18° en el norte de la ecorregión [85]. Los datos de temperatura y precipitaciones a continuación fueron provistos por el Servicio Meteorológico Nacional, y corresponden a los datos obtenidos en el período 1981-2010 en la estación meteorológica Ezeiza-Aero en Buenos Aires.

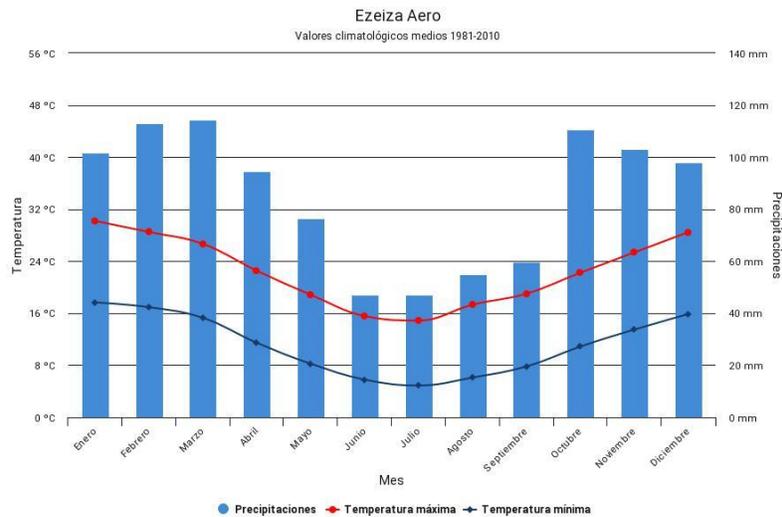


Figura 8.6.1.1.1: Valores anuales de precipitaciones y temperatura en la estación Ezeiza-Aero. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

En relación a los vientos, su velocidad promedio por hora en el partido de Ezeiza tiene variaciones estacionales leves en el transcurso del año. El período más ventoso tiene una duración aproximada de 4.3 meses, entre agosto y diciembre, con velocidades promedio de viento de más de 15.6 km/h. El resto del año presenta velocidades promedio de viento inferiores, presentando un valor promedio de 14,3 km/h^[86]. La dirección predominante promedio por hora del viento varía durante el año: el viento con más frecuencia viene del Norte entre abril y septiembre, mientras que viene del Este con más frecuencia entre septiembre y abril. En la Figura 8.6.1.1.2 se presenta la rosa de vientos de la estación Ezeiza Aero.

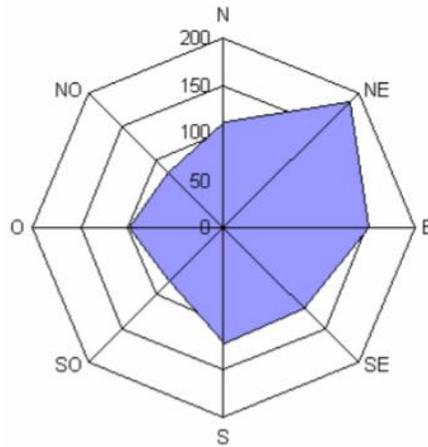


Figura 8.5.1.1.2: Frecuencia anual de direcciones de viento en escala de 1000 para la estación Ezeiza Aero. Fuente: Buenos Aires Ciudad ^[87]

8.6.1.2. Geología y geomorfología

La geología del área de la cuenca Matanza-Riachuelo CMR está constituida por depósitos sedimentarios preferentemente continentales intercalados con depósitos marinos, que se asientan sobre un relieve fracturado del basamento cristalino. Cada uno de esos depósitos representa un ciclo de sedimentación ocurrido en distintos momentos de la historia geológica de la región. Algunos de estos ciclos sedimentarios han sido afectados por eventos tectónicos que pusieron en contacto lateral unidades más antiguas con otras más modernas ^[88]. Cada ciclo de sedimentación se produjo en condiciones ambientales distintas, provocando que la composición de sus sedimentos difiera. La geología del subsuelo del área de estudio corresponde a 4 grandes depósitos sedimentarios ^[88] que hoy en día son generalmente reconocidos como Formación Olivos, Formación Paraná, Formación Puelches y Sedimentos Pampeanos y Post-pampeanos ^[89]. En la Figura 8.6.1.2.1 se detallan los 4 depósitos mencionados.

Capa	Características	Unidades según Santa Cruz y Tófaló
1	Limo arenoso-arcilloso loessoide, color verde grisáceo con escasos restos fósiles.	Sed. POST-PAMPEANOS
	Manto de loess uniforme de grano fino y homogéneo, color pardo rojizo. Limos arenosos, rojos pardos, y verdosos.	Sed. PAMPEANOS
2	Arcilla gris verdosa	Fm. PUELCHES
3	Arena fina y mediana con intercalaciones de arcilla y limo.	
	Arena fina, mediana y gruesa cuarzosa, micácea granodecreciente, pardo amarillenta.	
	Arcilla gris azulada y verdosa Niveles inferiores arenosos finos y medianos, con fósiles marinos.	Fm. PARANÁ
	Arcilla y arenisca roja con estratos yesiformes y carbonato de calcio. Arena mediana.	Fm. OLIVOS
	ROCA IGNEA METAMÓRFICA	BASAMENTO

Tabla 8.6.1.2.1: Litología y unidades hidrogeológicas. Fuente: Mancino, 2013.^[89]

8.5.1.3. Suelos y edafología

El suelo original de la Provincia de Buenos Aires está comprendido por un espeso manto de sedimentos cuaternarios denominado “loess pampeano”. Su composición mineralógica, y el tamaño decreciente de las partículas (de oeste a este) indican una procedencia Patagónica, transportada por la acción fluvial al principio, y eólica, en forma de polvo, cuando cubrió la superficie pampeana. El “loess pampeano” consiste en un sedimento de origen eólico, de color castaño, no consolidado, compuesto por partículas de tamaño limo, con fracciones subordinadas de arcillas y arena, rico en partículas de vidrio volcánico y con proporciones variables de carbonato de calcio. Es poroso y no estratificado y tiene la propiedad de mantener paredes verticales en las excavaciones o acantilados. La capacidad de infiltración de estos sedimentos varía entre 5 y 10 m/día, con un valor extremo de 50 m/día. Los suelos existentes en la llanura alta están originados en sedimentos pampeanos (limos)^[90].

Sin embargo, actualmente, los suelos se encuentran severamente modificados e incluso en algunos sectores han desaparecido total o parcialmente ^[84].

8.6.1.4. Recursos hídricos

- Aguas Superficiales

Dentro del área de influencia del proyecto se encuentra la cuenca hidrográfica Matanza-Riachuelo que comprende el río Matanza, el río Riachuelo, y sus afluentes. Ésta limita al norte con la cuenca del Río Reconquista y, al sur, con el sistema Samborombón-Salado, abarcando una superficie aproximada de 2047 km² con un ancho medio de 35 km y una longitud media de 75 km, y presenta una dirección general Sudoeste-Noreste, desembocando en el Río de la

Plata ^[91]. El área de estudio comprende al tramo del río Matanza que se ubica entre la cuenca media y la cuenca alta en el partido de Ezeiza (Figura 8.6.1.4.1). Su caudal medio mínimo es del orden de 6,20 m³/s, mientras que el caudal máximo en épocas de crecidas supera los 1.000 m³/s^[90].

Dentro del partido de Ezeiza en las cercanías de la planta de producción, los cursos de agua afluentes al río Matanza-Riachuelo de mayor relevancia son el A° Cañuelas, el A° Chacon, el A° Aguirre y el A° Morales. Muchos de ellos reciben descargas contaminantes de las plantas industriales radicadas en la zona y descargas cloacales.

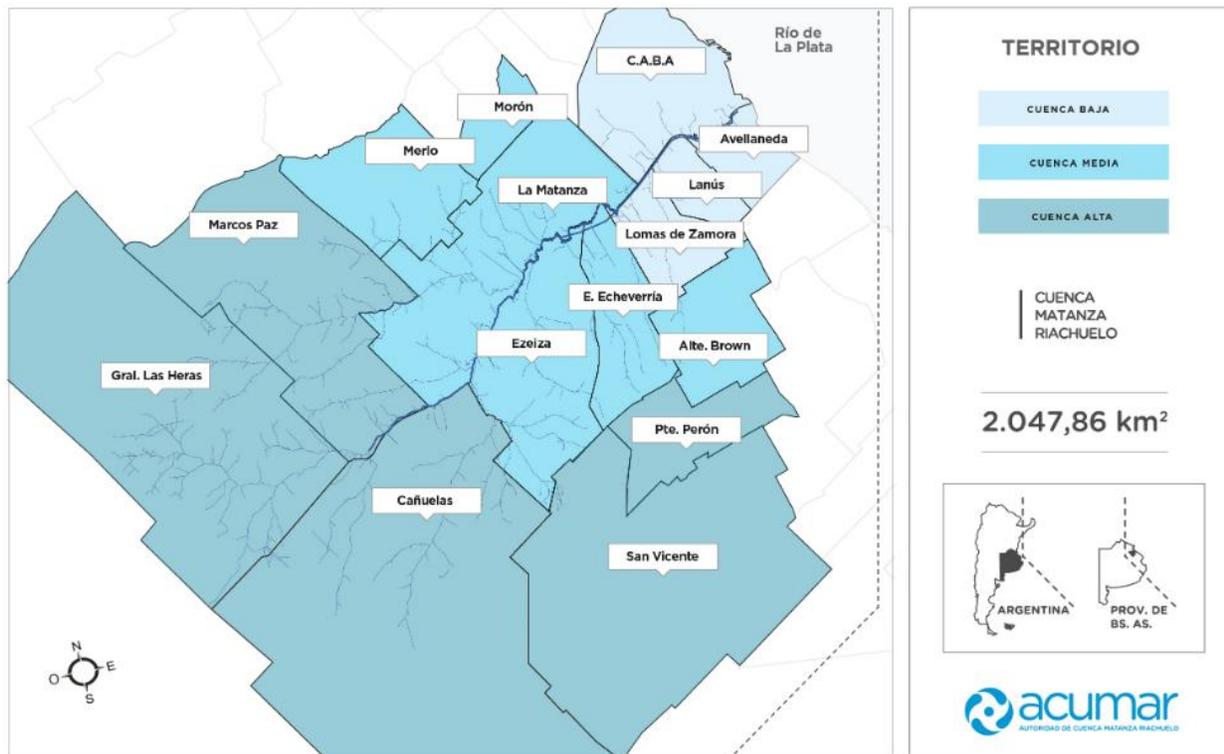


Figura 8.6.1.4.1: Cuenca Matanza-Riachuelo. Fuente: ACUMAR

Otros cuerpos de agua superficiales presentes en la cuenca son los humedales, ecosistemas que tienen la capacidad de retener el agua de las lluvias y las crecientes de los ríos, por lo que atenúan el impacto de las inundaciones. Además, son capaces de fijar los contaminantes presentes en el agua gracias a la presencia de vegetación que puede absorber metales pesados y degradar distintos compuestos orgánicos, y presentan una gran riqueza biológica (ACUMAR). La cuenca media del Matanza-Riachuelo alberga un núcleo de áreas prioritarias de humedales, que abarca distintos partidos. Los Bosques de Ezeiza, atravesados por el río Matanza, incluyen diversas zonas de humedales y son un predio dedicado al uso público recreativo.

- Aguas Subterráneas

En la zona de estudio, el recurso subterráneo se encuentra asociado a las formaciones geológicas presentes. Existe un sistema compuesto por tres secciones o sub-acuíferos bien diferenciados: Pampeano (libre-semilibre), Puelche (semiconfinado) e Hipopuelche (confinado). La fuente de aprovisionamiento actual del área en estudio es a partir de la explotación de agua subterránea, proveniente de los acuíferos Pampeano y Puelche, que permiten su utilización para los diferentes usos: consumo humano, industrial y actividades agrícola-ganaderas en el partido.

En general, el Pampeano es un acuífero de moderada a baja productividad, siendo en ocasiones muy poco permeable, por lo que puede comportarse más como acuitardo que como un acuífero. Es muy utilizado, pero sobre todo en las zonas rurales y suburbanas, pues suele estar contaminado en las áreas urbanas. La base del Pampeano es generalmente limo-arcillosa, poco a muy poco permeable, actuando como un acuitardo que lo separa del Puelche. El Acuífero Pampeano es relativamente pobre si se lo compara con el Puelche debido a su menor porosidad y permeabilidad.

En los bajos topográficos, el Postpampeano puede cubrir al Pampeano. Éste presenta una distribución areal discontinua, con espesores que varían mucho regionalmente. Cuando la capa freática está presente en el Postpampeano, no suele poseer características acuíferas o éstas son pobres comparadas con las del Pampeano. Pero debido a que la superficie freática puede encontrarse dentro del Postpampeano en áreas bajas donde éste cubre al Pampeano, ambas unidades forman parte del genéricamente denominado Acuífero Epipuelche ^{[93][94]}.

El acuífero Puelche es un acuífero semiconfinado que ocupa un área de 240.000 km² en las Provincias de Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba, de los cuales 92.000 pertenecen al Noreste de la Provincia de Buenos Aires ^[92]. Tiene una productividad más elevada que la del Pampeano y su comportamiento hidráulico de acuífero semiconfinado se debe a que el acuitardo (techo del acuífero) se compone de un material limo-arcilloso de color gris y baja permeabilidad. El mismo se apoya sobre arcillas verde-azuladas impermeables pertenecientes al tope de la Formación Paraná, de origen marino, la que también posee acuíferos más profundos (Hipopuelche), en general con agua salada, salvo contadas excepciones ^{[93][94][92]}.

La unidad hidrogeológica del Hipopuelche se halla ubicada en los sedimentos continentales de la formación Olivos y en su porción superior en sedimentos de la formación Paraná. Es portadora de por lo menos 3 capas acuíferas, que poseen carácter confinado y están sometidas a fuerte presión artesiana. El acuífero superior de esta sección, si bien proporciona caudales altos, presenta tenores salinos elevados (más de 3 g/l) ^[95].

Una característica de la cuenca alta Matanza-Riachuelo, es que la profundidad media del nivel freático (Pampeano) oscila entre los 2 m. y 6 m. por debajo de la boca de pozo. Para el acuífero Puelches, el nivel piezométrico presenta profundidades mayores a los 6 m.

- Usos y contaminación

Desde el inicio de la urbanización de la cuenca, los cursos de agua de la misma reciben todo tipo de desechos que, conforme ha ido avanzando la ocupación del área, han contenido descargas orgánicas, sustancias minerales e inorgánicas, metales pesados, plaguicidas, fungicidas; herbicidas y sedimentos ^[96], y puede decirse que es una de las cuencas más contaminadas de la Argentina. Los niveles de contaminación fueron aumentando de manera constante junto con la urbanización del área metropolitana de Buenos Aires y el crecimiento industrial concomitante dentro de la cuenca.

Hoy en día se estima que existen más de 4.000 establecimientos industriales ubicados en las secciones media e inferior de la cuenca que contribuyen a la contaminación de la misma a causa del vertido de sus efluentes sin tratar en el sistema de drenaje o directamente en el río. Además de altos niveles de contaminación orgánica, estos vertidos aportan contaminantes tóxicos tales como metales pesados provenientes de industrias petroquímicas, curtiembres y frigoríficos. La aguda degradación ambiental y social de la cuenca es resultado de limitadas inversiones en infraestructura pública, deficiente gestión ambiental y falta de una adecuada planificación urbana e industrial. Esta situación ha dado lugar a serios riesgos para la salud, en especial para los grupos sociales altamente vulnerables (Proyecto Desarrollo Sustentable de la Cuenca Matanza–Riachuelo).

Hoy en día, la cuenca cuenta con el Plan Integral de Saneamiento Ambiental (PISA), documento que guía el trabajo de ACUMAR, permitiendo el accionar coordinado entre los distintos actores que trabajan para resolver las problemáticas de la región y permitir la revisión, continuación, discontinuación o creación de nuevas acciones a fin de garantizar la mejora en la calidad de vida de los habitantes, la recomposición del ambiente en todos sus componentes (agua, aire y suelo) y la prevención de daños con suficiente y razonable grado de predicción.

A partir de este plan surge la medición mediante un Sistema de Indicadores cuyo objetivo es medir el avance en el saneamiento de la Cuenca.

En uno de los informes realizado por ACUMAR se realiza una evaluación multidimensional del estado de la calidad de las aguas superficiales en la Cuenca Hídrica Matanza Riachuelo (CMR) y su evolución en el tiempo. Esta evaluación se realiza a partir de los resultados obtenidos en campañas de monitoreo realizadas en distintas estaciones de

monitoreo puntual. En ellas, se evalúa el Índice de Calidad de Agua (ICA): valores de distintos parámetros fisicoquímicos incorporados a una expresión matemática para obtener un índice adimensional y graduado en cinco categorías de entre 0 y 100: 0-25, 26-50, 51-75, 76-95 y 96-100; considerando a la última categoría como “protección de biota”, lo cual indica una naturaleza sin intervención humana. Para calcular estos índices, se tienen en cuenta parámetros tales como porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, DBO₅, DQO, fósforo total, nitrógeno amoniacal, sólidos suspendidos totales, conductividad eléctrica, escherichia coli, pH, cromo total, plomo total, e hidrocarburos totales.

Las fuentes de información para la medición de este indicador corresponden a campañas realizadas entre 2015 y 2018 sobre la red de monitoreo de la calidad del agua superficial de la ACUMAR

En la Figura 8.6.1.4.1 se muestran los puntos de muestreo cercanos al proyecto.



Figura 8.6.1.4.2: Ubicación de los puntos de muestreo (amarillo) y ubicación de la planta (rojo). Fuente: Google Earth

En la Tabla 8.6.1.4.3 se muestran los resultados obtenidos en estos cinco puntos de muestreo.

Tabla 8.6.1.4.2: ICA en los puntos de muestreo. Fuente: ACUMAR

Fecha	Índice de Calidad de Agua (ICA)							
	Abr-15	Dic-15	Abr-16	Nov-16	Mar-17	Sep-17	Mar-18	Sep-18
ARROCHAC4	51	30	41	25	42	22	37	26
MPLANES	43	31	46	30	48	62	50	62
MHERRERA	11	SD	SD	SD	33	42	SD	SD

AGMOLINA6	9	25	24	17	37	52	23	49
RPLATAXCO	12	18	SD	SD	28	50	SD	SD
Rango índice				0-25	26-50	51-75	76-95	96-100
Calificación				Pésima	Mala	Regular	Buena	Excelente

Se puede observar que la tendencia en la evolución es una mejora en los últimos años de la calidad del agua en los puntos AGMOLINA6 y MPLANES, pasando de aguas de mala y pésima calidad, es decir aguas que pueden solamente apoyar una diversidad baja de la vida acuática y están experimentando probablemente problemas con la contaminación, a aguas de calidad regular, es decir aguas que tienen generalmente menos diversidad de organismos acuáticos y han aumentado con frecuencia el crecimiento de las algas. Sin embargo, para el resto de los puntos se observa una mala calidad de las aguas, y la falta de datos en los puntos RPLATAXCO y MHERRERA, lo que indica una falta de seguimiento.

En la tabla 8.6.1.4.3, se presentan los datos antecedentes de calidad de las estaciones de muestreo (Figura 8.6.1.4.2) dentro del territorio de Ezeiza, cercanas a la planta de producción. Los muestreos fueron realizados por el Organismo para el Desarrollo Sostenible (OPDS). Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

Tabla 8.6.1.4.3: Valores de los parámetros fisicoquímicos en la Estación de Muestreo Agua superficial – Ezeiza (ACUMAR) ^[98]

Fecha	09/19	09/15	09/17	09/19	09/18	
Parámetros fisicoquímicos	ARROCHA C4	MPLANES	MHERRERA	AGMOLINA6	RPLATAXCO	Límites permitidos (*)
pH (UpH)	8.02	7.81	7.9	7.7	7.81	6,5-9,0
Oxígeno disuelto (mg/l)	3.09	6.23	2.96	8.81	2.78	NR
Sólidos Suspendidos totales (mg/l)	1113	52	44	647.9	18	≤ 35
Nitrógeno total Kjeldahl	12.5	2	2.5	1.9	2.4	≤ 35
Temperatura	27.5	22.01	18.69	19.4	19.35	≤ 45
Conductividad eléctrica	1888	1572	1732.05	990.4	1601.18	NR
DQO (mg/l)	108.1	30.7	52.6	58.3	32.6	≤ 125

DBO (mg/l)	5.5	<5	6.1	16	3.79	≤ 30
Coliformes totales (UFC/100ml)	70000	18000	600000	2330000	7000000	≤ 500
Escherichia coli (UFC/100ml)	30000	4000	96000	350000	15000	NR

(*) Valores límites según Resolución ACUMAR 6-E/2017.

NR: sin restricción

FUENTE: ACUMAR – Plan de Monitoreo de Calidad de Aguas y Sedimentos de la Cuenca Matanza – Riachuelo. Dirección de Ambiente y Desarrollo. AySA

Algunos de los parámetros analizados se encuentran dentro de los valores límites permitidos en todas las estaciones tales como pH, Nitrógeno total Kjeldahl, temperatura, DQO y DBO₅. Sin embargo, otros parámetros exceden de los límites permitidos tales como los biológicos, es decir los valores de coliformes totales y escherichia coli, y los sólidos suspendidos totales. Es posible suponer que existe un aporte de efluentes cloacales al curso de agua en el tramo comprendido entre los puntos de muestreo. A su vez en algunos puntos de muestreo como ARROCHAC4, MHERRERA y RPLATAXCO presentan bajos valores de oxígeno disuelto. Esto podría contribuir al impacto negativo en el curso de agua superficial con el consiguiente deterioro de la biota.

8.6.1.5. Atmósfera

La zona de estudio corresponde a una zona industrial donde se encuentran emplazadas numerosas industrias. A su vez también se encuentra en proximidad de la autopista Ezeiza-Cañuelas y la ruta 205. Es por esto que se esperarían altos niveles de contaminación del aire.

Para indicar los niveles de contaminación en la atmósfera se consultaron los datos históricos provistos por ACUMAR medidos en la estación EMC II Aerofarma, La Matanza^[90], que tiene proximidad con el sitio de emplazamiento de la planta. Se analizaron los valores promedio del año 2019 para el material particulado PM10, PM 2.5, dióxido de azufre (SO₂) 24hs y monóxido de carbono (CO) (8hs). En la Tabla 8.5.1.4.4 se comparan los valores promedio con los límites fijados por la Resolución ACUMAR N° 02/07 de calidad de aire.

Tabla 8.6.1.4.4: Calidad del aire estación EMC II, Aerofarma, La Matanza. Fuente: ACUMAR

	Límite permitido (ug/m ³)	Valor medido (ug/m ³)
PM 10	150	39.7

PM 2.5	65	17.9
SOx (24 hs)	367	1.8
CO (8 hs)	10000	420.4

Se puede observar que todos los parámetros se encuentran por debajo de los límites permitidos, por lo que se podría asumir que la zona no presenta altas contaminaciones atmosféricas.

8.6.2. Medio biológico

La cuenca Matanza-Riachuelo es un área diversa. La cuenca baja se ubica en la transición entre tres regiones biogeográficas diferentes: la Pampeana, representada por pastizales de llanura; el Espinal, aquellos bosques de escaso requerimiento hídrico paralelos al río de la Plata, en las barrancas del Paraná; y la selva Paranaense, de carácter más húmeda ubicada en los albardones de dichos cauces. ^[105]

8.6.2.1. Flora

Dentro de la cuenca se distinguen tres ambientes: los terrenos altos; la barranca de transición, donde existen varios tipos de humedales; y las tierras bajas, asociadas a los ríos y arroyos. En los terrenos altos la vegetación natural estaba originalmente constituida por gramíneas interrumpidas de tanto en tanto por pequeños montes de chañares. Los árboles: espinillos, porotillos, acacias, zarzamora, zarzaparrilla falsa y sauce colorado, crecían en las márgenes de los ríos y arroyos uniéndose por encima de los arroyos menores formando los bosques en galería. Sin embargo, la mayoría de los ecosistemas originales preexistentes al proceso de ocupación del suelo han sido profundamente modificados como consecuencia de la intensa urbanización de la cuenca y el avance de las fronteras agrícolas-productivas. Se puede afirmar que las características naturales de la vegetación han sido reemplazadas por tejido urbano o por actividades agrícolas o de pastoreo. Hoy en el área existe una predominancia de gramíneas de entre 0,5 y 1m de altura que coexisten con especies introducidas: paraísos, ligustros, entre otros ^[100].

Actualmente las áreas cubiertas por vegetación natural más expresivas en la Cuenca se dan a lo largo del río Matanza sobre las márgenes de los canales de drenaje secundarios, en sus cabeceras y terrenos bajos. En ellos la vegetación se compone de especies herbáceas y/o arbustivas, asociadas a ambientes de valle de inundación como únicos reductos de vegetación nativa ^{[101][100]}. En los ríos que atraviesan áreas urbanas, la flora tal como los cordones de vegetación palustre, actúa como filtros de agua al retener materia orgánica, nutrientes, material

particulado y contaminantes. Muchos de ellos son absorbidos a los tejidos y/o absorbidos por las raíces. Por esta razón, es de suma importancia garantizar la conservación de la vegetación ribereña y evitar su corte. ^[105]

Es necesario tener en cuenta sin embargo que la zona del emplazamiento de la planta de tratamiento de efluentes corresponde a una zona muy industrializada, y la flora y fauna del lugar se encuentran desplazadas y no son representativas del estadio actual de la zona.

8.6.2.2. Fauna

En la cuenca Matanza-Riachuelo, más del 90% de las aves que constituyen la comunidad son nativas, pero en muchos casos, en áreas de urbanización densa, unas pocas especies exóticas (por ejemplo palomas y gorriones) pueden llegar a conformar el 85% de los individuos de aves^[105].

Algunas especies son frecuentes y otras escasas: las aves frecuentes son numerosas y fáciles de observar, y generalmente están bien adaptadas a vivir entre edificaciones, jardines y ambientes modificados. Aunque este grupo representa un número relativamente bajo de especies (cerca de 30), pueden presentarse en números muy altos, hasta miles de individuos. Las aves escasas, por otro lado, son las de mayor interés de conservación. Son aquellas aves nativas más vulnerables a los cambios ambientales que genera la urbanización. Se refugian en ambientes vegetados variados, zonas de baldíos y reservas urbanas, pero rara vez se encuentran en áreas de urbanización densa. Según el tipo de ambiente que utilizan, podemos agrupar a las aves por gremios. En las riberas del área metropolitana contamos con gremios bien representados, más allá del grado de urbanización, como las aves de humedales, atraídas por la presencia de cuerpos de agua y las aves generalistas, las que mejor aprovechan los entornos de ciudades. Sin embargo, otros grupos como las aves de zonas de pastizales y de bosques, llegan a desaparecer cuando la superficie construida supera el 60%.^[105]

Puede observarse la presencia de otros animales tales como la nutria en las zonas de humedales, mamífero-roedor de gran talla; la tortuga cabeza de víbora en el ámbito de la cuenca cerca de los arroyos y el curso de agua principal, que debido a su dieta variada es menos vulnerable a la modificación del hábitat; y la garza blanca, que se la suele observar a la vera de los arroyos y curso principal en busca de alimento.

8.6.3. Áreas protegidas

ACUMAR reconoce distintas áreas de protección ambiental en la cuenca que corresponden no sólo a aquellas áreas que ya tienen algún estatus o norma de protección que las regula, sino también aquellas que, por distintos valores (ecológicos, arqueológicos, paleontológicos, hídricos o espacios verdes de esparcimiento o recreación ciudadana), se consideran de interés para su conservación, independientemente del régimen normativo o la jurisdicción de la cual dependen. Aquellas que se encuentran próximas al área de estudio son la Reserva Paleontológica Francisco P. Moreno, La Reserva Natural Bosques de Ciudad Evita y la Reserva Natural Laguna De Rocha.

La Reserva Natural Laguna De Rocha es un humedal que abarca nueve ecosistemas y brinda refugio a alrededor de 140 especies de aves, otro tanto de anfibios, reptiles y mamíferos. Se ubica en la parte más baja de la cuenca, y en sus más de 800 hectáreas desaguan varios ríos y canales de la misma ^[102].

La Reserva Natural Bosques de Ciudad Evita es una reserva con bosques que se ubica a poca distancia de los grandes centros urbanos, y se caracterizan por su gran variedad de especies de árboles traídos de Europa. Allí abundan pinos, paraísos y eucaliptos, y cuenta con algunos esteros y pequeños cursos de agua. Es refugio de la vida silvestre y forma parte del corredor biológico de la Cuenca Matanza Riachuelo donde hay presencia de lagartos, patos, tortugas mordedoras, gallinetas y mariposas del talar orquídeas, entre otros.

La Reserva Paleontológica Francisco P. Moreno fue creada a partir de numerosos hallazgos de fósiles realizados por vecinos y operarios de la tosquera ubicada en el partido de Marcos Paz y con la intención de preservar los niveles portadores de fósiles. Allí se encuentran fósiles de organismos que vivieron en esa región entre unos cuarenta mil y ocho mil años atrás. La misma se encuentra en una cantera de 15 metros de profundidad sobre el margen norte del Río Matanza ^[103].

8.6.4. Medio Ambiente Socioeconómico e infraestructura

8.6.4.1 Caracterización poblacional.

El partido de Ezeiza tiene una población total del 163.722 habitantes y una densidad de población de 691,36 hab/km², según el censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) en el año 2010, registrando un incremento intercensal del +3,65%/año. Dentro de la población, el 50% corresponde a mujeres y el 50% a hombres. En el partido hay una tasa de desocupación abierta, es decir una intensidad de la desocupación en la población

económicamente activa del 6.9%. Existe un total de 44.487 hogares, donde el 14,1% posee las necesidades básicas insatisfechas.

8.6.4.2 Usos y ocupación del suelo.

Dentro del partido de Ezeiza se le da distintos usos al suelo: residencial, industrial, agropecuario, espacios verdes, urbanización cerrada y de equipamiento. En la Figura 8.6.4.2.1 se observan los distintos usos del suelo en el partido de Ezeiza.

Usos Legales Del Suelo

Por Categorías de Análisis

■ CENTRALIDAD	■ ZONA DE PROTECCION
■ RESIDENCIAL	■ ZONA DE RECUPERACION
■ RESIDENCIAL MIXTO	■ ZONA DE RESERVA
■ INDUSTRIAL EXCLUSIVA	■ CLUB DE CAMPO/URBANIZACION CERRADA
■ USO ESPECIFICO	■ CORREDOR COMERCIAL Y DE SERVICIOS
■ EQUIPAMIENTO	■ SERVICIO DE RUTA
■ ESPARCIMIENTO/ESPACIO VERDE	■ ZONAS DE REGULACION ESPECIAL
■ AGROPECUARIO INTENSIVO/EXTENSIVO	■ RESIDENCIAL EXTRA URBANO

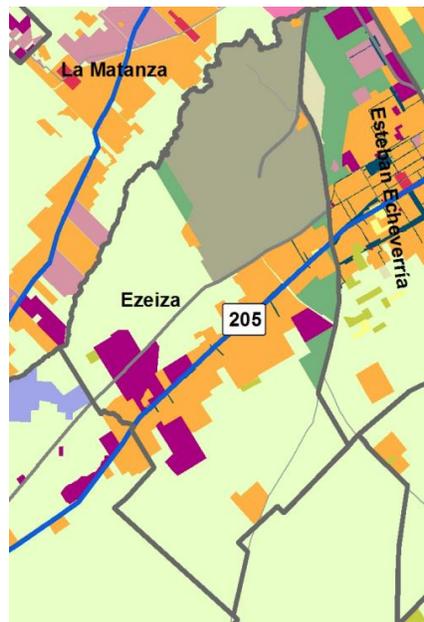


Figura 8.6.4.2.1: Usos del suelo en el partido de Ezeiza. Fuente: ACUMAR

8.6.4.3 Infraestructura de servicios

Para el partido de Ezeiza se calcula que sobre un total de 150.899 viviendas, solo el 16% tiene servicios de agua corriente y el 19% posee red cloacal, servicios provistos por AySA (INDEC, 2010) ^[95]. En el emplazamiento de la planta de producción, no hay servicio de cloacas ni de agua corriente.

Existe una gran variedad de vías de comunicación con el resto de la región y del país. Alberga el aeropuerto internacional Ministro Pistarini que realiza vuelos nacionales e internacionales, y se comunica a través de las Autopistas Ricchieri y Ezeiza-Cañuelas, y las Rutas 52 y 205. También presta servicio la línea de ferrocarriles General Roca que conecta Cañuelas con Temperley.

8.7. Identificación y valoración de los impactos ambientales

8.7.1 Metodología

El objetivo de este apartado radica en identificar y predecir el impacto de las acciones a desarrollar para poder proponer las medidas de atenuación y/o mitigación pertinentes para la obra. Se seguirá la metodología de evaluación de impactos ambientales de Vicente Conesa Fernández-Vitora, *Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental*, que permite identificar y evaluar los impactos a partir de valores otorgados individualmente a un conjunto de criterios utilizados de manera combinada, y que en conjunto dan cuenta de la importancia del impacto que una acción determinada generaría sobre un factor puntual.

Para facilitar el análisis, los impactos son caracterizados teniendo en cuenta una serie de atributos que están relacionados con valores numéricos:

Signo (+ o -): El signo positivo corresponde a un impacto de tipo beneficioso para algún factor ambiental, y el negativo a un impacto de tipo perjudicial para algún factor ambiental.

SIGNO (+/-)	
Beneficioso	+
Perjudicial	-

Intensidad (i): Se refiere al grado probable de destrucción sobre el factor. La valoración está comprendida entre 1 y 12, en el que 12 expresa una destrucción total del factor y el 1 una afectación mínima.

INTENSIDAD (I)	
Baja	1
Media	2
Alta	3
Muy alta	8
Total	12

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. Si el efecto no encuentra una localización precisa presentando un efecto generalizado en toda el área se le asignará el máximo valor de 12.

EXTENSIÓN (EX)	
Puntual	1
Parcial	2
Extenso	4
Total	8
Crítica	12

Momento (MO): Alude al tiempo que transcurre entre la acción y la aparición del impacto sobre el factor del medio considerado. Cuando el tiempo transcurrido es nulo se le asignará el valor de 8. Si el tiempo transcurrido es dentro del primer año será inmediato y le corresponderá el valor 4. 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

MOMENTO (MO)	
Largo plazo	1
Medio plazo	2
Inmediato	4
Crítico	8

Persistencia (Pe): Se refiere al tiempo de permanencia del efecto una vez generado el impacto. Si la persistencia del efecto tiene lugar durante menos de un año el impacto será fugaz y el valor será de 1. Si dura entre 1 y 10 será considerado temporal y el valor correspondiente será de 2. Finalmente será considerado permanente asignándole un valor de 4 cuando su duración supere los 10 años.

PERSISTENCIA (PE)	
Fugaz	1
Temporal	2
Permanente	4

Reversibilidad (RV): Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez que aquella deja de actuar sobre el medio. Si es reversible en menos de 2 años será de corto plazo y se le asigna el valor de 1, si es entre 2 y 10 años se considerará de medio plazo. Por último si es irreversible, es decir que no podrá volver a sus condiciones iniciales en forma natural, el valor es de 4.

REVERSIBILIDAD (RE)	
Corto plazo	1
Medio plazo	2
Irreversible	4

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 corresponderán los valores 2 o 4 de acuerdo a que tan pronunciada es su magnitud.

SINERGIA (SI)	
Sin sinergismo	1
Sinérgico	2
Muy sinérgico	4

Acumulación (AC): Fenómeno mediante el cual los efectos son incrementales progresivamente. El valor es de 1 cuando es simple y 4 cuando es acumulativo.

ACUMULACIÓN (AC)	
Simple	1
Acumulativo	4

Efecto (EF): De acuerdo a su manifestación o forma de operar sobre el medio será directo o indirecto.

EFECTO (EF)	
Indirecto	1
Directo	4

Periodicidad (PR): Es la manifestación de la posibilidad de ocurrencia del efecto en el tiempo, clasificándose como irregular o errático con valor 1, periódico con valor 2 y continuo valor 4.

PERIODICIDAD (PR)	
Irregular	1
Periódico	2
Continuo	4

Recuperabilidad (MC): Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana. Si el efecto es recuperable inmediatamente, se le asigna valor 1. Si es recuperable pero a lo largo de un período de tiempo será valor 2. En caso de ser mitigable, es decir recuperable en forma parcial, se asigna el valor de 8 y si resulta irrecuperable se le asigna el valor 10.

RECUPERABILIDAD (MC)	
Recuperable inmediatamente	1
Recuperable en mediano plazo	2
Mitigable	8
Irrecuperable	10

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. Para expresar la importancia (I) del impacto numéricamente se aplica la siguiente función:

$$I = \pm (3 i + 2 EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

A continuación, para una mejor visualización de los resultados de los impactos, se relacionan los valores numéricos con colores según la Tabla 8.7.1.1.

Tabla 8.7.1.1.: Relación entre los valores obtenidos y el tipo de impacto

VALORES	TIPO
Positivos	Positivo
>-51	Leve
Entre -51 y -80	Medio
< -80	Alto

8.7.2 Características del medio y actividades impactantes

Luego de realizar un análisis exhaustivo del entorno y considerando los aspectos naturales y antrópicos, se identificaron y evaluaron los impactos ambientales que generará la construcción y operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del lavado de tanques de formulación de pesticidas. A partir de esto, se realizó una matriz con la valoración de los potenciales impactos detectados para todas las etapas del proyecto teniendo en cuenta las características de los medios contemplados. Se trata de una matriz de doble entrada, donde se cruzan los componentes del medio ambiente (dispuestos en filas) con las actividades del proyecto que puedan potencialmente causar impactos (dispuestas en las columnas). Si una actividad puede causar cambios sobre un elemento del medio ambiente, se señala la casilla respectiva, utilizando un signo "X".

8.7.2.1 Características del medio

A continuación, en la Tabla 8.7.2.1.1 se detallan las características de los medios analizados que pueden verse afectadas por las actividades llevadas a cabo en las etapas de Construcción y Operación.

Tabla 8.7.2.1.1: Elementos del medio ambiente analizadas

Elemento		Descripción
Medio físico	Suelo	Calidad fisicoquímica
		Propiedades y características físicas del suelo que pueden verse modificadas por alguna sustancia.

		Compactación	Densificación del suelo a causa de un esfuerzo aplicado al mismo
	Agua	Calidad fisicoquímica superficial	Cantidad de sustancias biodegradables, inertes suspendidas o transportadas presentes en una corriente de agua
		Calidad fisicoquímica subterránea	Afectación de la recarga de agua subterránea y presencia de sustancias contaminantes
	Aire	Calidad	Calidad del aire definida en función de la existencia de material particulado, CO, NO ₂ , SO ₂ , H ₂ S y malos olores
		Ruido	Sonidos que pueden causar molestias, reducción o pérdida de audición en las personas.
Medio biológico	Flora	Cobertura vegetal	Capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre.
	Fauna	Fauna	Conjunto de todas las especies animales, con referencia a un lugar, clima, tipo y medio concreto.
Medio socioeconómico		Empleo	Ocupación u oficio para personas que se retribuye con un pago
		Actividades económicas	Actividades realizadas para la generación de ingresos
		Energía	Requerimiento energético
		Calidad de vida	Condiciones de vida en el área de influencia y satisfacción de necesidades básicas colectivas (salud, economía, ambiente)

8.7.2.2 Actividades impactantes

En la Tabla 8.6.2.2.1 se mencionan y describen las actividades que se realizarán durante las etapas de Construcción y Operación, y que podrían causar efectos relevantes en el área de influencia.

Tabla 8.7.2.2.1. Descripción de las actividades del proyecto

Actividad	Descripción y efectos
-----------	-----------------------

Etapas de Construcción	
Contratación de personal	Selección y vinculación de personal calificado a la construcción del proyecto
Limpieza, desbroce y destape del terreno	Remoción de cobertura vegetal, vegetación arbórea y arbustiva en el lote y de la capa superficial del suelo Generación de residuos vegetales. Disposición de residuos sólidos.
Movimiento de tierras	Transporte, relleno, nivelación y compactación de terrenos. Generación de polvos y ruidos.
Construcción de infraestructura	Construcciones civiles de concreto. Depresión de la napa p/excavaciones. Hormigonado e instalación de equipos. Generación de residuos. Posibles pérdidas y/o derrames de sustancias especiales. Posibles voladuras de material seco. Generación de ruidos y olores
Circulación de maquinaria	Tránsito de vehículos para transporte de maquinaria, equipos, materiales, y residuos
Manejo de materiales, tierra e insumos	Adquisición en el mercado, transporte y acopio. Posibles derrames y/o pérdidas. Generación de polvos, ruidos y gases. Generación de residuos.
Acopio de materiales de construcción	Almacenamiento transitorio de elementos y materiales de construcción y residuos. Clasificación. Disposición
Construcción y operación de campamentos	Montaje y operación de instalaciones temporales para el personal que trabajará en la construcción
Etapas de Operación	
Operación	Operación de la Planta de Tratamiento que incluyen actividades como: disposición de residuos sólidos, descarga del agua tratada, limpieza y mantenimiento, gestión de lodos

8.7.2.3 Matriz para la evaluación de impactos

Tabla 8.7.2.3. Matriz para la evaluación de impactos

Matriz de Impactos			Actividades								
			Fase de Construcción								
Elementos Ambientales		Factores	Contratación de personal	Limpieza, desbroce y destape del terreno	Movimiento de tierras	Construcción de infraestructura	Circulación de maquinaria	Manejo de materiales, tierra e insumos	Acopio de materiales de construcción	Construcción y operación de campamentos	Operación
Medio físico	Suelo	Compactación									
		Calidad fisicoquímica									
	Agua	Calidad fisicoquímica superficial									
		Calidad fisicoquímica subterránea									
Aire	Calidad										
	Ruido										
Medio biológico	Flora	Cobertura vegetal									
	Fauna	Fauna									
Medio socioeconómico		Empleo									
		Calidad de vida									
		Energía									
		Actividades económicas									

8.7.3 Evaluación cualitativa de los impactos

8.7.3.1 Medio físico

Suelo

- **Alteración de la calidad y compactación**

Actividades que la generan

Etapa	Parámetros	Actividad
Construcción	Calidad	Construcción de infraestructura
		Construcción y operación de campamentos
	Compactación	Limpieza, desbroce y destape del terreno
		Circulación de maquinaria
		Acopio de materiales de

			construcción
			Movimiento de tierras

Condiciones sin proyecto (Oferta)

Los suelos del área donde se emplazará la planta corresponden a un sector que presenta cualidades geográficas ambiguas dada la presencia de una fuerte urbanización, sustancial modificadora de las condiciones naturales de suelo, generando condiciones productivas naturales afectadas por la industrialización y la metropolización.

Condiciones con proyecto

La construcción de la planta de tratamiento requerirá un área aproximada de 400 m² que actualmente se encuentra en desuso. Para su construcción es necesaria la preparación del terreno para la construcción de la infraestructura y para garantizar la estabilidad de las nuevas estructuras. Será necesaria la remoción de la cobertura vegetal, la excavación y remoción superficial del terreno, y el relleno y compactación del suelo.

Descripción del efecto

La construcción de la nueva infraestructura supone una alteración de las condiciones actuales del suelo ya que, para ser posible, deberá removerse parte del suelo y proceder a la construcción e instalación de la nueva infraestructura, tanto para los campamentos como para la planta en sí. Esto supone un cambio en el uso del suelo que, actualmente, se encuentra en desuso y está cubierto por la vegetación típica de la zona.

A su vez se producirá una compactación del mismo por la compactación misma necesaria para la construcción de la infraestructura, así como también el constante paso de maquinaria y el acopio de materiales de construcción como tierra o arena. Esto expone al suelo a sufrir procesos erosivos, disminución de la capacidad de infiltración, afectación de su densidad aparente y su calidad. También durante la construcción se generan residuos de construcción tales como productos químicos, pinturas, y lubricantes que pueden infiltrarse y afectar los parámetros fisicoquímicos del suelo.

Agua

- **Afectación de la calidad fisicoquímica**

Actividades que la generan

Etapa	Parámetro	Actividad
-------	-----------	-----------

Construcción	Subterránea	Construcción de infraestructura
		Manejo de materiales, tierra e insumos
	Superficial	Limpieza, desbroce y destape del terreno
		Movimiento de tierras
		Construcción y operación de campamentos
Operación		Operación de la planta

Condiciones sin proyecto

Las condiciones actuales de la cuenca Matanza-Riachuelo indican que las corrientes de agua se encuentran contaminadas, consecuencia del vertido de los efluentes industriales y domésticos. Sin embargo, a partir de la implementación del Plan Integral de Saneamiento Ambiental (PISA) actualizado en 2016, se espera que mediante el accionar coordinado de distintos actores se resuelva paulatinamente la problemática de la región mediante el control de contaminación industrial, el monitoreo de calidad de agua, la tramitación de sitios contaminados, la concientización ambiental y la restauración ecológica.

Condiciones con proyecto

Al entrar en funcionamiento la planta de tratamiento se espera cumplir con los valores de vuelco permitidos por la normativa vigente y contribuir al PISA.

Descripción del efecto

El agua, tanto superficial como subterránea, puede verse afectada durante la etapa de construcción ya que puede haber pérdidas que permitan el escurrimiento y la infiltración de sustancias contaminantes que pueden transportarse y alcanzar y modificar la calidad de cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Durante las actividades de remoción de vegetación y excavaciones superficiales, la calidad de las aguas puede variar por el posible aumento de sólidos en ellas: el material particulado generado en las actividades de construcción puede depositarse en los cuerpos de agua superficiales cercanos a través del viento. También se generarán aguas residuales provenientes de los campamentos instalados que también modificarán la calidad de las aguas por su aporte de materia orgánica si no son dispuestas de la forma adecuada. Durante la etapa de operación, el efecto que se presenta es

positivo pues se busca contribuir a una mejora en la calidad de las aguas del río Matanza-Riachuelo por el cese del aporte de contaminantes, ya que las aguas residuales serán tratadas previo a su vuelco.

Aire

- **Alteración de la calidad**

Actividades que la generan

Etapa	Parámetro		Actividad
Construcción	Calidad	Ruido	Acopio de materiales de construcción
			Movimiento de tierras
			Construcción de infraestructura
			Circulación de maquinaria
			Manejo de materiales, tierra e insumos
			Construcción y operación de campamentos
			Limpieza, desbroce y destape del terreno
Operación	Calidad	Ruido	Operación de la planta

Condiciones sin proyecto

La zona de estudio corresponde a una zona industrial. Sin embargo, a diferencia de lo esperado, el aire en la zona de estudio no presenta altos niveles de contaminación según los reportes de calidad de aire presentados por ACUMAR.

Condiciones con proyecto

La etapa de construcción de la planta requiere el uso intensivo de maquinarias de excavación y transporte, así como también el transporte de materiales volátiles tales como tierra o arena. Durante la operación existe la generación de residuos que pueden generar olores.

Descripción del efecto

Las diferentes actividades que se realizarán para la construcción de la planta generan distintos tipos de contaminantes que modificarán las condiciones de calidad del aire encontradas en el área de estudio. Se generará material particulado producto de la preparación del terreno y la remoción de vegetación, excavaciones superficiales, y material de construcción. El mismo puede ser suspendido por los vientos de la zona y transportarse en el aire. Se emplean a su vez maquinarias que producen gases tales como NO₂, SO₂ y CO que también contribuirán a la alteración en las concentraciones en el aire. Además, los equipos generan ruido, lo cual volverá más crítico los rangos de estos parámetros.

Durante la operación pueden producirse malos olores en la zona de pretratamiento del efluente cloacal, donde se realizará la extracción de sólidos más gruesos, en el sector donde se realicen procesos anaeróbicos, lo que genera gases como el sulfuro de hidrógeno, y en el tratamiento de lodos activos al purgar los lodos biológicos. A su vez también se producirán ruidos y vibraciones ocasionados por la maquinaria de operación como sopladores y bombas.

8.7.3.2 Medio biológico**Flora**

- **Cobertura vegetal**

Actividades que la generan

Construcción	Limpieza, desbroce y destape del terreno
Operación	Operación de la planta

Condiciones sin proyecto

Todo el área de influencia del proyecto presenta una gran intervención antrópica ya que se trata de una zona industrial, lo que tiene consecuencias sobre el ambiente físico desde la reducción de la heterogeneidad, hasta la pérdida de microhábitats. Además esto tiene efectos directos en la distribución y abundancia de las especies, e indirectos sobre las interacciones entre los organismos. La cobertura vegetal protege el suelo contra la erosión y es parte del hábitat de numerosas especies. Sin embargo, en el área de estudio no hay presencia de especies de flora o fauna con prioridad de conservación, es decir que ninguna se encuentra listada en los libros rojos de especies amenazadas.

Condiciones con proyecto

El medio biótico se verá afectado por la vegetación terrestre presente en el predio, que deberá desmontarse y sufrir el constante paso de maquinarias.

Descripción del efecto

La remoción de la cobertura vegetal existente en el área donde se construirá la planta, zona de pastizales, eliminará los nichos donde se encuentran especies generalistas que podrán eventualmente desplazarse a zonas aledañas, con similares condiciones a las del lote. También la fauna podría verse afectada, sobretodo aves, por los ruidos ocasionados por la maquinaria durante la etapa de construcción y operación.

Fauna

- **Modificación del biotopo y la biocenosis acuáticos**

Actividades que la generan

Construcción	Desmante vegetación
	Excavación superficial
Operación	Operación de la planta

Condiciones sin proyecto

En el río Matanza-Riachuelo, al presentar altos grados de contaminación, existe una dominancia de especies propias de aguas altamente influenciadas por contaminación. Hay presencia de pequeños mamíferos y reptiles que toleran altas concentraciones de contaminantes. Sin embargo, otras especies, pueden verse afectadas por la contaminación, y como resultado desplazarse en busca de hábitats menos antropizados.

Condiciones con proyecto

Durante la etapa de construcción puede verse alterando el hábitat de los organismos acuáticos por el posible transporte y aporte de contaminantes al medio acuático. Sin embargo, aguas abajo de la planta se esperan efectos positivos paulatinos durante la etapa de operación tanto para el biotopo como para la biocenosis, por el cese de aporte de contaminación a las aguas superficiales.

Descripción del efecto

Los efectos sobre el biotopo y las comunidades están dados por el incremento de material vegetal en los cursos de agua en caso de su mala disposición en la etapa de construcción, alterando las características fisicoquímicas del agua y su contenido de materia

orgánica y sólidos suspendidos. A su vez pueden aumentar los efectos de contaminación sobre el río y sus corrientes afluentes a causa de las actividades relacionadas con la construcción, como el desmonte de suelo y vegetación y material particulado que pueden transportarse con el viento y depositarse sobre las corrientes.

Durante la etapa de operación, con la construcción de la planta de tratamiento se esperan, aguas abajo, efectos positivos para el biotopo y para las comunidades acuáticas, puesto que se está aportando agua tratada que cumple con los requisitos de vuelco impuestos por la normativa de ACUMAR, lo que busca generar cambios en las condiciones fisicoquímicas y organolépticas del río, y recuperar hábitats.

8.7.3.3 Medio socioeconómico

- **Generación de empleo**

Actividades que la generan

Construcción	Contratación de personal
Operación	Operación de la planta

Condiciones sin proyecto

De acuerdo a la información provista por el censo del 2010 por el INDEC, en el partido de Ezeiza hay una tasa de desocupación abierta, es decir una intensidad de la desocupación en la población económicamente activa, del 6.9%, y alrededor de 12 120 hogares que poseen las necesidades básicas insatisfechas.

Condiciones con proyecto

Durante la construcción de la planta, que se extenderá a lo largo de 2 meses aproximadamente, se emplearán 50 personas (empleo directo). Durante la operación el número de empleos es significativamente menor ya que se necesitarán 3 personas capacitadas.

Descripción del efecto

La generación de empleo, especialmente durante la etapa de construcción, presenta un impacto positivo contribuyendo a la disminución del nivel de desempleo de forma temporal, empleando mano de obra calificada y no calificada. Mientras sean llevadas a cabo las actividades de construcción, éstas ocasionarán un incremento en la demanda de bienes y servicios que serán ofrecidos por empresas locales, como por habitantes de la zona de

influencia del proyecto. También se genera empleo de forma indirecta por la realización de trabajos subcontratados y por la demanda de prestación de servicios.

- **Cambio en la calidad de vida**

Actividades que la generan

Operación	Operación de la planta
-----------	------------------------

Condiciones sin proyecto

El lote de construcción de la planta de tratamiento se encuentra dentro del predio donde se emplaza la planta de producción de agroquímicos. El río Matanza presenta en la actualidad en sus zonas adyacentes un impacto negativo en la calidad de vida de los habitantes debido a la presencia de olores desagradables, de contaminación orgánica e inorgánica, de material flotante en la corriente, y desperdicios o desechos localizados en los bancos o riberas del río.

Condiciones con proyecto

La planta de tratamiento se plantea como una solución para evitar el vertido de aguas contaminadas al río Matanza y cesar el aporte contaminantes.

Descripción del efecto

La instalación de la planta de tratamiento busca iniciar la valorización de las zonas aledañas al río mediante una mejora en la calidad de vida de los habitantes que viven allí, principalmente aguas abajo ya que la planta se encuentra en una zona industrial. De esta forma se espera evitar enfermedades en las personas que habitan cerca del río y están en contacto con él, y evitar el deterioro de los ecosistemas presentes.

- **Contribución a actividades económicas**

Actividades que la generan

Construcción	Construcción de infraestructura
	Transporte y acarreo
	Disposición de residuos
	Construcción y operación de campamentos
Operación	Operación de la planta

Condiciones sin proyecto

Sin la planta no se requieren bienes y servicios que serían necesarios con el proyecto.

Condiciones con proyecto

La instalación de la planta de tratamiento necesita del aporte de distintos bienes y servicios durante la etapa de construcción tales como materiales y servicios de construcción, y durante la etapa de operación de materias primas tales como reactivos y servicios de gestión de residuos y disposición de lodos.

Descripción del efecto

La instalación de la planta de tratamiento requerirá la compra de materiales y materias primas de distintos rubros, lo que contribuye a un aporte económico dentro de los mismos.

- **Consumo energético**

Actividades que la generan

Operación	Operación de la planta
-----------	------------------------

Condiciones sin proyecto

Sin la planta no se requieren servicios que serían necesarios con el proyecto.

Condiciones con proyecto

Durante la etapa de operación, para el funcionamiento de la planta, es necesario el abastecimiento de energía eléctrica ya que distintos equipos y unidades de proceso la requieren para su funcionamiento.

Descripción del efecto

La instalación de la planta de tratamiento requerirá un consumo energético que deberá ser abastecido por una empresa de distribución de energía eléctrica. Si bien esto genera como efecto positivo el aumento en el requerimiento de un servicio, éste no es de origen sustentable sino de origen fósil, lo que contribuye al agotamiento de los recursos, la dependencia energética y la contaminación ambiental.

8.7.3.4 Resultados de la evaluación cuantitativa

En la Figura 8.7.3.4.1 se presentan los resultados de la evaluación cualitativa de los impactos. La identificación, evaluación y calificación de los impactos que provoca la implementación del proyecto en los distintos medios, permite determinar más fácilmente las medidas de prevención y mitigación a aplicar frente a los impactos negativos, y las medidas que permiten potenciar los positivos.

			Actividades								
			Fase de Construcción								Fase de Operación
			Contratación de personal	Limpieza, desbroce y destape del terreno	Movimiento de tierras	Construcción de infraestructura	Circulación de maquinaria	Manejo de materiales, tierra e insumos	Acopio de materiales de construcción	Construcción y operación de campamentos	Operación
Medio físico	Suelo	Compactación		-34	-40	-39	-34		-18	-36	
		Calidad				-36				-36	
	Agua	Calidad fisicoquímica superficial		-34	-34					-33	43
		Calidad fisicoquímica subterránea				-40		-33			
	Aire	Calidad			-30	-41	-36	-33	-38	-38	-30
		Ruido		-24	-32	-35	-33	-36		-35	-35
Medio biológico	Flora	Cobertura vegetal		-43							
	Fauna	Hábitat		-39							-28
Medio socioeconómico		Empleo	54								43
		Calidad de vida	47								36
		Energía									-40
		Actividades económicas y de servicios	35								42

Figura 8.7.3.4.1: Matriz de evaluación cuantitativa de los impactos

Los impactos negativos encontrados pertenecen al medio físico, biótico y socioeconómico. Dentro de los mismos se encuentran la alteración de la calidad del aire, la generación de ruidos, la modificación de la calidad del agua superficial y subterránea, la alteración de la calidad y la compactación del suelo, la alteración de la cobertura vegetal y del hábitat de la fauna de la zona, y el consumo energético. En cuanto a los impactos positivos, se encuentran dentro del medio socioeconómico como la generación de empleo, el cambio en la calidad de vida y la contribución a actividades económicas, así como también del medio físico se suma la mejora en la calidad de agua superficial en la etapa de operación de la planta. No se identificaron impactos medios ni altos, todos los impactos negativos encontrados son leves según los valores numéricos otorgados. Todos los impactos negativos identificados pueden

verse evitados o mitigados si existe una adecuada implementación de un Plan de Gestión Ambiental.

8.7.4 Medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación de los impactos ambientales identificados

Las medidas de mitigación ambiental buscan evitar, prevenir o disminuir los efectos adversos generados por el proyecto en todas las etapas de su implementación. A partir del análisis de las acciones que pueden generar impactos adversos al ambiente, se establecieron las medidas y acciones necesarias para corregirlos y/o compensarlos mediante programas de Gestión Ambiental y Monitoreo, integrados en el Plan de Gestión Ambiental. Se contemplaron los factores físicos (suelo, aire, agua), bióticos (fauna y flora) y socio-económicos.

Las medidas de mitigación y control se condicen con el nivel del tipo de impacto. Los niveles pueden ser leves, moderados o altos. Si bien no se registraron niveles medios o altos de impacto, a continuación se mencionan las acciones que producirán los impactos negativos:

- Alteración de la calidad del aire (Construcción y Operación)
- Generación de ruidos (Construcción y Operación)
- Modificación de la calidad del agua superficial y subterránea(Construcción)
- Alteración de la calidad del suelo (Construcción)
- Compactación del suelo (Construcción)
- Modificación de la cobertura vegetal (Construcción)
- Alteración del hábitat de la fauna (Construcción y Operación)
- Requerimiento energético (Operación)

8.7.4.1 Etapa de construcción

Será de vital importancia que se controlen las excavaciones y la remoción del suelo y de la cobertura vegetal, de manera que se realicen únicamente las estrictamente necesarias para la instalación, montaje y correcto funcionamiento de los elementos necesarios en esta etapa. Deben evitarse excavaciones innecesarias para no contribuir a daños en el hábitat, para no perjudicar la flora o la fauna, para no incrementar procesos erosivos, de inestabilidad, o disminuir escurrimiento superficial del suelo. En los casos que sea posible, se optará por una remoción en forma manual del suelo, disminuyendo el uso de maquinarias. El desmalezamiento se realizará únicamente para el sector de la obra, para evitar la alteración de la flora.

Las tareas de excavación y movimiento de suelos deberán realizarse preferentemente en días no ventosos, y deberá minimizarse al máximo posible la generación de ruidos y

vibraciones producidas por los equipos revisando el estado de las máquinas. Las actividades que generen ruidos y vibraciones no se realizarán en simultáneo, sino de forma alternada para disminuir los niveles de ruido.

En cuanto a las emisiones de material particulado, se deberán dejar húmedos los acopios de material para evitar que se dispersen en el ambiente y se cubrirán adecuadamente. Otro aspecto a controlar durante esta etapa son los sitios de acopio de materiales (tales como productos químicos, pinturas o lubricantes) para evitar la pérdida o dispersión de los mismos en el ambiente. Es importante tanto la adecuada construcción de los lugares de acopio como la capacitaciones de los trabajadores que emplearán tales materiales e insumos, y la disponibilidad de las medidas de seguridad para su empleo.

En cuanto al recurso hídrico, será prudente que las zonas donde se realizan las obras queden suscriptas a los sitios designados exclusivamente para evitar alteraciones innecesarias a la infiltración y escorrentías naturales. Se controlará el estado de los vehículos y los recipientes con residuos líquidos para evitar que posibles pérdidas derramen efluentes que puedan infiltrarse.

Será de gran importancia también implementar cursos de capacitación a todas las personas que participan directa o indirectamente en la construcción, con el fin de evitar impactos y daños a personas y/o equipos. Deberán realizarse antes del inicio de las obras e incluir obligatoriamente las siguientes temáticas: higiene y seguridad en el trabajo, seguridad industrial, técnicas de protección y manejo ambiental, y reglamentaciones legales vigentes.

8.7.4.2 Etapa de operación

Como medidas de prevención y mitigación de las acciones realizadas se propone:

- Prohibir el vuelco en los desagües y colectoras de cualquier líquido sin tratar
- Realizar correcta dosificación de los agentes químicos en proceso.

Para evitar malos olores será necesaria una correcta operación de los reactores biológicos que son las posibles fuentes de malos olores si éstos no son operados de forma adecuada.

A su vez habrá un manejo adecuado de los residuos sólidos generados y de los lodos producidos durante los tratamientos biológicos, siguiendo el plan de gestión de residuos sólidos que se detalla en el Plan de Gestión Ambiental en el siguiente apartado.

8.8 Plan de gestión ambiental (PGA)

El Plan de Gestión Ambiental del Proyecto incluye los lineamientos que deberán seguirse y respetarse en las etapas de construcción y operación, a fin de preservar el ambiente

de acciones perjudiciales y favorecer las acciones positivas del proyecto. Estas pautas, son obligaciones a cumplir para garantizar el cumplimiento de la normativa y evitar conflictos durante las distintas etapas.

A partir de la evaluación realizada de los posibles impactos se confeccionó un Plan de Gestión Ambiental en donde se analizan acciones tendientes fundamentalmente a controlar las situaciones indeseadas, garantizando el uso sostenible de los recursos naturales involucrados y la protección del medio ambiente, a fin de dar respuesta frente a posibles contingencias. Tal plan, como se mencionó anteriormente, incluye un plan de Gestión de Residuos Sólidos, un Programa de seguimiento y control, un Programa de monitoreo ambiental, un Plan de contingencias ambientales, un Programa de capacitación, un Programa de comunicación, y un Programa de Seguridad e Higiene (Ley Nacional N° 19.587 y su Decreto Reglamentario N° 351/79).

8.8.1 Gestión de Residuos Sólidos

Se establecerá un Sistema de Gestión de los Residuos Sólidos generados en las distintas etapas del proyecto para una gestión ambientalmente adecuada de los mismos, según su origen, características y peligrosidad.

Se prohíbe para cualquier tipo de residuos las siguientes disposiciones:

- Acumulación al aire libre.
- Entierro en predio de la obra y/o zonas aledañas.
- Quema a cielo abierto.
- Vuelco a cursos o cuerpos de agua.

Residuos de construcción y asimilables a residuos sólidos urbanos:

Se removerán diariamente y su disposición final se realizará bajo pautas aprobadas por las autoridades locales y de acuerdo a la legislación vigente. El almacenamiento se efectuará en distintos recipientes según los residuos a disponer, situándose en lugares accesibles, despejados y de fácil limpieza. El transporte se realizará evitando la caída de objetos y/o el derrame de líquidos durante el recorrido hasta el lugar de su disposición final. La disposición final se llevará a cabo en el/los sitios autorizados para tal efecto por las autoridades locales. Se clasificarán los residuos según su naturaleza.

Residuos sólidos industriales

Los residuos generados durante la operación de la planta de tratamiento como son los lodos biológicos e industriales serán almacenados respetando todas las normas de seguridad e higiene hasta su recolección y tratamiento por empresas autorizadas. Serán retirados de la

planta por transportes que cuenten con las habilitaciones correspondientes, con una frecuencia tal que se respeten los tiempos permitidos de almacenamiento de residuos peligrosos.

Efluentes cloacales

Durante la etapa de construcción se contratará una empresa de baños químicos, de modo que serán ellos los responsables del efluente cloacal que se genere. Se colocará un baño cada 20 obreros, según lo establece el Decreto Reglamentario N° 351/79 de Higiene y Seguridad en el trabajo.

8.8.2 Programa de seguimiento y control (PSC) y Programa de monitoreo ambiental (PMA)

Estos programas están orientados al seguimiento sistemático de aquellas variables ambientales relacionadas con los impactos identificados previamente. Aquí se especifican las medidas dirigidas a la minimización o desaparición de los posibles impactos ambientales. Buscan salvaguardar la calidad ambiental del área de estudio y asegurar la aplicación y efectividad de las medidas desarrolladas y su control, logrando un seguimiento sistemático de las variables ambientales relacionadas con los impactos identificados. Las medidas mitigatorias destinadas a la protección ambiental del área de estudio se encuentran especificadas en el apartado 8.7.4.

Para llevarlo a cabo entonces se deberá designar un Responsable Técnico Ambiental, quién tendrá un registro de los siguientes controles:

- Durante el período de ejecución de la obra controlará el grado de cumplimiento de las Medidas de Mitigación semanalmente y emitirá un Informe Ambiental.
- Finalizada la obra, el supervisor emitirá un informe ambiental de final de obra, donde consten las metas alcanzadas.
- Debe haber un monitoreo de los sistemas operativos, de los equipos, y las condiciones de la infraestructura.
- Realizar un control de calidad y disposición final de lodos removidos.
- Realizar un control de los parámetros en las aguas residuales, según la periodicidad establecida en la normativa actual y el correspondiente permiso de vuelcos. Elaboración del correspondiente informe y registro de los datos.
- Control diario del egreso de residuos sólidos, comprobantes de su recepción en destino final con elaboración de informe semanal.
- Control de transporte y almacenamiento de materiales y equipos
- Control de calidad y disposición final de lodos removidos, con elaboración de informe

bimestral.

8.8.3 Plan de contingencias ambientales (PCA).

Se trata de un plan que involucra acciones preventivas, predictivas y reactivas, con lineamientos estratégicos y operativos para aplicar en situaciones previsibles extremas que pudieran generar impactos ambientales negativos de la categoría de desastres. Busca principalmente:

- Evitar o minimizar el impacto de los siniestros sobre la salud y el medio ambiente.
- Reducir o minimizar las pérdidas económicas y daños que puedan ocasionar a la planta por afectación a su infraestructura.
- Contar con los procedimientos a seguir durante las operaciones de respuestas a la contingencia.
- Evaluar, analizar y prevenir los riesgos en el establecimiento.

Se establecerán planes para contingencias y procedimientos que deberán llevarse a cabo ante situaciones extremas tales como:

- Accidentes de obreros
- Accidentes de tránsito
- Derrames de residuos peligrosos
- Incendios

8.8.4 Programa de Difusión

El Programa de difusión corresponde a las acciones comunicacionales previstas a través de los medios de comunicación social o mediante contacto directo con la población en general y/o todo tipo organismo público – privado.

En la etapa de construcción se comunicará y notificará a las personas que trabajan en la planta de producción, a los pobladores cercanos y a las autoridades respecto de las tareas que van a desarrollarse. Se implementará un Programa de Comunicaciones durante todo el desarrollo de la obra con el fin de mantener informados a los interesados y, al mismo tiempo, recibir cualquier requerimiento de éstos. Así mismo, se dispondrá de mecanismos efectivos para que tanto los particulares directamente afectados por las obras, como la comunidad en general puedan hacer llegar sus requerimientos, o reclamos.

8.8.5 Programa de Seguridad e Higiene (PSH)

A través del Decreto Reglamentario 351/79 y 1338/96 de la Ley Nacional N°19.587, se establece una serie de exigencias a las empresas a fin de mantener un adecuado nivel en lo

que respecta a las condiciones de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Este programa contiene las medidas de prevención y los recaudos a adoptar para garantizar la seguridad e higiene laboral en el marco de este conjunto de normas legales que rigen estos aspectos.

Será necesario durante la ejecución de la obra contar con un supervisor de Seguridad e Higiene que deberá verificar el cumplimiento de las normas de higiene y seguridad dentro de la construcción, adoptando además las medidas preventivas necesarias para la actividad en lo que respecta a prevención y protección de incendios, elementos de seguridad, trabajo con máquinas, instalaciones, condiciones del ambiente de trabajo, señalizaciones, y cursos de capacitación para los empleados. Controlará a todo personal que trabaje en la obra aplicando listas de chequeo, y luego emitirá un informe.

8.8.6 Programa de Capacitación y Comunicación

Este tipo de planes determina las actividades necesarias para la transmisión de conocimientos y entrenamiento brindado a los trabajadores, a fin de implementar eficazmente los programas de seguridad e higiene, el de seguimiento y control de las medidas formuladas para proteger el ambiente, y el de contingencias ambientales. Se capacitará a los trabajadores en la etapa de construcción en las siguientes áreas:

- Capacitación de las tareas operativas
- Capacitación de usos de los elementos de protección personal
- Capacitación de primeros auxilios.
- Capacitación para implementar correctamente los planes de contingencia establecidos
- Capacitación sobre la correcta disposición de residuos

Con respecto a la etapa de operación, si bien se trata de pocos trabajadores, los mismos serán capacitados de la misma forma para evitar accidentes laborales o daños al ambiente.

8.9 Conclusiones

A partir del análisis ambiental efectuado en el presente informe para la instalación de una planta de tratamiento de efluentes provenientes del lavado de tanques de formulación de pesticidas y del efluente cloacal generado en una planta de producción de agroquímicos, se desprende que el proyecto en cuestión no generará impactos ambientales significativos para el ambiente local donde se desarrollará el mismo, en el partido de Ezeiza, provincia de Buenos Aires. Se puede decir que las actividades que deberán llevarse a cabo para la instalación de la misma en las etapas de construcción y operación-mantenimiento, producirán diversos impactos sobre los factores físicos y biológicos, y sobre los factores sociales y económicos. Éstos fueron

presentados y ponderados en la Matriz de Impacto Ambiental. Si bien podrían existir algunos impactos ambientales negativos como consecuencia de ciertas actividades, los mismos tendrán una incidencia de bajo nivel y sus efectos se manifestarán temporalmente, permitiendo en el mediano a corto plazo el restablecimiento de las condiciones ambientales previas al proyecto. Esto se debe principalmente a la pequeña extensión del ambiente afectado, y de los antecedentes de la zona, que corresponde a una zona industrial.

De todos modos, es mayor la cantidad de impactos positivos que trae la implementación del proyecto y son de mayor magnitud. Sumado a esto, si se llevan a cabo el Plan de Gestión Ambiental y las medidas de mitigación mencionadas en el informe de manera adecuada, se logrará evitar o reducir tales impactos, y potenciar todos aquellos que son positivos.

Por su parte, los impactos positivos que ocasionará el proyecto son perdurables en el tiempo, generándose los más relevantes durante la etapa de operación de la planta, con impactos físicos, biológicos, y sociales positivos.

En conclusión, al no existir impactos negativos significativos o irremediables y si, en cambio, la posibilidad de mejorar las condiciones ambientales y el nivel social dentro la zona de influencia directa, no se advierten objeciones y/o barreras ambientales que impidan avanzar con la ejecución del proyecto alcanzado por este Informe.

CAPÍTULO IX

CONCLUSIONES

9.1 Conclusiones proyecto

Se analizó un caso donde una industria de formulación de agroquímicos genera efluentes líquidos que requieren un tratamiento previo a su vuelco ya que los valores de algunos parámetros fisicoquímicos exceden los límites permitidos por la legislación vigente. Se propusieron dos alternativas que involucran dos trenes de tratamiento con distintos tratamientos primarios para el efluente. Se propuso también, debido al bajo volumen de agua residual, incorporar el efluente cloacal generado en la planta de producción.

El objetivo principal fue la reducción de la gran carga orgánica del efluente y la eliminación de los pesticidas. Se optó por un tratamiento Fenton debido a los resultados obtenidos a partir en los ensayos de laboratorio realizados, que resultaron ampliamente superiores frente a los arrojados por los ensayos de coagulación y floculación y foto-Fenton. La alternativa elegida permite un tratamiento adecuado del efluente que logra alcanzar los valores de vuelco permitidos por la normativa, y es a su vez una opción económicamente viable.

Con la puesta en marcha del proyecto se esperan impactos positivos tanto socioeconómicos como ambientales. A su vez, con la implementación del Plan de Gestión Ambiental propuesto, se espera minimizar y mitigar los impactos negativos asociados al proyecto.

Se puede concluir entonces que el proyecto es viable desde un punto de vista técnico, ambiental y económico.

9.1 Conclusiones personales

Llevar a cabo el desarrollo del Proyecto Final Integrador resultó un gran desafío personal por el gran trabajo que requiere, la gran cantidad de tiempo dedicado que precisa, y por el gran esfuerzo que supone la búsqueda de bibliografía, los análisis en laboratorio, el análisis de los resultados obtenidos y la confección del proyecto en su totalidad.

Considero que durante la realización del trabajo pude aplicar de forma integrada todo el conocimiento y las herramientas que adquirí a lo largo de la carrera en las distintas temáticas

que abordan las materias cursadas. Tuve el desafío de toparme frente a diferentes adversidades y pude resolverlas de forma personal, lo que me permitió crecer y estimular mi capacidad de resolución de problemas y mi capacidad de análisis. Todo esto pude hacerlo gracias a la formación que tuve a lo largo de toda la carrera y a la ayuda de todos los docentes con los que tuve el gusto de aprender. Considero que el proyecto final sirvió como un complemento y un refuerzo de todos los contenidos incorporados.

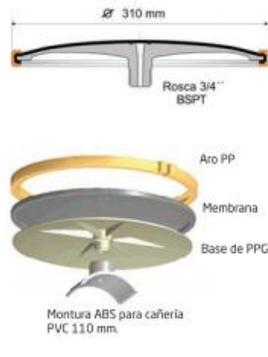
ANEXO I

Tabla A.4.1: Metodología estándar empleada para la caracterización del efluente proveniente del agua residual del lavado de un tanque de formulación del pesticida Fluazinam 50%. CE: Conductividad eléctrica; SS: sólidos sedimentables; ST: sólidos totales; SST: sólidos suspendidos totales; SDT: sólidos disueltos totales.

Parámetro	Método y procedimiento
Color	Método espectrofotométrico. Método Hatch 8025, APHA platino-cobalto (0 a 500 unidades).Color 465 (programa 125). (Hatch DR 1900)
Carbono Orgánico Total (COT)	Muestreador automático TOC-L Shimadzu
Conductividad Eléctrica	Método potenciométrico. SM 2510-B. Medidor Thermo Scientific™ Orion™ Versa Star Pro™
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Método espectrofotométrico SM 5220-D (Hatch DR 1900)
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Método gravimétrico. SM 2540-D (Sartorius BP301S)
pH	Método potenciométrico.SM 4500-H*B. Medidor Thermo Scientific™ Orion™ Versa Star Pro™
Sólidos suspendidos	Método espectrofotométrico. Método Hatch 800 nm

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 O₂ siendo ideales para su instalación en los reactores aeróbicos de las plantas de tratamiento de efluentes, tanto industriales como cloacales.



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

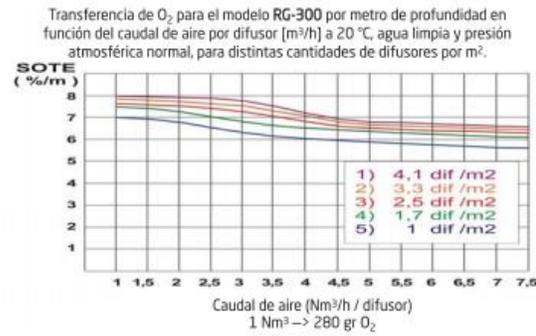


Figura A.5.1.: Difusores de membrana fina modelo RG-300. Fuente: Repicky

Tabla A.5.2.: Tabla de selección de sopladores trabajando como compresor

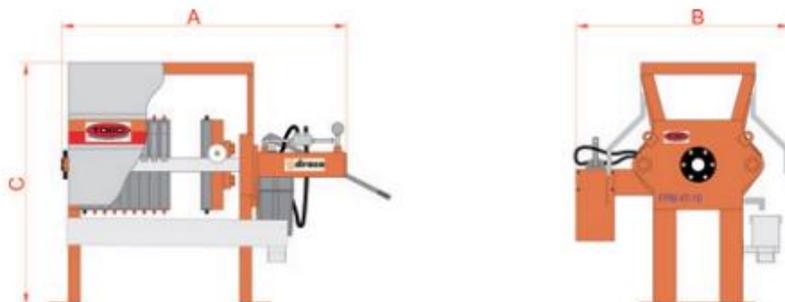
Tabla de Selección de Sopladores trabajando como Compresor

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 m ³ /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							

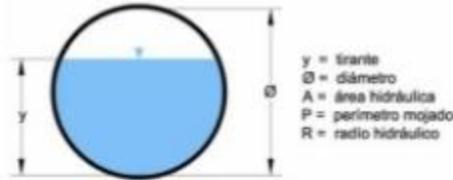
Tabla A.5.3.: Especificaciones Técnicas Filtro prensa DRACO



MODELO	N° de placas	N° de cámaras	Longitud mm (A)	Anchura mm (B)	Altura mm (C)	Peso en vacío (Kg)	Peso en carga (Kg)	Superficie filtrante total (m²)	Volumen torta total FP (l)	Tamaño placas y telas
FPM 47/	5	4	1.300	1.120	1.270	630	680	1,4	19	470
	10	9	1.560	1.120	1.270	660	750	3,2	43	470
	15	14	1.820	1.120	1.270	690	820	5,0	67	470
	20	19	2.110	1.120	1.270	720	890	6,8	91	470
	25	24	2.340	1.120	1.270	750	960	8,6	115	470
	30	29	2.630	1.120	1.270	780	1.030	10,4	139	470
	35	34	2.890	1.120	1.270	810	1.100	12,2	164	470
	40	39	3.150	1.120	1.270	840	1.170	14,0	188	470
	45	44	3.410	1.120	1.270	870	1.240	16,8	212	470
	50	49	3.670	1.120	1.270	900	1.310	17,6	236	470
	55	54	3.930	1.120	1.270	930	1.380	19,4	260	470
60	59	4.190	1.120	1.270	960	1.450	21,2	284	470	

Caudal bomba (cm³/ciclo):25 Volumen depósito (l): 5 Calculado para un espesor de torta de: 30 mm

Tabla A.5.4: Relaciones geométricas para secciones circulares parcialmente llenas



$\frac{y}{\varnothing}$	$\frac{A}{\varnothing^2}$	$\frac{P}{\varnothing}$	$\frac{R}{\varnothing}$	$\frac{y}{\varnothing}$	$\frac{A}{\varnothing^2}$	$\frac{P}{\varnothing}$	$\frac{R}{\varnothing}$
0.01	0.0013	0.2003	0.0066	0.51	0.4027	1.5908	0.2531
0.02	0.0037	0.2838	0.0132	0.52	0.4127	1.6108	0.2562
0.03	0.0069	0.3482	0.0197	0.53	0.4227	1.6308	0.2592
0.04	0.0105	0.4027	0.0262	0.54	0.4327	1.6509	0.2621
0.05	0.0147	0.4510	0.0326	0.55	0.4426	1.6710	0.2649
0.06	0.0192	0.4949	0.0389	0.56	0.4526	1.6911	0.2676
0.07	0.0242	0.5356	0.0451	0.57	0.4625	1.7113	0.2703
0.08	0.0294	0.5735	0.0513	0.58	0.4724	1.7315	0.2728
0.09	0.0350	0.6094	0.0575	0.59	0.4822	1.7518	0.2753
0.10	0.0409	0.6435	0.0635	0.60	0.4920	1.7722	0.2776
0.11	0.0470	0.6761	0.0695	0.61	0.5018	1.7926	0.2799
0.12	0.0534	0.7075	0.0755	0.62	0.5115	1.8132	0.2821
0.13	0.0600	0.7377	0.0813	0.63	0.5212	1.8338	0.2842
0.14	0.0668	0.7670	0.0871	0.64	0.5308	1.8546	0.2862
0.15	0.0739	0.7954	0.0929	0.65	0.5404	1.8755	0.2881
0.16	0.0811	0.8230	0.0986	0.66	0.5499	1.8965	0.2900
0.17	0.0885	0.8500	0.1042	0.67	0.5594	1.9177	0.2917
0.18	0.0961	0.8763	0.1097	0.68	0.5687	1.9391	0.2933
0.19	0.1039	0.9021	0.1152	0.69	0.5780	1.9606	0.2948
0.20	0.1118	0.9273	0.1206	0.70	0.5872	1.9823	0.2962
0.21	0.1199	0.9521	0.1259	0.71	0.5964	2.0042	0.2975
0.22	0.1281	0.9764	0.1312	0.72	0.6054	2.0264	0.2987
0.23	0.1365	1.0004	0.1364	0.73	0.6143	2.0488	0.2998
0.24	0.1449	1.0239	0.1416	0.74	0.6231	2.0715	0.3008
0.25	0.1535	1.0472	0.1466	0.75	0.6319	2.0944	0.3017
0.26	0.1623	1.0701	0.1516	0.76	0.6405	2.1176	0.3024
0.27	0.1711	1.0928	0.1566	0.77	0.6489	2.1412	0.3031
0.28	0.1800	1.1152	0.1614	0.78	0.6573	2.1652	0.3036
0.29	0.1890	1.1374	0.1662	0.79	0.6655	2.1895	0.3039
0.30	0.1982	1.1593	0.1709	0.80	0.6736	2.2143	0.3042
0.31	0.2074	1.1810	0.1756	0.81	0.6815	2.2395	0.3043
0.32	0.2167	1.2025	0.1802	0.82	0.6893	2.2653	0.3043
0.33	0.2260	1.2239	0.1847	0.83	0.6969	2.2916	0.3041
0.34	0.2355	1.2451	0.1891	0.84	0.7043	2.3186	0.3038
0.35	0.2450	1.2661	0.1935	0.85	0.7115	2.3462	0.3033
0.36	0.2546	1.2870	0.1978	0.86	0.7186	2.3746	0.3026
0.37	0.2642	1.3078	0.2020	0.87	0.7254	2.4039	0.3018
0.38	0.2739	1.3284	0.2062	0.88	0.7320	2.4341	0.3007
0.39	0.2836	1.3490	0.2102	0.89	0.7384	2.4655	0.2995
0.40	0.2934	1.3694	0.2142	0.90	0.7445	2.4981	0.2980
0.41	0.3032	1.3898	0.2182	0.91	0.7504	2.5322	0.2963
0.42	0.3130	1.4101	0.2220	0.92	0.7560	2.5681	0.2944
0.43	0.3229	1.4303	0.2258	0.93	0.7612	2.6061	0.2921
0.44	0.3328	1.4505	0.2295	0.94	0.7662	2.6467	0.2895
0.45	0.3428	1.4706	0.2331	0.95	0.7707	2.6906	0.2865
0.46	0.3527	1.4907	0.2366	0.96	0.7749	2.7389	0.2829
0.47	0.3627	1.5108	0.2401	0.97	0.7785	2.7934	0.2787
0.48	0.3727	1.5308	0.2435	0.98	0.7816	2.8578	0.2735
0.49	0.3827	1.5508	0.2468	0.99	0.7841	2.9413	0.2666
0.50	0.3927	1.5708	0.2500	1.00	0.7864	3.1416	0.2500

Tabla A.5.5: Diámetros de tuberías de PVC

Tubería de presión de PVC													
Diámetro exterior	PN-2,5		PN-4		PN-6		PN-10		PN-16		PN-20		
D mm.	e mm	Precio €/m	e mm	Precio €/m	e mm	Precio €/m	e mm	Precio €/m	e mm	Precio €/m	e mm	Precio €/m	
16											1,3	0,75	
20											1,9	1,03	
25										1,9	1,33	2,3	1,22
32										2,4	1,99	2,9	1,94
40						1,70	1,9	1,59	3,0	2,26	3,7	2,95	
50						1,8	1,96	2,4	2,36	3,7	3,45	4,6	4,57
63						2,0	3,00	3,0	3,63	4,7	5,57	5,8	6,73
75				3,06		2,3	3,65	3,6	5,18	5,6	7,82	6,8	9,50
90				3,68		2,8	4,99	4,3	7,35	6,7	11,01	8,2	13,05
110		4,79		5,51		2,7	5,94	4,2	8,98	6,6	13,50	8,1	16,09
125		5,51		7,04		3,1	7,70	4,8	11,44	7,4	17,25	9,2	22,41
140						3,5	9,67	5,4	14,39	8,3	21,32	10,3	28,06
160		8,46		11,46		4,0	12,55	6,2	18,86	9,5	27,65	11,8	36,60
180				14,67		4,4	15,65	6,9	23,45			13,3	
200		13,20		17,48		4,9	18,98	7,7	28,70	11,9	43,11	14,7	54,94
225						5,5	23,73					16,6	
250		18,39		26,88		6,2	30,07	9,6	44,78	14,8	66,79	18,4	89,02
315		26,82		42,87		7,7	46,68	12,1	70,57	18,7	105,97	23,2	141,28

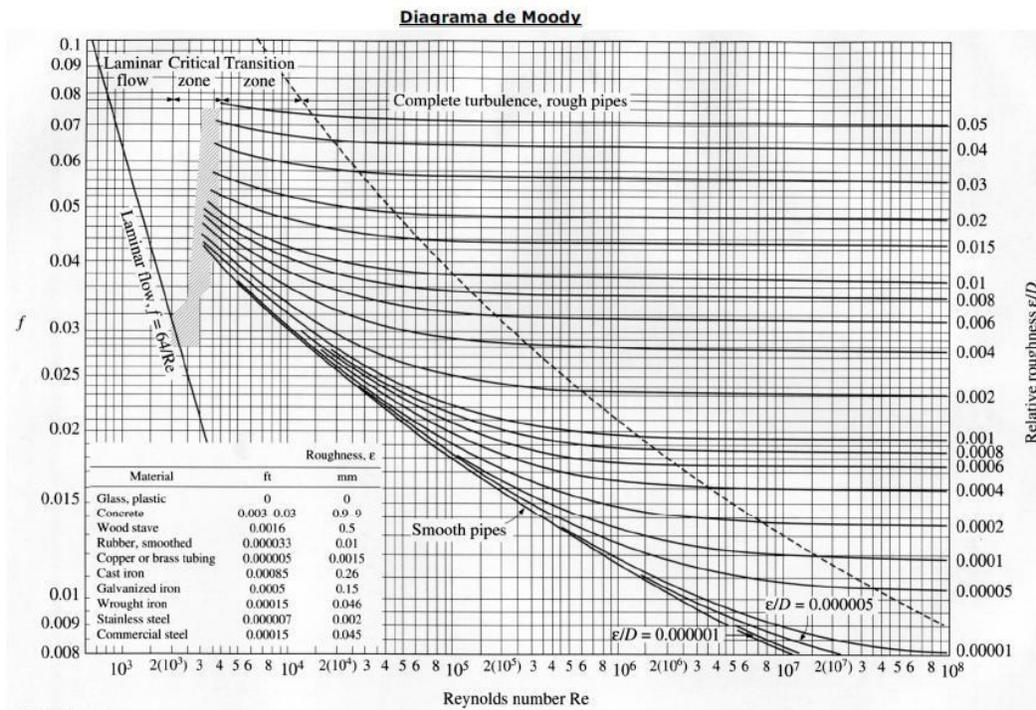


Figura A.5.6: Diagrama de Moody. Gráfica del factor de fricción para tuberías de sección circular .

Tabla A.5.7.: Coeficientes de accesorios (Conagua, 2002)

Pieza, conexión o dispositivo	K_f
Rejilla de entrada	0.80
Válvula de pie	3.00
Entrada cuadrada	0.50
Entrada abocinada	0.10
Entrada de borda o reentrada	1.00
Ampliación gradual	0.30
Ampliación brusca	0.20
Reducción gradual	0.25
Reducción brusca	0.35
Codo corto de 90°	0.90
Codo corto de 45°	0.40
Codo largo de 90°	0.40
Codo largo de 45°	0.20
Codo largo de 22° 30'	0.10
Tee con flujo en línea recta	0.10
Tee con flujo en ángulo	1.50
Tee con salida bilateral	1.80
Válvula de compuerta abierta	5.00
Válvula de ángulo abierta	5.00
Válvula de globo abierta	10.0
Válvula alfallera	2.00
Válvula de retención	2.50
Boquillas	2.75
Controlador de gasto	2.50
Medidor Venturi	2.50
Confluencia	0.40
Bifurcación	0.10
Pequeña derivación	0.03
Válvula de mariposa abierta	0.24

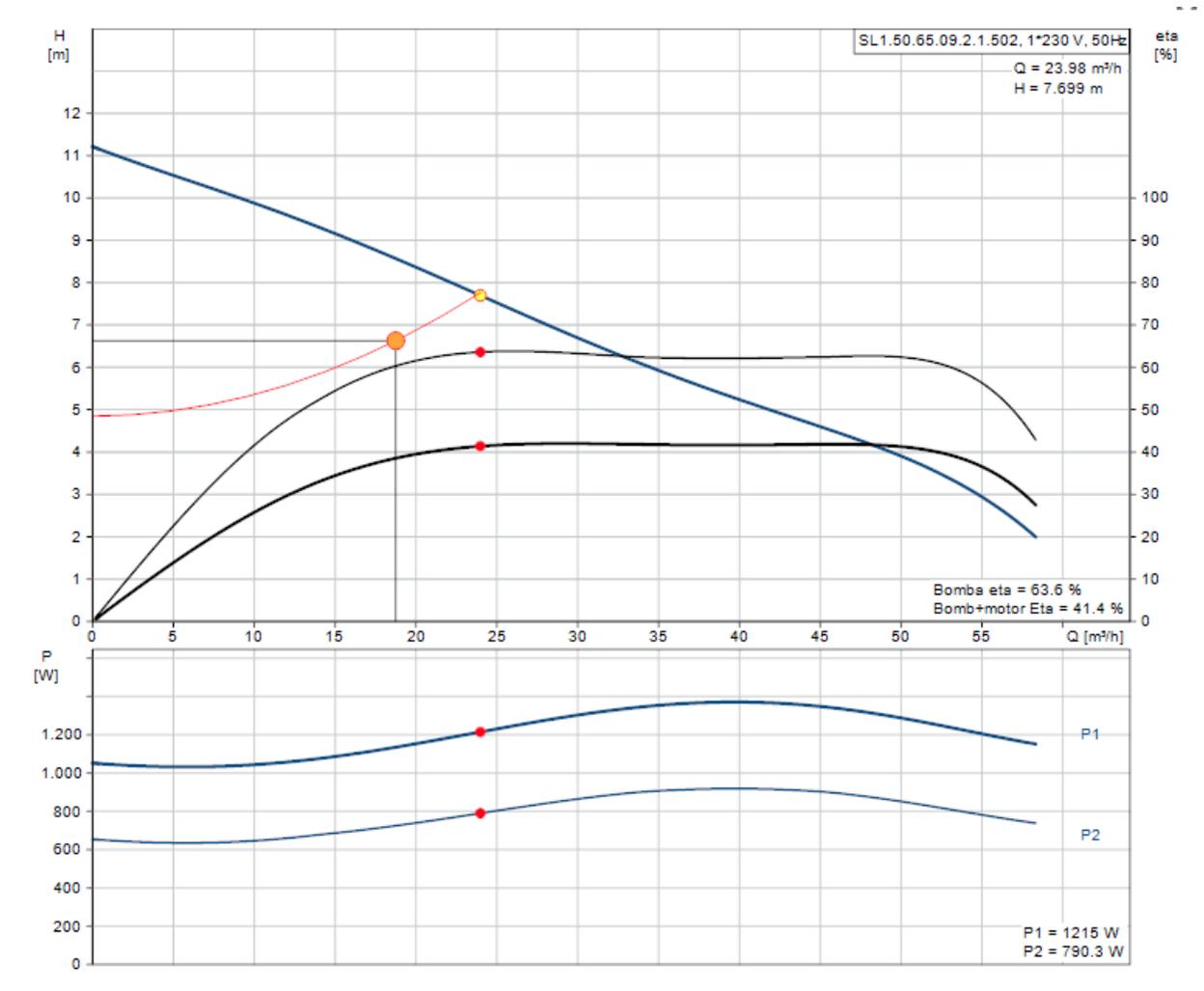


Figura A.5.8: Curva de operación de la bomba Grundfos SL1.50.65.09.2.1.502. Fuente: Grundfos Product Center

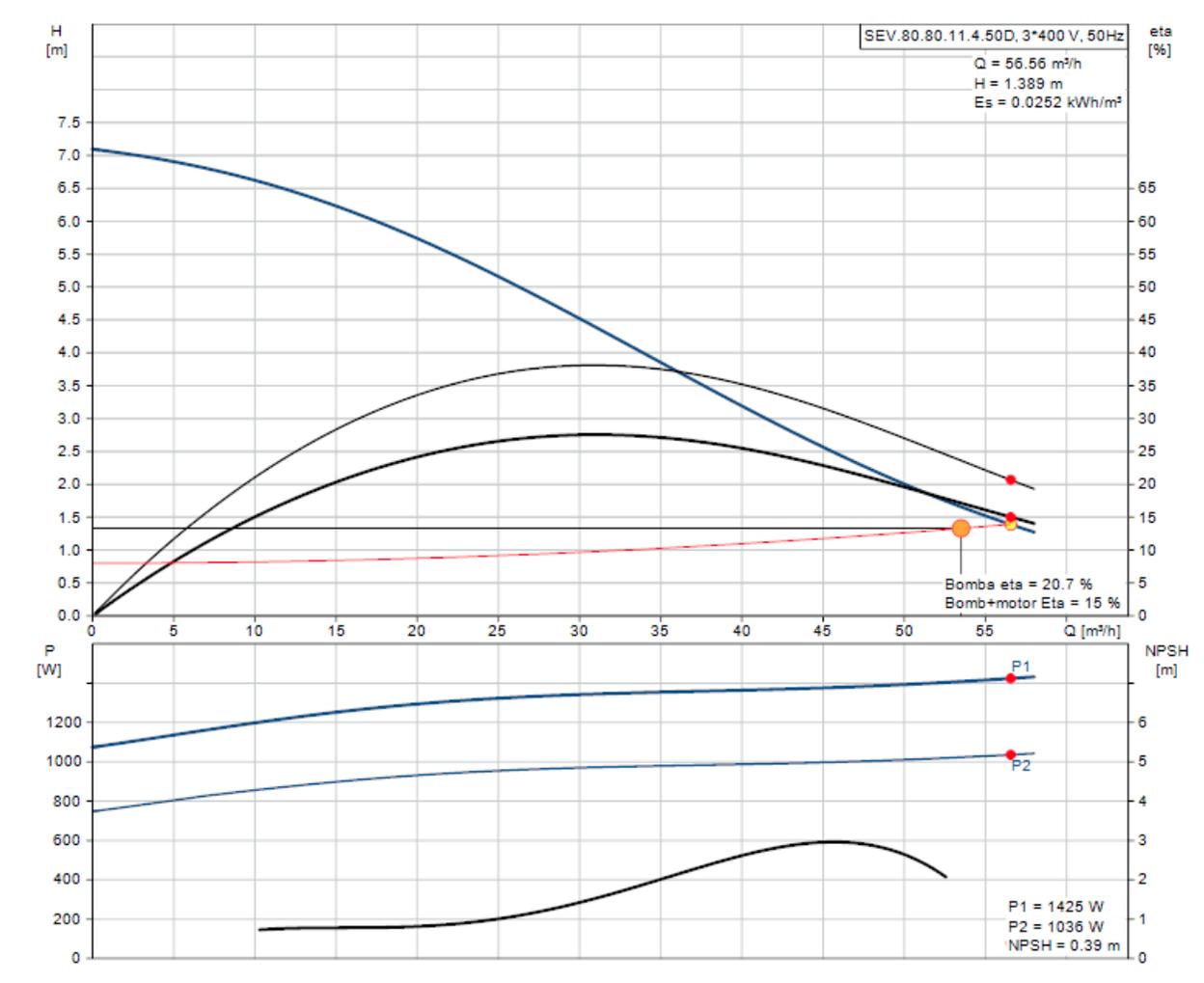


Figura A.5.9: Curva de operación de la bomba Grundfos SEV.80.80.11.4.50D. Fuente: Grundfos Product Center

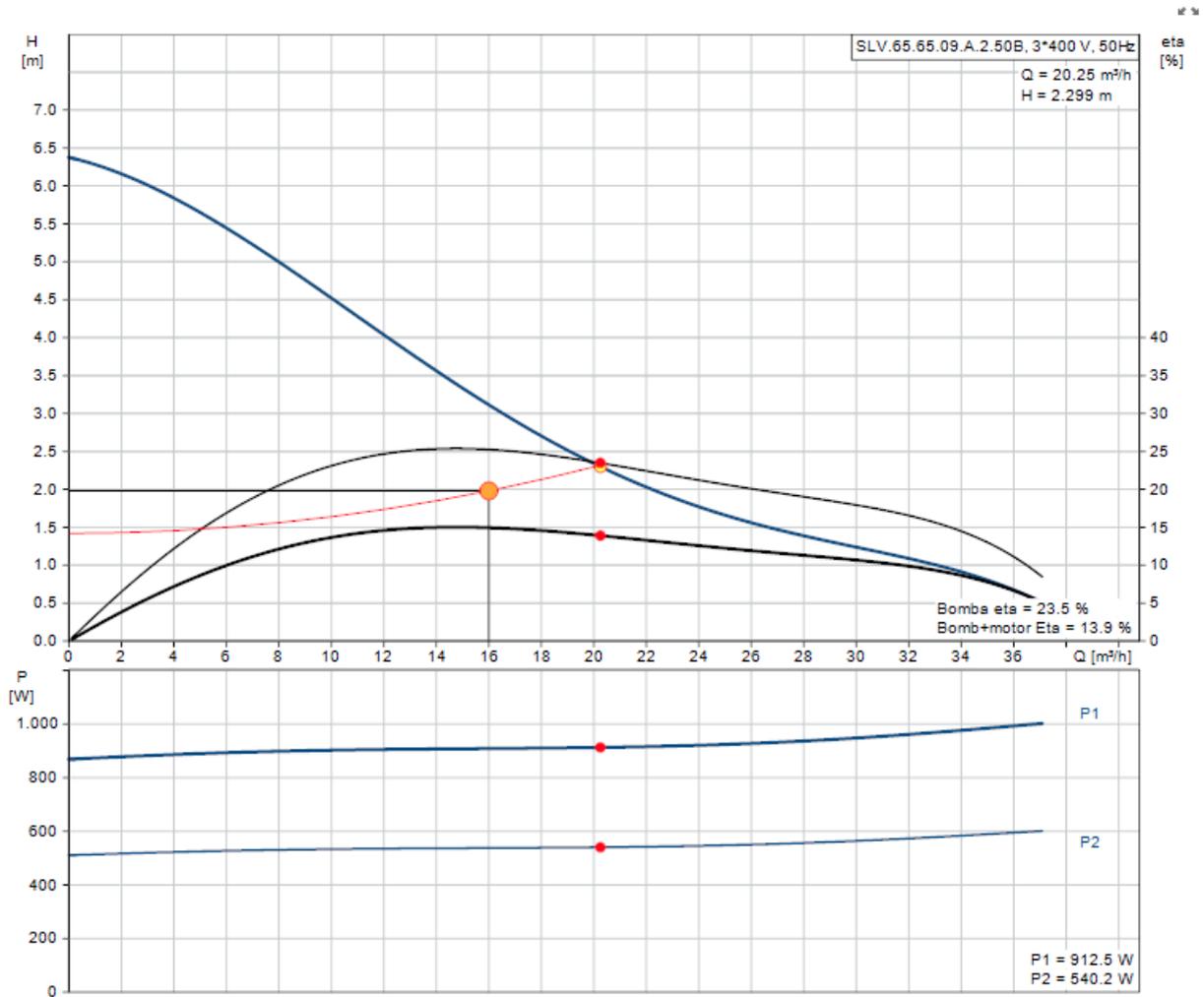


Figura A.5.10: Curva de operación de la bomba Grundfos SLV.65.65.09.A.2.50B. Fuente: Grundfos Product Center

Curva de funcionamiento a 2900 rpm

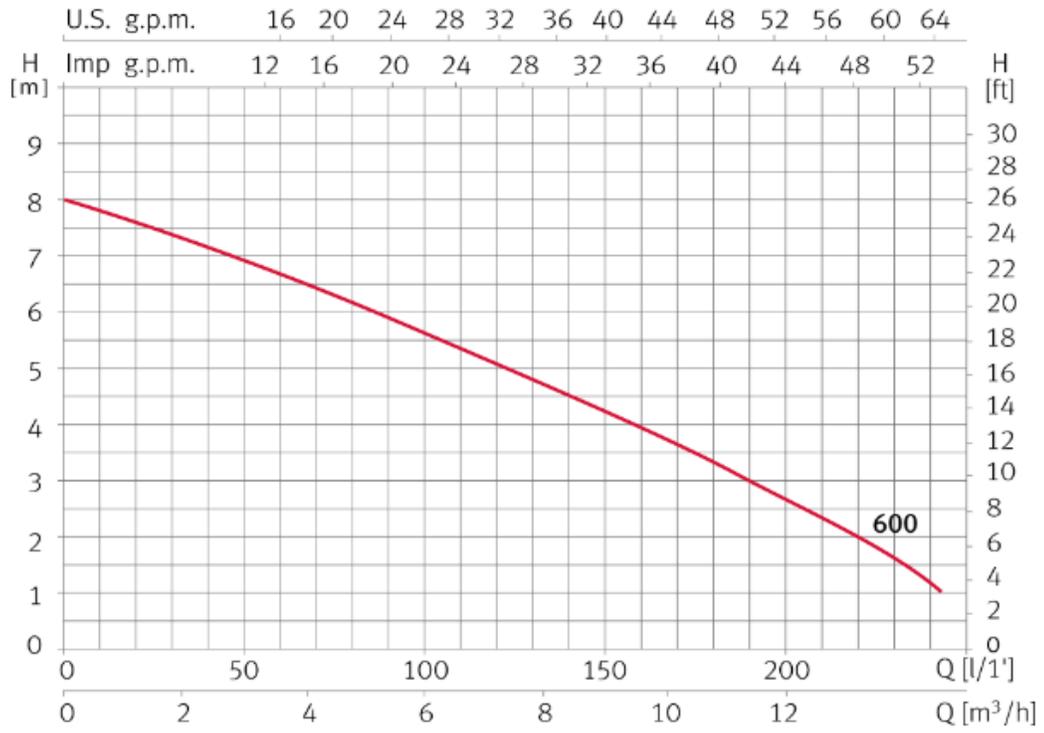


Figura A.5.11: Curva de operación de la bomba Vigilex 600. Fuente: *ESPA*

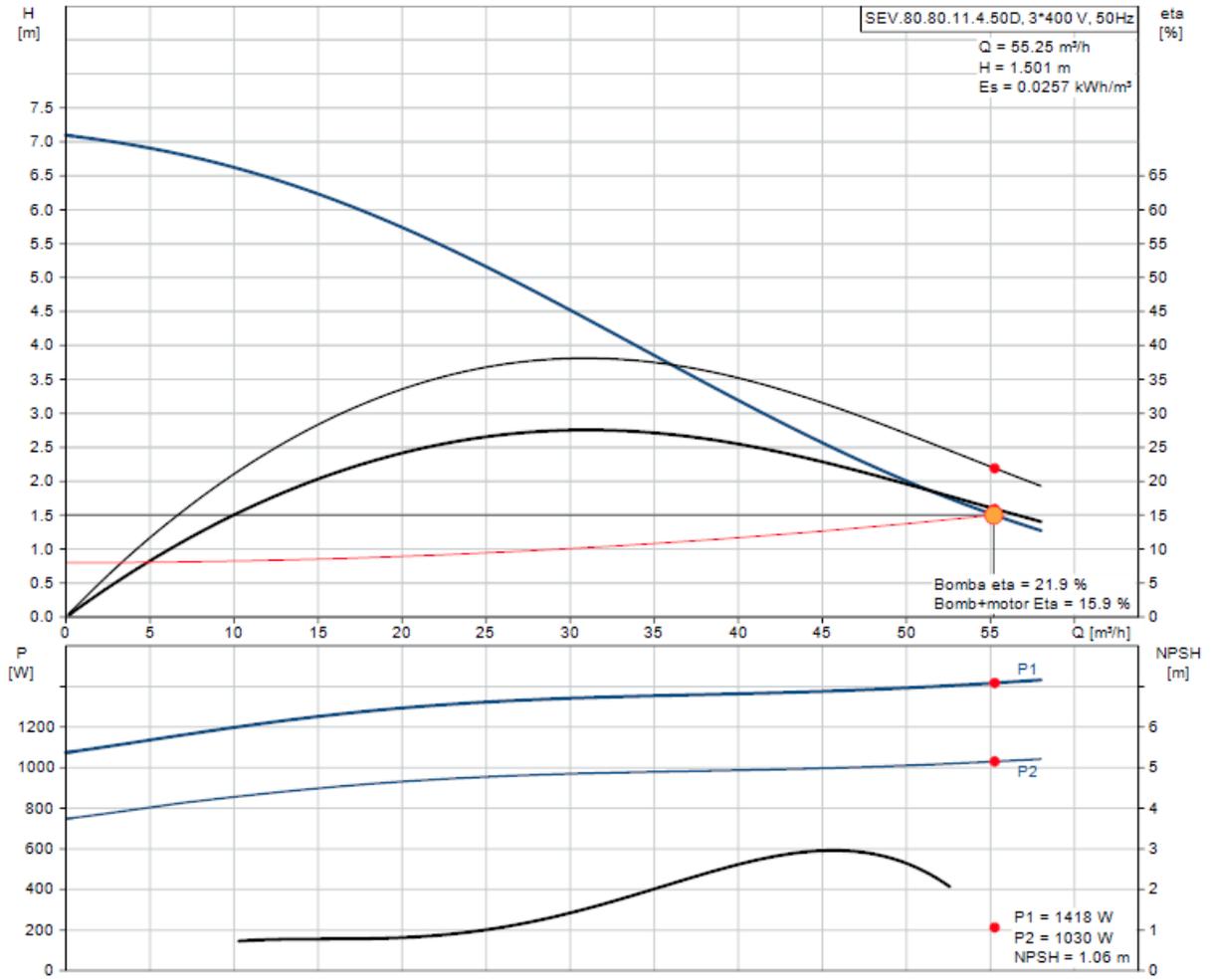
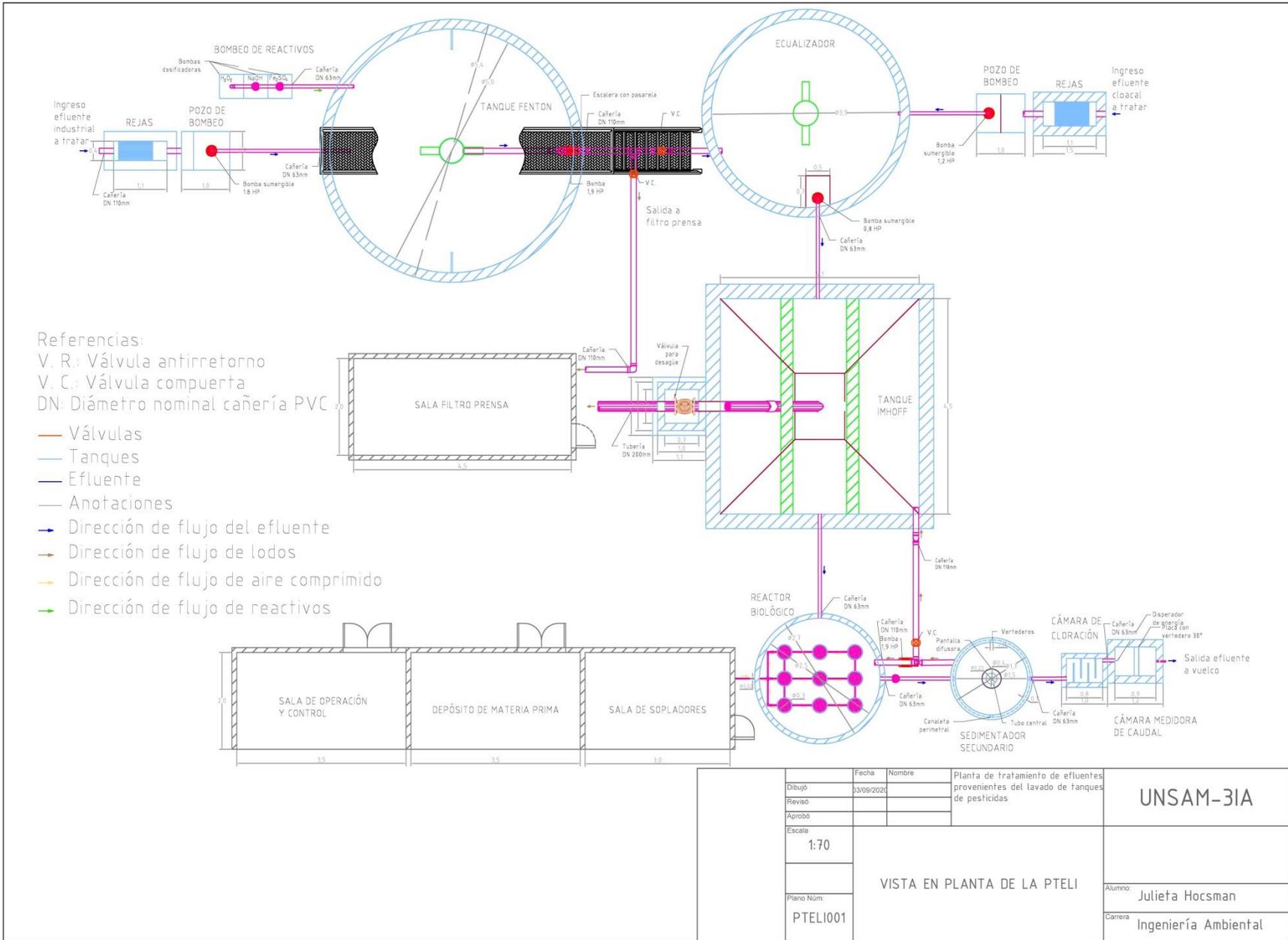
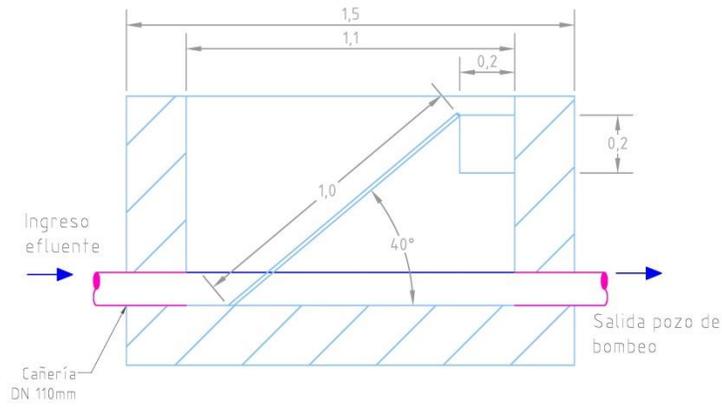


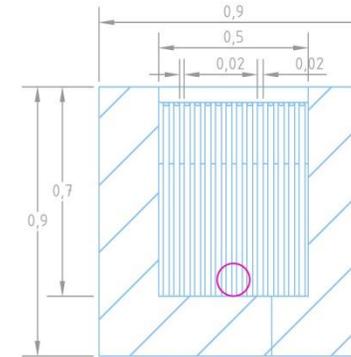
Figura A.5.12: Curva de operación de la bomba SEV.80.80.11.4.50D . Fuente: *Grundfos Product Center*

ANEXO II - PLANOS

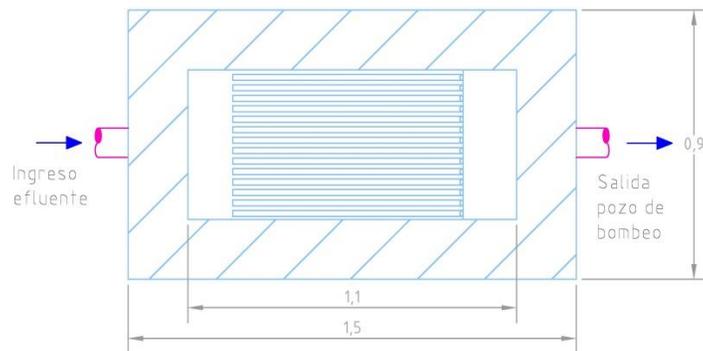




VISTA LATERAL



VISTA FRONTAL



VISTA SUPERIOR

Referencias:

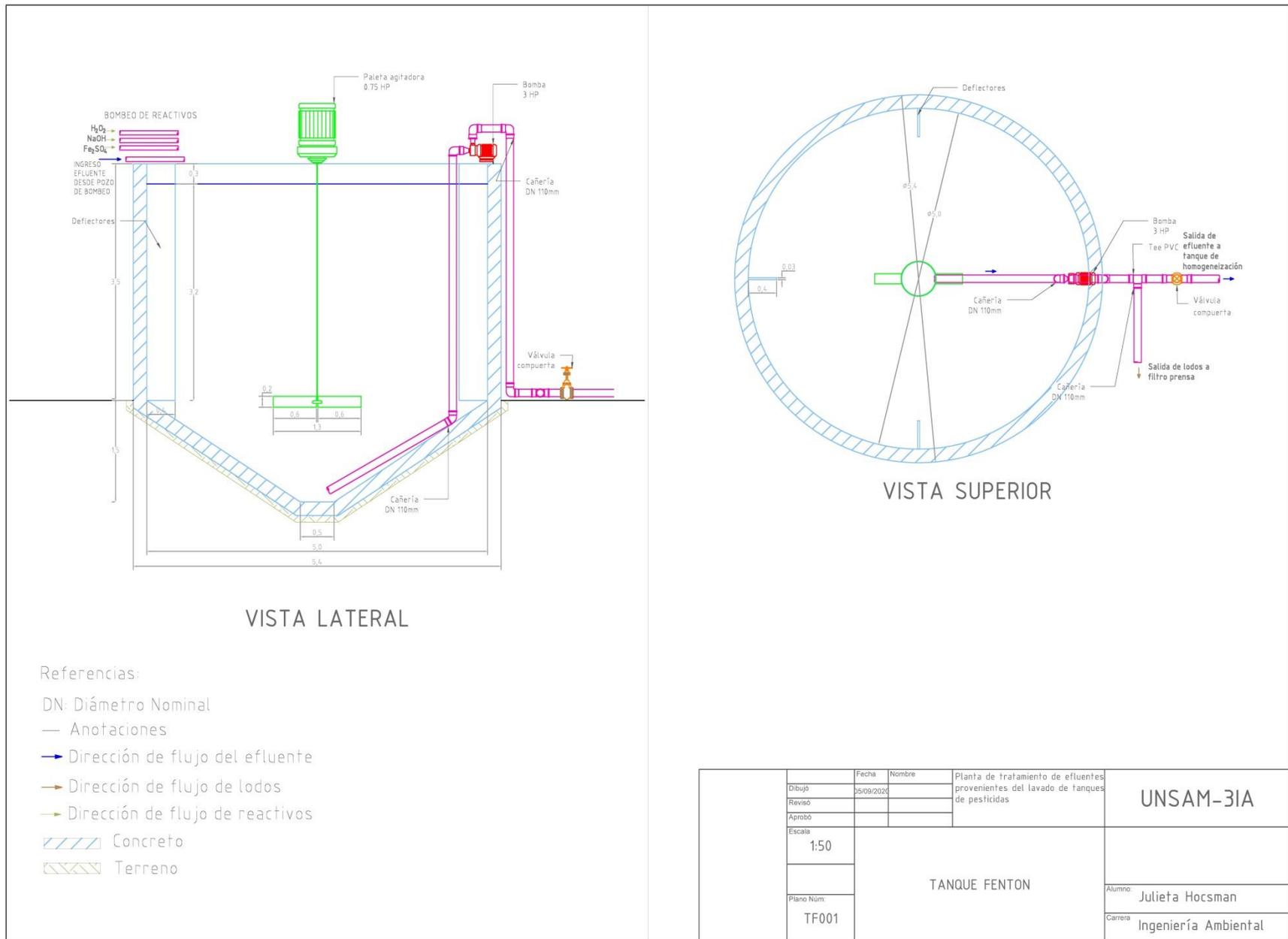
DN: Diámetro Nominal

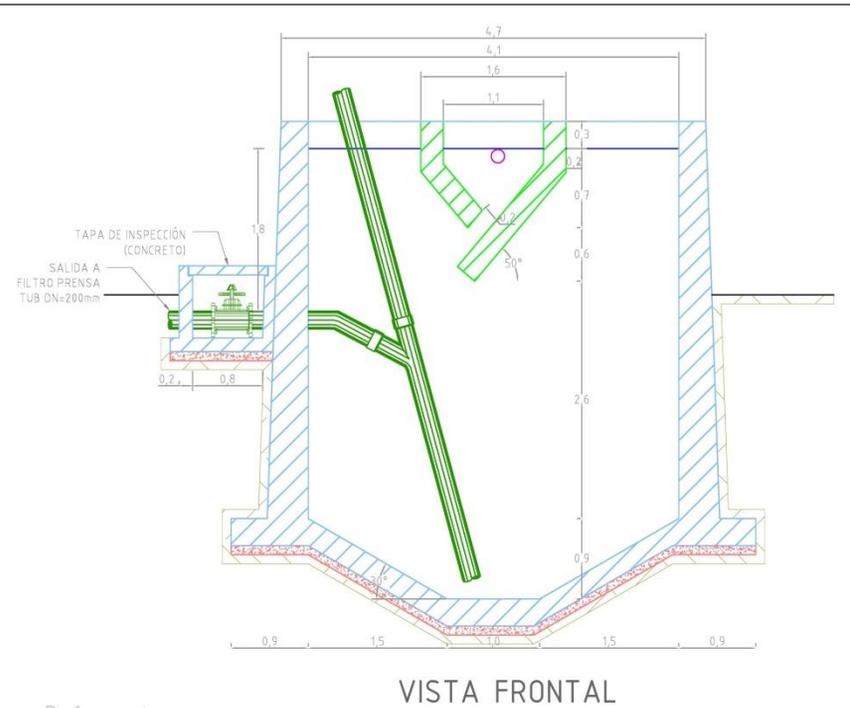
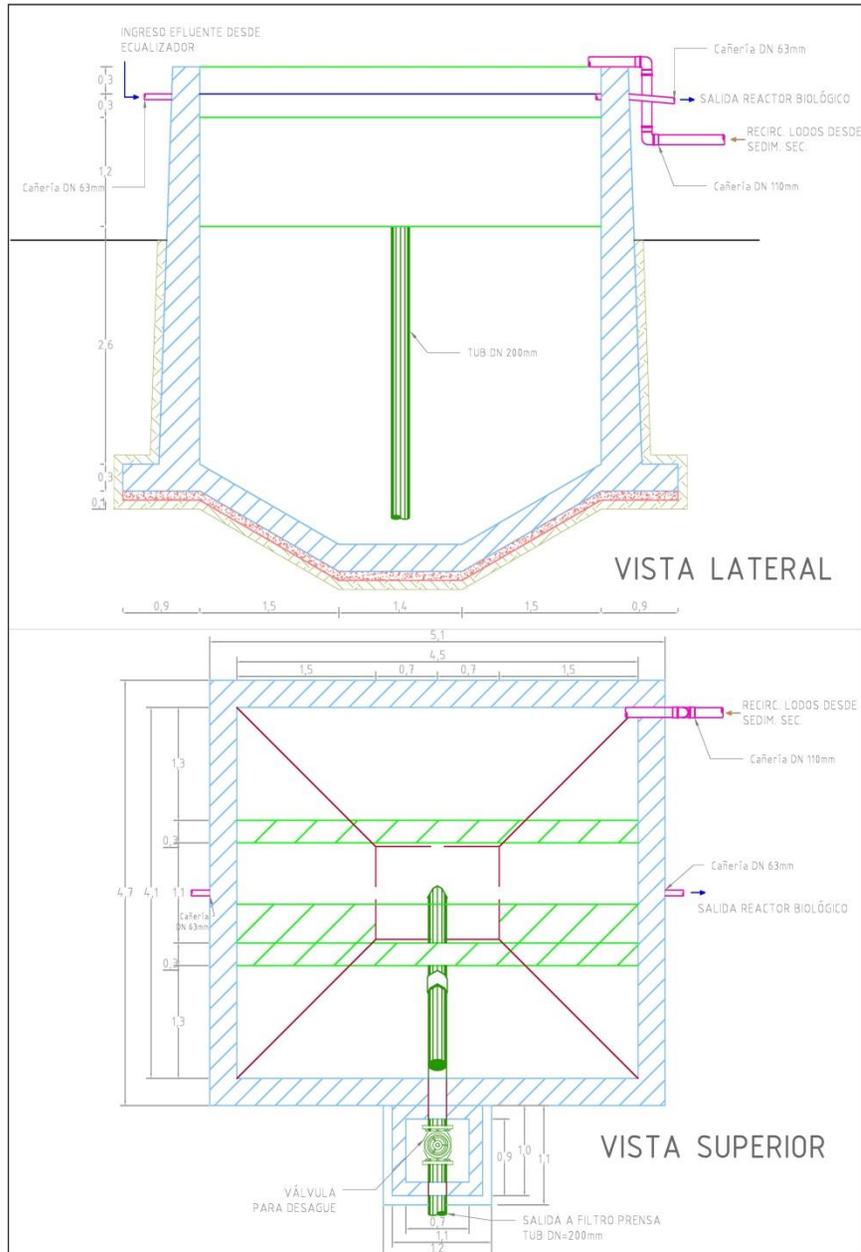
— Anotaciones

→ Dirección de flujo del efluente

/// Concreto

Dibujó	Fecha	Nombre	Planta de tratamiento de efluentes provenientes del lavado de tanques de pesticidas	UNSAM-3IA
Revisó	03/09/2020			
Aprobó				
Escala	1:15	CÁMARA DE REJAS		Alumno
Plano Num.	CR001			Julieta Hocsman
				Carrera
				Ingeniería Ambiental

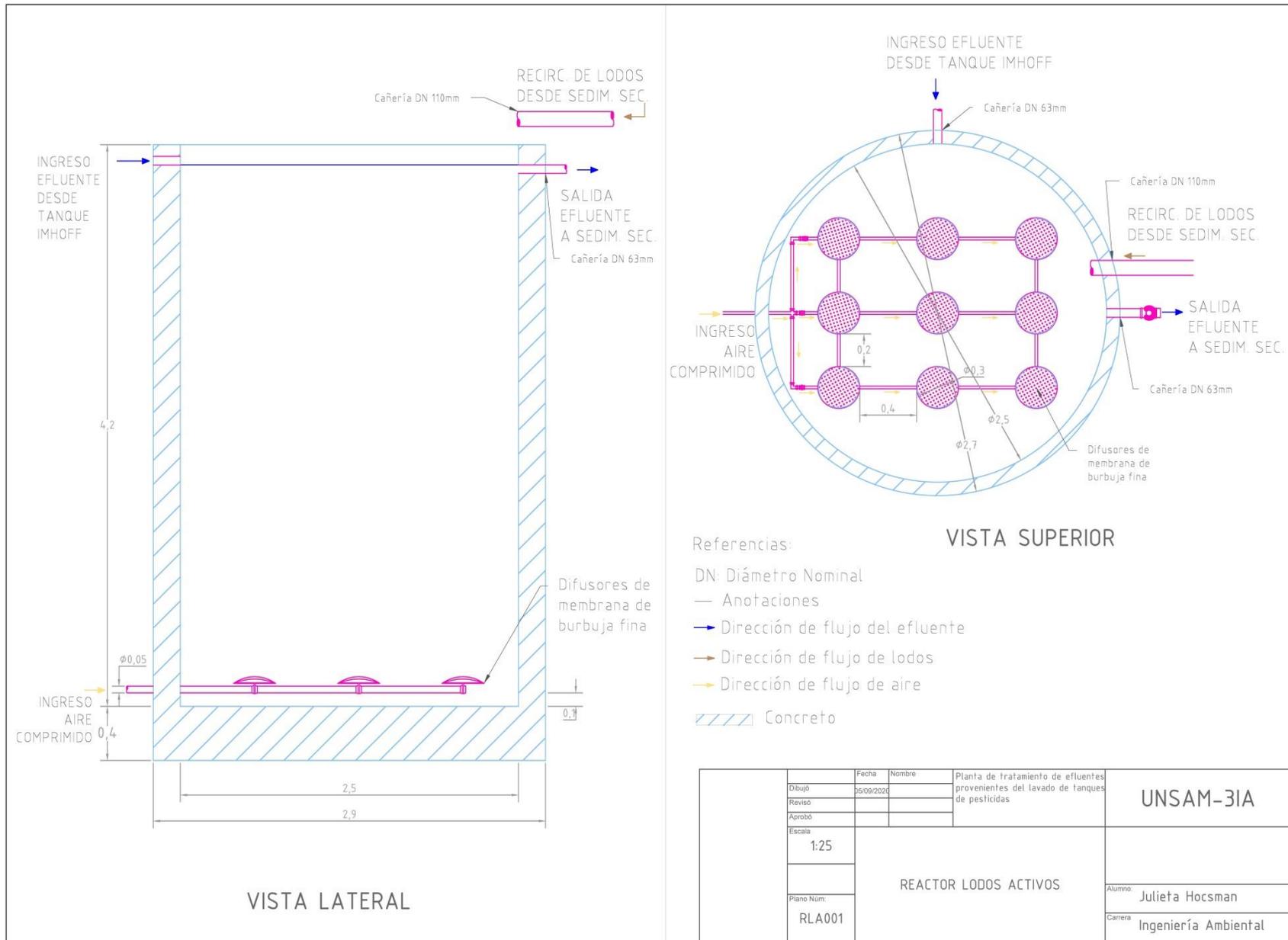


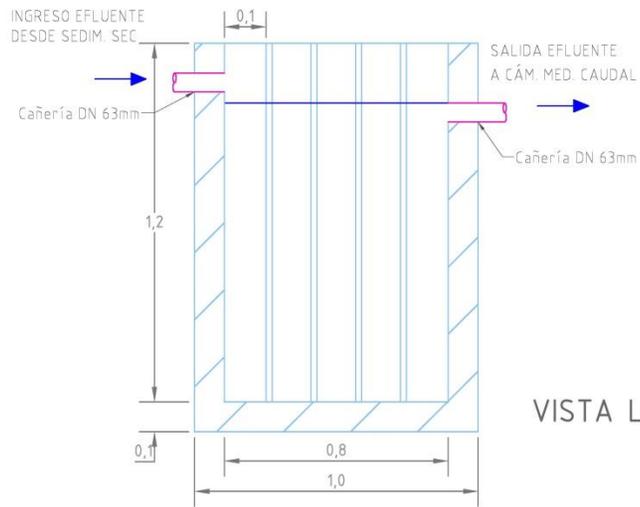


Referencias:

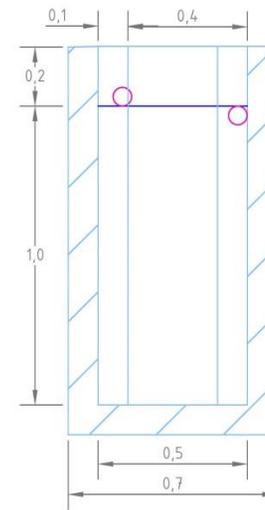
- DN: Diámetro Nominal
- Anotaciones
- Dirección de flujo del efluente
- Dirección de flujo de lodos
- Concrete
- Concrete para soldado
- Terreno

	Fecha	Nombre	Planta de tratamiento de efluentes provenientes del lavado de tanques de pesticidas	UNSAM-3IA
Dibujó	03/09/2020			
Revisó				
Aprobó				
Escala	1:50			
Piano Núm.	TH001		TANQUE IMHOFF	Alumno: Julieta Hocsman
				Carrera: Ingeniería Ambiental

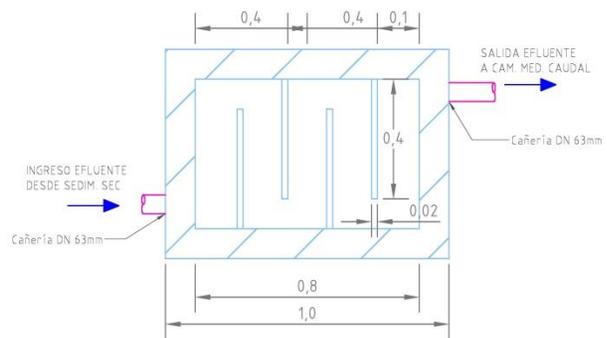




VISTA LATERAL



VISTA FRONTAL



VISTA SUPERIOR

Referencias:

DN: Diámetro Nominal

— Anotaciones

→ Dirección de flujo del efluente

Concrete

	Fecha	Nombre	Planta de tratamiento de efluentes provenientes del lavado de tanques de pesticidas	UNSAM-3IA
Dibujó	33/09/2020			
Revisó				
Aprobó				
Escala	1:15			
Plano Num:	CC001		CÁMARA DE CLORACIÓN	Alumno: Julieta Hocsman
				Carrera: Ingeniería Ambiental

ANEXO III - PRESUPUESTOS



Nuevo

Codo Pvc 90° Hh Diam 110mm



\$ 187

Stock disponible

Pagá en hasta 12 cuotas



[Ver los medios de pago](#)

Entrega a acordar con el vendedor

Paternal, Capital Federal

[Ver costos de envío](#)

Cantidad: 1 Unidad (45 disponibles)

Comprar ahora

Compra Protegida: recibí el producto que esperabas o te devolvemos tu dinero.



Nuevo

Curva Pvc 45° Hh Diam 110 Mm



\$ 291⁴⁰

Stock disponible

Pagá en hasta 12 cuotas



[Ver los medios de pago](#)

Entrega a acordar con el vendedor

Paternal, Capital Federal

[Ver costos de envío](#)

Cantidad: 1 Unidad (17 disponibles)

Comprar ahora



Nuevo

Codo Pvc 90° Hh Diam 63mm



\$ 79⁶⁴

Stock disponible

Pagá en hasta 12 cuotas



[Ver los medios de pago](#)

Entrega a acordar con el vendedor

Paternal, Capital Federal

[Ver costos de envío](#)

Cantidad: 1 Unidad (5 disponibles)

Comprar ahora



Nuevo

Válvula Compuerta Esclusa Genebre Latón Ø2 1/2 Art. 3220

\$ 5.191⁰⁵

Stock disponible

[Envío con normalidad](#)

[Pagá en hasta 12 cuotas](#)
VISA  
[Ver los medios de pago](#)

[Envío gratis](#)
Llega entre el 19 y el 24 de agosto
Beneficio Mercado Puntos
[Ver más opciones](#)

[Devolución gratis](#)
Tenés 30 días desde que lo recibís
[Conocer más](#)



Nuevo - 1 vendido

Cupla De Reducción M-h 110-63 Mm Duratop

\$ 122⁹³

Stock disponible

[Pagá en hasta 12 cuotas](#)
VISA  
[Ver los medios de pago](#)

[Entrega a acordar con el vendedor](#)
Balvanera, Capital Federal
[Ver costos de envío](#)

¡Último disponible!

[Comprar ahora](#)

[Compra Protegida, recibí el producto que esperabas o te devolvemos tu dinero.](#)

[Sumá 3 Mercado Puntos.](#)



Usado

Soplador De Aire Repicky 30hp

\$ 210.000

Stock disponible

[Envío con normalidad](#)

[Pagá en hasta 12 cuotas](#)
VISA  
[Ver los medios de pago](#)

[Envío \\$ 569⁹⁹](#)
Llega entre el 14 y el 18 de agosto
[Ver más opciones](#)

¡Único disponible!

[Comprar ahora](#) [Agregar al carrito](#)



**Tolva almacenamiento
14000 litros**

\$57,821.84



Código: TECNO-TOLVA-14000-R20

Condición: Nuevo

Disponibilidad: Sobre pedido

Reforzamiento: Ref. 20%

Capacidad: 14,000 litros

Especificaciones:

Producto de compra en línea para recolección en planta.



DESCARGAR FICHA

Modelo	Código 1x230V	P.V.P. Euros	Código 3x400 V	P.V.P. Euros
SLV65.65.09.2.1.502	96115119	1.894,00		
SLV65.65.09.A.2.1.502	96115121	2.412,40		
SLV65.65.09.EX.2.1.502	96115120	2.133,60		
SLV65.65.09.2.50B			96115123	1.894,00
SLV65.65.09.A.2.50B			96115125	2.412,40
SLV65.65.09.EX.2.50B			96115124	2.133,60

Modelo	Código 1x230V	P.V.P. Euros	Código 3x400 V	P.V.P. Euros
SL1.50.65.09.2.1.502	96106562	1.918,90		
SL1.50.65.09.A.2.1.502	96106564	2.437,30		
SL1.50.65.09.EX.2.1.502	96106563	2.158,20		

Modelo	Código 3x400 V	P.V.P. Euros	Código Ex 3x400 V	P.V.P. Euros
SEV.80.80.11.4.50D	96047745	3.804,00	96047748	3.998,00

Modelo	Código Versión B	P.V.P. Euros
DMX 4-10	96684148	1.162,20

Tarifa de precios Grundfos. Tomado de

https://issuu.com/fanair/docs/tarifa_de_precios_grundfos_enero201_f45ea4462a39d3/220



Nuevo

Bomba Sumergible Espa Vigilex 600 Para Cloacal Y Residuales

\$ 27.525

Stock disponible

Envío con normalidad

Pagá en hasta 12 cuotas
VISA **MARCA** **CABAL**
 Ver los medios de pago

Envío gratis
 Llega entre el 20 y el 24 de agosto
 Beneficio Mercado Puntos
 Ver más opciones

Devolución gratis
 Tenés 30 días desde que lo recibís
 Conocer más



Nuevo - 14 vendidos

Bomba Dosificadora De Cloro Ares Modelo Dx7 1,5lts/h

\$ 24.476³⁷

Stock disponible

Envío con normalidad

Pagá en hasta 12 cuotas
VISA **MARCA** **CABAL**
 Ver los medios de pago

Envío gratis
 Llega entre el 31 ago. y el 1 sep.
 Beneficio Mercado Puntos
 Ver más opciones

Devolución gratis
 Tenés 30 días desde que lo recibís
 Conocer más



Ver imagen más grande

Super De acero inoxidable líquido industrial agitador mezclador eléctrico Mezclador

>=1 es
US\$ 210,00

\$200.00 DE DESCUENTO Ordena más de \$5,000.00 Obtener el cupón

Número de Mod... 0.55kw 415 V 50 HZ

Garantía: **1 año** en garantía de maquinarias

Envío: Ayuda Transporte marítimo

Lead Time:

Cantidad(es)	1 - 1	>1
Hora del Est.(días)	5	Negociable



Ver imagen más grande



Super De peróxido de hidrógeno al 27.5% de 30% de 35% de 50% grado de la industria (H2O2)

FOB Referencia Precio: [Consiga El Último Precio](#)

US\$ 300,00 - US\$ 350,00 / Tonelada | 24 Tonelada/s (Pedido mínimo)

10 % DE DESCUENTO Valor del producto mayor que \$5,000.00, limitado a ... [Obtener el cupón](#)

Promoción para nuevos compradores.
Hasta 60 USD de exención en tarifas de transacción en los primeros 3 pedidos

Lead Time:

Cantidad(Tonelada/s)	1 - 8000	>8000
Hora del Est.(días)	12	Negociable

Customization: Logotipo personalizado (Min. Order: 20 Tonelada/s)
Personalización gráfica (Min. Order: 20 Tonelada/s)

Garantía comercial Protege tus pedidos de Alibaba.com



Ver imagen más grande



FeSO4.5H2O ferrrous sulfate precio de fabricación productos químicos de tratamiento de agua de sulfato ferroso

FOB Referencia Precio: [Consiga El Último Precio](#)

US\$ 200,00 - US\$ 300,00 / Tonelada | 2 Tonelada/s (Pedido mínimo)

Promoción para nuevos compradores.
Hasta 60 USD de exención en tarifas de transacción en los primeros 3 pedidos

Lead Time:

Cantidad(Tonelada/s)	1 - 300	>300
Hora del Est.(días)	7	Negociable

Garantía comercial Protege tus pedidos de Alibaba.com

Alibaba.com Freight | [Compare Rates](#) | [Learn more](#)

Pago: **VISA** Online Transfer **Apple Pay** **WesternUnion**

Logística de Alibaba.com - Soluciones de inspección



Ver imagen más grande



Compartir

Listo para enviar En stock Envío rápido

Precio de alta calidad para la industria de hidróxido de sodio precio por tonelada

US\$ 300,00 / Tonelada 24 Tonelada/s (Pedido mínimo)

Promoción para nuevos compradores.

Hasta 60 USD de exención en tarifas de transacción en los primeros 3 pedidos



Cantidad: 24 Tonelada/s

Customization: Logotipo personalizado (Pedido mínimo: 25 Tonelada/s) Embalaje personalizado (Pedido mínimo: 25 Tonelada/s) More

Muestras: US\$ 300,00 /Tonelada, 1 Tonelada (Pedido mínimo): Comprar muestras

Pago: VISA T/T Online Transfer Pay WesternUnion WU



Nuevo - 7 vendidos

Hipoclorito De Sodio Bidon X 5 Litros

\$ 489

Stock disponible

Pagá en hasta 12 cuotas



Ver los medios de pago

Entrega a acordar con el vendedor

Avellaneda, Buenos Aires

Ver costos de envío

¡Último disponible!

Comprar ahora

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MATERIALES	EJECUCIÓN	TOTAL	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MATERIALES	EJECUCIÓN	TOTAL
08 CONTRAPISOS					14 VIDRIERÍA				
Hº Arcilla expandida p/relleno losa sanitaria e=20 cm.	m2	\$ 517,33	\$ 492,17	\$ 1.009,50	Aluminio ventana y puerta ventana con celosía	m2	\$ 5.339,43	\$ 1.050,97	\$ 6.430,40
Hº Arcilla expandida s/losa e=05 cm.	m2	\$ 170,72	\$ 216,55	\$ 387,27	Madera ventana y puerta ventana	m2	\$ 8.619,28	\$ 861,29	\$ 9.480,58
Hº Arcilla expandida s/losa e=10 cm.	m2	\$ 284,53	\$ 319,91	\$ 604,44	Madera ventana y puerta ventana con celosía	m2	\$ 13.889,51	\$ 1.148,39	\$ 15.037,90
Hº Cascotes s/T.N. e=08 cm	m2	\$ 100,78	\$ 239,45	\$ 340,23	15 PINTURAS				
Hº Cascotes s/T.N. e=10 cm	m2	\$ 159,97	\$ 299,32	\$ 459,28	Acrílica transparente en paramentos vistos	m2	\$ 106,04	\$ 206,73	\$ 312,76
Hº Cascotes s/T.N. e=12 cm	m2	\$ 188,76	\$ 332,24	\$ 521,00	Bamiz sintético p/ carpintería madera	m2	\$ 176,90	\$ 309,78	\$ 486,69
Hº Piedra armado s/T.N. e=12 cm a la lana.	m2	\$ 721,75	\$ 438,05	\$ 1.159,80	Esmalte sintético p/ carpintería metálica	m2	\$ 207,13	\$ 382,39	\$ 589,52
Hº Aliviado elaborado e=6 cm	m2	\$ 225,84	\$ 212,84	\$ 438,68	Látex en muros interiores	m2	\$ 71,80	\$ 186,22	\$ 258,02
Mº c/epilest.expandido molde e=6 cm	m2	\$ 221,33	\$ 227,73	\$ 449,06	Látex en muros exteriores	m2	\$ 99,53	\$ 217,81	\$ 317,34
Mortero Autonivelante elaborado e=5 cm	m2	\$ 163,58	\$ 184,56	\$ 348,15	Látex para elabroso	m2	\$ 60,44	\$ 208,39	\$ 268,82
09 PISOS					16 INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y MECÁNICA				
Cemento alisado/dofillado	m2	\$ 101,83	\$ 189,54	\$ 291,16	Artefactos Iluminación	u	\$ 889,85	\$ 459,14	\$ 1.348,79
Cemento carpeta b/pisos	m2	\$ 93,84	\$ 189,03	\$ 282,87	Boca Electricidad	u	\$ 1.308,11	\$ 800,37	\$ 2.108,48
Cerámicas esmaltadas	m2	\$ 451,81	\$ 407,98	\$ 859,77	Boca Telefonía	u	\$ 1.183,84	\$ 720,34	\$ 1.904,18
Cerámicas rojo gres	m2	\$ 320,92	\$ 387,46	\$ 708,37	Boca Televisión	u	\$ 1.111,89	\$ 704,33	\$ 1.816,22
Losetas homigón 40x60cm	m2	\$ 546,98	\$ 344,17	\$ 891,13	Tablero Electricidad	u	\$ 2.577,34	\$ 1.067,17	\$ 3.644,50
Porcelanato pulido	m2	\$ 1.022,96	\$ 469,48	\$ 1.492,44	Tomacorriente	u	\$ 1.164,22	\$ 712,33	\$ 1.876,55
Cemento term.a la lana mecánica, incl.Hº e=4cm	m2	\$ 287,44	\$ 222,88	\$ 510,12	17 INSTALACIÓN SANITARIA / INCENDIO				
Cemento term.texturado/raspinado, incl.Hº e=4cm	m2	\$ 274,42	\$ 232,10	\$ 506,52	ARTEFACTOS, GRIFERÍA Y ACCESORIOS				
Mosaicos graníticos 30x30cm	m2	\$ 712,61	\$ 465,55	\$ 1.178,16	Bañera met. enlazada blanca c/ grifería	u	\$ 20.425,75	\$ 1.963,03	\$ 22.408,78
Losetas graníticas 40x40cm	m2	\$ 738,07	\$ 410,14	\$ 1.148,21	Bidet loza blanca c/ grifería	u	\$ 7.324,67	\$ 2.131,91	\$ 9.456,58
Pavimento con adoquín intertrabado e=8cm	m2	\$ 626,71	\$ 389,63	\$ 1.016,34	Lavatorio loza blanca c/ grifería	u	\$ 7.219,75	\$ 1.488,76	\$ 8.708,51
Alfombra alto tránsito 8mm	m2	\$ 1.114,69	\$ 210,17	\$ 1.324,86	Inodoro pedestal loza blanca incl. Dep. y acces.	u	\$ 7.646,07	\$ 2.114,05	\$ 9.760,11
Madera flotante simil algamo e=8mm	m2	\$ 1.366,30	\$ 482,74	\$ 1.849,04	Pileta cocina badia acero inoxidable c/ grifería	u	\$ 7.220,85	\$ 1.489,91	\$ 8.710,76
Madera parquet algamo e=19mm	m2	\$ 1.763,34	\$ 471,66	\$ 2.235,00	Pileta lavar loza blanca c/ grifería	u	\$ 12.907,84	\$ 1.354,78	\$ 14.262,42
Madera semilana tipo deck	m2	\$ 779,74	\$ 369,13	\$ 1.148,86	Accesorios baño loza blanca (10 piezas)	ujo	\$ 7.709,59	\$ 1.339,89	\$ 9.049,48
10 ZÓCALOS					AGUA E INCENDIO				
Cemento alisado h=10cm	m	\$ 4,98	\$ 104,19	\$ 109,17	Cañería PP TF Ø 50mm	m	\$ 449,99	\$ 166,74	\$ 616,73
Cerámico esmaltado	m	\$ 82,81	\$ 72,60	\$ 155,42	Cañería PP TF Ø 38mm	m	\$ 380,76	\$ 163,76	\$ 544,53
Cerámico rojo gres	m	\$ 62,02	\$ 72,60	\$ 134,62	Cañería PP TF Ø 25mm	m	\$ 346,15	\$ 162,28	\$ 508,42
Madera pino h=5cm	m	\$ 82,23	\$ 70,39	\$ 152,62	Cañería PP TF Ø 19mm	m	\$ 288,46	\$ 154,83	\$ 443,29
Porcelanato pulido	m	\$ 190,32	\$ 77,04	\$ 267,36	Cañería PP TF Ø 13mm	m	\$ 230,77	\$ 148,88	\$ 379,64
Mosaico granítico 10x30cm	m	\$ 124,96	\$ 93,11	\$ 218,06	Llave de paso Ø 13mm	u	\$ 1.131,14	\$ 267,98	\$ 1.399,12
Perfil metálico	m	\$ 60,29	\$ 68,17	\$ 128,46	Llave de paso Ø 19mm	u	\$ 1.334,74	\$ 281,38	\$ 1.616,12
11 CIELORRASOS					18 INSTALACIÓN GAS				
Concreto aplicado bajo losa	m2	\$ 65,29	\$ 471,44	\$ 536,73	ARTEFACTOS				
Homigón Visto	m2	\$ 3,38	\$ 171,10	\$ 174,48	Calefón GN 14ls	u	\$ 7.534,14	\$ 1.786,52	\$ 9.320,66
Madera machimbrada	m2	\$ 158,70	\$ 188,66	\$ 347,36	Calefón GN 3000cal	u	\$ 8.964,25	\$ 1.726,97	\$ 10.691,22
Yeso aplicado bajo losa	m2	\$ 94,07	\$ 471,44	\$ 565,51	18 INSTALACIÓN GAS				
Yeso armado	m2	\$ 437,82	\$ 809,38	\$ 1.247,20	ARTEFACTOS				
Piadas roca de yeso estándar ja. tomada con estruct.metálica, sin aislación	m2	\$ 4.08,21	\$ 215,84	\$ 624,05	Calefón GN 14ls	u	\$ 7.534,14	\$ 1.786,52	\$ 9.320,66
Piadas roca de yeso ploc.húmedo ja.tornada con estruct.metálica, sin aislación	m2	\$ 568,92	\$ 228,78	\$ 797,70	Calefón GN 3000cal	u	\$ 8.964,25	\$ 1.726,97	\$ 10.691,22
Piadas roca de yeso texturadas desmontables con estruct. metálica, sin aislación	m2	\$ 671,76	\$ 241,73	\$ 913,49	18 INSTALACIÓN GAS				
12 REVESTIMIENTOS					ARTEFACTOS				
Cemento alisado	m2	\$ 136,54	\$ 717,11	\$ 853,65	Calefón GN 14ls	u	\$ 7.534,14	\$ 1.786,52	\$ 9.320,66
Cerámicas esmaltadas	m2	\$ 426,05	\$ 418,53	\$ 844,58	Calefón GN 3000cal	u	\$ 8.964,25	\$ 1.726,97	\$ 10.691,22
Huella granítica e=2,5cm	m2	\$ 9.852,11	\$ 1.281,13	\$ 11.133,24	18 INSTALACIÓN GAS				
Contrahuella granítica e=2,0cm	m2	\$ 9.192,02	\$ 1.260,63	\$ 10.452,65	ARTEFACTOS				
Porcelanato canto rectificado	m2	\$ 1.104,21	\$ 446,80	\$ 1.551,01	Calefón GN 14ls	u	\$ 7.534,14	\$ 1.786,52	\$ 9.320,66
Mesada de granito natural e=2,5cm	m2	\$ 9.129,96	\$ 932,76	\$ 10.062,72	Calefón GN 3000cal	u	\$ 8.964,25	\$ 1.726,97	\$ 10.691,22
Tejuelas refractarias	m2	\$ 1.153,24	\$ 569,80	\$ 1.723,04	18 INSTALACIÓN GAS				
13 CARPINTERÍAS					ARTEFACTOS				
Madera maciza puerta ingreso	m2	\$ 4.739,17	\$ 1.230,42	\$ 5.969,59	Calefón GN 14ls	u	\$ 7.534,14	\$ 1.786,52	\$ 9.320,66
Madera placa puerta interior	m2	\$ 2.191,93	\$ 1.025,35	\$ 3.217,28	Calefón GN 3000cal	u	\$ 8.964,25	\$ 1.726,97	\$ 10.691,22
Chapa doblada ventana-ventiluz	m2	\$ 1.096,68	\$ 820,28	\$ 1.916,96	18 INSTALACIÓN GAS				
Chapa doblada ventana-puerta ventana con celosía	m2	\$ 1.969,95	\$ 963,83	\$ 2.933,78	ARTEFACTOS				
Rejas de Hierro	m2	\$ 2.483,02	\$ 813,65	\$ 3.296,67	Calefón GN 14ls	u	\$ 7.534,14	\$ 1.786,52	\$ 9.320,66
Aluminio ventana y puerta ventana	m2	\$ 3.263,83	\$ 840,78	\$ 4.104,62	Calefón GN 3000cal	u	\$ 8.964,25	\$ 1.726,97	\$ 10.691,22
Mod Toma 10A Biuso 2P+T-250V 20067 Jlz Jezuz				\$ 19,09	18 INSTALACIÓN GAS				
Mod Punto 1P-220V-10A Arco 40051 Jlz Jezuz				\$ 18,73	ARTEFACTOS				
Mod combinación 1P-220V-10A.arco 40053 Jlz Jezuz				\$ 22,91	Calefón GN 14ls	u	\$ 7.534,14	\$ 1.786,52	\$ 9.320,66
Tapas Mod Ciego - B.o. 20092 Jlz Jezuz				\$ 2,56	Calefón GN 3000cal	u	\$ 8.964,25	\$ 1.726,97	\$ 10.691,22
Mod Toma Telef Americano Rj11 4 Vias Platinum				\$ 49,13	18 INSTALACIÓN GAS				
Mod Toma Tv Final Pin Fino Roscado 00b Armado				\$ 39,11	ARTEFACTOS				
Caño Pvc 20 Mm				\$ 63,98	Calefón GN 14ls	u	\$ 7.534,14	\$ 1.786,52	\$ 9.320,66
Curva Pvc 20 Mm				\$ 17,75	Calefón GN 3000cal	u	\$ 8.964,25	\$ 1.726,97	\$ 10.691,22
Union Pvc 20 Mm				\$ 5,92	18 INSTALACIÓN GAS				
Conector Pvc 20 Mm				\$ 7,95	ARTEFACTOS				

COSTOS POR RUBRO					COSTOS POR RUBRO				
Costos Unitarios de Ítems varios calculados en base a modelos tipológicos.					Costos Unitarios de Ítems varios calculados en base a modelos tipológicos.				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MATERIALES	EJECUCIÓN	TOTAL	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MATERIALES	EJECUCIÓN	TOTAL
00 I HONORARIOS PROFESIONALES					04 I MAMPOSTERÍA Y TABIQUERÍA				
Si bien, por ley, los honorarios profesionales están desregulados CIFRAS considera para sus costos -por tareas de proyectos- una incidencia del 6% sobre el costo neto del M ² de obra.					METÁLICAS EN TALLER				
01 I PRELIMINARES DE OBRA					Hierro redondo procesado				
TRABAJOS, TAREAS Y PROVISIONES					Perfiles ángulo procesado				
Cartel de Obra: chapa/estructura	m2	\$ 1.050,66	\$ 1.054,24	\$ 2.105,10	Perfiles hierro procesado				
madera/pintura									
Limpieza inicial terreno; periódica y final de obra	m2	\$ 9,72	\$ 77,39	\$ 87,11					
Nivelación del terreno y re planteo de obra	m2	\$ 2,92	\$ 91,13	\$ 94,05					
Obrador, construcciones provisionarias	m2	\$ 934,09	\$ 2.555,73	\$ 3.489,83					
02 I MOVIMIENTO DE TIERRA									
MANUAL									
Desmonte; Terraplenamientos y rellenos	m3	\$ 0,00	\$ 652,57	\$ 652,57					
Excavación de bases de columnas	m3	\$ 0,00	\$ 983,57	\$ 983,57					
Excavación de cimientos de muros	m3	\$ 0,00	\$ 731,49	\$ 731,49					
03 I ESTRUCTURAS									
HORMIGÓN AL PIE DE OBRA									
Bases H ⁹ A ⁹ -H21/50kg	m3	\$ 6.561,37	\$ 3.982,28	\$ 10.543,65					
Columnas H ⁹ A ⁹ - H21/90kg	m3	\$ 9.687,01	\$ 8.166,56	\$ 17.853,56					
Encadenado H ⁹ A ⁹ - H21/65kg	m3	\$ 7.399,18	\$ 8.077,13	\$ 15.476,31					
Escalera H ⁹ A ⁹ - H21/65kg	m3	\$ 8.670,68	\$ 9.546,44	\$ 18.217,11					
Losa H ⁹ A ⁹ macizas H21/60kg	m3	\$ 8.281,45	\$ 8.035,72	\$ 16.317,17					
Losa H ⁹ A ⁹ viguetas/adriliones cerámicos	m2	\$ 941,71	\$ 1.248,45	\$ 2.190,16					
Losa H ⁹ A ⁹ viguetas/adriliones poliestireno	m2	\$ 1.046,34	\$ 1.189,00	\$ 2.235,34					
					04 I MAMPOSTERÍA Y TABIQUERÍA				
					MAMPOSTERÍA				
					De ladrillos comunes en cimientos				
					De ladrillos comunes en elevación				
					De ladrillos huecos 08 en elevación				
					De ladrillos huecos 12 en elevación				
					De ladrillos huecos 18 en elevación				
					De ladrillos huecos decorativos				
					De ladrillos vistos en elevación				
					De bloques hoca 10cm en elevación				
					De bloques hoca 15cm en elevación				
					De bloques hoca 20cm en elevación				
					De bloques hormigón 20cm en elev.				
					TABIQUES EN SECO				
					Pared exterior doble cementicia				
					Pared interior doble común				
					Pared interior doble resist. humedad				
					Pared interior simple placa común				
					05 I AISLACIONES				
					Cementícea horizontal en muros				

3.13 - SUBDIVISIÓN DE LOS HONORARIOS SEGUN EL ART. 3.13 DEL DOCUMENTO A-115

Los honorarios por proyecto y dirección de las obras de arquitectura se subdividirán de la siguiente manera: honorarios por proyecto 60% y honorarios por dirección de obra 40%. Los honorarios parciales, correspondientes a las distintas etapas y subetapas del proyecto se ajustarán a los porcentajes de la Tabla

SUBDIVISIÓN DE LOS HONORARIOS POR PROYECTO Y DIRECCION		
ETAPAS Y SUBETAPAS	PARCIAL	ACUMULADO
Croquis preliminares	7 %	7 %
Anteproyecto	13 %	20 %
Documentación de proyecto	40 %	60 %
Dirección de obra	40 %	100 %

FECHA: 02-09-2020**SR/ES.:****AT.:** Sra./ta. Julieta Hocsman**REF.:** Retiro de residuos especiales.**COTIZACIÓN**

DETALLE: Servicio de extracción, transporte, tratamiento y disposición de residuos industriales especiales, lodos especiales (Y04). Incluye manifiestos electrónicos (DDJJ) y certificados correspondientes.

CANTIDAD: 4280 kg aprox.

FRECUENCIA: Semanal.

EQUIPAMIENTO: Camión cisterna equipado con bomba de alto vacío.

DESTINO: Planta de tratamiento y disposición final.

TRATAMIENTO: Físico – químico.

PRECIO: \$ 46.400.-+IVA hasta 4280 kilogramos de residuos especiales. Superada dicha cantidad se agregará un importe de \$ 14,80.-+IVA por cada 1 litro adicional.

FACTURACION: Al finalizar el servicio.

COND. DE PAGO: 15 días fecha de fact.

Referencias bibliográficas

[1] Proyecto Desarrollo Sustentable de la Cuenca Matanza–Riachuelo.

Tomado de <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/agua/matanza-riachuelo/desarrollosustentable>

[2] Pérez G. L. (2007) *Effects of herbicide Roundup con freshwater microbial communities: a mesocosm study*. Ecol. Appl. 17, 2310-2322.

[3] Lajmanovich, R. (2003) *Comparative acute toxicity of the commercial herbicides glyphosate to neotropical tadpoles Scinax nasicus (ANURA: HYLIDAE)*. Fresenius Env. Bulletin, 12, 81-135.

[4] Pollets G. L. (2009) *Genotoxicity of the herbicide formulation Roundup (glyphosate) in broad snouted-caiman (Caiman latirostris) evidenced by the Comet assay and the Micronucleus test*. Mutation Res. 672, 95-102

[5] AIDIS Argentina (2010) Ingeniería Sanitaria y Ambiental

[6] Tomado de

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Empresarial/agroquimicos.pdf>

[7] Comisión Nacional del Medio ambiente (1998) *Guía para el control y prevención de la contaminación industrial: Fabricación de plaguicidas, insecticidas, pesticidas y fungicidas*.

[8] Observatorio Metropolitano, Consejo Profesional de Arquitectura y Urbanismo.

Tomado de <http://www.observatorioamba.org/planes-y-proyectos/partidos-rmba/ezeiza>

[9] ACUMAR, Características de la Cuenca Matanza Riachuelo

Tomado de <http://www.acumar.gob.ar/caracteristicas-cuenca-matanza-riachuelo/>

[10] Informe Anual Ambiental 2008, Ciudad de Buenos Aires. Ley N 303 de Información Ambiental. Decreto N 1325/06.

Tomado de <https://www.buenosaires.gob.ar/sites/gcaba/files/documents/informeanual08.pdf>

[11] Informe Especial sobre la Cuenca Matanza Riachuelo (2003). Defensor del Pueblo de la Nación, Asociación Vecinos La Boca, Centro de Estudios Legales y Sociales, Defensoría

Adjunta de la Ciudad de Buenos Aires, Fundación Ambiente y Recursos Naturales, Fundación Ciudad, Poder Ciudadano, Universidad Tecnológica Nacional.

[12] Evaluación ambiental del proyecto de desarrollo sustentable de la cuenca hídrica Matanza Riachuelo, Secretaría de ambiente y desarrollo sustentable de la Nación, 2008.

Tomado de www.ambiente.gov.ar

[13] Metcalf & Eddy (1994) *Ingeniería Sanitaria, Tratamiento, Evacuación y Reutilización de Aguas Residuales*.

[14] Domènech X. (2001) *Procesos Avanzados de Oxidación para la eliminación de contaminantes*.

[15] Chaparro T. (2010) *Toxicity and recalcitrant compound removal from bleaching pulp plant effluents by an integrated system: anaerobic packed-bed bioreactor and ozone*.

[16] Litter, M. I. (2005). *Tecnologías avanzadas de oxidación: tecnologías solares*. En P. Solar Safe Water, *Posibilidades para la Provisión de Agua Segura Usando Nuevas Tecnologías (curso)*. Argentina: Proyecto Solar Safe Water (págs. 73-90).

[17] Garcés G., Mejía F., Santamaría A. *La fotocatalisis como alternativa para el tratamiento de aguas residuales*, 2004.

[18] Pignatello J. (2006) *Advanced oxidation processes for organic contaminant destruction based on the Fenton reaction and related chemistry*. Crit. Rev. Environ. Sci. Technol

[19] Ghosh, P. (2010). *COD reduction of petrochemical industry wastewater using Fenton's oxidation*. The Canadian Journal of Chemical Engineering 88 (6), 1021-1026.

[20] Neyens, E., & Baeyens, J. (2003). *A review of classic Fenton's peroxidation as an advanced oxidation technique*. Journal of Hazardous Materials 98 (1-3), 33-50.

[21] Domenech, X. (2004). *Procesos avanzados de oxidación para la eliminación de contaminantes*. In: M.A. Blesa & B. Sánchez (editores), *Eliminación de contaminantes por fotocatalisis heterogénea*. Colección Documentos Ciemat, (Capítulo 1)

[22] Mandal, T. (2010). *Advanced oxidation process and biotreatment: Their roles in combined industrial wastewater treatment*. Desalination 250 (1), 87-94.

- [23] Kavitha, V. & Palanivelu, K. (2004) *The Role of Ferrous Ion in Fenton and Photo-Fenton Processes for the Degradation of Phenol*. *Chemosphere*, 55, 1235-1243.
- [24] Batista, A.P.S., & Pupo, R.F. (2012). *Parameters affecting sulfonamide photo-Fenton degradation-Iron complexation and substituent group*. *Journal of Photochemistry and Photobiology: Chemistry*, 232, 8-13.
- [25] Rodríguez G. P. (2010) *Intensificación del proceso Fenton para el tratamiento de aguas residuales industriales*. Tesis doctoral, Madrid.
- [26] Parag R. C. (2004). *A review of imperative technologies for wastewater treatment I: oxidation technologies at ambient conditions*. *Advances in Environmental Research*, 8, 501-555.
- [27] Photriphet, N. (2013). *Treatment of Wastewaters from Offset Printing Industry by Fenton's Reaction*. *Thammasat International Journal of Science and Technology*
- [28] Wang, Y. (2015). *High performance of nanoscaled Fe₂O₃ catalyzing UV-Fenton under neutral condition with a low stoichiometry of H₂O₂: Kinetic study and mechanism*. *Chemical Engineering Journal*, 267, 1–8.
- [29] Badawy M. I. (2006) *Advanced oxidation processes for the removal of organophosphorus pesticides from wastewater*. *Desalination*, vol. 194, no. 1–3, pp. 166–175, 2006.
- [30] Babuponnusami, A., & Muthukumar, K. (2014). *A review on Fenton and improvements to the Fenton process for wastewater treatment*. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2 (1), 557-572.
- [31] Chen, S., Sun, D. & Chung, J. (2007). *Treatment of pesticide wastewater by moving-bed biofilm reactor combined with Fenton-coagulation pretreatment* *Journal of Hazardous Materials*, 144, 1, pp. 577–584.
- [32] Kuo, W.G. (1992) *Decolorizing Dye Wastewater with Fenton's Reagent*. *Water Research*, 26, 881-886.
- [33] Kallel M. (2009). *Removal of organic load and phenolic compounds from olive mill wastewater by Fenton oxidation with zero-valent iron* *Chem Eng J*, 150:391-395.

[34] Chen, C., Wu, P. & Chung, Y. (2009). *Coupled biological and photo-Fenton pretreatment system for the removal of di-(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) from water*, *Bioresource Technology*, 100, 19, pp. 4531–4534.

[35] Malíková, P. (2009). *Oxidation of polycyclic aromatic hydrocarbons by fenton reaction*. *GeoScience Engineering LV (4)*, 23-28.

[36] Zepp RG. (1992) *Hydroxyl radical formation in aqueous reactions (pH 3–8) of iron(II) with hydrogen peroxide: the photo-Fenton reaction*. *Environmental Science and Technology*. 1992;26(2):313–319.

[40] Bach A. L. (2017) *Remoción de la Demanda Química de Oxígeno en aguas residuales con presencia de pesticidas a través del proceso Fenton*. Tesis Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

[41] K. Barbusinki (2001) *Pol. J. Environ. Stud.* 10 207–212.

[42] Samadi M .T. (2011) *The Comparison of Advanced Oxidation Process and Chemical Coagulation for the Removal of Residual Pesticides from Water*. *Research Journal of Environmental Sciences*, 5: 817-826

[43] Muñoz, M. (2011) *Assessment of the generation of chlorinated byproducts upon Fenton-like oxidation of chlorophenols at different conditions*. *Journal of Hazardous Materials*. 2011, 190, 993–1000.

[43] Sanchis, S. (2014) *Coupling Fenton and biological oxidation for the removal of nitrochlorinated herbicides from waterⁿ*. *Water Research*. 49, 197–206.

[44] Oliveira, C. (2014) *Treatment of water networks (waters and deposits) contaminated with chlorfenvinphos by oxidation with Fenton's reagent*. *Chemical Engineering Journal*. 241, 190–199.

[45] Chen, H. (2015) *Heterogeneous Fenton-like catalytic degradation of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid in water with FeS*. *Chemical Engineering Journal*. 2015, 273, 481–489

[46] Oller, I. (2011) *Combination of Advanced Oxidation Processes and biological treatments for wastewater decontamination--A review*. The Science of the Total Environment, 409 (20), 4141-4166.

[47] Bueno, J.L. (1997) *Contaminación e Ingeniería Ambiental. Contaminación de las aguas*. Fundación para el fomento en Asturias de la investigación científica aplicada y la tecnología (FICYT).

[48] Van Breemen, A. N. (2001) *Water Treatment Conventional and advance Treatment Methods*. International Institute for Infrastructural, Hydraulic and Environmental Engineering, Holanda.

[49] Kelderman, P. y Kruis, G.F. (2001) *Laboratory Course Aquatic Chemistry and its Applications in Environmental Engineering*. International Institute for Infrastructural, Hydraulic and Environmental Engineering, Holanda

[50] Degremont (1991) *Water Treatment Handbook*. Springer-Verlag, Francia

[51] Hernández, A., (1994) *Depuración de aguas residuales*. Editora Paramimbo.

[52] Ramírez, C. (1992) *Tratamiento de aguas residuales industriales*. UNUM. .

[53] Bijlsma, E., (1999) Maestría en Ing en Saneamiento ambiental Holanda.

[54] Chudova, J. (1986) *Fundamentos teóricos de algunos procesos para la purificación de aguas residuales*. La Habana

[55] Pérez Farrás L. E. (2005) *Teoría de la Sedimentación*. Instituto de Ingeniería Sanitaria y Ambiental

[56] Pérez, J. (1992) *Programa Regional HPE/OPS/CEPIS de mejoramiento de la calidad del agua para consumo humano*. Colombia

[57] Organización Panamericana de la Salud (2005). *Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización*. Perú

[58] Yaya Beas R.E. (2012) *Tratamiento anaerobio de aguas residuales*. Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.

[59] Tomado de

https://www.emagister.com/uploads_user_home/Comunidad_Emagister_2621_residuales.pdf

[60] Moreno Jabo S. N. (2017) *Tratamiento de Aguas Residuales en el tanque Imhoff para disminuir la contaminación en la quebrada Sicacate del Distrito de Montero*. Perú, Universidad Nacional de Piura.

[61] Tilley E. (2018) *Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento*. Suiza, Instituto Federal Suizo para la Ciencia y la Tecnología Acuática.

[62] Rojas R. (2002) *Conferencia Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales*. Curso Internacional Gestión Integral de Tratamiento de Aguas Residuales.

[63] Metcalf & Eddy . (1995). *Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, Vertido y Reutilización*, 3ª ed. McGraw-Hill, Nueva York.

[64] Sanz, J. (2004). *Curso de microbiología ambiental* UAM

[65] Méndez, L. (1998). *Tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados a escala laboratorio*

[66] Rizo Gómez A. (2015) *Instalación y puesta en marcha de filtro prensa para el tratamiento de lodos en la empresa Quebrador Ochomogo LTDA*. Cartago, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

[67] Tomado de <https://hidrometalica.com/wp-content/uploads/2017/02/Cat%C3%A1logo-Filtros-de-Prensa.pdf>

[68] Gamaralalage D. (2018) *Reusing the generated sludge as Fe source in Fenton process for treating crepe rubber wastewater*. Japón, Springer Nature.

[69] Ramalho R. S. (2003) *Tratamiento de Aguas Residuales*. Canadá, Faculty of Science and Engineering.

[70] Tomado de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/leia/morales_r_pm/capitulo4.pdf

[71] Forero J. E. (2005) *Aplicación de Procesos de Oxidación Avanzada como Tratamiento de fenol en Aguas Residuales Industriales de Refinería*. Ciencia, Tecnología y Futuro - Vol. 3 Núm. 1 Dic.

- [72] Monsalve, A. J. y Cardona, S. (2014). *Electrocoagulación para reúso de aguas residuales del proceso de impresión en la industria papelera*. Manuscrito inédito, Facultad de ingeniería química, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia
- [73] Arslan-Alaton I. (2009) *Treatment of azo dye production wastewaters using Photo-Fenton-like advanced oxidation processes: Optimization by response surface methodology*. Journal of photochemistry and Photobiology
- [74] Farias J., Albizzati E. D., Alfano O. M., (2009). *Kinetic study of photo-Fenton degradation of formic acid combined effects of temperature and iron concentration*. Catalysis Today
- [75] Pérez M. (2002). *Removal of organic contaminants in paper pulp treatment effluents under Fenton and Photo-Fenton conditions*. Applied Catalysis B: Environmental
- [76] García-Montaño J. (2007). Tesis doctoral. *Combination of Advanced Oxidation Processes and biological treatments for commercial reactive azo dyes removal*. Departamento de Química. Universidad Autónoma de Barcelona.
- [77] Ince N.H., Tezcanli G. (1999). *Treatability of textile dye-bath effluents by advanced oxidation: preparation for reuse*. Water Science and Technology. 40, 183-190.
- [78] McCabe, W., Smith, J., & Harriott, P. (2007). *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. McGraw-Hill/Interamericana, Ed. 7a ed.. México.
- [79] Peters, S. y Timmerhaus, K. (1991). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. Fourth Edition. Singapore: McGraw-Hill Chemical Engineering Series
- [80] Solano, A. L., & Segarra, E. F. (2006). *Tanques de sedimentación primaria para el tratamiento de aguas residuales*. Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Cuenca
- [81] García, J. y Corzo, A. 2008. *Depuración con Humedales Construidos*. Barcelona : Universitat Politècnica de Catalunya.
- [82] Hess, M. L. (1981). *Teoría y dimensionamiento de procesos: consideraciones hidráulicas*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Lima, Perú
- [83] Conesa Fernández-Vítora Vicente (1997) *Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental*. 3ª edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

^[84]Pereyra F. X. (2004) *Génesis de suelos y evolución del paisaje en el delta del río Paraná*. Revista de la Asociación Geológica Argentina

^[85] Sistema de Información de Biodiversidad de la Administración de Parques Nacionales, Argentina. Tomado de <https://sib.gob.ar/ecorregiones>

^[86] Tomado de <https://es.weatherspark.com/y/28978/Clima-promedio-en-Jos%C3%A9-Mar%C3%ADa-Ezeiza-Argentina-durante-todo-el-a%C3%B1o>

^[87] Tomado de <https://www.nist.gov/system/files/documents/iaao/MariaLauraMayol.pdf>

^[88] Yrigoyen, M.R. (1975) *Geología del subsuelo y plataforma continental*. Relatorio del 6º Congreso Geológico Argentino: 139-168.

^[89] Mancino C. (2013) *Modelación del flujo subterráneo en la cuenca Matanza-Riachuelo, provincia de Buenos Aires*.

^[90] Área de Planificación e Ingeniería. (2016) *Estudio de Impacto Ambiental: Fortalecimiento del sistema de distribución de agua potable, ampliación de red de distribución de agua potable y desagües cloacales barrio San Martín*. Aguas Bonaerenses S.A.

^[91] ACUMAR

<https://www.google.com/search?q=acumar+caracteristicas+cuenca+matanza+riachuelo&oq=acumar+caracteristicas+cuenca+matanza+riachuelo&aqs=chrome..69i57j69i60l3.11119j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8>

^[92] Auge, M. (2002) *Actualización del conocimiento del acuífero semiconfinado Puelches en la Provincia de Buenos Aires*. XXXII IAH & VI ALSHUD. Mar del Plata, Argentina.

^[93] Sala, J. M. (1973) *Presencia de capas filtrantes en el Noreste de la Provincia de Buenos Aires*. V Congreso Geológico Argentino, Córdoba. Tomo V: 185-194.

^[94] EASNE (1972) *Contribución al estudio geohidrológico del Noreste de la Provincia de Buenos Aires CFI*, La Plata. Serie Técnica N° 24, Tomo I y II.

^[95] Tomado de

http://www.filo.uba.ar/contenidos/investigacion/institutos/geo_bkp/gaye/archivos_pdf/AguasubterranasSanNicolas.pdf

[96] Mignaqui I. (2007) *Gestión Ambiental y Desarrollo Económico-Territorial en la cuenca del río Matanza-Riachuelo*.

[88] Tomado de <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/agua/matanza-riachuelo/desarrollosustentable>

[98] Tomado de http://www.bdh.acumar.gov.ar/bdh3/index_contenido.php

[99] Tomado de <http://jmb.acumar.gov.ar/calidad/historicos.php>

[100] Quaíni K.P. (2011) *Análisis espacio-temporal de la cuenca Matanza-Riachuelo, Provincia de Buenos Aires*. Universidad Nacional de Córdoba.

[101] Tomado de <http://www.acumar.gov.ar/wp-content/uploads/2017/12/Ecosistemas-de-la-Cuenca-Matanza-Riachuelo.pdf>

[102] Tomado de http://www.opds.gba.gov.ar/anp/reserva_natural_laguna_de_rocha

[103] Rodríguez S. G. (2016) *Tierra de Mastodontes*. Revista boletín biológica N 85.

[104] Garzonio O. D. (2010) *Cobertura de los servicios de agua y saneamiento a nivel nacional*. Cámara Argentina de la Construcción.

[105] A. Faggi, J. Breuste (2015) *La cuenca Matanza-Riachuelo : una mirada ambiental para recuperar sus riberas*. Universidad Nacional de Flores.