



**UNIVERSIDAD ESTATAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES COMO PROPUESTA ECO AMIGABLE PARA LA  
EMPRESA PRIMICIAS DEL MAR S.A DE LA COMUNA PALMAR”

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR:**

GONZÁLEZ BAZÁN ARIEL BERNARDO

**TUTOR:**

VELIZ AGUAYO ALEJANDRO CRISOSTOMO

La Libertad, Ecuador

2023

---

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAL**

**TEMA:**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES COMO PROPUESTA ECO AMIGABLE PARA LA  
EMPRESA PRIMICIAS DEL MAR S.A DE LA COMUNA  
PALMAR”**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**AUTOR:**

**GONZÁLEZ BAZÁN ARIEL BERNARDO**

**TUTOR:**

**VELIZ AGUAYO ALEJANDRO CRISOSTOMO**

**LA LIBERTAD – ECUADOR**

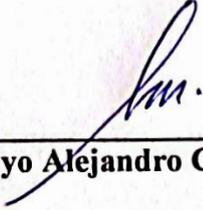
**2023**

**UPSE**

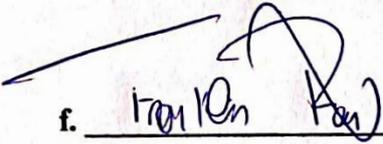
# CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **GONZÁLEZ BAZÁN ARIEL BERNARDO**, como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO INDUSTRIAL**.

**TUTOR**

f.   
**Ing. Veliz Aguayo Alejandro Crisóstomo, PhD.**

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

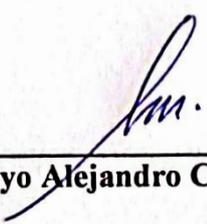
f.   
**Ing. Franklin Reyes Soriano, M.Sc.**

La Libertad, a los 8 días del mes de agosto del año 2023

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación “DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES COMO PROPUESTA ECO AMIGABLE PARA LA EMPRESA PRIMICIAS DEL MAR S.A DE LA COMUNA PALMAR”, elaborado por el Sr. GONZÁLEZ BAZÁN ARIEL BERNARDO, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial, me permito declarar que luego de haberla dirigido, estudiado y revisado, la apruebo en su totalidad.

**TUTOR**

f. 

**Ing. Veliz Aguayo Alejandro Crisóstomo, PhD.**

La Libertad, a los 8 días del mes de agosto del año 2023

# DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **González Bazán Ariel Bernardo**

## DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, “**Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales como propuesta eco amigable para la empresa Primicias del mar S.A de la Comuna Palmar**” previo a la obtención del título de **Ingeniero Industrial**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente, este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**La Libertad, a los 8 días del mes de agosto del año 2023**

## AUTOR

f.   
**González Bazán Ariel Bernardo**

# AUTORIZACIÓN

Yo, **González Bazán Ariel Bernardo**

Autorizo a la Universidad Península de Santa Elena la publicación en la biblioteca de la Institución del Trabajo de Titulación, **Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales como propuesta eco amigable para la empresa Primicias del mar S.A de la Comuna Palmar**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**La Libertad, a los 8 días del mes de agosto del año 2023**

**AUTOR**

f.   
**González Bazán Ariel Bernardo**

# CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES COMO PROPUESTA ECO AMIGABLE PARA LA EMPRESA PRIMICIAS DEL MAR S.A DE LA COMUNA PALMAR**” elaborado por el Sr. **GONZÁLEZ BAZÁN ARIEL BERNARDO**, egresado de la carrera de Ingeniería de Industrial, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial me permito declarar que una vez analizado en el sistema anti plagio COMPITALIO, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un <1% de la valoración permitida por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto reporte de similitud.

**CERTIFICADO DE ANÁLISIS**  
magister

**Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales como propuesta ecoamigable para la empresa primicias del mar SA**

**< 1%** Similitudes **0%** Texto entre comillas  
**< 1%** Idioma no reconocido **0%** similitudes entre comillas

Nombre del documento: Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales como propuesta ecoamigable para la empresa primicias del mar SA.docx  
ID del documento: ece38df8281abe1897e2b5e5b1e13989a6be7125  
Tamaño del documento original: 282,59 KB  
Autor: Ariel González Bazán

Depositante: Ariel González Bazán  
Fecha de depósito: 13/7/2023  
Tipo de carga: url\_submission  
fecha de fin de análisis: 13/7/2023

Número de palabras: 14.556  
Número de caracteres: 89.786

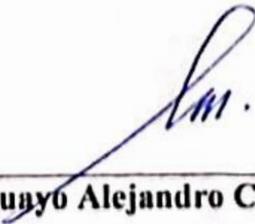
Ubicación de las similitudes en el documento:

**Fuentes principales detectadas**

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="http://repositorio.utc.edu.ec/biostream/270006057/6/MUTC-000624.pdf">repositorio.utc.edu.ec   Uso de carbón vegetal activado a partir de madera residual ...</a> <a href="http://repositorio.utc.edu.ec/biostream/270006057/6/MUTC-000624.pdf">http://repositorio.utc.edu.ec/biostream/270006057/6/MUTC-000624.pdf</a> 7 Fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (46 palabras)
2	<a href="https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf">www.ambiente.gob.ec</a> <a href="https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf">https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf</a> 1 Fuente similar	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (35 palabras)
3	Documento de otro usuario #04516f El documento proviene de otro grupo 3 Fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (29 palabras)
4	<a href="http://repositorio.ucsp.edu.pe/handle/UCSP/14875">repositorio.ucsp.edu.pe   Estudio de factibilidad para optimizar la producción de ha...</a> <a href="http://repositorio.ucsp.edu.pe/handle/UCSP/14875">http://repositorio.ucsp.edu.pe/handle/UCSP/14875</a>	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (26 palabras)

Atentamente,

FIRMA DEL TUTOR

  
f. **Ing. Veliz Aguayo Alejandro Crisóstomo, PhD.**  
**CI: 0908182280**

# CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

*Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.*

*Celular: 0962183538*

*Correo: [bettyruthgomez@educacion.gob.ec](mailto:bettyruthgomez@educacion.gob.ec)*

## CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA

Yo, **BETTY RUTH GÓMEZ SUÁREZ**, en mi calidad de **LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN Y MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS**, por medio de la presente tengo a bien indicar que he leído y corregido el Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, denominado **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES COMO PROPUESTA ECO AMIGABLE PARA LA EMPRESA PRIMICIAS DEL MAR S.A DE LA COMUNA PALMAR”**, del estudiante: **GONZÁLEZ BAZÁN ARIEL BERNARDO**.

Certifico que está redactado con el correcto manejo del lenguaje, claridad en las expresiones, coherencia en los conceptos e interpretaciones, adecuado empleo en la sinonimia. Además de haber sido escrito de acuerdo a las normas de ortografía y sintaxis vigentes.

En cuanto puedo decir en honor a la verdad y autorizo al interesado hacer uso del presente como estime conveniente.

Santa Elena, 3 de Agosto del 2023



Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.

CI. 0915036529

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN  
MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS  
Nº DE REGISTRO DE SENECYT 1050-2014-86052892

## **AGRADECIMIENTOS**

Mis más sinceros agradecimientos a principalmente a mis padres, por haberme apoyado en todos los aspectos posibles que estaban al alcance de ellos, especialmente a mi madre que siempre veló y me acompañó en cada paso que daba en el transcurso de mi vida estudiantil, siendo mi más fuerte motivación para poder alcanzar este objetivo propuesto.

Agradezco también a mis hermanos que a pesar de todo me brindaron su apoyo moral e incondicional en todo momento. También a los docentes que, muy aparte de impartir conocimientos, brindaban tanto confianza como motivación para no decaer en cualquier momento.

Agradezco también a las buenas personas que pude conocer en el transcurso de la etapa universitaria, las cuales me recibieron de buena manera en sus hogares, además de poder vivir muchas experiencias junto a todos ellos.

Por último, agradezco a mis amigos cercanos que estuvieron presentes en cualquier momento, motivándome y ayudándome a despejar la mente cuando era necesario.

*Ariel González Bazán*

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto se lo dedico a aquella persona que siempre me tuvo paciencia en todo momento, a aquella guerrera que no se da por vencida y siempre busca solucionar las cosas y problemas que se le presentan, siendo mi ejemplo fundamental para poder continuar con lo que me propongo, a aquella que fortaleció mi disciplina y educación de la manera más correcta posible, de la cual estaré siempre agradecido, se la dedico con mucho amor y cariño a mi querida madre.

*Ariel González Bazán*

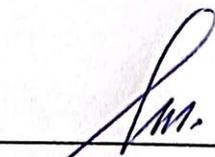
## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f.  \_\_\_\_\_

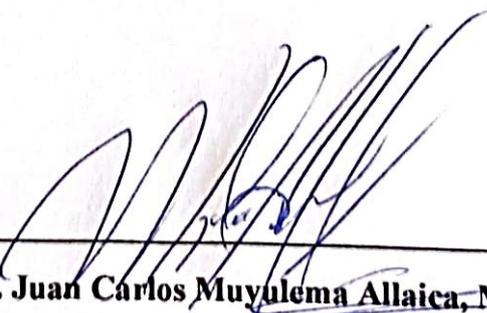
**Ing. Franklin Reyes Soriano, M.Sc.**  
DIRECTOR DE CARRERA

f.  \_\_\_\_\_

**Ing. Víctor Matías Pillasagua, M.Sc.**  
DOCENTE ESPECIALISTA

f.  \_\_\_\_\_

**Ing. Veliz Aguayo Alejandro Crisóstomo, PhD.**  
DOCENTE TUTOR

f.  \_\_\_\_\_

**Ing. Juan Carlos Muyulema Allaica, MEng.**  
DOCENTE GUÍA DE LA UIC

## ÍNDICE GENERAL

<b>PORTADA</b> .....	i
<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	iii
<b>APROBACIÓN DEL TUTOR</b> .....	iv
<b>DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD</b> .....	v
<b>AUTORIZACIÓN</b> .....	vi
<b>CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO</b> .....	vii
<b>CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA</b> .....	viii
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	ix
<b>DEDICATORIA</b> .....	x
<b>TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN</b> .....	xi
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	xv
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xvii
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	xviii
<b>LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS</b> .....	xix
<b>RESUMEN</b> .....	xx
<b>ABSTRACT</b> .....	xxi
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I</b> .....	4
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	4
1.1. Antecedentes investigativos .....	4
1.2. Estado del arte .....	8
1.3. Variable Independiente: Sistema de tratamiento de aguas residuales.....	14
1.4 Variable Dependiente: Efluentes eco-amigables .....	18
1.5 Resultados de la variable.....	19
1.6 Sectores .....	19
<b>CAPÍTULO II</b> .....	21
<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	21
2.1. Enfoque de investigación .....	21
2.2. Diseño de investigación .....	21
2.3. Procedimiento metodológico .....	21
2.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos .....	23
2.4.1. Métodos de recolección de los datos .....	23
2.4.2. Técnicas de recolección de los datos.....	23

2.4.3.	Instrumentos de recolección de los datos .....	24
2.5.	Procedimiento para la recolección de los datos .....	25
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>26</b>
<b>MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>		<b>26</b>
3.1.	Estudio de mercado .....	26
3.1.1	Clientes potenciales .....	26
3.1.2	Segmentación .....	27
3.1.3	Estrategias de comercialización .....	28
3.2	Diseño del sistema (estimado) .....	29
3.2.1	Demanda de efluente .....	29
3.2.2	Parámetros, concentraciones y caudal considerados en el diseño .....	30
3.2.3	Flujo de suposición de maquinaria .....	35
3.3	Estudio de técnico .....	36
3.3.1	Localización .....	36
3.3.2	Suposición de la distribución del sistema.....	36
3.3.3	Descripción de actividades .....	37
3.3.4	Diagrama de flujo de procesos de multicolumnas.....	40
3.3.5	Cálculo del área total requerida por el sistema.....	41
3.3.6	Diagrama de flujo de procesos .....	43
3.3.7	Estudio de tiempos .....	45
3.3.8	Decisión de compra .....	48
3.3.9	Control de calidad del efluente tratado.....	49
3.3.10	Seguridad y mantenimiento.....	50
3.4	Estudio de financiero.....	52
3.4.1	Costo de inversión .....	52
3.4.2	Costos operativos.....	53
3.4.3	Análisis de factibilidad económica – escenario 1: con los ingresos.....	54
3.4.4	Análisis de factibilidad económica – escenario 2: con los ahorros.....	56
3.5	Propuesta de la investigación .....	58
3.5.1	Diseño del sistema.....	58
3.5.2	Características del sistema.....	58
3.5.3	Entradas y salidas por tratamientos .....	60
3.5.4	Vista 3D del sistema de tratamiento.....	62
3.5.5	Área general del sistema de tratamiento.....	63

3.5.6	Dimensiones de las áreas del sistema de tratamiento .....	64
3.5.7	Diagrama de recorrido del proceso de tratamiento.....	65
3.5.8	Diagrama de flujo de procesos de multicolumnas actualizado .....	66
3.6	Marco de discusión .....	66
3.7	Limitaciones del estudio .....	67
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>68</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>69</b>
	<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>70</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>79</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valoración de la confianza general en los resultados de la revisión.....	10
Tabla 2 Número de resultados obtenidos de la primera búsqueda de datos.....	11
Tabla 3 Resultados obtenidos tras la segunda selección de información.....	11
Tabla 4 Artículos seleccionados como base conceptual de las variables de estudio.	12
Tabla 5 Resultados de la evaluación de calidad de AMSTAR II.....	13
Tabla 6. Plan para la recolección y análisis de datos e información.....	25
Tabla 7. Segmentación del mercado por cantón. ....	27
Tabla 8. Valores estimados de los parámetros de entrada .....	30
Tabla 9. Rangos de biodegradabilidad.....	30
Tabla 10. Parámetros establecidos en la etapa del pretratamiento.....	31
Tabla 11. Parámetros establecidos para el tratamiento primario. ....	32
Tabla 12. Parámetros establecidos para el tratamiento secundario.....	32
Tabla 13. Parámetros establecidos para el tratamiento terciario.....	33
Tabla 14. Caudal estimado que demanda la empresa de estudio .....	33
Tabla 15. Cálculo de tiempo del pretratamiento .....	34
Tabla 16. Cálculo del tiempo de retención en el sistema DAF.....	34
Tabla 17. Tiempo de retención en el reactor biológico.....	34
Tabla 18. Tiempo de retención en el tanque de cloración.....	35
Tabla 19. Área total de cada maquinaria.....	41
Tabla 20. Cálculo de superficies para el método de Guerchet.....	42
Tabla 21. Cálculo del área estimada de acuerdo con el método de Guerchet .....	43
Tabla 22. Cálculo del tiempo estándar por actividad de forma general.....	45
Tabla 23. Datos requeridos en POM - QM de las actividades desglosadas.....	46
Tabla 24. Tiempo total para el tratamiento de 173 Ton de aguas .....	47
Tabla 25. Cantidad de efluente tratado mensual y anualmente.....	48
Tabla 26. Cálculo de la decisión de compra de materia prima directa indirecta .....	48
Tabla 27. Parámetros para la evacuación de efluentes a cuerpos de agua. ....	49
Tabla 28. Parámetros de salida estimados del efluente.....	49
Tabla 29. Cálculo del costo de inversión del sistema de tratamiento .....	52
Tabla 30. Cálculo del costo operativo o de tratamiento.....	53
Tabla 31. Flujo de caja de Primicias del mar S.A 2016 - 2020.....	54
Tabla 32. Proyección del flujo de caja de la empresa de estudio.....	54
Tabla 33. Cálculo del periodo de recuperación de la inversión. ....	55

Tabla 34. Cálculo del VAN y TIR .....	55
Tabla 35. Cálculo del ahorro de agua por año. ....	56
Tabla 36. Cálculo del ahorro por multa del incumplimiento de calidad.....	56
Tabla 37. Cálculo del periodo de recuperación.....	56
Tabla 38. Entradas y salida de materia prima por tratamiento.....	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Etapas de selección de los artículos para la obtención de datos .....	9
Figura 2. Etapas del procedimiento metodológico aplicado en la investigación .....	22
Figura 3. Proceso de recolección de datos sobre la empresa de estudio.....	23
Figura 4. Porcentaje de laboratorios de larvas ubicados en el país.....	27
Figura 5. Secuencia estimada de maquinarias.....	35
Figura 6. Macro y Microubicación de la empresa de estudio.....	36
Figura 7. Distribución del sistema y adición de complementos.....	36
Figura 8. Diagrama de operaciones del proceso del sistema de tratamiento.....	40
Figura 9. Diagrama de flujo de procesos (actividades de forma general).....	44
Figura 10. Vistas del sistema de tratamiento .....	58
Figura 11. Vista 3D del sistema de tratamiento .....	62
Figura 12. Distribución del sistema de tratamiento y sus áreas .....	63
Figura 13. Dimensiones de las áreas del sistema de tratamiento.....	64
Figura 14. Diagrama de recorrido de las actividades de tratamiento.....	65
Figura 15. Diagrama flujo de procesos de multicolumnas.....	66

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Solicitud de levantamiento de datos para la empresa de estudio.	79
Anexo 2. Carta aval de aprobación de levantamiento de datos.	80
Anexo 3. Certificado de aceptación y publicación del artículo científico	81
Anexo 4. Banco de preguntas de la evaluación AMSTAR II	82
Anexo 5. Tabla de obtención del efluente.	85
Anexo 6. Rutas de evacuación de aguas residuales de la empresa de estudio.	86
Anexo 7. Gráfica de precedencia de actividades y Gantt.	87
Anexo 8. Cálculo del consumo mensual de energía eléctrica.	88
Anexo 9. Información obtenida y análisis de datos del flujo de caja.	88
Anexo 10. Vistas de cada una de las etapas de tratamiento	89
Anexo 11. Cronograma de actividades de elaboración del T.I.C.	93

## **LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS**

- AMSTAR II: “A Measurement Tool to Assess Systematic Reviews II” o “Una herramienta de medición para evaluar revisiones sistemáticas II”.
- DAF: “Dissolved Air Flotation” o “flotación por aire disuelto”.
- DBO: Demanda Biológica de Oxígeno
- DQO: Demanda Química de Oxígeno
- MBBR: “Moving Bed Biological Reactor” o “reactor biológico de lecho móvil”.
- NH<sub>3</sub>: Amoniac
- RSL: Revisión Sistemática de la Literatura
- SST: Sólidos Suspendidos Totales

# “DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES COMO PROPUESTA ECO AMIGABLE PARA LA EMPRESA PRIMICIAS DEL MAR S.A DE LA COMUNA PALMAR”

**Autor:** González Bazán Ariel Bernardo

**Tutor:** Veliz Aguayo Alejandro Crisóstomo

## RESUMEN

Los sistemas de tratamientos de aguas residuales son de gran utilidad para contrarrestar la contaminación ambiental generada por los efluentes provenientes de las industrias, siendo una de las más destacadas las empresas camaroneras, por ello, es importante implementar este tipo de sistemas para alcanzar una evacuación sustentable con el medio ambiente. El objetivo de la investigación fue diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales, mediante la utilización un proceso biológico, que garantice la evacuación de efluentes de forma amigable con el medio ambiente. La metodología de la investigación aplicada utilizó un enfoque cuantitativo mediante el método deductivo, con un diseño no experimental – transversal descriptivo, utilizando la herramienta “entrevista” para recolectar información sobre la cantidad de efluente y periodos de evacuación que se realizan en la empresa. Los resultados obtenidos mediante la realización de los estudios del sistema de tratamiento dieron a conocer que: el diseño propuesto puede ser utilizado en varias empresas ubicadas en la provincia de Santa Elena, también se estimó que el tiempo de tratamiento requerido y el área óptima para la implementación del sistema, además de demostrar su factibilidad económica. Se concluyó que tanto la herramienta de búsqueda de información, como la herramienta de obtención de datos y el proceso de análisis de la información obtenida, fueron las más adecuadas para generar la propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

***Palabras Claves:*** efluentes, tratamiento de aguas residuales, tratamiento biológico, industria camaronera, propuesta de un diseño de tratamiento, evacuación de agua ecológica.

# “DESIGN OF A WASTEWATER TREATMENT SYSTEM AS AN ECO-FRIENDLY PROPOSAL FOR THE COMPANY PRIMICIAS DEL MAR S.A OF THE PALMAR MUNICIPALITY”

**Author:** González Bazán Ariel Bernardo

**Tutor:** Veliz Aguayo Alejandro Crisóstomo

## ABSTRACT

Wastewater treatment systems are extremely useful to counteract the environmental pollution generated by effluents from industries, one of the most prominent being shrimp companies; therefore, it is important to implement this type of systems to achieve an environmentally sustainable evacuation. The objective of the research was to design a wastewater treatment system, using a biological process, which guarantees the disposal of effluents in an environmentally friendly manner. The applied research methodology used a quantitative approach by means of the deductive method, with a non-experimental - transversal descriptive design, using the "interview" tool to collect information on the amount of effluent and evacuation periods conducted in the company. The results obtained through the studies of the treatment system showed that: the proposed design can be used in several companies located in the province of Santa Elena, it was also estimated that the treatment time required and the optimal area for the implementation of the system, also to demonstrating its economic feasibility. It was concluded that the information search tool, the data collection tool, and the process of analyzing the information obtained were the most appropriate to generate the proposal for a wastewater treatment system.

***Key words: effluents, wastewater treatment, biological treatment, shrimp industry, treatment design proposal, ecological water evacuation.***

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las aguas residuales han tenido un gran aumento a nivel mundial, la necesidad de utilizar agua para diferentes consumos va aumentando a medida que la población crece de manera exponencial (Cadenas Martínez et al., 2019), por lo tanto, la cantidad de efluente que se genera va a ser mayor con el paso del tiempo, siendo producida en diferentes zonas urbanas, industriales y comunitarias que pueden ocasionar problemas potenciales para la salud y el medio ambiente (González Fragozo et al., 2020), por lo que, se estima que tan solo el 34% de las aguas residuales han sido tratadas a nivel mundial (Sánchez & García Gualoto, 2018).

Sin embargo, a nivel de Latinoamérica también se debe reducir los porcentajes de aguas que no han sido tratadas antes de ser evacuadas, por ejemplo, el 70% de las aguas residuales de Perú no son tratadas antes de su vertimiento (Vera Marmanillo, 2019), lo que genera una mala imagen sobre el manejo de efluentes para este país, así mismo, la utilización de este efluente a través del riego agrícola puede generar enfermedades mediante el consumo de alimentos como es el caso de México, siendo el primer país de Latinoamérica que utiliza gran cantidad de agua sin tratar para esta actividad (Ceja De La Cruz & Rentería Rodríguez, 2019).

Mientras tanto, a nivel del Ecuador se estima que aproximadamente entre el 10 y 15% de las aguas residuales son tratadas para su desagüe a los cuerpos de agua (Velasco et al., 2019), por lo que, se espera buscar más alternativas para poder tratar este tipo de aguas residuales, a nivel local (Provincia de Santa Elena) hay escasez de información sobre los porcentajes de efluentes que han sido tratados, sin embargo, se cuenta con 8 lagunas de oxidación repartidos entre los 3 cantones (INEC, 2021).

Una de las industrias que tiene un mayor consumo de agua es la industria camaronera, las cuales son creadas cerca de manglares o cuerpos de agua salada, teniendo un aproximado de 450 empresas dedicadas a este campo (ASOLAP, 2022), de manera que, un 24,67% de ellos se encuentran ubicados en la provincia de Santa Elena y laboran legalmente (MPCEIP, 2023). A nivel provincial se estima que solo hay un laboratorio que cuenta con tratamientos a las aguas residuales que se generan en la empresa, el cual es Texcumar S.A. (Texcumar, 2019).

El sector camaronero, a nivel global, latinoamericano y nacional, es una de las actividades que genera mucha agua residual, ya que su proceso de producción involucra bastante agua dulce y salada en cada etapa de crecimiento del camarón, además de los procesos de limpieza en las empresas, por lo que, el efluente general lo conforman los desechos orgánicos generados por las larvas del camarón y los aditamentos utilizados, los cuales pueden tener efectos secundarios luego de su evacuación.

Ante lo anteriormente mencionado, se aborda como punto de exploración la empresa Primicias Del Mar S.A., dedicada a la producción de larvas de camarón, y al igual que las demás empresas del sector camaronero, involucra mucha de agua en sus procesos de producción (aproximadamente 2.649,6 m<sup>3</sup> de agua), generando aguas residuales que contienen componentes que puedan ocasionar problemas al medio ambiente o al ser humano, los cuales después de ser tratadas pueden beneficiar a la comunidad, al ecosistema y a las mismas empresas.

Bajo este contexto, surge la necesidad de desarrollar la propuesta de un sistema de tratamiento que ayude a evacuar de la manera más ecológica posible el efluente que se genera día a día, utilizando un tratamiento biológico que permite eliminar con mayor facilidad los componentes orgánicos del agua residual. Siendo de gran utilidad no solo para la empresa de estudio, sino también para las demás industrias que se dedican a la misma labor.

Por consiguiente, se plantea el siguiente objetivo general para dar solución a la problemática expuesta, además de cada una de las actividades que permitirán alcanzar la propuesta deseada.

## **Objetivos**

### *Objetivos General*

Diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales, mediante la utilización de un proceso biológico, que garantice la evacuación de efluentes de forma amigable con el medio ambiente.

### *Objetivos Específicos*

1. Definir los procesos que integrarán al sistema de tratamiento de aguas residuales, a través de la revisión de sistemática de libros o artículos científicos, justificando las etapas previas a su diseño.
2. Realizar el marco metodológico de la investigación, mediante la descripción de un procedimiento guía para la obtención, análisis e interpretación de datos.
3. Realizar el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales, con la ayuda del software AutoCAD para diseño de planta, demostrando la originalidad del proyecto.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes investigativos

Uno de los problemas que ha tenido gran relevancia para el ser humano es la contaminación ambiental en el planeta tierra, estando presentes diferentes factores que se integran a este inconveniente, entre ellos se encuentra la contaminación ecológica por aguas residuales o servidas, Zainol & Jazlan (2020) menciona en su artículo que las aguas residuales de una industria son muy diferentes a las de una granja de producción de camarones, teniendo como principales componentes carbono y fósforo en la mayoría de sus desechos, además de partículas de los restos de camarones. Asimismo, Mangarengi et al., (2020) da a conocer que los tipos de desechos que se producen en la industria de la acuicultura se basa en restos de las cáscaras y residuos orgánicos del camarón, aproximadamente el 70% de los nutrientes que sirven de alimentos para los camarones no es aprovechado, más bien, se excreta para producir sus desechos, mientras que el 30% restante si son utilizados para su crecimiento.

En particular, los sistemas de tratamiento de estas aguas servidas que solucionan esta problemática varían según el tipo de manufactura o sector donde se aplicará. A continuación, se muestran ejemplos de las diferentes soluciones internacionales, nacionales y locales en diferentes industrias dadas a conocer mediante la revisión bibliométrica de artículos científicos.

Ciertamente, a nivel internacional se destacan diferentes soluciones que han sido presentadas por diferentes investigadores a través de sus publicaciones científicas, como es el siguiente caso propuesto en la India, donde Vinothkumar et al., (2021) menciona en su artículo científico que el bio-tratamiento es una de las tecnologías más exitosas en el campo de tratamiento de aguas residuales, utilizando bacterias capaces de descomponer la materia orgánica, entre ellas las heterótrofas que obtienen su energía del material carbonoso y pueden ayudar en la eliminación de nitrógeno y materia orgánica tóxica, este tipo de tratamiento puede ser muy recomendable por su bajo costo.

Mao et al., (2022) destaca en un artículo de China, en su investigación sobre la ONU, que la demanda requerida para el uso industrial representa un 19% de la demanda total, y este podría seguir aumentando, por ello el uso del agua dulce va a aumentar anualmente, los mismos autores mencionan que el índice de uso de agua dulce se ha multiplicado seis veces en los últimos 100 años, debido a esto, diferentes investigadores han hecho lo posible por tratar las aguas residuales y poder reutilizarlas en las diferentes industrias que lo requieren. En la misma línea, en el país de Costa Rica, Mora et al., (2022) demuestra en su investigación que la utilización de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) son de mucha ayuda en la eliminación, la materia orgánica y de los contaminantes existentes, además de que debe considerarse tener más de dos tratamientos en el sistema.

Incluso en la República Dominicana, Pérez et al., (2022) manifiesta una de las varias alternativas para ayudar en el tratamiento de las aguas residuales, la cual se destaca en la construcción de humedades artificiales como nueva tecnología para poder conservar y proteger los cuerpos de agua en las áreas urbanas, y así poder incrementar la posibilidad de reutilización de las aguas servidas; Igualmente en México Del Angel et al., (2022) señala otro tipo de metodología para tratar las aguas residuales, este se basa en el tratamiento mediante carbón activado el cual es preparado a través de bagazo de caña de azúcar, teniendo como función principal la absorción de grasas y aceites que pueden provocar taponamiento en las tuberías, considerándose como un nuevo proceso sostenible además de tener la característica de los parques ecológicos, es decir, utiliza el bagazo de caña de azúcar el cual es el residuo sólido principal de esta industria y se convierte en materia orgánica económica para la producción de carbón activado.

Por otro lado, en Perú Roque et al., (2021) diseñaron un sistema sostenible de un módulo innovador para el tratamiento de aguas residuales en una comunidad rural, basándose en la utilización de cianobacteria macrófita autóctona, más conocida como Murmura Común, con el fin de depurar aguas residuales domésticas para darle un uso en el consumo animal y apta para los sistemas de riego, siendo agua limpia de calidad caracterizada física, química y microbiológicamente, logrando su sostenibilidad y consenso al medio ambiente.

Por otra parte, en Colombia, Castillo & Agudelo (2020) mencionan en su investigación la utilización de un humedal artificial plantado con *Limonium Perezzi*, para tratar las aguas residuales que provienen de una empresa de curtido, las cuales contienen comúnmente grasas, aceites, cloruros, cromos, sulfuros, etc., este se basa en un sistema biológico que remueven la salinidad y carga orgánica del agua residual que se le incorpora. De la misma manera, en México los autores Medrano et al., (2022) se destacan en la utilización de la electrocoagulación para el proceso de tratamiento de aguas residuales domésticas, el cual funciona a través de la energía solar fotovoltaica con el fin de reutilizar el agua que proviene de las lavanderías de ropa, este tipo de sistema es compatible y versátil con el medio ambiente. Igualmente, en Perú, Benites et al., (2022) implementan un sistema dinámico de tratamiento de aguas residuales mediante la hidro-cavitación y ozono (HCD-O<sub>3</sub>) el cual es fácil de implementar y no utiliza productos químicos, además de utilizar un equipo ozonificador dentro del proceso.

Las diferentes soluciones propuestas no solo se dan a nivel internacional, sino también a nivel nacional, por ejemplo, en la capital del Ecuador como lo es Quito, en un artículo publicado por la Escuela Politécnica Nacional junto a la Universidad internacional del Ecuador, por los autores Cabrera et al., (2022) desarrollaron un sistema de tratamiento de aguas residuales para una fábrica de embutidos, el cual se basa en un sistema de flotación por aire, interceptor de grasas y un biofiltro con el fin de que las aguas cumplan con las normativas vigentes para que el efluente pueda dirigirse al alcantarillado público.

Peña et al., (2018) mostraron un sistema de tratamiento biológico de aguas residuales que evacuan hacia el río Yaguachi, con lodos activados, filtros biológicos y lagunas de estabilización, empezando con un tratamiento preliminar, seguido de un tratamiento primario que consiste en decantar las aguas residuales, y luego un secundario donde se incorporan las particulares aeróbicas o anaeróbicas (depende del tamaño de las lagunas) y un tratamiento terciario de desinfección. De la misma manera, los autores Merizalde et al., (2019) de Quito, presentaron un sistema de tratamiento de aguas residuales proveniente de una industria de papel, en el que utilizaban un reactor biológico rotativo de contacto (RBC), dosificando partículas aeróbicas sin recurrir a

los procesos de floculación y coagulación, obteniendo buenos resultados de depuración que cumplieran con los parámetros establecidos por las normativas vigentes.

En Ambato de la provincia de Tungurahua, Morales Fiallos et al., (2022) realizaron un estudio para comprobar si el agua proveniente de las lavadoras de carros necesitan un tratamiento residual antes de ser evacuadas al alcantarillado, luego de sus conclusiones y análisis de cada uno de los parámetros establecidos por la normativa pudieron determinar que no cumplen con estos requisitos, mencionando que todo tipo de lavadora de carros no puede evacuar agua al alcantarillado público sin un tratamiento previo, también, en el mismo año autores similares plantearon a esta problemática una solución de un filtro realizado con el bagazo de caña de azúcar para el tratamiento de dichas aguas (Morales Fiallos et al., 2022). Por otro lado, Iturralde & Hernández (2022) publicaron un artículo sobre el tratamiento de aguas residuales proveniente de una industria arrocera de San Jacinto de Yaguachi, en el cual implementaron un biofiltro a base de carbón activado y ceniza que proviene de la cascarilla del arroz, promoviendo la economía circular en el país, obteniendo buenos resultados y destacando que al proceso se le debió añadir un tratamiento de sedimentación.

En cuanto a un artículo publicado por la Revista Ciencia UNEMI, escrita por los autores Carreño Mendoza et al., (2018), se manifiesta un sistema de tratamiento de aguas residuales en el que utilizan un filtro basado en arenas y gravas, además de un proceso de filtración por clinoptiolita y modernita, y finalizando con un proceso de cloración, deduciendo que el proceso es de fácil operación y mantenimiento, obteniendo una depuración del 87% a un costo mínimo y con insumos de fácil obtención en el Ecuador.

Como se ha podido observar, tanto a nivel nacional como internacional se han implementado diferentes soluciones para el tratamiento de aguas residuales, pero localmente, la Provincia Santa Elena no es la excepción, esta cuenta con una planta de tratamiento aguas residuales (Aguapen EP), en el cual su sistema contiene 6 procesos iniciando con la pre-cloración del agua, seguido de la coagulación, floculación, decantación, filtración y finalizando con una post-cloración, sin embargo, existen otros proyectos que se basan en el mismo tratamiento, por ejemplo, en la Comuna San Pablo el autor Saltos Sánchez et al., (2017) que nos mencionan la implementación de un

sistema biológico que utiliza un tanque séptico para la recolección de las aguas servidas, iniciando con el tratamiento biológico que logra reducir el 80% de la materia orgánica, seguido de otro proceso de filtración, logrando obtener agua de cumple con los parámetros vigentes y que es trasladada al alcantarillado público, disminuyendo los malos olores en la Comuna.

Por último, y en relación con estos ejemplos de diferentes soluciones, se resalta que existen empresas que han hecho lo posible por tratar las aguas que van a evacuar, como es el caso de TEXCUMAR S.A, contando con un sistema de filtros a base de piedras y mallas, por donde dirigen al agua e intentan disminuir la mayor cantidad de sólidos que van inmersos en el efluente, además de potabilizar agua que proviene del mar y tener un pequeño sistema de purificación de la misma para el consumo de sus trabajadores.

Es por ello que, al ser evidente la escasez de empresas que se dedican al tratamiento de aguas residuales ubicadas en la Ruta del Spondylus y en el sector local (Provincia de Santa Elena), se ha planteado el propósito de esta investigación basado en un diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales que cuente con un proceso preliminar y tres tipos de tratamientos capaces de reducir en gran cantidad la mayor parte de partículas, el cual fue definido gracias a la Revisión Sistemática de la Literatura (RSL) y la herramienta AMSTAR II (A Measurement Tool to Assess systematic Reviews) con base en los parámetros de búsqueda establecidos.

## **1.2. Estado del arte**

De acuerdo a Guevara Patiño (2016), el estado del arte, un tipo de investigación documental que abarca las diferentes teorías de lo que se ha escrito sobre un objeto o variables de estudio, mediante un riguroso proceso de análisis crítico, el cual consta de varias etapas como la recolección, sistematización, interpretación y reconstrucción de la información relevante obtenida de distintas fuentes de información, pasando a concebirse posteriormente el proceso metodológico y técnico de una investigación. Por ello, es necesario aplicar un fuerte análisis para la sistematización de la información existente, como por ejemplo la aplicación de una revisión sistemática de la literatura (RSL) o un metaanálisis, junto a varios complementos de evaluación.

La Revisión Sistemática de la Literatura se basa en un estudio secundario que

identifica una serie de evidencias disponibles relacionadas a un tema o pregunta de investigación (Carrizo & Moller, 2018), mediante un método riguroso de análisis y evaluación de parámetros que deben cumplir cada una de las fuentes de información que se van a utilizar para validar los datos de la investigación.

La RSL cuenta con cuatro etapas que se deben llevar a cabo para su aplicación:

- 1) Formulación del problema
  - Debe ser factible, novedoso y relevante.
- 2) Búsqueda.
  - Estrategias de búsquedas en bases de datos.
- 3) Selección.
  - Se debe definir los criterios de inclusión y exclusión.
- 4) Análisis
  - Entrega de los documentos aptos para el análisis y continuidad de la investigación.

De acuerdo con Pizarro et al., (2020), en el proceso de selección intervienen las siguientes etapas:

**Figura 1** Etapas de selección de los artículos para la obtención de datos



**Nota:** Figura adaptada del diseño original presentado por (Pizarro et al., 2020)

En la Figura 1 se puede observar el proceso que se lleva a cabo dentro de la etapa de

selección, sin embargo, el RSL finaliza cuando se aplica el formato de recolección para los artículos duplicados, seguido de esto se presenta la evaluación de calidad en el cual interviene la herramienta ASMTAR II, el cual de acuerdo con Shea et al., (2007) es una herramienta de medición para la evaluación de múltiples revisiones sistemáticas, el cual está conformado por 16 interrogantes que debe de cumplirse para determinar la validez de los artículos seleccionados dentro de la RSL.

El ASMTAR II contiene 7 dominios críticos que corresponden a las preguntas (2, 4, 7, 9, 11, 13, 15) y 9 dominios no críticos que se muestran en las imágenes del Anexo 1, estas preguntas tienen alternativas como: Si, Si parcial (S/P), No, No metaanálisis (N/M). De acuerdo con Ciapponi (2018), la valoración de los artículos científicos se basa en 4 niveles de confianza que se muestran en la siguiente Tabla 1, además los parámetros que se deben cumplir cada uno de ellos:

**Tabla 1** Valoración de la confianza general en los resultados de la revisión

<b>Confianza</b>	<b>Justificación</b>
Alta	Ninguna debilidad crítica y aceptable con 1 no crítica.
Moderada	Ninguna debilidad crítica y aceptable con más de 1 no crítica, en caso de ser muchas se considera baja.
Baja	Hasta 1 debilidad crítica, con o sin puntos débiles no críticos.
Muy baja	Mas de 1 debilidad crítica, con o sin debilidades no críticas no es confiable.

**Nota:** Tabla adaptada de la fuente de (Ciapponi, 2018)

Tras determinar la validez de los artículos seleccionados mediante la RSL, se preparan para el análisis correspondiente, dependiendo de cómo se utilizarán, en este caso servirán de guía para el diseño del sistema de tratamiento biológico de aguas residuales.

### **Aplicación RSL**

El problema o población se va a concentrar en los artículos científicos que se vinculen con sistemas de tratamientos para aguas residuales, la búsqueda se direccionará a las bases de datos de Google Academic, Scopus, ScienceDirect, Dimensions, Scielo. Para el proceso de selección se debe tener en cuenta los siguientes criterios de exclusión e inclusión de los artículos, dentro de la selección primaria:

- Título: especificar el sistema de tratamiento biológico de aguas residuales.
- Año: comprendido entre los últimos 4 años.
- Categoría: efluentes eco-amigables.
- Sector: industria camaronera

Además, las palabras ingresadas dentro de los motores de búsquedas deben ser en inglés, dentro de la selección secundaria se utilizará conectores como el “and” y “or” para relacionar las palabras como:

- Sistema de tratamiento biológico y sector camaronero.
- Sistema de tratamiento biológico y evacuación de efluentes.
- Sector camaronero y evacuación de efluentes.

De los cuales, se obtuvieron 1.616 resultados para la primera selección, los mismos que se muestran en la siguiente Tabla 2:

**Tabla 2** Número de resultados obtenidos de la primera búsqueda de datos

Base de datos	Número de resultados obtenidos (4 años)
Scopus	467
ScienceDirect	258
Dimensions	168
Google Academic	716
Scielo	7
Total	1616

**Nota:** Elaborado por el autor

Luego de emplear los cinco primeros pasos de la RSL, se procedió a aplicar la segunda selección de la información, el cual arrojó 453 duplicados y 25 resultados favorables para la evaluación de la calidad de información por medio del proceso AMSTAR II, los cuales se muestran en la Tabla 3 y Tabla 4.

**Tabla 3** Resultados obtenidos tras la segunda selección de información.

N°	Título	Fuente	Año
1	Tratamiento de aguas residuales en la industria de procesamiento de camarones	Google Académico	2020

2	Implementación de un humedal artificial para el tratamiento sostenible del agua de cultivo de camarones en aguas continentales.	Dimensions	2021
3	Avances recientes en la gestión de aguas residuales de la acuicultura del camarón.	Dimensions	2021
4	Reducción altamente efectiva de fosfato y comunidad bacteriana dañina en aguas residuales de camarones mediante tratamiento biológico a corto plazo con microalgas de ingeniería inmovilizadas.	ScienceDirect	2023
5	Un método de tratamiento biológico eficaz para las aguas residuales de la acuicultura marina: Tratamiento combinado de bacterias de degradación inmovilizadas modificadas por aerogel a base de quitosano y macroalgas ( <i>Caulerpa lentillifera</i> )	ScienceDirect	2023

**Nota:** Elaborado por el autor

Los artículos presentados en la Tabla #3 destacan como fundamentos principales y guías para el sistema de tratamiento biológico a diseñar, pero los artículos que se muestran a continuación son la base conceptual de las variables de estudio y sus categorías necesarias para definir el proceso de tratamiento a emplear, igual que los posibles resultados y el sector en el que se concentra la investigación.

**Tabla 4** Artículos seleccionados como base conceptual de las variables de estudio.

N°	Autor	Fuente	Referencia base
6	(Q. Chen et al., 2021)	Dimensions	
7	(Cai et al., 2021)	ScienceDirect	Proceso de
8	(He et al., 2022)	Dimensions	pretratamiento
9	(Akyildiz et al., 2023)	ScienceDirect	
10	(Struk-Sokołowska et al., 2020)	ScienceDirect	
11	(Ramos & Navarro, 2020)	Scielo	Proceso de
12	(Amin et al., 2021)	ScienceDirect	sedimentación
13	(Kosar et al., 2022)	Dimensions	
14	(Raj et al., 2023)	ScienceDirect	

15	(Sanghamitra et al., 2021)	Dimensions	Proceso de tratamiento biológico
16	(Tang et al., 2022)	ScienceDirect	
17	(Muloiwa et al., 2022)	Dimensions	
18	(Hamatani et al., 2023)	ScienceDirect	
19	(Verdugo et al., 2020)	ScienceDirect	Proceso de desinfección y absorción
20	(Sgroi et al., 2020)	ScienceDirect	
21	(Kesar & Bhatti, 2022)	Dimensions	
22	(Li et al., 2022)	ScienceDirect	
23	(Mehmood et al., 2022)	ScienceDirect	Reutilización de agua residual
24	(Hosney et al., 2023)	ScienceDirect	
25	(Eras-Agila & Morocho-Roman, 2022)	Google Academic	Sector camaronero

**Nota:** Elaborado por el autor.

Los artículos presentados en la Tabla 4 son la base fundamental de cada uno de los tratamientos que se requieren en el sistema general. Tanto los artículos de la Tabla 3 y Tabla 4 se evaluarán a continuación mediante las 16 preguntas del AMSTAR II mostradas en el Anexo 4, para visualizar su confiabilidad.

## Evaluación de datos de AMSTAR II

**Tabla 5** Resultados de la evaluación de calidad de AMSTAR II.

Ar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	CA
1	Si	S/P	Si	S/P	Si	Si	Si	Si	S/P	Si	N/M	N/M	Si	Si	N/M	Si	M
2	Si	S/P	Si	S/P	Si	Si	Si	Si	S/P	Si	N/M	N/M	Si	Si	N/M	Si	M
3	Si	S/P	Si	S/P	Si	Si	Si	Si	S/P	Si	N/M	N/M	Si	Si	N/M	Si	M
4	Si	S/P	Si	S/P	Si	Si	Si	Si	S/P	Si	N/M	N/M	Si	Si	N/M	Si	M
5	Si	S/P	Si	S/P	Si	Si	Si	Si	S/P	Si	N/M	N/M	Si	Si	N/M	Si	M
6	Si	S/P	Si	S/P	Si	Si	Si	S/P	S/P	Si	N/M	N/M	Si	Si	N/M	Si	M
7	Si	S/P	Si	S/P	Si	Si	Si	Si	S/P	Si	N/M	N/M	Si	Si	N/M	Si	M
8	Si	S/P	Si	S/P	Si	Si	Si	S/P	S/P	Si	N/M	N/M	Si	Si	N/M	Si	M
9	Si	S/P	Si	S/P	Si	Si	Si	Si	S/P	Si	N/M	N/M	Si	Si	N/M	Si	M
10	Si	S/P	Si	S/P	Si	Si	Si	S/P	S/P	Si	N/M	N/M	Si	Si	N/M	Si	M
11	Si	S/P	Si	S/P	Si	Si	Si	Si	S/P	Si	N/M	N/M	Si	Si	N/M	Si	M
12	Si	S/P	Si	S/P	Si	Si	Si	S/P	S/P	Si	N/M	N/M	Si	Si	N/M	Si	M
13	Si	S/P	Si	S/P	Si	Si	Si	Si	S/P	Si	N/M	N/M	Si	Si	N/M	Si	M
14	Si	S/P	Si	S/P	Si	Si	Si	Si	S/P	Si	N/M	N/M	Si	Si	N/M	Si	M
15	Si	S/P	Si	S/P	Si	Si	Si	Si	S/P	Si	N/M	N/M	Si	Si	N/M	Si	M

16	Si	S/P	Si	S/P	Si	Si	Si	S/P	S/P	Si	N/M	N/M	Si	Si	N/M	Si	M
17	Si	S/P	Si	S/P	Si	Si	Si	Si	S/P	Si	N/M	N/M	Si	Si	N/M	Si	M
18	Si	S/P	Si	S/P	Si	Si	Si	S/P	S/P	Si	N/M	N/M	Si	Si	N/M	Si	M
19	Si	S/P	Si	S/P	Si	Si	Si	Si	S/P	Si	N/M	N/M	Si	Si	N/M	Si	M
20	Si	S/P	Si	S/P	Si	Si	Si	S/P	S/P	Si	N/M	N/M	Si	Si	N/M	Si	M
21	Si	S/P	Si	S/P	Si	Si	Si	Si	S/P	Si	N/M	N/M	Si	Si	N/M	Si	M
22	Si	S/P	Si	S/P	Si	Si	Si	Si	S/P	Si	N/M	N/M	Si	Si	N/M	Si	M
23	Si	S/P	Si	S/P	Si	Si	Si	Si	S/P	Si	N/M	N/M	Si	Si	N/M	Si	M
24	Si	S/P	Si	S/P	Si	Si	Si	Si	S/P	Si	N/M	N/M	Si	Si	N/M	Si	M
25	Si	S/P	Si	S/P	Si	Si	Si	Si	S/P	Si	N/M	N/M	Si	Si	N/M	Si	M

**Nota:** Elaborado por el autor

La Tabla 5 muestra los resultados de la evaluación de calidad de los artículos seleccionados mediante la RSL, la cual arroja una calificación “Moderada” para cada uno de los 25 artículos presentados anteriormente, esto ocurre debido a la falta de un proceso estadístico de comparación de resultados de cada investigación, ya que no se está tomando datos cuantitativos para el estudio. Por lo tanto, al tener una calificación moderada se puede utilizar la información obtenida para los siguientes apartados del estudio.

### 1.3. Variable Independiente: Sistema de tratamiento de aguas residuales

Los sistemas de tratamientos de aguas residuales son tecnologías que se centran en la eliminación de nutrientes, patógenos, materia orgánica y otros residuos que se encuentran en el efluente que proviene de diferentes industrias (Cai et al., 2021), siendo el tipo de efluente una de las variables independientes a considerar, por lo que, se puede aplicar diversos tipos de tratamientos a las aguas residuales como los físicos, químicos, biológicos, con procesos de extracción, absorción, filtración, etc. (Q. Chen et al., 2021), en donde la carga microbiana del efluente es reducida y controlada gracias a la desinfección general del agua (Hang Pham et al., 2021).

Existen varios tipos de sistemas de tratamientos de aguas residuales como los sistemas de filtración, de gravedad, de coagulación, y por flotación (Iber & Kasan, 2021), cada uno de ellos tienen su grado de eficiencia al ser aplicadas, y el cual va de la mano con el número de tratamientos que apliquen, ya sea pretratamiento, primario, secundario, terciario o tratamiento de lodos (Alviano & Andriyono, 2020), asimismo, dependen del tipo de tratamiento que se utilice, de los cuales se ha demostrado que el tratamiento

biológico es el más económico y cuenta con diseños simples para su aplicación (Hang Pham et al., 2021).

Siendo así que, el sistema de tratamiento biológico cumple la función de descomponer la materia orgánica que se encuentra presente en el efluente, además de oxidar la materia inorgánica utilizando microorganismos que incorpora en el agua residual (Muloiwa et al., 2022), todo esto gracias al tipo de sistema que se ha aplicado en el proceso como, por ejemplo: humedales artificiales (Hang Pham et al., 2021), utilización de algas (Krasaesueb et al., 2023), carbón activado (Verdugo et al., 2020), filtros de membranas (Cai et al., 2021), bacterias inmovilizadas (Ye et al., 2023), reactor biológico (H. Chen et al., 2023), etc.

Dentro de los procesos de tratamiento biológicos hay dos tipos de bacterias que se pueden utilizar, las cuales pueden ser “aeróbicas” requieren de oxígeno para reproducirse y cumplir su función de descomponer la materia orgánica (Alviano & Andriyono, 2020), y las anaeróbicas que no requieren oxígeno, pero convierten la materia orgánica en diferentes gases como metano (Loreto Muñoz et al., 2021).

Por otro lado, tanto el volumen del efluente, los estándares de calidad y las características físicas - químicas (pH, DQO, SST, NaCl, NH<sub>3</sub>, aceites, grasas, Cl), del efluente que ingresa al sistema deben ser consideradas como variables independientes para el diseño (Alviano & Andriyono, 2020), debido a que, la capacidad ecoamigable del agua obtenida depende de estos factores, además de que no pueden ser modificados antes de integrarse al tratamiento.

En síntesis, a la información obtenida por los artículos científicos, se ha establecido que el sistema de tratamiento óptimo para la investigación es de tipo biológico, el cual se va a destacar con la utilización de bacterias aeróbicas y con las siguientes etapas de tratamiento:

- Pretratamiento

El pretratamiento es una etapa donde se busca eliminar la mayor cantidad de sólidos en suspensión, compuestos orgánicos, partículas coloidales, y otro tipo de actividad biológica que exista en los efluentes que provienen de las industrias (Cai et al., 2021),

la mayoría de las etapas de pretratamiento pueden basarse en la separación por medio de filtros de membrana (Akyildiz et al., 2023), separación bioquímica, por medio de rodillo sin fin, por medio de cribas o rejillas, etc.

Cabe mencionar que, de las formas de realizar un pretratamiento, las más eficientes son las que usan materiales físicos para separar los sólidos presentes en el efluente, mientras que los métodos bioquímicos traen desventajas a largo plazo y no son muy eficientes (Q. Chen et al., 2021), hay algunos sistemas que incluyen al proceso de sedimentación dentro del proceso de pretratamiento (He et al., 2022), sin embargo, es recomendable realizarlo por separado. Para el diseño, el uso de un tornillo sin fin junto a cribas para separar los sólidos flotantes destaca como mejor método para pretratar el efluente, conectado a la etapa de sedimentación del tratamiento primario.

- Tratamiento primario

El tratamiento primario o sedimentación consiste en una etapa en la que se busca separar los sólidos o sustancias que no se pudieron aislar en el pretratamiento (Alviano & Andriyono, 2020), donde se produce lodos que son retenidos mediante diferentes procesos que intervienen en los tanques de sedimentación primaria como la flotación, coagulación o floculación (Raj et al., 2023), en la flotación se necesita de líneas de aire que se encuentren dentro de los tanques de sedimentación, para que las burbujas atrapen la materia orgánica y las dirijan hacia la superficie (Ramos & Navarro, 2020).

En los sistemas por coagulación se realiza el agrupamiento de partículas finas para formar otras más grandes mediante coagulantes como cloruro férrico, sulfato ferroso, o sulfato de aluminio (Amin et al., 2021), mientras que, los métodos de floculación se basan en la recolección de partículas gracias a los floculantes utilizados (Struk-Sokołowska et al., 2020). Por ello, el proceso de flotación es el óptimo para la etapa de tratamiento primario o sedimentación para el sistema de tratamiento, considerando que la eliminación de las partículas que se encuentren en el efluente va a depender de la demanda química de oxígeno (DQO) que se le adicione al tanque (Kosar et al., 2022).

- Tratamiento secundario

El tratamiento secundario se basa en un proceso de tratamiento biológico en el que se

utilizan bacterias aeróbicas o anaeróbicas para la descomposición de la materia orgánica que se encuentra dentro del efluente (Alviano & Andriyono, 2020), este proceso utiliza bombas-sopladores de aire-blower para la transferencia de oxígeno al tanque de aireación (Muloiwa et al., 2022), oxigenando y descomponiendo la materia orgánica mediante el adición de bacterias por medio de objetos porosos en el caso de los microorganismos aeróbicos (Ye et al., 2023), y mediante un reactor biológico en el caso de las anaeróbicas, debido a su alta producción de gases que pueden ser perjudiciales (Hamatani et al., 2023).

Como se mencionó con anterioridad, el tipo de tratamiento de aguas residuales de forma biológica es uno de los más eficientes, fácil diseño y de bajo costo (Tang et al., 2022), su eficiencia va a depender del tipo de bacterias que se utilicen para descomponer la materia orgánica y de la DQO, una de las consideraciones de la utilización de bacterias para este proceso es de la cepa *Bacillus velezensis* del género *Acinetobacter sp* con el fin de degradar tanto DQO como el nitrógeno amoniacal, y *Limosilactobacillus fermentum RC4* para la eliminación de nitrito de la familia *Bacillys sp*, seleccionadas por la capacidad que tienen ambas bacterias para reproducirse en aguas con pH salino, justificándonos del estudio realizado por (Ye et al., 2023), siendo este el más óptimo proceso para el sistema de tratamiento.

- Tratamiento terciario

El tratamiento terciario se basa en un proceso completo para tratar a las aguas residuales, tratando de eliminar la carga orgánica que no ha sido eliminada en las etapas anteriores (Alviano & Andriyono, 2020), las distintas aplicaciones que se pueden realizar para separar la materia orgánica final se mantienen entre un intercambio iónico, absorción, utilización de membranas, u osmosis inversa (SgROI et al., 2020), estos procesos deben ser aplicando después de realizar la desinfección del agua tratada para eliminar matar los microorganismos que pueden generar un peligro posteriormente, el cual se da mediante la dosificación de cloro al agua (Kesar & Bhatti, 2022).

Dentro de la etapa final del diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales, se va a aplicar la respectiva etapa de cloración del efluente tratado para eliminar la mayor cantidad de microorganismos, siendo este uno de los procesos más rentables,

eficientes y comunes para desinfectar agua residual que se va a verter a entornos acuáticos (Li et al., 2022), las concentraciones de cloro se basarán en el estudio realizado por (Kesar & Bhatti, 2022). En síntesis, la absorción mediante carbón activado granular para generar menor toxicidad en el agua residual, controlando el olor, color y sabor del efluente tratado (Verdugo et al., 2020), es el óptimo para el sistema de tratamiento, logrando que el efluente cumpla con las mejores condiciones para evacuarlo.

#### **1.4 Variable Dependiente: Efluentes eco-amigables**

La gestión de las aguas residuales se concentra en el previo tratamiento que se les debe dar a los efluentes provenientes de las industrias, prácticas domésticas o comerciales (Mehmood et al., 2022), este tratamiento tiene como resultado un efluente que está apto para su evacuación a los cuerpos de agua, el cual cumple con los estándares que están legalizados por los agentes reguladores del país, además, puede ser utilizado en diferentes actividades de las industrias entre las cuales las más importantes son el riego y para la limpieza de las instalaciones de las empresas (Hosney et al., 2023).

Las altas tecnologías de tratamiento de aguas residuales dan una alternativa para poder satisfacer la gran demanda de agua que existe en la agricultura, siendo este efluente utilizado para el riego de las plantas logrando minimizar los riesgos para la salud y la producción agrícola (Hosney et al., 2023), sin embargo, cuando no existe un tratamiento previo aumenta la probabilidad de riesgos en la salud de las personas que consumen los alimentos que provienen de los cultivos en donde se utilizó el agua residual sin tratar, provocando enfermedades como cólera, diarrea, salmonelosis, etc.,(Mehmood et al., 2022), por lo que es necesario realizar un tratamiento del agua residual con el fin de obtener un efluente que se acople al ecosistema.

Así mismo, la eficiencia de remoción de contaminantes, el costo del sistema, la disponibilidad de recursos, la capacidad de mantenimiento y la calidad de agua son considerados como variables dependientes para el sistema de tratamiento, logrando que el agua obtenida cumpla con los parámetros establecidos por los agentes reguladores (pH, DQO, SST, NaCl, NH<sub>3</sub>, aceites, grasas, Cl), al mínimo costo posible y con un alto grado de eficiencia.

En síntesis, el efluente eco-amigable es aquel que ha seguido un proceso estricto para cumplir con los parámetros de evacuación a la naturaleza, manteniendo bajo porcentaje de contaminantes que, al ser desembocado al mar, lago, alcantarillado o algún río no produzca efectos negativos en dichos ecosistemas y más bien pueda acoplarse tanto con su olor, color y sabor a la respectiva flora y fauna que lo rodea (Ceja De La Cruz & Rentería Rodríguez, 2019).

### **1.5 Resultados de la variable**

La variación de los métodos de tratamientos de aguas residuales genera alternativas a los resultados obtenidos, por la eficiencia de cada etapa aplicada en los tratamientos, la combinación de un sistema de tratamiento aguas residuales y la descomposición de la materia orgánica por agentes biológicos hace que los resultados esperados de la propuesta sean muy eficientes, cumpliendo con las expectativas de la investigación y con los objetivos planteados.

El tratamiento biológico con bacterias aeróbicas es más eficiente que el tratamiento con bacterias anaeróbicas, así no se generarán gases negativos al ambiente y se reducirá la capacidad de generar lodos. El tratamiento biológico seguido de una etapa de absorción por medio de carbón activado son un punto fuerte para mantener las características físicas y químicas de un efluente amigable con el medio ambiente, además de clarificarse con el adiciónamiento de cloro, eliminando con mayor seguridad la concentración de microorganismos existentes en el agua.

### **1.6 Sectores**

La investigación se centra específicamente en el sector camaronero, el cual se basa en criaderos de larvas y nauplios de camarón producidos en los laboratorios cercanos al perfil costero de país, la industria camaronera ha llevado un importante desarrollo desde 1950, logrando distribuir la producción a diferentes lugares del país como en el continente asiático (Eras & Morocho, 2022), siendo uno de los primeros países que se dedican a la exportación de camarón, además de cumplir con los estándares de calidad manteniendo siempre buenas prácticas en la producción, medio ambiente y armonía de los trabajadores.

De igual forma, las industrias o laboratorios que se dedican a la producción de larvas o nauplios de camarón, son una de las empresas que dentro de su proceso de producción demandan de una gran cantidad de agua en su “corrida de trabajo” siendo esta agua salada que proviene del mar, además se la utiliza en los procesos de limpieza general de las instalaciones (Alviano & Andriyono, 2020), lo que genera agua residual en gran cantidad la cual es evacuada al alcantarillado público o en ciertos casos al mar, en vista a este problema se genera la necesidad de realizar un tratamiento previo al agua residual para que se pueda evacuar de forma segura y minimizando la posibilidad de que genera efectos secundarios en las personas o medio ambiente.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO METODOLÓGICO**

De acuerdo con Azucero - Azucero (2019) el marco metodológico se basa en un conjunto de pasos o acciones direccionadas a analizar, describir y resolver problemas, siguiendo un procedimiento que inicia desde la obtención de información hasta la resolución del problema planteado, incluyendo la utilización de diversas técnicas de recolección de datos que dependen del tipo de investigación que se esté efectuando.

#### **2.1. Enfoque de investigación**

La investigación se orientó al enfoque cuantitativo, en vista a que persigue un conjunto secuencial de procesos que incluye datos numéricos que den como resultados conclusiones exactas. Además, se utilizó un método deductivo, en el cual como menciona Prieto - Castellanos (2018) se inicia a partir de la problemática general, posteriormente, la utilización de un proceso sintético permitirá la revisión de la literatura de fundamentos teóricos universales para reforzar la información.

#### **2.2. Diseño de investigación**

El presente estudio persiguió un diseño no experimental, de tipo transversal descriptivo, el cual, con base en los autores Arispe et al., (2020) pretende llegar a las causas o soluciones del fenómeno de estudio sin la necesidad de controlar o modificar las variables establecidas, por lo que se analizan en su estado natural. Así mismo, la recolección de información necesaria para continuar con la investigación se realizó en un único momento dentro de la empresa de estudio, describiendo las características y propiedades del proceso que se está llevando a cabo.

#### **2.3. Procedimiento metodológico**

El procedimiento metodológico toma en consideración los diferentes artículos presentados en el estado del arte, los cuales hacen referente al tratamiento de aguas residuales en las industrias camaroneras y a las diferentes etapas que forman a este sistema, por ello, el procedimiento llevado a cabo en la investigación se basó en los procedimientos aplicados por los autores (Alviano & Andriyono, 2020; Andrade Avalos et al., 2021; Hang Pham et al., 2021), complementándolos y generando las siguientes etapas de la investigación mostradas en la Figura 2:

*Figura 2. Etapas del procedimiento metodológico aplicado en la investigación*



**Nota:** Elaborado por el autor, adaptado de las investigaciones de (Alviano & Andriyono, 2020; Andrade Avalos et al., 2021; Hang Pham et al., 2021)

Las etapas presentadas en la Figura 2 se describen a continuación:

- **Planificación de la investigación:** refiriéndose al estado actual de la problemática, definición de variables, objetivos de la investigación, antecedentes, alcance y limitaciones.
- **Revisión sistemática de la literatura:** búsqueda de la información fundamental y guía de la investigación, la misma que pasó por medio de un riguroso proceso de selección de la información, con el fin de calificar su validez y confiabilidad, además de su gran aporte al estudio.
- **Descripción del proceso a diseñar:** partiendo del tema general a la descripción de cada una de las etapas que va a conformar el sistema de tratamiento de aguas residuales, especificando la actividad que se va a llevar a cabo en cada una de ellas.
- **Toma de datos de la empresa de estudio:** especificación de la demanda de efluente que proviene de la empresa de estudio y su diagrama de flujo de evacuación, logrando que el sistema a diseñar se acople a la cantidad de agua residual que evacúa de los reservorios.
- **Obtención de concentraciones:** especificación de las máquinas a utilizar,

dimensiones, cantidad de químicos a dosificar.

- **Diseño del sistema:** realización del sistema mediante el software AutoCAD en 3D, con sus respectivas dimensiones.
- **Estudios del producto:** realización del estudio técnico y financiero del sistema. El estudio de mercado será realizado antes del diseño del producto.
- **Resultados de la investigación:** resumen de los diferentes estudios realizados, perspectivas del diseño realizado y sus limitaciones.
- **Conclusiones y recomendaciones:** argumentos finales de la investigación sobre el cumplimiento de cada uno de los objetivos establecidos.

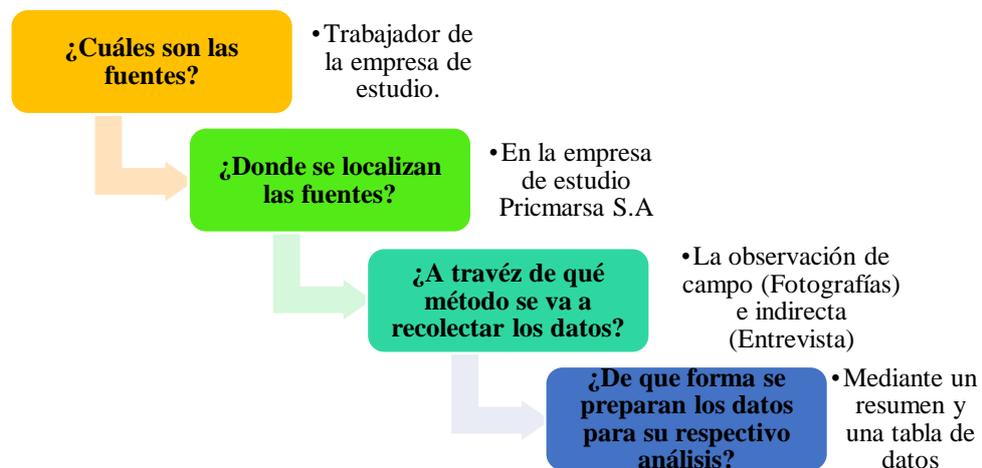
## 2.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos

El método, técnica e instrumento de recolección de datos fueron acordes al tipo de investigación no experimental utilizado, con el fin de obtener información primaria proveniente de la empresa de estudio.

### 2.4.1. Métodos de recolección de los datos

El método de recolección de datos utilizado se basó en el tipo de observación de campo e indirecta, guiándose del siguiente proceso mostrado en la Figura 3:

*Figura 3. Proceso de recolección de datos sobre la empresa de estudio.*



**Nota:** Elaborado por el autor, adaptado de (Hernández et al., 2014).

### 2.4.2. Técnicas de recolección de los datos

La técnica para la recolección de datos de la investigación es la entrevista que está dirigida a un trabajador de la empresa de estudio, la cual no va a requerir de una validez del instrumento, debido a que, solo pretende obtener una muestra de datos que no

necesitan de un análisis estadístico para el diseño y se acoplan al diseño de investigación con el fin de no controlar las variables del fenómeno. Así mismo, la observación también forma parte de este proceso.

### **2.4.3. Instrumentos de recolección de los datos**

El instrumento de recolección de datos se basó en las preguntas de la entrevista, las cuales nos van a permitir obtener y registrar la información necesaria para la investigación, como, por ejemplo: el número de tanques que tiene la empresa; el porcentaje de utilización de capacidad de cada uno de ellos; el porcentaje de recambio de agua que se realiza: número de recambio realizado por día, periodo en que se realiza: desde que día de trabajo empieza el recambio, cuantos días contiene su ciclo de trabajo y método de evacuación del efluente generado. Al igual que la observación que se realiza dentro de las instalaciones de la empresa de estudio, teniendo como objetivo captar las rutas de evacuación y concentración del efluente que proviene de la empresa, lo que da paso a las demás etapas de la investigación.

## 2.5. Procedimiento para la recolección de los datos

A continuación, se presenta la Tabla 6 sobre el procedimiento para la recolección de datos que sigue la secuencia de cada uno de los objetivos específicos de la investigación, describiendo la forma y métodos utilizados para la obtención de información pertinente para el estudio.

**Tabla 6.** Plan para la recolección y análisis de datos e información

N°	Objetivo	Acciones	Herramientas	Resultados
1	Definir los procesos que integrarán al sistema de tratamiento de aguas residuales, a través de la revisión de sistemática de libros o artículos científicos, justificando las etapas previas a su diseño.	1. Revisión de la literatura 2. Investigación sobre los distintos métodos para tratar aguas residuales	1. RSL 2. AMSTAR II	1. Obtención de las últimas investigaciones sobre el tratamiento de aguas residuales. 2. Descripción del proceso óptimo para el sistema de tratamiento de aguas residuales.
2	Realizar el marco metodológico de la investigación, mediante la descripción de un procedimiento guía para la obtención, análisis e interpretación de datos.	1. Determinación de las etapas para la obtención de datos e información. 2. Visita de campo en la empresa de estudio.	1. Entrevista 2. Observación	1. Establecimiento las etapas para la presentación de la propuesta 2. Obtención de datos sobre la demanda de efluente
3	Realizar el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales, con la ayuda del software AutoCAD para diseño de planta, demostrando la originalidad del proyecto.	1. Realización el diseño del sistema de tratamiento. 2. Realización de los estudios del sistema.	1. Software AutoCAD	1. Presentación de la propuesta del sistema de tratamiento de aguas residuales.

**Nota:** Elaborado por el autor

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1. Estudio de mercado**

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales son de gran necesidad para el cuidado del medio ambiente, en especial para el mantenimiento de los cuerpos de aguas de la naturaleza. Estos tipos de sistemas logran eliminar la mayor cantidad de contaminantes que se encuentran dentro del efluente proveniente de las diferentes industrias. A continuación, se presenta el análisis realizado sobre el mercado al cual se direccionan los tratamientos descritos con anterioridad.

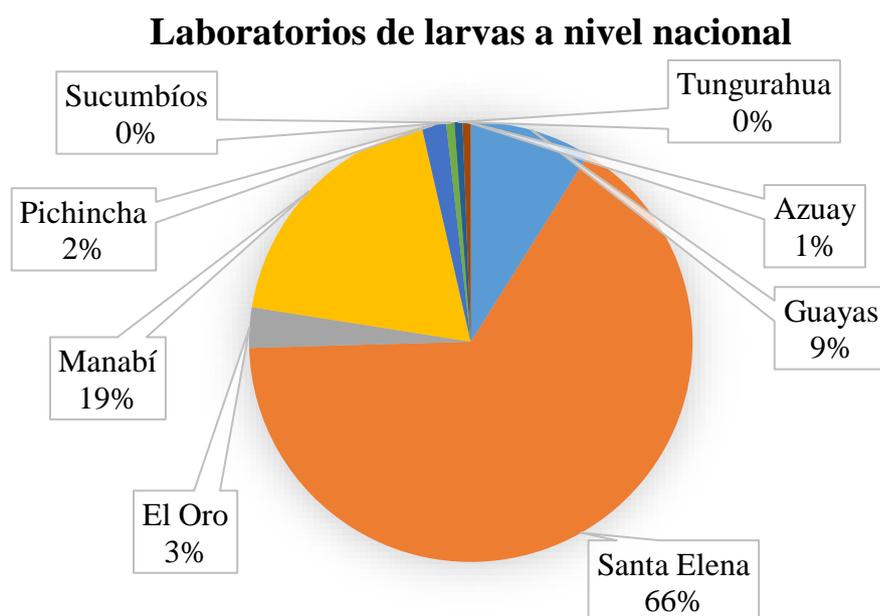
##### **3.1.1 Clientes potenciales**

El sistema de tratamiento de aguas residuales que se diseñó estuvo basado en la utilización de un proceso biológico para la eliminación de la materia orgánica que se encuentra en el efluente a tratar, este proceso biológico se caracteriza por la utilización de bacterias aeróbicas capaces de reproducirse en un medio salino. Por ende, el sistema está dirigido a las empresas que utilicen agua de mar o agua salada en sus procesos de producción, es decir, está direccionado a los laboratorios dedicados a la cría de nauplios y larvas de camarón, siendo este su mercado nacional.

Este tipo de empresas son muy frecuentes en zonas que tengan mayor accesibilidad al recurso hídrico salino o dicho en otras palabras en el perfil costero ecuatoriano. De acuerdo con la Asociación de Productores de Larvas de Camarón (ASOLAP), dentro del Ecuador existen aproximadamente 450 laboratorios que se dedican a esta actividad (ASOLAP, 2022), incluyendo aquellos establecimientos que son irregulares o que no cumplen las disposiciones de operación.

Así mismo, de acuerdo con el Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca, en el país hay aproximadamente 169 laboratorios registrados y aprobados por la subsecretaría de calidad e inocuidad del Ecuador (MPCEIP, 2023), de los cuales 111 pertenecen a la provincia de Santa Elena, clasificándose de la siguiente manera como se presentan en la Figura 4, dándose a conocer el porcentaje que representan estas empresas a nivel nacional.

**Figura 4.** Porcentaje de laboratorios de larvas ubicados en el país.



**Nota:** Elaborado por el autor, adaptado de MPCEIP (2023),

Las 111 empresas dedicadas al criadero de larvas y nauplios de camarón corresponden al mismo valor de la demanda o clientes totales del sistema a diseñar, en vista a que a cada empresa se le es necesario un solo sistema de tratamiento.

### 3.1.2 Segmentación

La segmentación se centró específicamente en la provincia de Santa Elena, en donde la demanda total de 111 empresas fue clasificada por su ubicación geográfica (cantones de la provincia), así como se muestra en la Tabla 7.

**Tabla 7.** Segmentación del mercado por cantón.

<b>Cantón</b>	<b>N° de laboratorios</b>	<b>Porcentaje representativo</b>
Santa Elena	59	53,15%
Libertad	2	1,8%
Salinas	50	45,05%
<b>Total</b>	<b>111</b>	<b>100%</b>

**Nota:** Elaborado por el autor

La segmentación permitió conocer el número de empresas que se ubican en los diferentes cantones de la provincia y sus porcentajes correspondientes, además se las consideró como el número de clientes potenciales del proyecto.

### **3.1.3 Estrategias de comercialización**

Debido a que el sistema de tratamiento biológico es nuevo en el mercado provincial y nacional, se requieren de herramientas y estrategias que permitan llegar de una manera más acogedora a los clientes. Por ello, a continuación, se presentan una lista de ítems considerados para cumplir con el posicionamiento en el mercado objetivo.

#### **Promoción y difusión**

- Marketing mediante las redes sociales (directo), involucrando el tipo de sistema creado y las empresas que podrían utilizar el sistema.
- Marketing mediante medios radiales (indirecto), este tipo de publicidad es más acogida por las personas que mientras laboran se mantienen escuchando las noticias por medio de los radios. Así mismo, se podría dar a conocer las ofertas y el lanzamiento del producto.
- Marketing digital, mediante la creación de una página web empresarial para poder ofertar el sistema.
- Marketing audiovisual, mediante la implantación de letreros con videos en zonas estratégicas o cercanas al mercado objetivo.
- Marketing en medios físicos, se basa en la promoción a través de las revistas o periódicos más adquiridos por las personas.
- Marketing estratégico mediante socios, en este tipo de promoción se utilizará la colaboración de marketing con otros negocios que se dediquen a la venta de productos complementarios a nuestro sistema.

#### **Ventas y relación con el cliente**

- Fácil accesibilidad a información sobre la venta del sistema, ya sea en línea, por correo electrónico o mediante la página web. La información podría incluir datos comunes que las personas desean conocer, como: precio, dimensiones, capacidad, etc.
- Brindar información sobre los servicios que vienen acompañados con el sistema como: el servicio de instalación, servicio de conocimiento general del sistema, prueba de funcionamiento, etc.
- Ventas mediante la explicación sobre las características del producto como: el precio accesible, sistema novedoso y de calidad.

## **3.2 Diseño del sistema (estimado)**

### **3.2.1 Demanda de efluente**

La capacidad del sistema depende de la obtención de datos sobre la demanda de efluente generada por la empresa en cierto periodo de tiempo (por día, mes o ciclo de trabajo). Por ello, se ha obtenido los siguientes datos de la empresa de estudio:

- Ciclo de trabajo: 30 días al mes.
- Número de tanques (reservorios) que se utilizan: 18 tanques.
- Capacidad de utilización por tanque: 32 Ton.
- Porcentaje de recambio de agua: 30 a 20%.
- Número de recambios por día: 1 a 2.
- Tiempo de recambio: 2 a 3 días.
- Inicio de recambio: dependiendo la disposición de la empresa.

La mayoría de los datos sobre el recambio del agua que se realiza en cada uno de los reservorios dependen del biólogo que dirige el proceso de producción de las empresas, es decir, el número de recambios al día, el porcentaje de recambio y el tiempo va a depender de las condiciones en las que se encuentre el agua y de la decisión que tome el biólogo. En vista de la necesidad de un valor específico para la obtención de la demanda de efluente que proviene de la empresa, se va a considerar los siguientes datos:

- Porcentaje de recambio de agua: 30%.
- Número de recambios por día: 1.
- Tiempo de recambio: 2 días.
- Inicio de recambio: a partir del 6to día.

Los datos dan apertura para concluir lo siguiente de la tabla mostrada en el Anexo 5: la empresa inicia su producción con una cantidad de 576 Ton de agua, realizando un recambio cada dos días y generando 173 Ton de agua que están listas para evacuar, siendo al mes un total de 2.649,6 Ton de efluente, el cual pasa por un filtro de piedrillas y gravas antes de ser evacuado como se muestra en la Figura del Anexo 6.

### 3.2.2 Parámetros, concentraciones y caudal considerados en el diseño

#### Parámetros de entrada

Los parámetros de entrada del efluente varían dependiendo del tipo de industria para el que se va a diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales, en el caso de la industria camaronera, en los laboratorios productores de nauplios y larvas de camarón no existen valores promedios sobre los parámetros del efluente de este tipo de empresas, sin embargo, se consideró los valores presentados en las investigaciones de (Alviano & Andriyono, 2020; Andrade Avalos et al., 2021), donde se destacaron los siguientes valores mostrados en la Tabla 8:

**Tabla 8.** Valores estimados de los parámetros de entrada

Parámetro	Unidad de medida	Rango estimado
pH		≈6,5
Aceites y grasas	mg/l	≈28
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	≈370
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/l	≈290
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/l	≈195 – 210
Amoniaco total	mg/l	≈9,5
Cloro	En función de la empresa	

**Nota:** Elaborado por el autor, adaptado de las investigaciones de (Alviano & Andriyono, 2020; Andrade Avalos et al., 2021).

Una vez que se han obtenido los valores reales de los parámetros de entrada del efluente, se procede a calcular el índice de biodegradabilidad, con el fin de conocer que tan biodegradable es la materia orgánica encontrada en el efluente, y saber si se debe aplicar un tratamiento biológico y aumentar la eficiencia de tratamiento. De acuerdo con Andrade Avalos et al., (2021), hay una fórmula y rangos establecidos para conocer qué tan biodegradable es el efluente:

$$\text{Índice de biodegradabilidad} = \frac{DBO}{DQO}$$

El índice de biodegradabilidad se calcula mediante el cociente entre la demanda bioquímica de oxígeno y la demanda química de oxígeno, para ello, existen rangos que dan a conocer que tan degradable es el efluente, los cuales se muestran en la Tabla 9.

**Tabla 9. Rangos de biodegradabilidad**

$\frac{DBO}{DQO}$	Índice de biodegradabilidad
<0,25	No es biodegradable
0,25-0,4	Biodegradable
>0,4	Muy biodegradable

**Nota:** tabla obtenida de (Andrade Avalos et al., 2021).

La fórmula es aplicable, siempre y cuando se obtenga valores reales sobre los parámetros del efluente que se va a tratar, en caso de no ser biodegradable, se debe aplicar un tratamiento físico al agua residual. El índice de biodegradabilidad de los parámetros de entrada presentados es de:

$$\text{Índice de biodegradabilidad} = \frac{290 \text{ mg/l}}{370 \text{ mg/l}} = 0,78$$

El índice nos indica que el efluente es muy biodegradable, por lo tanto, debe aplicarse un tratamiento biológico.

### Maquinarias y concentraciones

- **Pretratamiento**

Es la primera etapa del sistema de tratamiento, la cual pretendió separar la mayor cantidad de sólidos flotantes que se encuentran inmersos en el efluente proveniente de la empresa de estudio, en el cual se consideró la siguiente máquina y parámetros mostrados en la Tabla 10.

**Tabla 10. Parámetros establecidos en la etapa del pretratamiento**

Parámetro o maquinaria	Valor
Tamiz tornillo (4 mm de separación de acero inoxidable)	\$8100
Nombre	TTM 300
Compañía	Aquaenergy.es
Caudal	44 - 190 m <sup>3</sup> /h
Dimensiones (L*A*h) (cm)	489*95,59*290,93
Pendiente relación con la vertical	35°
Depósito para residuos	\$40

**Nota:** Elaborado por el autor

- **Tratamiento primario**

Segunda etapa del sistema de tratamiento, donde se tuvo como fin la eliminación de los sólidos que no fueron separados en el pretratamiento y de la materia orgánica que se encuentra dentro del efluente. La máquina y las concentraciones consideradas para el tratamiento primario se muestran en la Tabla 11.

**Tabla 11.** Parámetros establecidos para el tratamiento primario.

<b>Parámetro o maquinaria</b>	<b>Valor</b>
Sistema DAF	\$7167
Nombre	PLD-QF-100
Compañía	PULITA
Capacidad de tratamiento	Hasta 100 m <sup>3</sup> /h
Dimensiones (L*A*h) (cm)	1032,2*223,8*207,34
Concentración de adición de aire	0,01 lb de aire/lb de SST

**Nota:** Elaborado por el autor.

- **Tratamiento secundario**

Es la tercera etapa del sistema de tratamiento, la cual tuvo como finalidad descomponer la materia orgánica disuelta en el agua residual, con la ayuda de las bacterias que se colocan en el reactor - digestor aeróbico para facilitar el adición de oxígeno. La máquina y las concentraciones consideradas para el tratamiento secundario se muestran en la Tabla 12.

**Tabla 12.** Parámetros establecidos para el tratamiento secundario.

<b>Parámetro o maquinaria</b>	<b>Valor</b>
Reactor – Digestor aeróbico	≈\$9000
Nombre	Reactor MBBR
Compañía	Condorchem
Capacidad de tratamiento	Hasta 100 m <sup>3</sup> /h
Dimensiones (D*h) (cm)	500,36*500
Concentración de bacteria <i>Limosilactobacillus fermentum RC4</i>	100 mg/l de NH <sub>3</sub>
Tiempo de degradación	3h
Concentración de bacteria <i>Bacillus velezensis</i>	3g/l de DQO
Tiempo de degradación	5h

Concentración de adición de oxígeno	1,3lb O <sub>2</sub> /lb de DBO
-------------------------------------	---------------------------------

**Nota:** Elaborado por el autor

- **Tratamiento terciario**

Es la etapa final del sistema de tratamiento, la cual se dividió en dos actividades, la primera es la etapa de clarificación en un tanque de desinfección, seguido de un proceso de absorción mediante carbón activado. La máquina y las concentraciones consideradas para el tratamiento terciario se muestran en la Tabla 13.:

**Tabla 13.** *Parámetros establecidos para el tratamiento terciario.*

<b>Parámetro o maquinaria</b>	<b>Valor</b>
Tanque de desinfección	\$1400
Capacidad de tratamiento	Hasta 100 m <sup>3</sup> /h
Nombre	Tanque de almacenamiento
Compañía	Alibaba
Dimensiones (L*A*h) (cm)	800*500*520
Concentración de cloro	≈1,5 ppm
Tiempo de cloración	≈20 min
Concentración de carbón activado	≈160g/ton en 10 min

**Nota:** Elaborado por el autor.

### **Cálculo del caudal proveniente de la empresa de estudio**

Otro factor importante que se debe considerar en el diseño del sistema de tratamiento es el caudal que proviene de la empresa de estudio, el cual se presenta en la Tabla 14.

**Tabla 14.** *Caudal estimado que demanda la empresa de estudio*

<b>Magnitud</b>	<b>Valor obtenido</b>
Cantidad de efluente (m <sup>3</sup> )	173
Tiempo de evacuación (h)	≈2
Caudal (m <sup>3</sup> /h)	86,5

**Nota:** Elaborado por el autor

### **Tiempos generales de tratamiento**

Los valores estimados del caudal son de mucha utilidad para analizar el tiempo en que se demora el agua residual al ingresar al sistema de tratamiento. En el pretratamiento, se puede llegar a evacuar hasta 87 m<sup>3</sup>/h siendo similar al caudal de entrada al sistema,

por lo que, el tiempo que tarda en el pretratamiento es el mismo, el cual se muestra en la Tabla 15.

**Tabla 15.** *Cálculo de tiempo del pretratamiento*

<b>Magnitud</b>	<b>Valor obtenido</b>
Cantidad de efluente (m <sup>3</sup> )	173
Caudal (m <sup>3</sup> /h)	86,5
Tiempo (h)	≈ 2

**Nota:** Elaborado por el autor

El volumen que ingresa al sistema no disminuye en el pretratamiento, debido a que, no se están eliminando los contaminantes inmersos en el efluente, por lo tanto, se considera que se ingresa el mismo volumen al tratamiento primario.

En el tratamiento primario, el sistema DAF tiene una capacidad de tratamiento de hasta 100 m<sup>3</sup>/h, por lo que, en 1 hora se trata tan solo 100 m<sup>3</sup> y la demanda es de 173, siendo así:

**Tabla 16.** *Cálculo del tiempo de retención en el sistema DAF*

<b>Magnitud</b>	<b>Valor obtenido</b>
Cantidad de efluente (m <sup>3</sup> )	173
Caudal (m <sup>3</sup> /h)	100
Tiempo (h)	≈ 1,73

**Nota:** Elaborado por el autor

En síntesis, la Tabla 16 da a conocer que el tiempo de retención en el tratamiento primario es de 1,73 horas aproximadamente, hay escasas de información sobre el porcentaje de volumen que se pierde en el primer tratamiento, por lo que, se consideró que existe una pérdida del 4%. El tratamiento secundario no es un proceso automatizado, se requiere de dos fases a realizar para tratar toda el agua pendiente, entonces:

**Tabla 17.** *Tiempo de retención en el reactor biológico*

<b>Fase</b>	<b>#tratamientos</b>	<b>Tiempo unitario (h)</b>	<b>Total (h)</b>
1. Tratamiento de con la primera bacteria	2	3	6

2. Tratamiento con la segunda bacteria hasta su evacuación	2	5	10
Tiempo total			≈ 16

Nota: Elaboración propia

El tiempo de retención en el reactor biológico es de 8 horas por fase, al momento de terminar la primera fase, el efluente generado procede al siguiente tratamiento, mientras se realiza la siguiente fase, siendo un total de 16 horas, así como se muestra en la Tabla 17. También hay escasas de información sobre el volumen de agua perdida en los tratamientos biológicos, para poder obtener un estimado, se consideró una pérdida del 4% del total ingresado a este tratamiento.

En el tratamiento terciario no hay perdida de volumen de efluente, realizando los cálculos del efluente restante, hay, aproximadamente, 159436,8 m<sup>3</sup> de agua. A continuación, en la Tabla 18 se muestra el tiempo de tratamiento en el tanque de desinfección:

**Tabla 18.** Tiempo de retención en el tanque de cloración

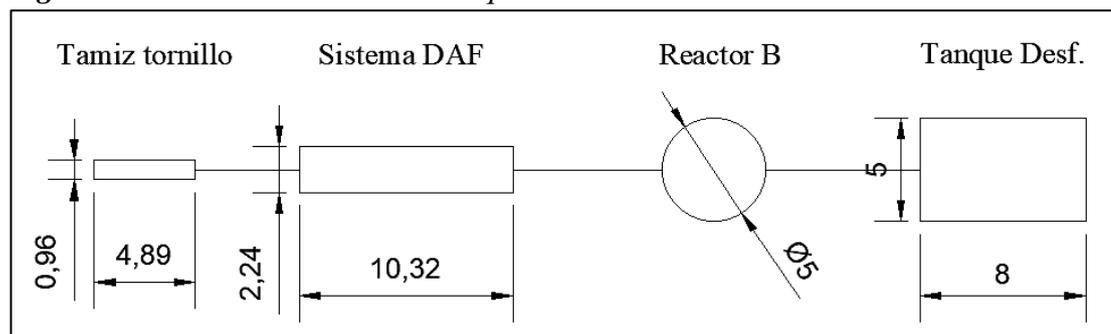
Fase	Total (min)
1. Cloración	20
2. Dosificación de carbón activado	10
Tiempo total	≈ 30

Nota: Elaborado por el autor

### 3.2.3 Flujo de suposición de maquinaria

En la Figura 5 se muestra el flujo de maquinarias que debe seguir el sistema de tratamiento a diseñar.

**Figura 5.** Secuencia estimada de maquinarias.



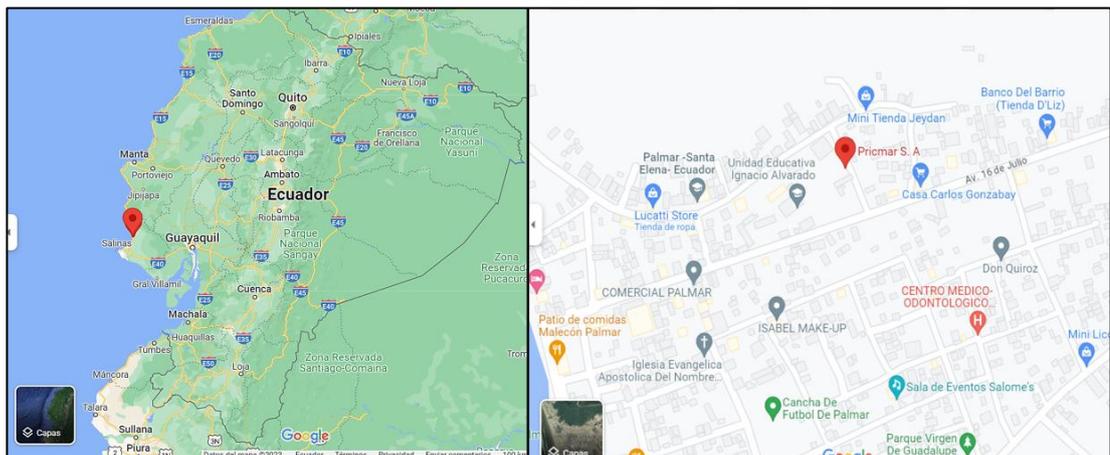
Nota: Elaborado por el autor

### 3.3 Estudio de técnico

#### 3.3.1 Localización

El sistema nace mediante la idea de poder implementar previos tratamientos al efluente generado por una empresa dedicada al criadero de larvas de camarón “Pricmar S.A.”, la misma que se encuentra ubicada en la Comuna Palmar, Parroquia Colonche, Cantón Santa Elena, Provincia Santa Elena del Ecuador como Macroubicación, así como se muestra en la Figura 6, es el mapa de la izquierda.

**Figura 6.** Macro y Microubicación de la empresa de estudio.



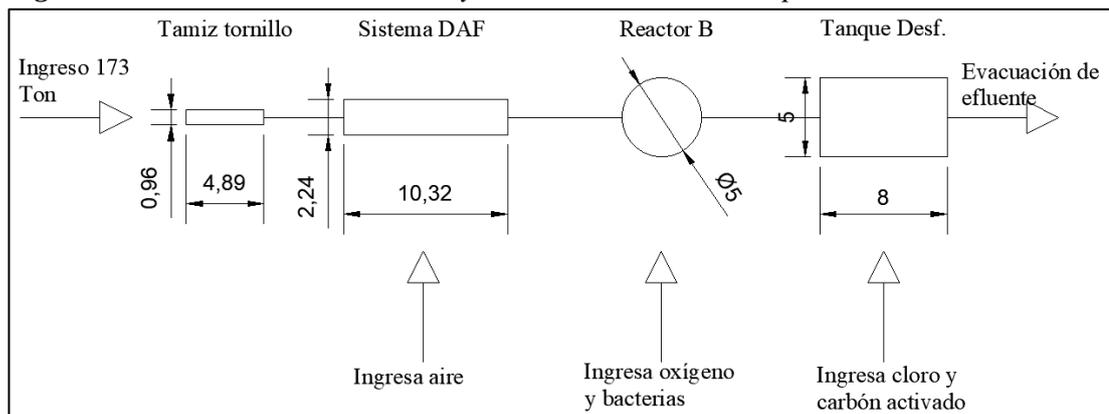
**Nota:** Obtenido de Google Maps.

La Microubicación de la empresa de estudio se limita entre la Unidad Educativa “Ignacio Alvarado” y entre la avenida principal “16 de Julio”, específicamente en la segunda entrada para el barrio “Las Conchas”, mostrada en la Figura 6.

#### 3.3.2 Suposición de la distribución del sistema

En la Figura 7 se muestra la distribución del sistema de tratamiento junto a sus complementos a dosificar en cada una de las maquinarias

**Figura 7.** Distribución del sistema y adición de complementos.



**Nota:** Elaborado por el autor.

### **3.3.3 Descripción de actividades**

#### **❖ Recepción de efluente**

Es una etapa fundamental para el sistema de tratamiento, el cual va de la mano con el pretratamiento. Esta etapa inicia al mismo tiempo del pretratamiento, debido a que, el efluente que proviene de la empresa de estudio pasa directamente a la primera fase del sistema, por lo que, el almacenamiento del agua residual se encuentra directamente en la empresa de estudio.

#### **❖ Pretratamiento**

Como ya se mencionó, esta etapa está conectada desde la recepción del efluente hasta su previo tratamiento, siendo un proceso automático el cual tiene un tiempo de aproximadamente 2 horas hasta su almacenamiento antes del tratamiento primario. El objetivo principal del pretratamiento es separar los sólidos suspendidos totales (SST) que van junto al agua residual. El agua pasa por un tamiz tornillo de cribas, el cual tiene una malla de cribas de 4 mm de diámetro que retiene los sólidos flotantes, estos se acumulan cerca de las rejillas y son transportados por el tornillo sin fin del tamizador hasta dejarlos caer en un tanque de sólidos separados.

#### **❖ Tratamiento primario**

Es un proceso caracterizado tanto físico como químico, en donde se utiliza un sistema de flotación por aire disuelto (DAF), el objetivo de este sistema es separar los sólidos restantes que no pudieron ser apartados en el pretratamiento. El transporte del agua residual desde el pretratamiento hasta el sistema DAF se dio con la ayuda de una bomba de agua de 5 hp, la cual tiene la capacidad de bombear 1800 l/min a un voltaje de 220v (\$1119). Como el volumen del efluente es de 173 ton que equivalen a 173000 litros, entonces tarda en bombear 1,6 horas, junto a un tiempo de 1 minuto de inspección.

Mientras está ingresando el agua residual al sistema DAF, éste inicia su operación, cuando ya se ha logrado trasladar, 45000 litros (0,42 h) para que el flujo de tratamiento sea continuo. Este sistema tiene una capacidad de tratar hasta, 100000 litros, teniendo un tiempo de tratamiento o retención de aproximadamente 1,73 h para filtrar los, 173000 litros de forma continua. Un factor importante en el sistema es la dosificación de aire mediante un blower o soplador industrial de 1 hp a un voltaje de 110 o 220

(\$210), el cual tiene una capacidad de airear 0,0059 aire/min para poder generar las burbujas necesarias para el sistema.

Para poder satisfacer la condición de que el sistema requiere dosificar 0,01 lb de aire por lb de SST, sabiendo que 80 lb de SST hay en los 173 m<sup>3</sup>, entonces se requieren de 0,8 lb de aire, el blower debe iniciar su funcionamiento al mismo tiempo en el que empieza a ingresar el agua al sistema para poder emanar el aire requerido en la eliminación de los SST.

#### ❖ **Tratamiento secundario**

Es un proceso biológico para tratar aguas residuales, en el cual se utilizó un reactor digestor biológico para la descomposición de la materia orgánica mediante bacterias, este proceso también es conocido como filtro de lecho móvil (MBBR), por su cultivo bacteriano. Esta etapa inicia con el traslado del agua tratada en la segunda etapa, igualmente se utilizó una segunda bomba de 5 hp utilizada en un tiempo de 1,54 h, el cual va a detenerse a la mitad del proceso (0,77 h). El volumen del agua pasó a ser de, 166080 litros, por lo que se disminuyó un 4% en el tratamiento anterior. También se debe realizar una inspección del funcionamiento de la bomba en un tiempo de 1 min.

El tiempo de retención en el reactor biológico depende de la capacidad de degradación de las bacterias, dentro del reactor se realizaron dos fases de tratamiento. La primera fase inicia cuando la bomba de agua se detiene a las 0,77 h, debido a que, la capacidad del reactor es de 98 m<sup>3</sup>, en vista a esta limitación se tomó dicha decisión. En la primera fase se utilizó bacterias nitrificantes “*Limosilactobacillus fermentum RC4*” a una concentración de 100 mg por litros de NH<sub>3</sub> en un tiempo establecido de 3 horas, considerando que el efluente tiene una concentración de 9,5 mg NH<sub>3</sub> por litro (equivalente a 1577,76 g de NH<sub>3</sub>), entonces en el agua residual hay 1,57776 litros de NH<sub>3</sub>, con este valor se deduce que se requiere de 157,776 mg de la bacteria, colocándose la mitad (78,888 mg) en la fase 1 y el resto en la fase 2.

Luego de haber completado la fase de descomposición mediante las bacterias nitrificantes con un tiempo de 3 horas, se procedió a agregar las bacterias encargadas de regular la demanda de oxígeno “*Bacillus velezensis*” a una concentración de 3g por litro de DQO en un tiempo establecido de 5 horas. Se consideró que en el efluente hay

370 mg de DQO por cada litro de agua (equivalente a 61449 g de DQO), entonces en el agua residual hay 61,45 litros de DQO, con este valor se deduce que se requiere de 184,35 g de la bacteria, colocándose la mitad en la fase 1 (92,175 g) y en resto en la fase 2.

El método para agregar las bacterias al reactor biológico es mediante rellenos filtrantes, son piezas de plásticos que se adhieren a las paredes del reactor o en las paredes de las aspas del ventilador giratorio, antes de ser agregadas deben pasar por un proceso de cultivo biológico. Otra forma es mediante el adiconamiento de materiales porosos en donde se encuentren las bacterias.

Por otro lado, la reproducción de las bacterias en el agua salobre se basa en la dosificación de oxígeno, se estableció que se deben agregar 1,3 lb de O<sub>2</sub> por cada libra de DBO, si se consideró que el sistema tiene 290 mg de DBO por cada litro de agua (equivalente a 48163,2 g de DBO), entonces en el agua residual hay 106,18 lb de DBO, con este valor se deduce que se requiere de 138,034 lb de O<sub>2</sub>, el cual debe repartirse en la mitad para la fase 1 (69,017 lb) y el restante en la fase 2.

Una vez que termina la primera fase, se procede a realizar el mismo procedimiento, con las mismas cantidades establecidas, concluyéndose que el tiempo de retención en el reactor biológico es de 16 horas. Los restos de lodos que se asientan en el reactor son desechados el final de este tratamiento.

#### ❖ **Tratamiento terciario**

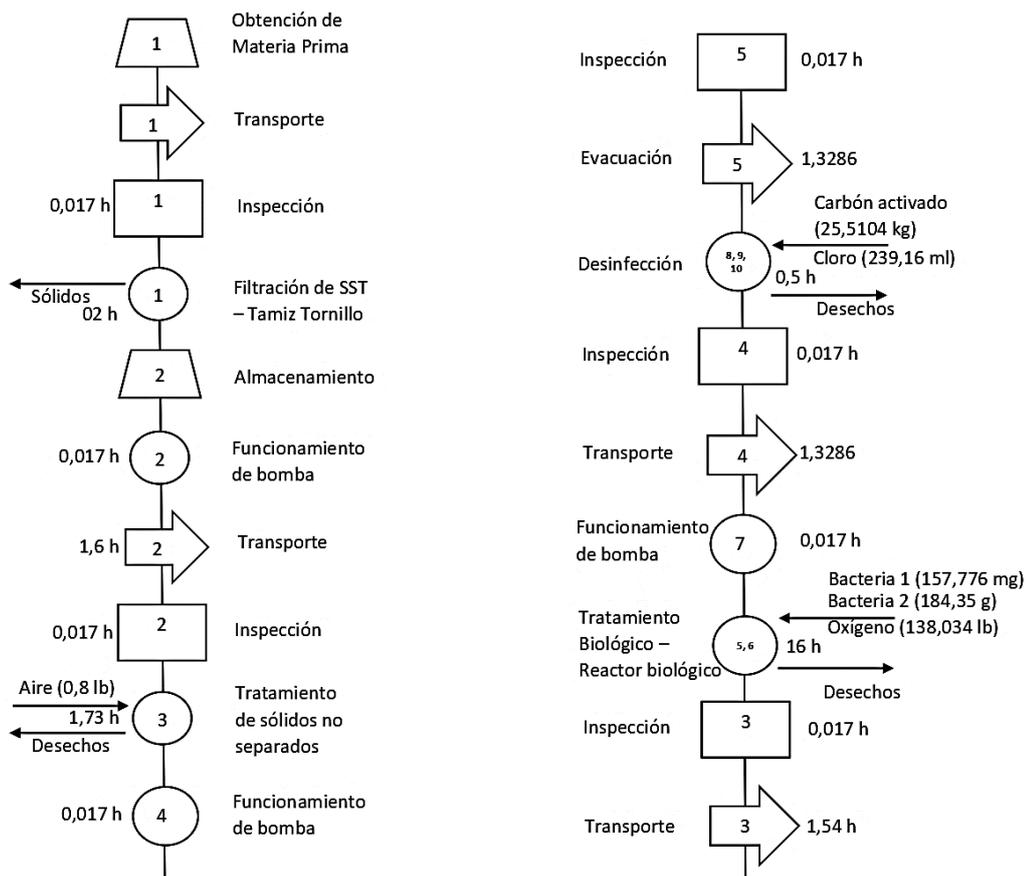
Es la última etapa de tratamiento, el cual consta de un tanque rectangular de desinfección y su objetivo principal es nivelar la turbidez del agua residual al igual que los olores. El proceso inicia en el transporte del agua residual desde el tratamiento secundario (termina fase 1) hasta el tanque de desinfección, mediante la utilización de una bomba de agua de 10 hp, capaz de bombear 120 ton/h a un voltaje de 220v (\$2449,19), como el volumen del efluente es de 79,72 ton (disminuyó 4% y se dividió por mitad de 159,4368 ton), entonces tarda en bombear 0,664 horas, junto a un tiempo de 1 minuto de inspección.

El proceso de desinfección también está dividido en dos fases, por lo que es dependiente del tratamiento secundario, una vez que acaba la fase 1, se tarda 0,664 horas para bombear 79,72 ton al tanque de desinfección, allí inicia el proceso de cloración, en donde se procede a la dosificación de cloro en 1,5 ppm o 1,5 mg/l durante 20 minutos, entonces, la cantidad de cloro a agregar es de 119,58 g de cloro o 119,58 ml. Posteriormente, se adiciona carbón activado a una concentración de 160 g/ton durante 10 minutos, es decir, se debe agregar 12,7552 kg en total por fase.

Ambos componentes deben ser esparcidos y removidos por todo el tanque de desinfección para poder alcanzar un equilibrio entre sí. Una vez terminado el tiempo de desinfección, se procede a evacuar el efluente, el cual debe cumplir con los parámetros establecidos por los agentes reguladores del país. La descripción de actividades presentada puede resumirse en el diagrama de flujo de procesos de multicolumnas mostrado en la Figura 8, dando a conocer entradas, salidas y tiempos.

### 3.3.4 Diagrama de flujo de procesos de multicolumnas.

*Figura 8. Diagrama de operaciones del proceso del sistema de tratamiento.*



Nota: Elaborado por el autor.

### 3.3.5 Cálculo del área total requerida por el sistema

El área requerida por el sistema depende de la distribución de maquinarias a utilizar en el tratamiento de aguas residuales. En la Figura 7, se presentó una pequeña distribución sobre el flujo continuo de las máquinas, sin embargo, este no es el correcto. A continuación, se presente al Tabla 19 sobre las dimensiones de las maquinarias utilizadas en el diseño:

**Tabla 19.** Área total de cada maquinaria.

<b>Maquinaria</b>	<b>n</b>	<b>L (m)</b>	<b>A (m)</b>	<b>H (m)</b>	<b>Área</b>
Tamiz tornillo	1	4,89	0,9559	2,9093	4,67
Sistema DAF	1	10,322	2,238	2,0734	23,10
Reactor biológico	1			5	19,63
Tanque desinfectante	1	8	5	5,2	40
Bombas 5 hp	2	0,552	0,382	0,335	0,21
Bomba 10 hp	1	0,68	0,44	0,38	0,2992
<b>Total</b>					<b>87,9092</b>

**Nota:** Elaborado por el autor

Como se pudo observar en la Tabla 19, el área obtenida es de 87,91 m<sup>2</sup>, teniendo en cuenta que esta no es el área total, todo depende de la distribución que se realice al momento de ubicar las maquinas. Por ello, para encontrar un área estimada de sistema general se va a aplicar el método de superficies de Guerchet (Avendaño et al., 2022), en el cual se consideran las siguientes formulas:

$$S_s = L * A$$

$$S_g = S_s * N$$

$$S_e = (S_s + S_g) * K$$

$$S_t = (S_s + S_g + S_e) * n$$

Donde,

- $S_s$  es la superficie estática de una maquinaria, es decir, la que ocupa una maquina o instalaciones de forma física.
- $L * A$  son las dimensiones de una maquinaria, lado por ancho.
- $S_g$  conocida como superficie gravitacional, es la superficie que ocupa una persona alrededor de su puesto de trabajo o de la máquina en la que se encuentra laborando

- $N$  es el número de lados que se trabajan en una maquinaria.
- $S_e$  es la superficie de evolución, contempla la superficie necesaria que reservar alrededor de los puestos de trabajo para el movimiento del personal y del material y sus medios de transporte.
- $k$  es la constante o coeficiente de evolución, este coeficiente variará en función de la proporción entre el volumen del material y personal que se esté moviendo entre los puestos de trabajo y el tamaño de las máquinas de dichos puestos.
- $S_t$  es la superficie total de una maquinaria.
- $n$  es el número de máquinas que existen.

Como ya se había mencionado “K” es una constante, el cual cuando no se la conoce, se la puede calcular mediante la siguiente formula:

$$k = \frac{h_{em}}{2 * h_{ef}} = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n S_s * n * h}{\sum_{i=1}^n S_s * n}}{2 * \frac{\sum_{i=1}^n S_s * n * h}{\sum_{i=1}^n S_s * n}}$$

Donde,

$h_{em}$  es la altura promedio de los elementos móviles

$h_{ef}$  es la altura promedio de los elementos fijos

Se procede a resolver de la siguiente manera como se muestra en la Tabla 20:

**Tabla 20.** Cálculo de superficies para el método de Guerchet.

Tipo	Maquinaria	n	N	L (m)	A (m)	H (m)	Ss.	Ss.*n	Ss.*n*h
Fijo	Tamiz tornillo	1	2	4,89	0,95	2,9	4,67	4,67	13,59
	Sistema DAF	1	2	10,32	2,2	2,07	23,10	23,10	47,89
	Reactor biológico	1	2			5	19,63	19,63	98,15
	Tanque desinfectante	1	3	8	5	5,2	40	40	208
	Bombas 5 hp	2	3	0,55	0,38	0,33	0,21	0,42	0,14
	Bomba 10 hp	1	3	0,68	0,44	0,38	0,29	0,29	0,11
Móvil	Personas	4	1			1,65	0,5	2	3,3

**Nota:** Elaborado por el autor

Encontramos k:

$$k = \frac{h_{em}}{2 * h_{ef}} = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n S_s * n * h}{\sum_{i=1}^n S_s * n}}{2 * \frac{\sum_{i=1}^n S_s * n * h}{\sum_{i=1}^n S_s * n}} = \frac{\frac{3,3}{2}}{2 * \frac{367,9}{88,126}} = 0,2$$

$$k = 0,2$$

Calculamos nuevamente las áreas, así como se muestra en la Tabla 21.

**Tabla 21.** Cálculo del área estimada de acuerdo con el método de Guerchet

Maquinaria	n	N	L (m)	A (m)	Ss.	Sg	Se	ST
Tamiz tornillo	1	2	4,89	0,95	4,67	9,35	2,8	16,83
Sistema DAF	1	2	10,32	2,2	23,10	46,2	13,86	83,16
Reactor biológico	1	2			19,63	39,26	11,78	70,67
Tanque desinfectante	1	3	8	5	40	120	32	192
Bombas 5 hp	2	3	0,55	0,38	0,21	0,63	0,17	2,02
Bomba 10 hp	1	3	0,68	0,44	0,29	0,9	0,24	1,44
<b>Total</b>								<b>366,12</b>

**Nota:** Elaborado por el autor

De acuerdo con la Tabla 21, el método de Guerchet mostró que el área estimada para evitar cualquier tipo de riesgo y tener buena comodidad es de 366,12 m<sup>2</sup>. Para la implementación física del sistema de tratamiento si se debe tomar en cuenta este valor obtenido, el área total va a depender de la distribución de las maquinarias y del espacio de trabajo de cada una.

### 3.3.6 Diagrama de flujo de procesos

Las actividades descritas sobre la secuencia que sigue el sistema de tratamientos residuales y el diagrama de flujo de procesos de multicolumnas se resumen en el diagrama de análisis de flujo de procesos. En el diagrama se presenta un título resumido sobre la actividad llevada a cabo, el tiempo requerido para dicha actividad y las distancias en caso de ser trasladadas, generando un resumen final sobre el número de operaciones, inspecciones, transporte, almacenamiento y demora que hay en las actividades del sistema, así como se muestra en la Figura 9:

Figura 9. Diagrama de flujo de procesos (actividades de forma general)

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS										
ESTUDIO N°1										
ACTIVIDAD POR REALIZAR					RESUMEN					
Tratamiento de aguas residuales					ACTIVIDAD		ACTUA	PROP.	ECC.	
					<input type="radio"/>	OPERACIÓN			10	
					<input type="checkbox"/>	INSPECCIÓN			5	
					<input type="checkbox"/>	TRANSPORTE			5	
DEPARTAMENTO: Evacuación de efluentes					<input type="checkbox"/>	DEMORA			0	
					<input type="checkbox"/>	ALMACENAMIENTO			2	
MÉTODO:					Actual	x				
					Propuesto					26,1632 h
ELABORADO POR: Ariel González					HORA INICIAL:					
SUPERVISIÓN:					HORA FINAL:					
DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS O ACTIVIDAD					SÍMBOLOS					OBSERVACIONES
					DISTANCIA (MTS.)	T.O. (horas)	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1	Recepción del efluente									
2	Traslado a tamiz tornillo	1								
3	Inspección de su funcionamiento		0,017							
4	Filtración de SST		2							
5	Almacenamiento de efluente									
6	Inicio de operación de bomba de agua		0,017							
7	Traslado a Sistema DAF	2,31	1,6							
8	Inspección de su funcionamiento		0,017							
9	Tratamiento de sólidos no separados		1,73							
10	Inicio de operación de bomba de agua		0,017							
11	Traslado a reactor biológico	2,93	1,54							
12	Inspección de su funcionamiento		0,017							
13 – 14	Tratamiento biológico del efluente		16							
15	Inicio de operación de bomba de agua		0,017							
16	Traslado a tanque de desinfección	3,25	1,3286							
17	Inspección de su funcionamiento		0,017							
18 – 20	Desinfección del agua residual		0,5							
21	Evacuación del agua residual		1,3286							
22	Inspección de la correcta evacuación		0,017							
<b>Total</b> →		<b>9,49</b>	<b>26,163</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>2</b>		

Nota: Elaborado por el autor.

El diagrama de flujo de procesos de la Figura 9 dio a conocer que el proceso de tratamiento de aguas residuales cuenta con 10 operaciones, 5 inspecciones, 5 transportes de materia prima, 0 demoras y 2 almacenamiento. Así mismo, tiene un tiempo de retención total de 26,1632 horas y la distancia de desplazamiento del agua residual de un área a otra es de 9,49 metros. Sin embargo, este valor del tiempo de retención no es el correcto, por lo que, en el reactor el tiempo no es continuo y esto altera al resto del proceso, el tiempo correcto de producción se debe analizar mediante un estudio de tiempo.

### 3.3.7 Estudio de tiempos

#### Tiempo estándar

Cada una de las actividades que se realizan para el tratamiento de aguas residuales tienen un tiempo determinado para su ejecución, sin embargo, este tiempo tiende a variar continuamente, por ello, la estandarización de los tiempos ayuda a establecer un valor promedio que se encuentra sobre el valor original, el cual es el más apto para que un trabajador puede realizar dichas actividades a un ritmo de normal y sin dificultades.

A continuación, se muestra la Tabla 22 sobre el cálculo del tiempo estándar en donde se consideró un índice de asignación de actividades (IAA) de: 92 para trabajo ligero, 94 para trabajo moderado y 102 para trabajo forzados; así mismo, los porcentajes de recuperación o suplementos fueron de 8 para trabajos pesados, 11 para moderados y 12 para ligeros; las fórmulas utilizadas fueron:  $TN = T * \frac{IAA}{100}$  y  $TE = TN + TN * \frac{\%Recup}{100}$ .

**Tabla 22.** Cálculo del tiempo estándar por actividad de forma general.

N	ACTIVIDADES	Tiempo Promedio	Asignar IAA	Tiempo Normal	Asignar % Recuper.	Tiempo Estándar
1	Recepción del efluente (inspección)	0,017	92	0,01564	12	0,018
2	Filtración de SST	2,000	102	2,04	8	2,203
3	Inicio de operación de bomba	0,017	94	0,02	11	0,018
4	Traslado al sistema DAF	1,600	92	1,47	12	1,649
5	Inspección	0,017	92	0,02	12	0,018
6	Tratamiento de sólidos no separados	1,730	102	1,76	8	1,906
7	Inicio de operación de bomba	0,017	94	0,02	11	0,018
8	Traslado al reactor biológico	1,540	92	1,42	12	1,587
10	Inspección	0,017	92	0,02	12	0,018
11	Tratamiento biológico del efluente	16,00	102	16,32	8	17,63
12	Inicio de operación de bomba	0,017	94	0,02	11	0,018
13	Traslado al tanque de desinfección	1,3286	92	1,22	12	1,369
14	Inspección	0,017	92	0,02	12	0,018
15	Desinfección del agua residual	0,500	102	0,51	8	0,551
16	Evacuación del agua residual	1,3286	92	1,22	12	1,369
17	Inspección de la evacuación	0,017	92	0,02	12	0,018
Tiempo total estandarizado						28,40

**Nota:** Elaborado por el autor

El tiempo estándar calculado es de 28,40 horas para el proceso de tratamiento de aguas residuales de forma general, sin embargo, este no es el tiempo definitivo. A

continuación, se aplicará un análisis de precedencia de actividades para conocer el tiempo aproximado en que se trata el efluente.

### Precedencia de actividades

La precedencia de actividades para el cálculo del tiempo total para tratar aguas residuales fue realizada mediante el programa POM – QM, el cual facilitó el cálculo del tiempo total requerido, además del tiempo estándar calculado. Se separó las actividades que contienen 2 fases, así como se muestra en la Tabla 23:

**Tabla 23.** Datos requeridos en POM - QM de las actividades desglosadas.

Código	Actividad	Tiempo (h)	Precedencia
A	Inspección de recepción	0,018	-
B	Filtración de SST	2,203	-
C	Inicio de operación de bomba 1	0,018	B
D	Traslado 1 al sistema DAF	0,463	C
E	Traslado 2 al sistema DAF	1,443	D
F	Inspección	0,018	C
G	Tratamiento de sólidos no separados	1,906	D
H	Inicio de operación de bomba 2 (fase 1)	0,018	G
I	Traslado al reactor biológico (fase 1)	0,794	H
J	Tratamiento biológico (fase 1)	8,813	I
K	Inspección	0,018	H
L	Inicio de operación de bomba 3 (fase 1)	0,018	J
M	Traslado al tanque de desinfección (fase 1)	0,685	L
N	Desinfección del agua residual (fase 1)	0,551	M
O	Inspección	0,018	L
P	Evacuación del agua residual (fase 1)	0,685	N
Q	Inspección	0,018	P
R	Inicio de operación de bomba 2 (fase 2)	0,018	M
S	Traslado al reactor biológico (fase 2)	0,794	R
T	Tratamiento biológico (fase 2)	8,813	S
U	Inspección	0,018	R
V	Inicio de operación de bomba 3 (fase 2)	0,018	T
W	Traslado al tanque de desinfección (fase 2)	0,685	V
X	Desinfección del agua residual (fase 2)	0,551	W
Y	Inspección	0,018	V
Z	Evacuación del agua residual (fase 2)	0,685	X
AA	Inspección	0,018	Z

**Nota:** elaborado por el autor

En la Tabla 23 Se presentó los datos que se van a utilizar para el cálculo del tiempo total estandarizado para tratar aguas residuales, las actividades se dividieron en 2 fases, en la primera se trató 86,5 Ton de agua y en la segunda la misma cantidad, y así se completó el tratamiento de los 173 Ton de efluente.

La Tabla 24 muestra los resultados obtenidos del programa POM – QM:

**Tabla 24.** Tiempo total para el tratamiento de 173 Ton de aguas

Activity	Activity time	Early Start	Early Finish	Late Start	Late Finish	Slack
Project	26500					
A	18	0	18	26482	26500	26482
B	2203	0	2203	0	2203	0
C	18	2203	2221	2203	2221	0
D	463	2221	2684	2221	2684	0
E	1443	2684	4127	25057	26500	22373
F	18	2221	2239	26482	26500	24261
G	1906	2684	4590	2684	4590	0
H	18	4590	4608	4590	4608	0
I	794	4608	5402	4608	5402	0
J	8813	5402	14215	5402	14215	0
K	18	4608	4626	26482	26500	21874
L	18	14215	14233	14215	14233	0
M	685	14233	14918	14233	14918	0
N	551	14918	15469	25246	25797	10328
O	18	14233	14251	26482	26500	12249
P	685	15469	16154	25797	26482	10328
Q	18	16154	16172	26482	26500	10328
R	18	14918	14936	14918	14936	0
S	794	14936	15730	14936	15730	0
T	8813	15730	24543	15730	24543	0
U	18	14936	14954	26482	26500	11546
V	18	24543	24561	24543	24561	0
W	685	24561	25246	24561	25246	0
X	551	25246	25797	25246	25797	0
Y	18	24561	24579	26482	26500	1921
Z	685	25797	26482	25797	26482	0
AA	18	26482	26500	26482	26500	0

**Nota:** Elaborado por el autor en el programa POM – QM.

De acuerdo con el programa y con la Tabla 24, el tiempo total es de 26,5 horas para tratar 173 Ton de aguas residuales y 16,172 para las 86,5 Ton de la fase 1. La gráfica de precedencia mostrada en el Anexo 7 da a conocer las actividades de la ruta crítica que determinan el tiempo total de tratamiento del agua residual con un volumen de 173 Ton (remarcada con rojo), mientras que, las líneas de negro resaltan las actividades que no tienen mucha influencia en el seguimiento de los tiempos. La primera fase del tratamiento termina en la actividad Q, y todo el proceso en la AA.

Así mismo, en el Anexo 6 muestra el diagrama de Gantt junto a la precedencia de las actividades para la estimación del tiempo total estandarizado, en el cual se observa las

actividades que no continúan en línea recta con el proceso de tratamiento de las 173 Toneladas de aguas residuales.

En síntesis, como el tiempo de tratamiento no pasa de los 2 días antes del nuevo tratamiento, se puede realizar los cálculos sobre la cantidad de efluente tratado mensual y anualmente con base en los 173 Ton, así como se muestra en la Tabla 25.

**Tabla 25.** Cantidad de efluente tratado mensual y anualmente.

<b>Periodo</b>	<b>Número de tratamientos</b>	<b>Efluente tratado (Ton)</b>
Cada dos días	1	173
Mensual	12	2076
Anual	12	24912

**Nota:** Elaborado por el autor.

### 3.3.8 Decisión de compra

La decisión de compra se basa en la cantidad necesaria de sustancias (materia prima directa e indirecta) que se requieren para poder tratar el agua residual hasta por el periodo de un año, los cuales agilizan el cálculo del costo de materia primas en la evaluación financiera, el requerimiento anual se presenta en la Tabla 26.

**Tabla 26.** Cálculo de la decisión de compra de materia prima directa indirecta

<b>Periodo</b>	<b>Cantidad para 173 Ton</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Requerimiento</b>	
			<b>Mensual</b>	<b>Anual</b>
Oxígeno	138,034	Lb	1656,408	19876,9
Bacterias nitrificantes	157,776	Mg	1893,312	22719,74
Bacterias descomponedoras	184,35	G	2212,2	26546,4
Cloro	239,16	MI	2869,92	34439,04
Carbón activado	25510,4	G	306124,8	3673497,6

**Nota:** Elaborado por el autor.

En la Tabla 26 se presentó el requerimiento mensual y anual de las materias primas indirectas, éstas son de gran importancia para poder tratar las aguas residuales y forman parte de la mitad de las etapas de tratamiento.

### 3.3.9 Control de calidad del efluente tratado

El control de calidad que debe seguir el efluente tratado debe ser realizado mediante estudios químicos para saber los rangos o parámetros de salida que tiene el agua residual antes de ser evacuada al alcantarillado público o a cuerpos de agua marina. Estos parámetros deben cumplir las normas establecidas por los agentes reguladores del país, en Ecuador, el encargado es el Ministerio del ambiente, específicamente en la norma de calidad ambiental y descarga de efluentes al recurso agua del anexo 1 de su libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, presentadas en el acuerdo ministerial 097 como Anexo de la normativa sobre el TULSMA.

De acuerdo con el TULSMA (2018), los parámetros permisibles para la evacuación de efluentes a cuerpos de agua marina son los que se presentan en la Tabla 27.

**Tabla 27.** *Parámetros para la evacuación de efluentes a cuerpos de agua.*

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Aceites y grasas	mg/l	30
Coliformes fecales	NMP/100 ml	Remoción >99%
Color		Inapreciable en dilución: 1/20
DBO	mg/l	200
DQO	mg/l	400
Nitrógeno	mg/l	40
SST	mg/l	250

**Nota:** Elaborado por el autor, en base a (TULSMA, 2018)

Mediante los estudios químicos, se debe afirmar que el efluente mantiene rangos menores a los presentados en la Tabla 27, logrando así una evacuación ecológica. En vista a la imposibilidad de implementación física del sistema de tratamiento, se va a considerar los resultados presentados por Alviano & Andriyono (2020), los cuales dan a conocer datos sobre los parámetros obtenidos posteriormente al tratamiento realizado en un laboratorio de larvas de camarón, con las mismas etapas de tratamiento.

Los parámetros de salida se muestran en la Tabla 28, en donde se observa que el efluente mantiene valores que se encuentran debajo de los límites permisibles establecidos por el agente regulador del país, concluyendo que el agua obtenida puede

ser evacuada de forma segura al cuerpo de agua marina, siendo ecoamigable y disminuyendo la preocupación de contaminación al ecosistema.

**Tabla 28.** *Parámetros de salida estimados del efluente*

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Salida</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Aceites y grasas	mg/l	28	30
Coliformes fecales	NMP/100 ml	0,001%	Remoción >99%
Color			Inapreciable en dilución: 1/20
DBO	mg/l	26,5	200
DQO	mg/l	68,3	400
Nitrógeno	mg/l	0,516	40
SST	mg/l	8	250

**Nota:** Elaborado por el autor.

### **3.3.10 Seguridad y mantenimiento**

En el ámbito de seguridad para los trabajadores, al momento de realizar las actividades del sistema de tratamiento de aguas residuales, se debe considerar las normativas vigentes, entre las cuales se encuentran:

- Decreto ejecutivo 2393 – también conocido como el reglamento de seguridad y salud en los trabajadores.
- NET INEN – ISO 45001 – Gestión de la seguridad y salud en el trabajo.
- OHSAS 18001 –también conocido como el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo.

Las normativas presentadas ayudan a regular y controlar la posible existencia de accidentes y riesgos laborales, además de hacer posible que los trabajos se realicen bajo criterios aprobados que mantengan el orden en los puestos de trabajos.

El mantenimiento es un punto importante que se debe de considerar en las maquinarias con el fin de preservar su buen funcionamiento y evitar paros en la producción. A continuación, se presentan una lista de mantenimientos claves que se deben realizar en los sistemas de tratamientos, esta información está basada en el libro publicado por Belzona (2010).

- En el área de cribas, se deben proteger las roscas transportadoras y las canaletas de cualquier daño físico o por la corrosión, los daños deben ser reparados lo más pronto posible.
- En las bombas, motores y sopladores industriales, se deben realizar los cambios de rulemanes en cierto periodo para seguir un mantenimiento preventivo, además, las partes de las bombas y de los motores (impulsor, eje, sello mecánico de seguridad, etc.) deben ser revisados constantemente, además de las bridas que deben estar bien selladas con los pernos.
- En las tuberías, se deben revisar la existencia de fugas tanto de aire, oxígeno y agua, y repararlas de forma inmediata en caso de existir algún daño. Además, se debe revisar el buen estado físico de las válvulas.
- En el área del tratamiento primario, se deben revisar los separadores de los sólidos y el funcionamiento correcto del blower.
- En el tratamiento secundario, se debe revisar los rulemanes del ventilador giratorio, los engranajes y las tuberías que reparten el oxígeno.
- En el tratamiento terciario, se deben revisar las posibles fugas de agua por medio de las paredes del tanque.

### 3.4 Estudio de financiero

#### 3.4.1 Costo de inversión

*Tabla 29. Cálculo del costo de inversión del sistema de tratamiento*

DENOMINACION	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	COSTO TOTAL (\$)
<b>MAQUINARIA DEL SISTEMA</b>			
Tamiz tornillo	\$ 8.100,00	1	\$ 8.100,00
Sistema DAF	\$ 7.167,00	1	\$ 7.167,00
Reactor biológico	\$ 9.000,00	1	\$ 9.000,00
Tanque de desinfección	\$ 1.400,00	1	\$ 1.400,00
<b>EQUIPO AUXILIAR /OTROS</b>			
Blower	\$ 210,00	1	\$ 210,00
Bomba de agua 5 hp	\$ 1.119,00	2	\$ 2.238,00
Bomba de agua 10 hp	\$ 2.449,90	1	\$ 2.449,90
Tachos de desechos	\$ 40,00	2	\$ 80,00
Tubería de 1 in	\$ 7,00	2	\$ 14,00
Tubería de 11 cm	\$ 31,36	2	\$ 62,72
Tubería de 16 cm	\$ 72,32	5	\$ 361,60
Codos de 1 in - 90°	\$ 0,47	3	\$ 1,41
Codos de 11 cm - 90°	\$ 4,00	8	\$ 32,00
Codos de 16 cm - 90°	\$ 11,45	7	\$ 80,15
Válvula de 1 in	\$ 8,41	4	\$ 33,64
Válvula de 11 cm	\$ 57,98	4	\$ 231,92
Válvula de 16 cm	\$ 81,16	3	\$ 243,48
Bridas de 1 in	\$ 5,40	4	\$ 21,60
Bridas de 11 cm	\$ 11,44	8	\$ 91,52
Bridas de 16 cm	\$ 24,70	4	\$ 98,80
Pernos de 1/2 para 1 in	\$ 1,30	4	\$ 5,20
Pernos de 5/8 para 11 cm	\$ 2,00	8	\$ 16,00
Pernos de 3/4 para 16 cm	\$ 3,20	8	\$ 25,60
<b>TOTAL</b>			\$ 31964,54
<b>GASTO DE INSTALACIÓN Y MONTAJE (10%)</b>			\$ 3196,45
<b>COSTO DE INVERSIÓN FIJA</b>			\$ 35160,99
<b>COSTO DEL ESTUDIO (10%)</b>			\$ 3516,1
<b>COSTO TOTAL DE INVERSIÓN</b>			\$ 38677,09

**Nota:** Elaborado por el autor

En la Tabla 28 se realizó el cálculo del costo total de la inversión en el cual se incluye el costo del estudio realizado y los gastos de instalación – montaje.

### 3.4.2 Costos operativos

Tabla 30. Cálculo del costo operativo o de tratamiento

<b>MATERIALES DIRECTOS O MATERIA PRIMA</b>				
DENOMINACIÓN	CANTIDAD/T	COSTO/U	COSTO/T	COSTO MENSUAL
Cloro (ml)	239,16	\$ 0,01	\$ 2,392	\$ 28,704
<b>MANO DE OBRA DIRECTA</b>				
DENOMINACIÓN	SALARIO+ beneficio - ley	CANT	COSTO/T	COSTO MENSUAL
Operador - Tamiz tornillo	\$ 531,25	1	\$ 44,27	\$ 531,25
Operador - Sistema DAF	\$ 531,25	1	\$ 44,27	\$ 531,25
Operador – Reactor	\$ 531,25	1	\$ 44,27	\$ 531,25
Operador - Tanque densf.	\$ 531,25	1	\$ 44,27	\$ 531,25
<b>MANO DE OBRA INDIRECTA</b>				
DENOMINACIÓN	SALARIO+ beneficio - ley	CANT	COSTO/T	COSTO MENSUAL
Jefe de control	\$ 1875	1	\$156,25	\$ 1875
<b>MATERIALES INDIRECTO</b>				
DENOMINACION	CANTIDAD/T	COSTO/U	COSTO/T	COSTO MENSUAL
Oxígeno (lb)	138,034	\$ 0,05	\$ 6,9	\$ 82,82
Bacterias 1 (mg)	157,776	\$ 0,05	\$ 7,89	\$ 94,67
Bacterias 2 (g)	184,35	\$ 0,10	\$ 18,44	\$221,22
Carbón activado (g)	25510,4	\$ 0,001	\$25,51	\$306,12
<b>DEPRECIACIÓN</b>				
DENOMINACIÓN	VALOR	AÑOS DE VIDA	COSTO/T	COSTO MENSUAL
Maquinaria – equipo	\$ 30044,9	20	\$ 10,4325	\$ 125,19
Imprevisto-inversión 5%	\$ 1863,05	10	\$ 1,294	\$ 15,53
<b>SUMINISTROS INDUSTRIALES</b>				
DENOMINACIÓN	CANTIDAD/T	COSTO/U	COSTO/T	COSTO MENSUAL
Energía eléctrica	121,7346	\$ 0,1047	\$ 12,75	\$ 153
<b>SEGUROS</b>				
DENOMINACIÓN	CANTIDAD	% ANUAL	COSTO/T	COSTO MENSUAL
Maquinaria y equipos	\$ 30044,9	5	\$ 10,4325	\$ 125,19
<b>REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO</b>				
DENOMINACIÓN	CANTIDAD	% ANUAL	COSTO/T	COSTO MENSUAL
Maquinaria y equipos	\$ 30044,9	2	\$ 4,1725	\$ 50,07
<b>COSTO DE OPERACIÓN TOTAL</b>			<b>\$ 433,54</b>	<b>\$ 5202,45</b>

Nota: Elaborado por el autor.

El costo de operación al mes es de \$5202,45 así como se mostró en la Tabla 29, siendo así un valor de \$62429,40 al año. El total de la inversión del sistema y de su funcionamiento es de \$101106,49. El consumo de energía se muestra en el Anexo 8.

### 3.4.3 Análisis de factibilidad económica – escenario 1: con los ingresos

Posteriormente a la instalación de cualquier tipo de maquinaria, sistema o expansión de área se procede a analizar el tiempo de recuperación de la inversión (PRI) y los indicadores de evaluación VAN y TIR, para ello, se requiere de flujo de caja anual de la empresa de estudio, los cuales se presentan en la Tabla 30.

**Tabla 31.** Flujo de caja de Primicias del mar S.A 2016 - 2020

<b>Año</b>	<b>Flujo de caja</b>
<b>2016</b>	\$ 20295,15
<b>2017</b>	\$119606,93
<b>2018</b>	\$ 96806,11
<b>2019</b>	\$ 68568,91
<b>2020</b>	\$ 97047,46

**Nota:** elaborado por el autor, información obtenida de la Superintendencia de compañías, valores y seguros.

Con los datos de años anteriores sobre el flujo de caja anual, se puede realizar una proyección a años futuros, con el fin de encontrar un estimado del flujo de caja entre los años 2024 – 2028, para ello aplicamos el análisis de datos mediante regresión lineal (los mínimos cuadrados) en el programa Excel para facilitar el cálculo, del cual se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 31, siendo un resumen de los datos presentados en el Anexo 9.

**Tabla 32.** Proyección del flujo de caja de la empresa de estudio.

<b>Año</b>	<b>Flujo de caja</b>	<b>Año</b>	<b>Flujo de caja</b>	<b>Año</b>	<b>Flujo de caja</b>
<b>2016</b>	\$ 20295,15	<b>2021</b>	\$ 59971,59	<b>2026</b>	\$ 111204,9
<b>2017</b>	\$119606,93	<b>2022</b>	\$ 70218,25	<b>2027</b>	\$121451,6
<b>2018</b>	\$ 96806,11	<b>2023</b>	\$ 80464,91	<b>2028</b>	\$ 131698,2
<b>2019</b>	\$ 68568,91	<b>2024</b>	\$ 90711,57	<b>2029</b>	\$ 141944,9
<b>2020</b>	\$ 97047,46	<b>2025</b>	\$ 100958,2	<b>2030</b>	\$ 152191,5

**Nota:** Elaborado por el autor.

Con los datos obtenidos en la Tabla 31 se puede calcular el periodo de recuperación de la inversión (Tabla 32), el VAN y TIR (Tabla 33).

### Periodo de recuperación

Con los datos obtenidos sobre la proyección del flujo de caja, se puede estimar el periodo de recuperación de la inversión, así como se muestra en la Tabla 32, logrando solventar el gasto realizado.

**Tabla 33.** Cálculo del periodo de recuperación de la inversión.

Año	N°	Inversión inicial	Flujo por año	Flujo acumulado
2023	0	\$ 101106,49		
2024	1	\$ 10394,92	\$ 90711,57	\$ 90711,57
2025	2	0	\$ 100958,2	\$ 191669,80

**Nota:** Elaborado por el autor.

$$PRI = \text{año anterior de recuperación} + \frac{\text{inversión inicial} - \text{ingreso acum. año anterior}}{\text{ingreso año de recuperación}}$$

$$PRI = 1 + \frac{\$ 101106,49 - \$ 90711,57}{\$ 100958,2} = 1,103$$

$$PRI = 1,103 = 0,103 \text{ años} * \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} = 1,236 \text{ meses} = 0,236 \text{ meses} * \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} = 7,1 \text{ días}$$

$$PRI = 1 \text{ año con } 1 \text{ mes y } 7,1 \text{ días}$$

El periodo de recuperación de la inversión es de aproximadamente 1 año con 1 mes y 7,1 días.

### Indicadores VAN y TIR

Una vez deducido que el proyecto es rentable, se procede a encontrar los indicadores que mencionan si el sistema reditúa ganancias o pérdidas, se va a considerar una tasa de descuento del 15% para el cálculo del VAN. Los valores fueron calculados directamente en Excel y se muestran en la Tabla 33.

**Tabla 34.** Cálculo del VAN y TIR

N°	Año	Flujo de caja
0	2023	-\$ 101106,49
1	2024	\$ 90711,57
2	2025	\$ 100958,2
VAN		\$ 54112,04
TIR		54%

**Nota:** Elaborado por el autor

El VAN es de \$54112,04 y la TIR es de 54%, siendo ambos valores positivos se deduce que el proyecto es rentable.

### 3.4.4 Análisis de factibilidad económica – escenario 2: con los ahorros

Otra forma de realizar el análisis de factibilidad económica es mediante los ahorros generados gracias a la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales. Como primer punto se tiene la reutilización del efluente tratado, el cual puede utilizarse es las actividades de lavado de superficies de la empresa de estudio, como ya se mencionó en la descripción de actividades: luego del tratamiento se evacúan 124,56 m<sup>3</sup> de agua de forma estimada, el cual generaría un ahorro al evitar utilizar agua potable. De acuerdo con la empresa Aguapen – EP, el costo de consumo de agua para las industrias es de 1,68/m<sup>3</sup> para consumos menores a 250 m<sup>3</sup>, generando un ahorro anual de consumo de agua de \$30133,56 así como se muestra en la Tabla 34.

**Tabla 35.** Cálculo del ahorro de agua por año.

	<b>Cant/T</b>	<b>Cant/mes</b>	<b>Cant/año</b>	<b>Costo/m<sup>3</sup></b>	<b>Costo Anual</b>
Agua	124,56	1494,72	17936,64	\$ 1,68	\$ 30133,56

**Nota:** Elaborado por el autor.

La empresa de estudio, al año, puede ahorrarse un total de \$30133,56 por consumo de agua. A este valor, se le suma un factor muy importante sobre la evacuación de efluentes al medio ambiente, el cual se basa en el ahorro del gasto por multa por no cumplir con las normas de calidad ambiental, el cual basándose en el TULSMA equivale hasta 200 remuneraciones básicas unificadas (\$450), suponiendo que el ahorro es por año, se realizan los cálculos mostrados en la Tabla 35.

**Tabla 36.** Cálculo del ahorro por multa del incumplimiento de calidad.

	<b>Remuneración básica</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Anual</b>
Multa	\$450	200	\$ 90000

**Nota:** Elaborado por el autor.

En síntesis, la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales generaría al año un ahorro de \$120133,56. Logrando calcular el PRI, así como se muestra en la Tabla 36.

**Tabla 37.** Cálculo del periodo de recuperación.

<b>Año</b>	<b>Nº</b>	<b>Inversión inicial</b>	<b>Flujo por año</b>	<b>Flujo acumulado</b>
2023	0	\$ 101106,49		
2024	1	\$ 0	\$ 120133,56	\$ 120133,56

**Nota:** Elaborado por el autor

$$PRI = \text{año anterior de recuperación} + \frac{\text{inversión inicial} - \text{ingreso acum. año anterior}}{\text{ingreso año de recuperación}}$$

$$PRI = \frac{\$ 101106,49 - \$0}{\$ 120133,56} = 0,84 \text{ años}$$

$$PRI = 0,84 \text{ años} * \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} = 10,08 \text{ meses}$$

$$PRI = 0,08 \text{ meses} * \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} = 2,4 \text{ días}$$

$$PRI = 10 \text{ meses y } 2,4 \text{ días}$$

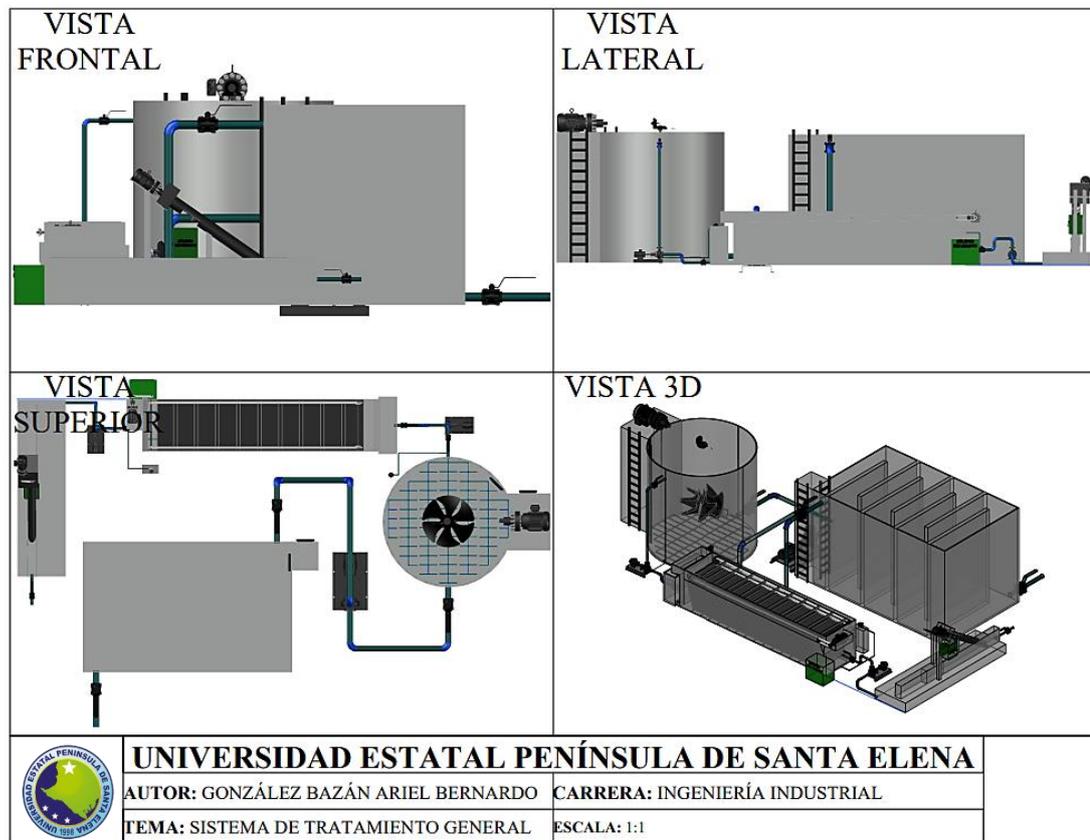
El periodo de recuperación de la inversión es de 10 meses con 2,4 días. Al no ser un ingreso neto de la empresa, no se podrían considerar estos valores para el cálculo de los indicadores de rentabilidad.

### 3.5 Propuesta de la investigación

#### 3.5.1 Diseño del sistema

A continuación, en la Figura 10 se presentan las vistas del sistema de tratamiento unificado, así mismo en el Anexo 10 se muestran las vistas de cada uno de los tratamientos por separado.

**Figura 10.** Vistas del sistema de tratamiento



**Nota:** Elaborado por el autor

#### 3.5.2 Características del sistema

##### Características generales

- Dimensiones: 2032,21 cm x 1121,45 cm (Largo x Ancho).
- Capacidad: 173 m<sup>3</sup> en 26,5 horas.
- Costo de implementación: \$38667,09
- Costo de operación anual: \$62429,40
- Tipo de tratamiento: el sistema de tratamiento de forma general se basa en el método biológico, sin embargo, para poder obtener una mejor eficiencia se complementó con los demás tipos de tratamientos como se muestra a continuación:

- Pretratamiento o tamiz tornillo (Físico)
- Tratamiento primario o sistema DAF (Físico – Químico)
- Tratamiento secundario o reactor biológico (Biológico)
- Tratamiento secundario o tranque de desinfección (Químico)
- Agente regulador o normativa: los criterios de calidad están relacionados con los parámetros permisibles establecidos en el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), específicamente a su decreto ejecutivo 3516 y Anexo 1 de la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes del recurso agua.

### **Características innovadoras**

- Complementación de maquinarias automatizadas.
- Fácil manejo de las maquinarias utilizadas en el sistema.
- Aplicación del tratamiento biológico para tratar aguas salobres.
- Maquinarias y equipos fabricados con acero inoxidable apto para el ambiente salado y el agua salada.

### **Características económicas**

- Costo bajo del sistema.
- Eficiencia del consumo de recursos (químicos, hídricos y energéticos).
- Eficiencia en la relación costo – beneficio.

### **Características ecológicas**

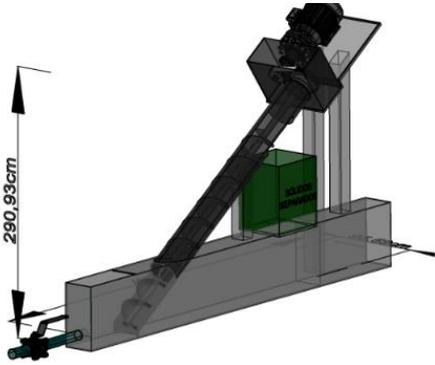
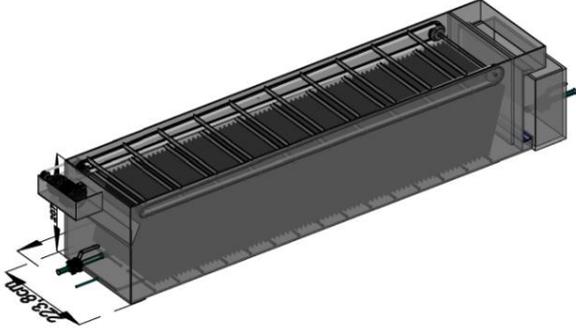
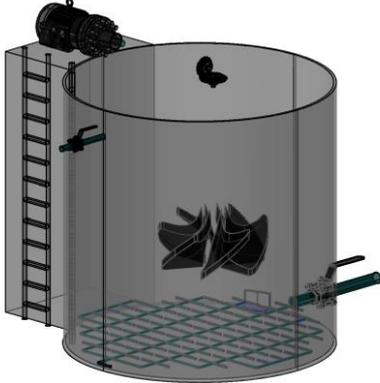
- Preservación del recurso hídrico.
- Minimización de residuos generados en el agua residual y de emisiones por contaminantes.
- Minimización del uso de contaminantes químicos.
- Concientización ambiental.

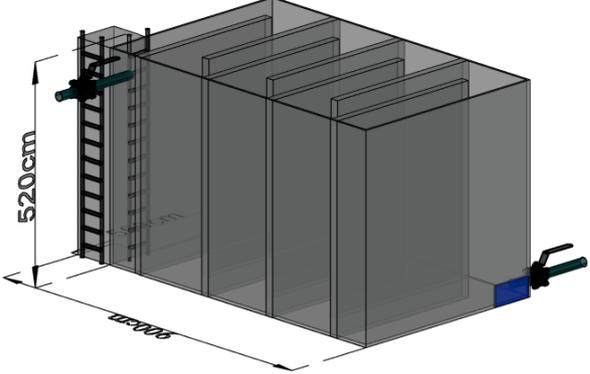
### **Características ergonómicas**

- Suficiente espacio de trabajo.
- Bajas probabilidades de riesgos físicos por posturas.
- Ergonomía herramental y de equipos con facilidad de manejo.

### 3.5.3 Entradas y salidas por tratamientos

Tabla 38. Entradas y salida de materia prima por tratamiento.

	Entrada	Tratamiento	Salida
Volumen (V)	173 m <sup>3</sup>	<b>Pretratamiento</b> (tamiz tornillo TTM 300) 	173 m <sup>3</sup>
Caudal (Q)	86,5 m <sup>3</sup> /h		86,5 m <sup>3</sup> /h
Otros			Sólidos flotantes
V	173 m <sup>3</sup>	<b>Tratamiento primario</b> (sistema DAF PLD-QF-100) 	166,08 m <sup>3</sup>
Q	86,5 m <sup>3</sup> /h		104,58 m <sup>3</sup> /h
Otros	Aire (0,42 lb/h)		Desechos sólidos
V	83,04 m <sup>3</sup> /fase	<b>Tratamiento secundario</b> (Reactor biológico MBBR) 	79,72 m <sup>3</sup> /fase
Q	104,58 m <sup>3</sup> /h		116,38 m <sup>3</sup> /h
Otros	Bacteria 1 (78,888 mg/fase)		Desechos o residuos
	Bacteria 2 (92,175 g/fase)		
	Oxígeno (7,83 lb/h)		

V	79,72 m <sup>3</sup> /fase	<b>Tratamiento terciario</b> (tanque de desinfección)	79,72 m <sup>3</sup> /fase
Q	116,41 m <sup>3</sup> /h		116,41 m <sup>3</sup> /h
Otros	Cloro (119,58 ml/fase) Carbón A (12,7552 kg/fase)		Residuos del carbón act.

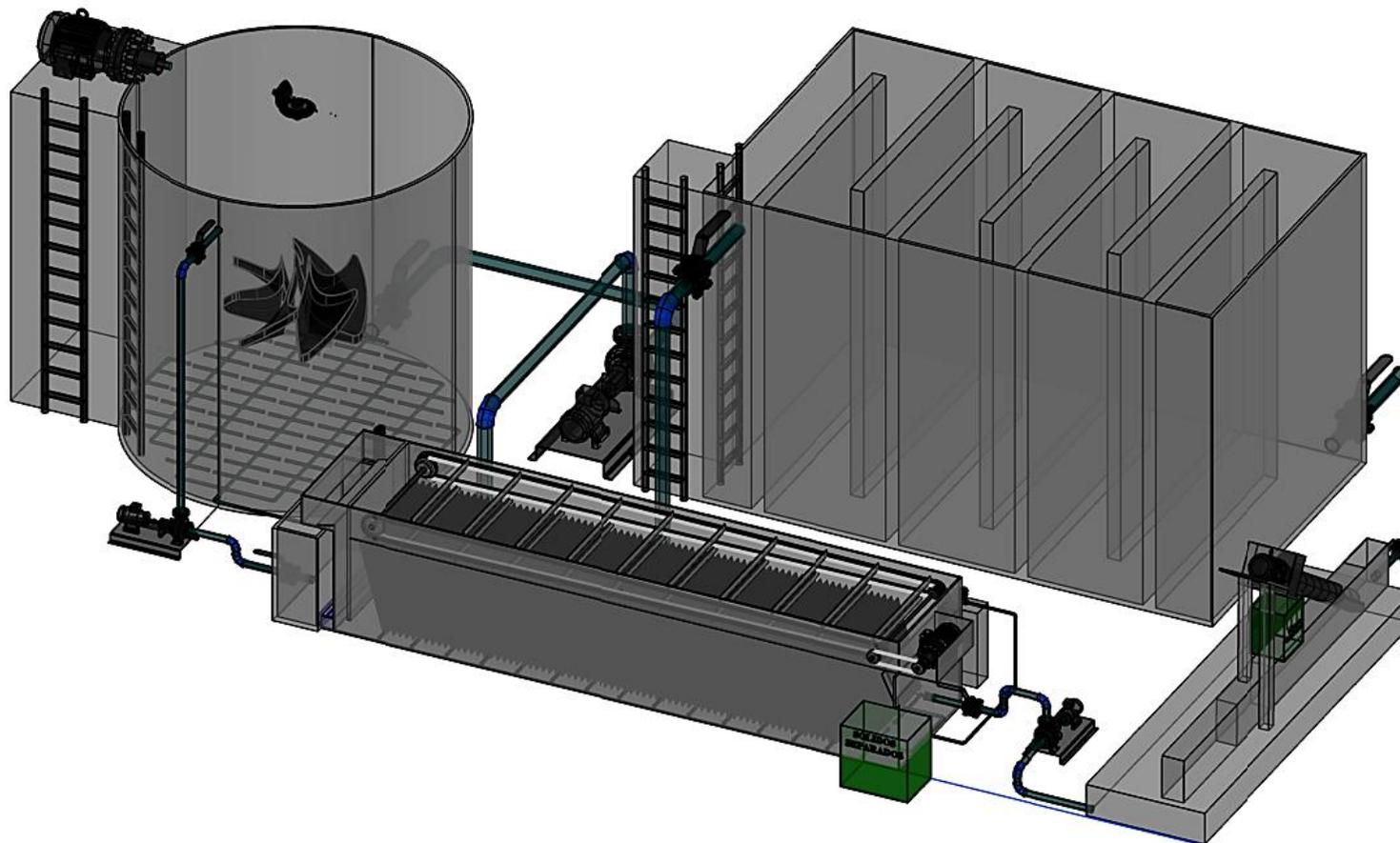
**Nota:** Elaborado por el autor.

En la Tabla 37 se muestra los valores de entradas y salidas de volumen, caudal y otros componentes a cada uno de los tratamientos que componen al sistema general, siendo estos un resumen de la variación de volumen del efluente tratado.

### 3.5.4 Vista 3D del sistema de tratamiento

En la Figura 11 se presenta la vista 3D del sistema de tratamiento mediante un filtro de rayos x para apreciar la parte inferior de los tratamientos.

*Figura 11. Vista 3D del sistema de tratamiento*

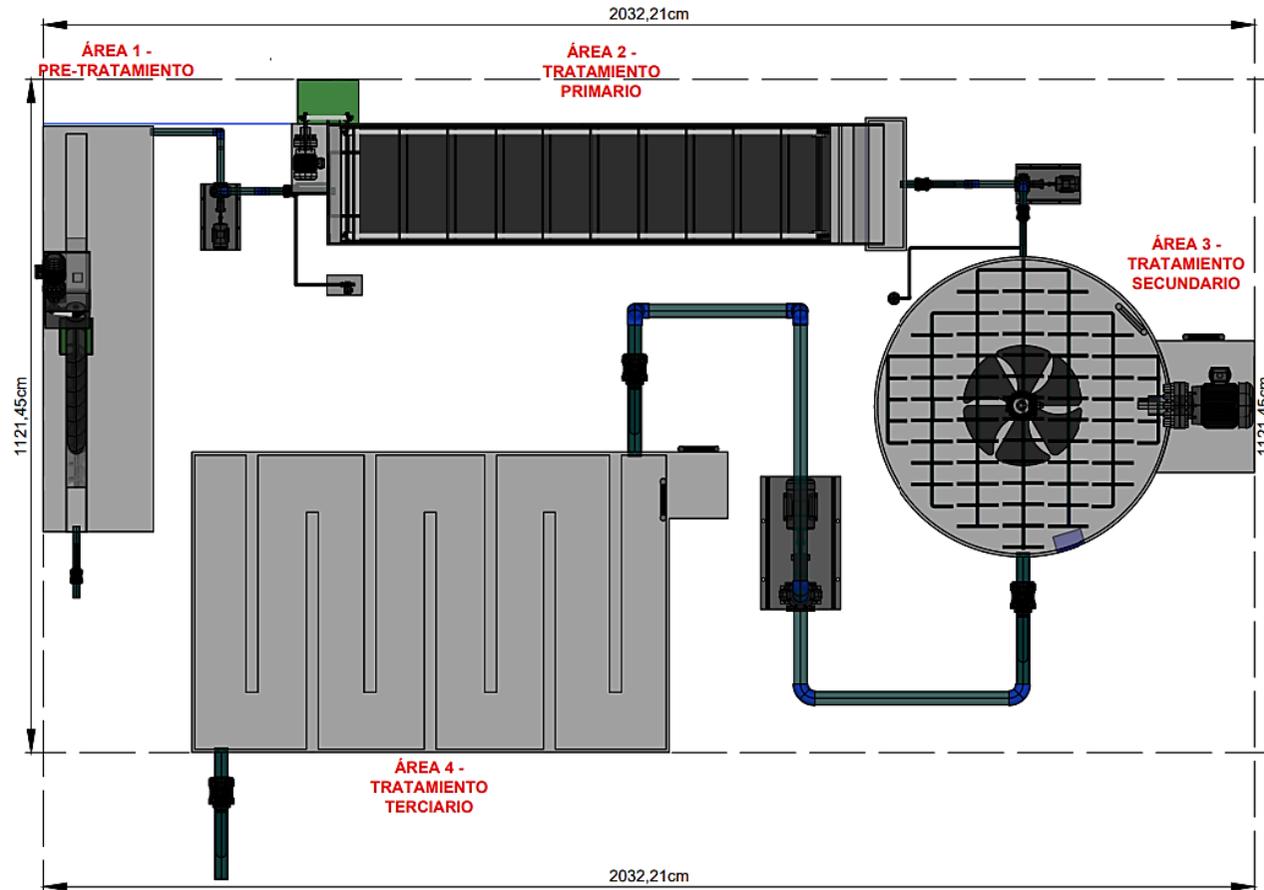


**Nota:** Elaborado por el autor

### 3.5.5 Área general del sistema de tratamiento

En la Figura 12 se presenta la vista superior del sistema de tratamiento y su distribución de áreas.

*Figura 12. Distribución del sistema de tratamiento y sus áreas*

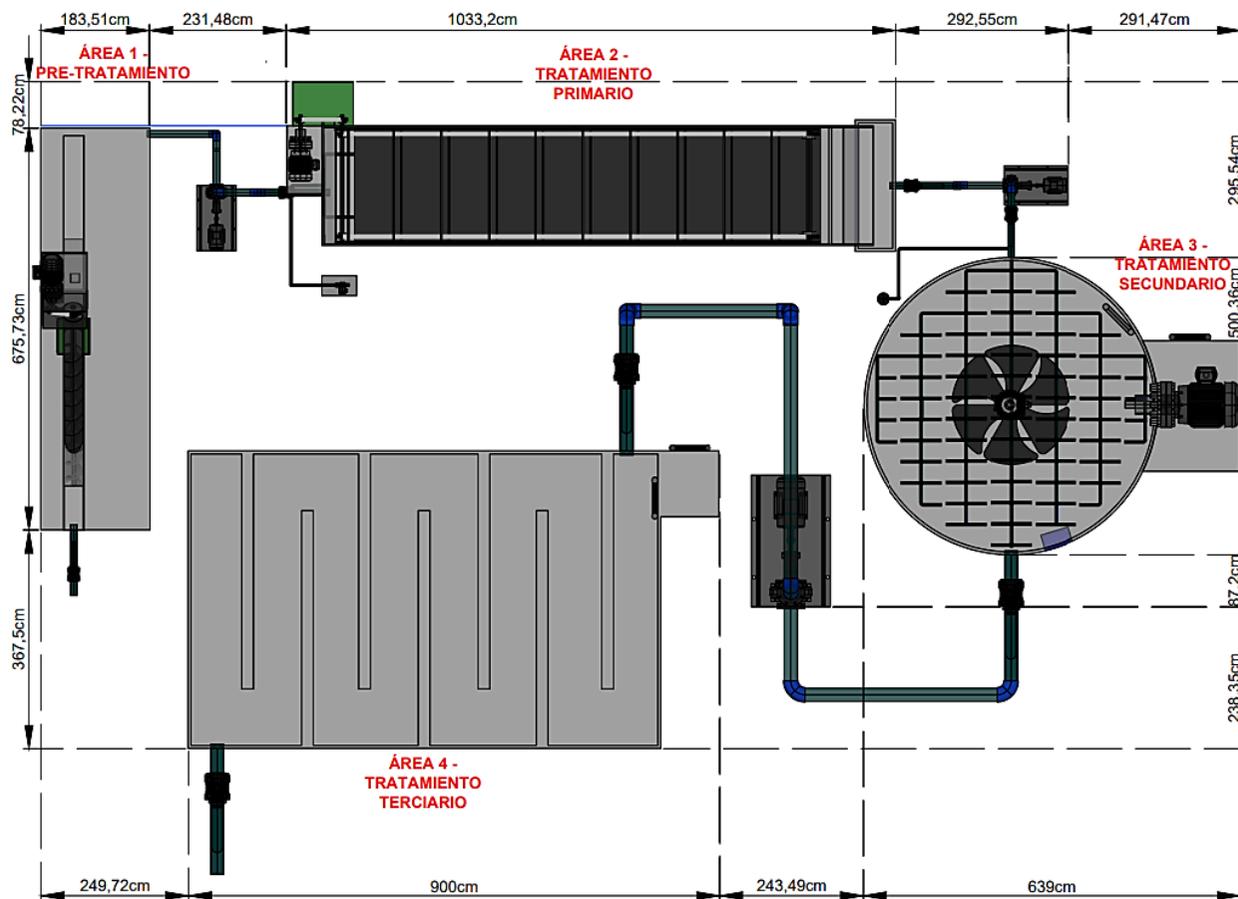


**Nota:** Elaborado por el autor

### 3.5.6 Dimensiones de las áreas del sistema de tratamiento

En la Figura 13 se presenta la vista superior del sistema de tratamiento y sus dimensiones por áreas.

*Figura 13. Dimensiones de las áreas del sistema de tratamiento.*

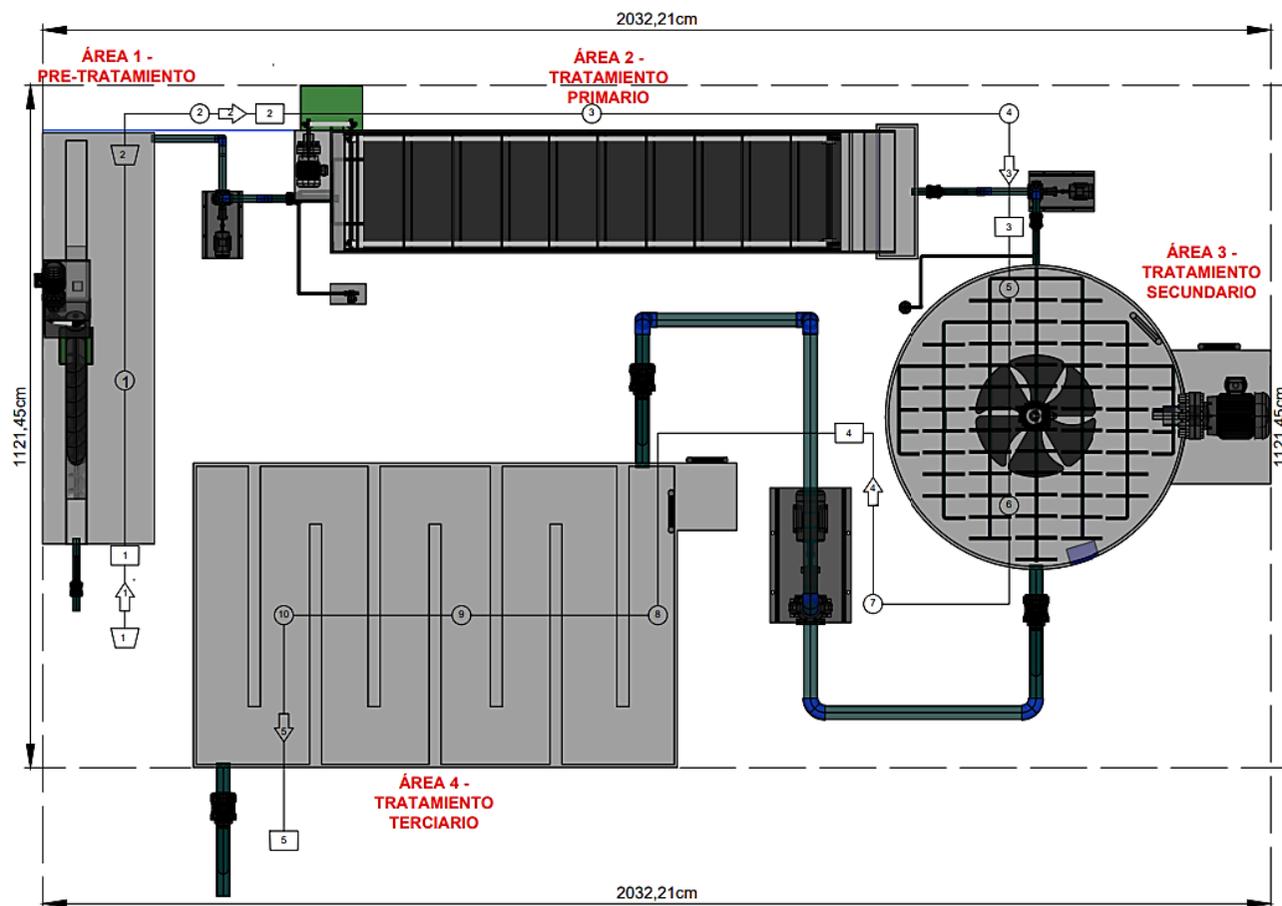


**Nota:** Elaborado por el autor

### 3.5.7 Diagrama de recorrido del proceso de tratamiento

En la Figura 14 se presenta la vista superior del sistema de tratamiento y diagrama de recorrido del sistema.

*Figura 14. Diagrama de recorrido de las actividades de tratamiento.*

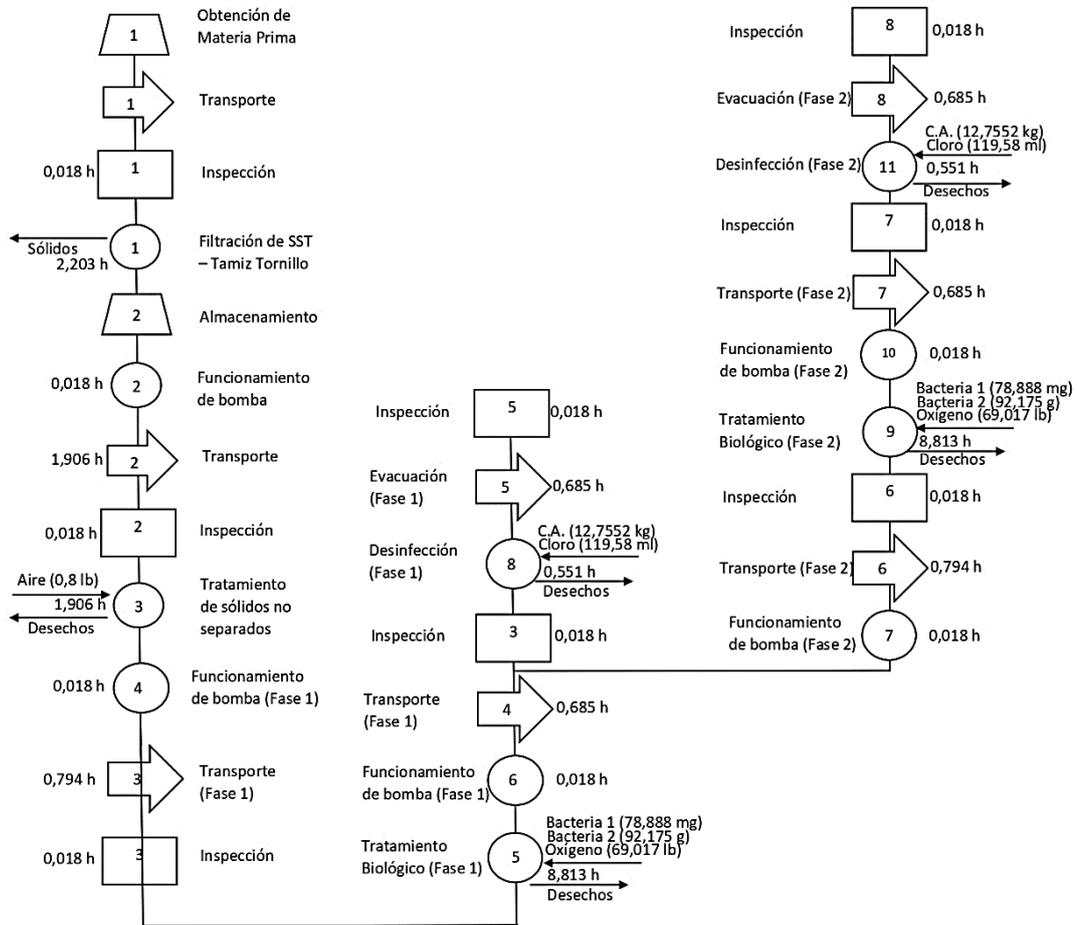


**Nota:** Elaborado por el autor

### 3.5.8 Diagrama de flujo de procesos de multicolumnas actualizado

En la Figura 15 se muestra el diagrama flujo de procesos de multicolumnas actualizado con cada uno de los datos presentados en los estudios y representando cada una de las fases que se consideraron en el sistema.

**Figura 15.** Diagrama flujo de procesos de multicolumnas.



**Nota:** Elaborado por el autor.

### 3.6 Marco de discusión

Los sistemas de tratamientos de aguas residuales se basan en diferentes alternativas para tratar aguas residuales, la RSL permitió seleccionar y describir los tipos de tratamiento más adecuados para la industria camaronera, con base en diferentes autores como Alviano & Andriyono (2020), el cual presentó información fundamental sobre las etapas que conlleva el tratamiento biológico en los laboratorios camaroneros, al igual que los autores Ye et al (2023), los cuales complementaron la utilización de bacterias resistentes a las aguas salobres de estas industrias. La información obtenida en la RSL fue evaluada mediante la herramienta AMSTAR II, el cual designó una

calificación moderada a los estudios presentados, validando su grado de confianza para continuar con la investigación.

Existen diferentes tipos de metodologías que se pueden utilizar para el proceso de obtención y análisis de los datos de la investigación, por ello, se complementó las metodologías presentadas por los autores: Hang Pham (2021), Andrade Avalos et al (2021) y Alviano & Andriyono (2020), unificando la formalidad de presentación de los resultados, las etapas de tratamiento de la industria camaronera y los estudios realizados para el diseño de un sistema de tratamiento. Así mismo, con la realización del marco metodológico se obtuvo información de gran importancia sobre las concentraciones que requieren las materias primas indirectas en el proceso de tratamiento de aguas residuales.

En síntesis, el procedimiento metodológico planteado en el capítulo II ayudó a presentar y analizar la información sobre el diseño del sistema de tratamiento, iniciando desde la disponibilidad de materia prima (efluente proveniente de la empresa de estudio), hasta la presentación de los costos de implementación del sistema. La parte fundamental de la investigación se centró en una suposición sobre el diseño descrito en los capítulos anteriores, adjuntando el cálculo de áreas, diagramas de flujos, estudio de tiempo de evacuación de efluente, etc., logrando una mejor comprensión sobre las características del sistema diseñado. Además, se obtuvo valores positivos para el VAN y la TIR, dando a conocer que el proyecto es rentable. Finalmente, luego de los estudios realizados, se pudo presentar la propuesta del diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales en 3D, con sus características, áreas y diagrama de ejecución del sistema.

### **3.7 Limitaciones del estudio**

- El sistema de tratamientos pudo diseñarse, pero no había posibilidad de la implementación física en la empresa.
- La empresa de estudio no contaba con análisis del agua residual, haciendo posible que la caracterización física – química del efluente no pudo determinarse en sus parámetros de entrada reales.
- La toma de datos era limitada, por políticas de la empresa no se obtuvo datos sobre los ingresos anuales.

## CONCLUSIONES

- Se aplicó una revisión sistemática de la literatura para la sustentación de las bases teóricas de la investigación, destacando un total de 25 artículos científicos relacionados con el tema de tratamiento de aguas residuales mediante y el método biológico ubicados en distintas bases de datos, logrando definir la descripción del proceso de tratamientos a diseñar, el cual fue fundamentado y complementado de la información obtenida en esta revisión sistemática.
- Se formalizó el procedimiento metodológico para el análisis e interpretación de los resultados en el marco metodológico, en el cual se realizó una visita de campo a la empresa de estudio para obtener datos sobre la cantidad de efluente que generar en ciertos periodos, siendo de utilidad para definir la capacidad del sistema. Por otro lado, mediante el procedimiento metodológico se extrajo información sobre concentraciones de las materias primas directas e indirectas.
- Se diseñó el sistema propuesto mediante la realización de varios estudios, iniciando desde su estudio de mercado para conocer los clientes potenciales (111 en la provincia de Santa Elena). Seguidamente, de una suposición sobre el diseño a realizar, en donde se destacaron los factores importantes como las máquinas, tiempos, parámetros, etc. Continuando con el estudio técnico del sistema en el que se obtuvo que para tratar 173 Ton de efluente se requieren 26,5 horas y un área de 366,12 m<sup>2</sup> para la distribución de maquinarias. Por último, mediante el estudio financiero se determinó que el costo de inversión total es de \$101106.49, recuperando la inversión en 1 año, 1 mes y 7,1 días mediante los ingresos, y en 10 meses con 2,4 días mediante los ahorros que podría obtener la empresa.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda utilizar bases de datos que no limiten el acceso a la información de los artículos científicos, además de delimitar bien los criterios para la inclusión y exclusión de información. Así mismo, las variables de la investigación deben incluirse en las palabras claves de la búsqueda de datos, para poder obtener información más relacionada y directa al tema de investigación.
- Se recomienda seleccionar un procedimiento metodológico enfocado en la investigación de un solo autor, el cual detalle de forma clara y precisa los pasos que se requieren para la obtención, procesamiento y análisis de los datos obtenidos. Sin embargo, el procedimiento utilizado en la investigación es el más detallado para el estudio de un producto o sistema a diseñar.
- Se recomienda utilizar el mismo procedimiento metodológico aplicado con los mismos estudios realizados (De mercado, diseño, técnico y financiero), con el fin de llevar un mejor control, organización y manejo de los datos que serán de gran utilidad para realizar la propuesta del diseño presentado, además de poder normalizar tiempos, realizar las estimaciones de las áreas, distribución de planta y los respectivos controles del sistema general.

## REFERENCIAS

- Akyildiz, S. H., Sezgin, H., Yalcin, B., & Yalcin-Enis, I. (2023). Optimization of the textile wastewater pretreatment process in terms of organics removal and microplastic detection. *Journal of Cleaner Production*, 384, 135637. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135637>
- Alviano, A. R., & Andriyono, S. (2020). Wastewater Treatment on Shrimp Processing Industry. *Journal of Marine and Coastal Science*, 9(3), 139. <https://doi.org/10.20473/jmcs.v9i3.22296>
- Amin, A., Al Bazed, Gh., & Abdel-Fatah, M. A. (2021). Experimental study and mathematical model of coagulation/sedimentation units for treatment of food processing wastewater. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(1), 195–203. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.08.001>
- Andrade Avalos, M. L., Borja Mayorga, D. F., & García Veloz, M. J. (2021). Diseño y cotización de una planta de tratamiento de aguas residuales para parroquias rurales del Cantón Riobamba - Provincia de Chimborazo-Ecuador. *ConcienciaDigital*, 4(2), 198–214. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v4i2.1659>
- Arispe, C. M., Yangaly, J. S., Guerrero, M. A., Lozada, O. R., Acuña, L. A., & Arellano, C. (2020). *La investigación científica*. <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/4310/1/LA%20INVESTIGACION%20CIENTIFICA.pdf>
- ASOLAP. (2022, December 20). *Sector larvicultor: la mitad de los 450 laboratorios de larvas de camarón que operan en Ecuador son irregulares*. El Universo. <https://www.eluniverso.com/noticias/economia/sector-larvicultor-la-mitad-de-los-450-laboratorios-de-larvas-de-camaron-que-operan-en-ecuador-son-irregulares-nota/>
- Avendaño Delgado, E. M., Cieza Quesquén, G. D., & Alcalá Adrianzén, M. E. (2022). Quality Management Proposal according to industrial engineering tools to increase customer satisfaction of Manufacturas Claudinne S.A.C. *Proceedings of the 20th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology: "Education, Research and Leadership in Post-Pandemic Engineering: Resilient, Inclusive and Sustainable Actions."* <https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.162>

- Azuero-Azuero, Á. E. (2019). Significatividad del marco metodológico en el desarrollo de proyectos de investigación. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 4(8), 110. <https://doi.org/10.35381/r.k.v4i8.274>
- Belzona. (2010). Tratamiento de aguas residuales. In A. Troconis (Ed.), *Belzona.com* (1st ed.). [https://www.belzona.com/es/solution\\_maps/wastewater/money\\_map.pdf](https://www.belzona.com/es/solution_maps/wastewater/money_map.pdf)
- Benites, E., Castañeda, C., Acosta, E., & Rengifo, M. (2022). Clean technology for domestic wastewater treatment: dynamic hydrocavitation-ozone. *Proceedings of the 20th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology: "Education, Research and Leadership in Post-Pandemic Engineering: Resilient, Inclusive and Sustainable Actions."* <https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.780>
- Cabrera, M., Montenegro, L., & Jiménez, A. (2022). Análisis de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de una Industria de Embutidos. *Revista Politécnica*, 49(2), 47–54. <https://doi.org/10.33333/rp.vol49n2.05>
- Cadenas Martínez, R., Lino, M., Briones, V., & Osejos, M. (2019). Water quality of the wastewater treatment plant of the city of Jipijapa, Ecuador. *Revista Bases de La Ciencia. e-ISSN 2588-0764*, 4(3), 41. [https://doi.org/10.33936/rev\\_bas\\_de\\_la\\_ciencia.v4i3.1838](https://doi.org/10.33936/rev_bas_de_la_ciencia.v4i3.1838)
- Cai, Y.-H., Galili, N., Gelman, Y., Herzberg, M., & Gilron, J. (2021). Evaluating the impact of pretreatment processes on fouling of reverse osmosis membrane by secondary wastewater. *Journal of Membrane Science*, 623, 119054. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2021.119054>
- Carreño Mendoza, Á., Lucas Vidal, L., Hurtado, E. A., Barrios Maestre, R., & Silva Acuña, R. (2018). Sistema de tratamiento de aguas superficiales para consumo humano en la Microcuenca del río Carrizal, Ecuador.// Surface water treatment system for human consumption in the Microbasin of the Carrizal River, Ecuador. *Ciencia UNEMI*, 11(28), 76–87. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol11iss28.2018pp76-87p>
- Carrizo, D., & Moller, C. (2018). Estructuras metodológicas de revisiones sistemáticas de literatura en Ingeniería de Software: un estudio de mapeo sistemático. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 26, 45–54. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052018000500045>

- Castillo Castañeda, M. F., & Agudelo Valencia, R. N. (2020). Artificial wetland planted with Limonium Perezzi, for the treatment of wastewater from tanning. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*. <https://doi.org/10.17533/udea.redin.20200263>
- Ceja De La Cruz, Z. T., & Rentería Rodríguez, M. E. (2019). Tratamiento de aguas residuales. *INCyTU*, 1(18), 1–6.
- Chen, H., Chen, Z., Zhou, S., Chen, Y., & Wang, X. (2023). Efficient partial nitrification performance of real printed circuit board tail wastewater by a zeolite biological fixed bed reactor. *Journal of Water Process Engineering*, 53, 103607. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.103607>
- Chen, Q., Wang, K., Cai, Q., Gu, Z., & Zhu, J. (2021). Optimization of pretreatment in pymetrozine production wastewater via reactive distillation and side-stream distillation methods with response surface methodology. *Water Science and Technology*, 83(2), 463–474. <https://doi.org/10.2166/wst.2020.599>
- Ciapponi, A. (2018). AMSTAR-2: herramienta de evaluación crítica de revisiones sistemáticas de estudios de intervenciones de salud. *Evidencia, Actualización En La Práctica Ambulatoria*, 21(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.51987/evidencia.v21i1.6834>
- Del Angel, E., Pantoja, M. A., López, R., & Cruz, A. E. (2022). Treatment of domestic wastewater using activated carbon prepared from sugarcane bagasse. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 13(1), 144–183. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2022-01-04>
- Eras-Agila, R., & Morocho-Roman, Z. (2022). Sustentabilidad del sector camaronero y su influencia en la gestión de costos. *593 Digital Publisher CEIT*, 7(6), 65–78. <https://doi.org/10.33386/593dp.2022.6.1264>
- González Fragozo, H. E., Zabaleta Solano, C., Devia González, J., Moya Salinas, Y., & Afanador Rico, O. (2020). Efecto del riego con agua residual tratada sobre la calidad microbiológica del suelo y pasto King Grass. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 23(2). <https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n2.2020.1513>
- Guevara-Patiño, R. (2016). El estado del arte en la investigación: ¿análisis de los conocimientos acumulados o indagación por nuevos sentidos? *Revista Folios*, 44, 165–179.

- Hamatani, Y., Watari, T., Hatamoto, M., Yamaguchi, T., Setiadi, T., & Konda, T. (2023). Greenhouse gas reduction of co-benefit-type wastewater treatment system for fish-processing industry: A real-scale case study in Indonesia. *Water Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.wse.2023.03.001>
- Hang Pham, T. T., Cochevelou, V., Khoa Dinh, H. D., Breider, F., & Rossi, P. (2021). Implementation of a constructed wetland for the sustainable treatment of inland shrimp farming water. *Journal of Environmental Management*, 279, 111782. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111782>
- He, L., Zhang, Y., Song, D., Ou, Z., Xie, Z., Yang, S., Guan, W., Dong, C., & Zhang, Y. (2022). Influence of Pretreatment System on Inorganic Suspended Solids for Influent in Wastewater Treatment Plant. *Journal of Environmental and Public Health*, 2022, 1–5. <https://doi.org/10.1155/2022/2768883>
- Hernández, S. R., Fernández, C. C., & Baptista, L. M. del P. (2014). Metodología de la investigación. In *McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V.* (Sexta Edic).
- Hosney, H., Tawfik, M. H., Duker, A., & van der Steen, P. (2023). Prospects for treated wastewater reuse in agriculture in low- and middle-income countries: Systematic analysis and decision-making trees for diverse management approaches. *Environmental Development*, 46, 100849. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2023.100849>
- Iber, B. T., & Kasan, N. A. (2021). Recent advances in Shrimp aquaculture wastewater management. *Heliyon*, 7(11), e08283. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08283>
- Iturralde Jácome, X. A., & Hernández Escobar, A. A. (2022). Biofiltración de aguas residuales de industrias arroceras de San Jacinto de Yaguachi, Ecuador mediante cascarilla de arroz. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad*, 5, e271. <https://doi.org/10.46380/rias.vol5.e271>
- Kesar, S., & Bhatti, M. S. (2022). Chlorination of secondary treated wastewater with sodium hypochlorite (NaOCl): An effective single alternate to other disinfectants. *Heliyon*, 8(11), e11162. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11162>
- Kosar, S., Isik, O., Cicekalan, B., Gulhan, H., Sagir Kurt, E., Atli, E., Basa, S., Ozgun, H., Koyuncu, I., van Loosdrecht, M. C. M., & Ersahin, M. E. (2022). Impact of primary sedimentation on granulation and treatment performance of municipal

- wastewater by aerobic granular sludge process. *Journal of Environmental Management*, 315, 115191. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115191>
- Krasaesueb, N., Boonnorat, J., Maneeruttanarungroj, C., & Khetkorn, W. (2023). Highly effective reduction of phosphate and harmful bacterial community in shrimp wastewater using short-term biological treatment with immobilized engineering microalgae. *Journal of Environmental Management*, 325, 116452. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116452>
- Li, W., Ding, C., Korshin, G., Li, J., & Cheng, H. (2022). Effect of chlorination on the characteristics of effluent organic matter and the phototransformation of sulfamethoxazole in secondary wastewater. *Chemosphere*, 295, 133193. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.133193>
- Loreto Muñoz, C. D., Almendariz Tapia, F. J., Martín García, A. R., Sierra Álvarez, R., Ochoa Herrera, V., & Monge Amaya, O. (2021). Sulfate-rich wastewater treatment using an integrated anaerobic/aerobic biological system. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 20(2), 1005–1017. <https://doi.org/10.24275/rmiq/IA2332>
- Mangarengi, N. A. P., Selintung, M., Zubair, A., & Ahmad, F. (2020). Evaluation of the effectiveness of wastewater treatment plant for super-intensive shrimp farms (A case study on Punaga Village, Takalar). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 419(1), 012162. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/419/1/012162>
- Mao, G., Han, Y., Liu, X., Crittenden, J., Huang, N., & Ahmad, U. M. (2022). Technology status and trends of industrial wastewater treatment: A patent analysis. *Chemosphere*, 288. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132483>
- Medrano Hurtado, Z. Y., Medina Aguirre, J. C., Marcelo Medrano, H., Castellón Barraza, A., Zamora Alarcón, R., Casillas Lamadrid, M. E., Jumilla Corral, A. A., & Mayorga Ortiz, P. (2022). Domestic wastewater treatment by electrocoagulation system using photovoltaic solar energy. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 21(2), 1–12. <https://doi.org/10.24275/rmiq/IA2809>
- Mehmood, Y., Arshad, M., & Kächele, H. (2022). Effects of wastewater reuse on perceived health risks of farmers in Pakistan: Application of the Zero-Inflated Poisson regression model. *Journal of Cleaner Production*, 369, 133430. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133430>

- Merizalde, E., Montenegro, L., & Cabrera, M. (2019). Estudio de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Provenientes de una Industria de Papel. *Revista Politécnica*, 43(1), 07–14. <https://doi.org/10.33333/rp.vol43n1.951>
- Mora Aparicio, C., Alfaro Chinchilla, C., Pérez Molina, J. P., & Vega Guzmán, I. (2022). Aporte ambiental de la planta de tratamiento de aguas residuales Los Tajos en la remoción de contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos. *Uniciencia*, 36(1), 1–17. <https://doi.org/10.15359/ru.36-1.33>
- Morales Fiallos, F., Maldonado Narváez, L., Nuñez Aldás, G., Paredes Cabezas, G., & Hechavarría, R. (2022). Filtro con elementos de bagazo de caña de azúcar para el tratamiento de aguas residuales de lavadoras de autos en la ciudad de Ambato, Ecuador. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 13(5), 365–395. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-13-05-10>
- Morales Fiallos, F., Maldonado Narváez, L., & Peñafiel Valla, L. (2022). Study of wastewater from washing cars of Ambato, province of Tungurahua, Ecuador. *Investigación y Desarrollo*, 1, 1–16.
- MPCEIP. (2023, April). *Laboratorio de larvas internas*. Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca. <https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2023/06/LABORATORIO-DE-LARVAS-INTERNAS-HT-13062023.pdf>
- Muloiwa, M., Dinka, M., & Nyende-Byakika, S. (2022). Modelling the biological treatment process aeration efficiency: application of the artificial neural network algorithm. *Water Science and Technology*, 86(11), 2912–2927. <https://doi.org/10.2166/wst.2022.388>
- Peña, S., Mayorga, J., & Montoya, R. (2018). Proposal for the treatment of wastewater from the city of Ya-guachi (Ecuador). In *Revista Ciencia e Ingeniería* (Vol. 39, Issue 2). <https://www.redalyc.org/journal/5075/507557606007/html/>
- Pérez, Y. A., García Cortés, D. A., & Jauregui Haza, U. J. (2022). Humedales construidos como alternativa de tratamiento de aguas residuales en zonas urbanas: una revisión. *Ecosistemas*, 31(1), 2279. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2279>
- Pizarro, A. B., Carvajal, S., & Buitrago-López, A. (2020). Assessing the methodological quality of systematic reviews using the AMSTAR tool. *Colombian Journal of Anesthesiology*. <https://doi.org/10.5554/22562087.e913>

- Prieto-Castellanos, B. J. (2018). El uso de los métodos deductivo e inductivo para aumentar la eficiencia del procesamiento de adquisición de evidencias digitales. *Cuadernos de Contabilidad*, 18(46). <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cc18-46.umdi>
- Raj, S., Singh, H., & Bhattacharya, J. (2023). Treatment of textile industry wastewater based on coagulation-flocculation aided sedimentation followed by adsorption: Process studies in an industrial ecology concept. *Science of The Total Environment*, 857, 159464. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159464>
- Ramos, R., & Navarro, A. (2020). Tratamiento de efluentes del cultivo de *Seriola lalandi* por sedimentación, filtración y absorción en diferentes tiempos de retención hidráulica. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 54(3), 297–307. <https://doi.org/10.22370/rbmo.2019.54.3.2020>
- Roque, F., Delgado, D., Chirinos, B., Huanca, R., Alvarez, E., & Medina, R. (2021). Diseño Sostenible De Un Módulo Innovador De Tratamiento Biológico De Aguas Residuales En Comunidades Rurales Andinas Vulnerables Utilizando *Nostoc Commune* Caso: Coporaque-Caylloma (Perú). *Proceedings of the 19th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: “Prospective and Trends in Technology and Skills for Sustainable Social Development” “Leveraging Emerging Technologies to Construct the Future.”* <https://doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.582>
- Saltos Sánchez, A., Fun-Sang Robinson, K., & Flor Chávez. Gino. (2017). Sistemas sanitarios económicos y eficientes instalados en la Comuna Morrillo, San Pablo, Provincia de Santa Elena. *Revista Científica*, 3(3), 1–15.
- Sánchez, R. G., & García Gualoto, K. J. (2018). Tratamiento de aguas residuales con cargas industriales con oxidación avanzada en sistemas convencionales. *La Granja*, 27(1), 103–111. <https://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.08>
- Sanghamitra, P., Mazumder, D., & Mukherjee, S. (2021). Treatment of wastewater containing oil and grease by biological method- a review. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 56(4), 394–412. <https://doi.org/10.1080/10934529.2021.1884468>
- Sgroi, M., Gagliano, E., Vagliasindi, F. G. A., & Roccaro, P. (2020). Absorbance and EEM fluorescence of wastewater: Effects of filters, storage conditions, and chlorination. *Chemosphere*, 243, 125292. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125292>

- Shea, B. J., Grimshaw, J. M., Wells, G. A., Boers, M., Andersson, N., Hamel, C., Porter, A. C., Tugwell, P., Moher, D., & Bouter, L. M. (2007). Development of AMSTAR: a measurement tool to assess the methodological quality of systematic reviews. *BMC Medical Research Methodology*, 7(1), 10. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-7-10>
- Struk-Sokołowska, J., Miodoński, S., Muszyński-Huhajło, M., Janiak, K., Ofman, P., Mielcarek, A., & Rodziewicz, J. (2020). Impact of differences in speciation of organic compounds in wastewater from large WWTPs on technological parameters, economic efficiency and modelling of chemically assisted primary sedimentation process. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(5), 104405. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104405>
- Tang, X., Fan, C., Zeng, G., Zhong, L., Li, C., Ren, X., Song, B., & Liu, X. (2022). Phage-host interactions: The neglected part of biological wastewater treatment. *Water Research*, 226, 119183. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.119183>
- Texcumar. (2019). *¿Sabías que la cáscara de camarón puede purificar el agua en Ecuador?* Texcumar.Com. <http://www.texcumar.com/News.aspx>
- TULSMA. (2018). Revisión del anexo 1 del libro vi del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. In *Ministerio del Ambiente* (2nd ed., pp. 24–30). <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/TEXTO-UNIFICADO-DE-LEGISLACION-SECUNDARIA-DE-MEDIO-AMBIENTE.pdf>
- Velasco, G., Moncayo, J., & Chuquer, D. (2019). Diagnóstico del sistema de tratamiento de aguas residuales de Manta. *Infoanalítica*, 7(1), 27–39. <https://doi.org/10.26807/ia.v7i1.93>
- Vera Marmanillo, V. (2019). Tratamiento primario (reducción de coloides-clarificación) de aguas residuales-efluente río Huatanay mediante operaciones unitarias de coagulación-Floculación y estabilización de ph. *Yachay - Revista Científico Cultural*, 8(1), 574–584. <https://doi.org/10.36881/yachay.v8i1.129>
- Verdugo, E. M., Gifford, M., Glover, C., Cuthbertson, A. A., Trenholm, R. A., Kimura, S. Y., Liberatore, H. K., Richardson, S. D., Stanford, B. D., Summers, R. S., & Dickenson, E. R. V. (2020). Controlling disinfection byproducts from treated wastewater using adsorption with granular activated carbon: Impact of pre-

ozonation and pre-chlorination. *Water Research X*, 9, 100068.  
<https://doi.org/10.1016/j.wroa.2020.100068>

Vinothkumar, R., Dar, J. Y., Bharti, V. S., Singh, A., Vennila, A., Bhat, I. A., & Pandey, P. K. (2021). Heterotrophic nitrifying and aerobic denitrifying bacteria: Characterization and comparison of shrimp pond and effluent discharge channel in aspects of composition and function. *Aquaculture*, 539, 736659.  
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736659>

Ye, T., Li, M., Lin, Y., & Su, Z. (2023). An effective biological treatment method for marine aquaculture wastewater: Combined treatment of immobilized degradation bacteria modified by chitosan-based aerogel and macroalgae (*Caulerpa lentillifera*). *Aquaculture*, 570, 739392.  
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739392>

Zainol, N., & Jazlan, C. A. I. C. (2020). Factorial Analysis of Biological Treatment for Contaminated Wastewater from Hatchery Industry. *Journal of Physics: Conference Series*, 1529(5), 052038. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1529/5/052038>

# ANEXOS

## Anexo 1. Solicitud de levantamiento de datos para la empresa de estudio.



Facultad de Ciencias de la Ingeniería  
Ingeniería Industrial

Oficio N° 210-CII-UPSE-2022  
La Libertad, 13 de diciembre del 2022

Ingeniera  
Sandra Cuvi Muñoz  
**GERENTE GENERAL**  
**PRIMICIAS DEL MAR S.A**  
Palmar – Santa Elena  
En su despacho. -

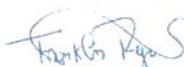
Reciba un atento saludo acompañado de los mejores augurios en el desempeño de sus funciones.

El fin de la presente es solicitar autorización para que el señor **GONZALEZ BAZAN ARIEL BERNARDO**, con cédula 2450179979, estudiante de octavo semestre de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, pueda efectuar el levantamiento de datos para su proceso de trabajo de integración curricular (Tesis) en la empresa que usted dignamente dirige, las mismas que se desarrollarían en las áreas de producción relacionadas a los aspectos de formación profesional, para su respectivo análisis e investigación.

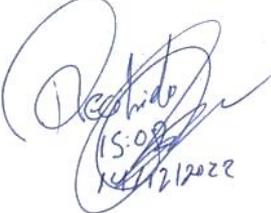
En consideración a lo anterior, y si usted lo autoriza, eternos agradecimientos.

Atentamente,



  
Ing. Franklin Reyes Soriano, Mgr.  
**DIRECTOR CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

C.c. Archivo  
FRS/ggc

  
Recibido  
15:02  
14/12/2022

*Somos lo que el mundo necesita*

Dirección: Campus matriz, La Libertad, - prov. Santa Elena - Ecuador  
Código Postal: 240204 - Teléfono: (04) 781732 ext 131  
[www.upse.edu.ec](http://www.upse.edu.ec)



*Anexo 2. Carta aval de aprobación de levantamiento de datos.*



Palmar, 14 de Diciembre de 2022.

Ingeniero  
Franklin Reyes Soriano, Mgtr.  
**DIRECTORA DE LA CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL.**  
**Presente. -**

De mis consideraciones:

La Empresa PRIMICIAS DEL MAR S.A. por medio del presente; NOTIFICAMOS que el Estudiante GONZALEZ BAZAN ARIEL BERNARDO con C.I. 2450179979 DE LA CARRERA INGENIERIA INDUSTRIAL presento su trabajo de titulación y es por ende que la empresa acepta al estudiante para que proceda a la ejecución de su tema.

Agradeciendo su atención al presente, me suscribo de usted.

Atentamente



TANIA CACIA MORAN  
C.C. 091888666-4  
ADMINISTRACION

Telf.: (593) 4 2 904 210  
Cel.: (593) 997 201 461 / (593) 999 424 367  
email: ventas@pricmarsa.com  
Barrio Las Conchas, Palmar  
Santa Elena - Ecuador

### Anexo 3. Certificado de aceptación y publicación del artículo científico



Quito, 04 de agosto del 2023

**Estimados**

**Víctor Manuel Matias Pillasagua**

**Juan Carlos Muyulema Allaica**

**Ariel Bernardo González Bazán**

**Paola Martina Pucha Medina**

**V8-N5-2065**

Presente

Reciban un cordial saludo del equipo de la revista 593 Digital Publisher CEIT, ISSN# 2588-0705, esta revista es indexada en Latindex con catálogo v2.0, su proceso contempla un arbitraje de pares ciegos y es multidisciplinar, evalúa la pertinencia en la calidad de investigación y sus dinámicas propias relacionadas al tema de estudio, con el fin de garantizar estándares de exigencia académica.

Este documento certifica que ha concluido la fase de revisión de pares, por lo tanto, el artículo es aceptado para la publicación en el V8-N5, edición de sep-oct/2023, por los autores **Víctor Matias, Juan Muyulema, Ariel González, Paola Pucha**, con el tema **"Alternativas nacionales e internacionales propuestas para el tratamiento de aguas residuales por el método biológico. Una revisión de la literatura"**, cuyos resultados obedecen a un proceso de investigación previo del/os autor/es.

**[doi.org/10.33386/593dp.2023.5.2065](https://doi.org/10.33386/593dp.2023.5.2065)**

Agradecemos su publicación y le deseamos éxitos en su carrera como investigador.

Philipp Altmann Ph.D  
Director

## Anexo 4. Banco de preguntas de la evaluación AMSTAR II

1. ¿Las preguntas de investigación y los criterios de inclusión para la revisión incluyen los componentes PICO?		
<b>Sí</b>	<b>Opcional</b>	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Población	<input type="checkbox"/> Ventana temporal de seguimiento	
<input type="checkbox"/> Intervención		
<input type="checkbox"/> Comparación		
<input type="checkbox"/> Resultado (Outcome)		
2. ¿El reporte de la revisión contiene una declaración explícita de que los métodos de la revisión fueron establecidos con anterioridad a su realización y justifica cualquier desviación significativa del protocolo?		
<b>Sí Parcial</b>	<b>Sí</b>	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> Sí Parcial <input type="checkbox"/> No
Los autores afirman que tuvieron un protocolo o guía escrita que incluía TODO lo siguiente:	Además de lo anterior, el protocolo debe estar registrado y también debería haber especificado:	
<input type="checkbox"/> Pregunta(s) de la revisión	<input type="checkbox"/> Un meta-análisis / plan de síntesis, si aplicara, y	
<input type="checkbox"/> Una estrategia de búsqueda	<input type="checkbox"/> Un plan para investigar causas de heterogeneidad	
<input type="checkbox"/> Criterios de inclusión / exclusión	<input type="checkbox"/> Justificación para cualquier desviación del	
<input type="checkbox"/> Evaluación del riesgo de sesgo		
3. ¿Los autores de la revisión explicaron su decisión sobre los diseños de estudio a incluir en la revisión?		
<b>Para sí, la revisión debe satisfacer UNA de las siguientes opciones:</b>		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Explicación para incluir sólo Ensayos Clínicos Aleatorizados (ECA), o		
<input type="checkbox"/> Explicación para incluir sólo Estudios No Aleatorizados de Intervención (EINA), o		
<input type="checkbox"/> Explicación para incluir ambos: ECA y EINA		
4. ¿Los autores de la revisión usaron una estrategia de búsqueda bibliográfica exhaustiva?		
<b>Para sí parcial (TODO lo siguiente):</b>		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> Sí Parcial <input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Buscaron por lo menos en 2 bases de datos (relevantes a la pregunta de investigación)		
<input type="checkbox"/> Proporcionaron palabras clave y/o estrategia de búsqueda		
<input type="checkbox"/> Explicitan si hubo restricciones de publicación y está justificada (por ejemplo, idioma)		
<b>Para sí, también debería tener (TODO lo siguiente):</b>		
<input type="checkbox"/> Haber buscado en listas de referencias / bibliografía de los estudios incluidos		
<input type="checkbox"/> Haber buscado en registros de ensayos/estudios		
<input type="checkbox"/> Haber incluido o consultado expertos en el campo de estudio		
<input type="checkbox"/> Haber buscado literatura gris, si correspondiese		
<input type="checkbox"/> Haber realizado la búsqueda dentro de los 24 meses de finalizada la revisión protocolo		
5. ¿Los autores de la revisión realizaron la selección de estudios por duplicado?		
<b>Para sí, UNA de las siguientes:</b>		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Al menos dos revisores estuvieron de acuerdo de forma independiente en la selección de los estudios elegibles y consensuaron qué estudios incluir, o		
<input type="checkbox"/> Dos revisores seleccionaron una muestra de los estudios elegibles y lograron un buen acuerdo (al menos 80%), siendo el resto seleccionado por un solo revisor		
6. ¿Los autores de la revisión realizaron la extracción de datos por duplicado?		
<b>Para sí, UNA de las siguientes:</b>		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Al menos dos revisores alcanzaron consenso sobre los datos a extrañar, o		
<input type="checkbox"/> dos revisores extrajeron los datos de una muestra de los estudios elegibles y lograron un buen acuerdo (al menos 80%), siendo el resto extrañado por un solo revisor		

7. ¿Los autores de la revisión proporcionaron una lista de estudios excluidos y justificaron las exclusiones?		
<b>Para sí parcial (TODO lo siguiente):</b>	<b>Para sí, también describe (TODO lo siguiente):</b>	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> Sí Parcial <input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Se proporciona una lista de todos los estudios potencialmente relevantes, evaluados por texto completo, pero excluidos de la revisión	<input type="checkbox"/> Fue justificada la exclusión de la revisión de cada estudio potencialmente relevante	
8. ¿Los autores de la revisión describieron los estudios incluidos con suficiente detalle?		
<b>Para sí parcial (TODO lo siguiente):</b>	<b>Para sí, también describe (TODO lo siguiente):</b>	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> Sí Parcial <input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Poblaciones	<input type="checkbox"/> Población en detalle	
<input type="checkbox"/> Intervenciones	<input type="checkbox"/> Ámbito del estudio	
<input type="checkbox"/> Comparadores	<input type="checkbox"/> Marco temporal para el seguimiento	
<input type="checkbox"/> Resultados	<input type="checkbox"/> Intervención y comparador en detalle (incluidas dosis si fuese pertinente)	
<input type="checkbox"/> Diseños de investigación		
9. ¿Los autores de la revisión usaron una técnica satisfactoria para evaluar el riesgo de sesgo de los estudios individuales incluidos en la revisión?		
<b>Ensayos Clínicos Aleatorizados (ECA)</b>		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> Sí Parcial <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Sólo incluye EINA
<b>Para sí parcial debe haber valorado:</b>	<b>Para sí, también debe haber valorado:</b>	
<input type="checkbox"/> Enmascaramiento de la asignación, y	<input type="checkbox"/> Generación de la secuencia aleatoria, y	
<input type="checkbox"/> cegamiento de pacientes y evaluadores de resultados (innecesario para resultados objetivos como mortalidad por todas las causas)	<input type="checkbox"/> reporte selectivo entre múltiples medidas o análisis de resultados específicos	
<b>Estudios No Aleatorizados de Intervención (EINA)</b>		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> Sí Parcial <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Sólo incluye EINA
<b>Para sí parcial debe haber valorado:</b>	<b>Para sí, también debe haber valorado:</b>	
<input type="checkbox"/> Sesgo de confusión, y	<input type="checkbox"/> Métodos utilizados para determinar exposiciones y resultados, y	
<input type="checkbox"/> sesgo de selección	<input type="checkbox"/> reporte selectivo entre múltiples medidas o análisis de resultados específicos	
10. ¿Los autores de la revisión reportaron las fuentes de financiación de los estudios incluidos en la revisión?		
<b>Para sí:</b>		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Debe haber informado sobre las fuentes de financiación para los estudios individuales incluidos en la revisión Nota: informar que los revisores buscaron esta información pero que no fue reportado por los autores del estudio, también califica		
11. Si se realizó un meta-análisis, ¿los autores de la revisión usaron métodos apropiados para la combinación estadística de resultados?		
<b>Ensayos Clínicos Aleatorizados (ECA)</b>		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No Meta-Análisis
<b>Para sí:</b>		
<input type="checkbox"/> Los autores justifican la combinación de los datos en un meta-análisis, y		
<input type="checkbox"/> utilizaron una técnica apropiada de ponderación para combinar los resultados de los estudios, ajustada por heterogeneidad si estuviera presente, e		
<input type="checkbox"/> investigaron las causas de la heterogeneidad		
<b>Ensayos Clínicos Aleatorizados (ECA)</b>		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No Meta-Análisis
<b>Para sí:</b>		
<input type="checkbox"/> Los autores justifican la combinación de los datos en un meta-análisis, y		
<input type="checkbox"/> utilizaron una técnica apropiada de ponderación para combinar los resultados de los estudios, ajustada por heterogeneidad si estuviera presente, y		
<input type="checkbox"/> combinaron estadísticamente las estimaciones de efecto de EINA que fueron ajustados por confusión, en lugar de combinar datos crudos, o justificaron combinar datos crudos las estimaciones de efecto ajustado cuando no hubieran estado disponibles, y		
<input type="checkbox"/> reportaron estimaciones de resumen separadas para los ECA y EINA por separado cuando ambos se incluyeron en la revisión		

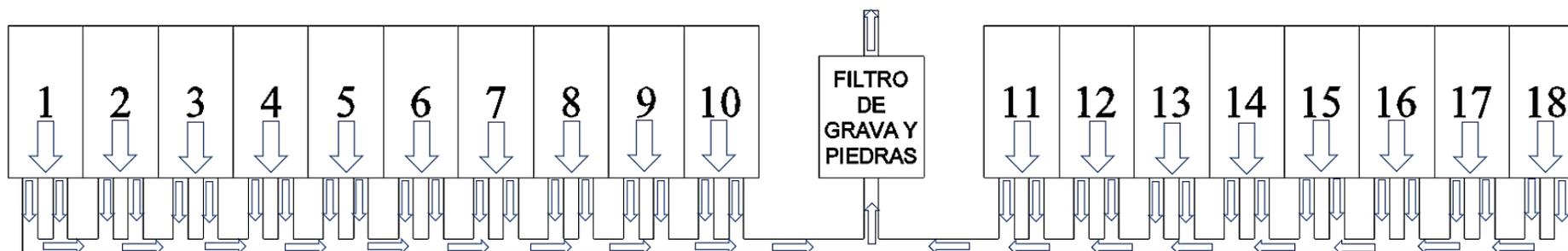
<p>12. Si se realizó un meta-análisis, ¿los autores de la revisión evaluaron el impacto potencial del riesgo de sesgo en estudios individuales sobre los resultados del meta-análisis u otra síntesis de evidencia?</p>	
<p><b>Para sí:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Sólo incluyeron ECA de bajo riesgo de sesgo, o</p>	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
<p><input type="checkbox"/> Si la estimación combinada se basó en ECA y/o EINA con diferentes riesgos de sesgo, los autores realizaron análisis para investigar su posible impacto en las estimaciones sumarias del efecto</p>	<input type="checkbox"/> No Meta-Análisis
<p>13. ¿Los autores de la revisión consideraron el riesgo de sesgo de los estudios individuales al interpretar / discutir los resultados de la revisión?</p>	
<p><b>Para sí:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Sólo incluyeron ECA de bajo riesgo de sesgo, o</p>	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
<p><input type="checkbox"/> Si se incluyeron ECA con moderado o alto riesgo de sesgo, o EINA, la revisión proporcionó una discusión sobre el probable impacto de los riesgos de sesgo en los resultados.</p>	
<p>14. ¿Los autores de la revisión proporcionaron una explicación satisfactoria y discutieron cualquier heterogeneidad observada en los resultados de la revisión?</p>	
<p><b>Para sí:</b></p> <p><input type="checkbox"/> No hubo heterogeneidad significativa en los resultados, o</p>	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
<p><input type="checkbox"/> Si hubo heterogeneidad, los autores realizaron una investigación de sus fuentes y discutieron su impacto en los resultados de la revisión.</p>	
<p>15. Si se realizó síntesis cuantitativa ¿los autores de la revisión llevaron a cabo una adecuada investigación del sesgo de publicación (sesgo de estudio pequeño) y discutieron su probable impacto en los resultados de la revisión?</p>	
<p><b>Para sí:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Realizaron pruebas gráficas o estadísticas para sesgo de publicación y discutieron la probabilidad y la magnitud del impacto del sesgo de publicación</p>	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No Meta-Análisis
<p>16. ¿Los autores de la revisión informaron de cualquier fuente potencial de conflicto de intereses, incluyendo cualquier financiamiento recibido para llevar a cabo la revisión?</p>	
<p><b>Para sí:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Los autores informaron carecer de conflicto de intereses, o</p>	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
<p><input type="checkbox"/> Los autores describen sus fuentes de financiación y cómo fueron gestionados los potenciales conflictos de intereses.</p>	

Anexo 5. Tabla de obtención del efluente.

		Días de trabajo																														Total / mes		
Número de tanque de la empresa		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
	1	32	0	0	0	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	0	147,2
	2	32	0	0	0	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	0	147,2
	3	32	0	0	0	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	0	147,2
	4	32	0	0	0	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	0	147,2
	5	32	0	0	0	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	0	147,2
	6	32	0	0	0	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	0	147,2
	7	32	0	0	0	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	0	147,2
	8	32	0	0	0	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	0	147,2
	9	32	0	0	0	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	0	147,2
	10	32	0	0	0	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	0	147,2
	11	32	0	0	0	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	0	147,2
	12	32	0	0	0	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	0	147,2
	13	32	0	0	0	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	0	147,2
	14	32	0	0	0	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	0	147,2
	15	32	0	0	0	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	0	147,2
	16	32	0	0	0	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	0	147,2
	17	32	0	0	0	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	0	147,2
	18	32	0	0	0	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	9,6	0	0	147,2
<b>Total (ton/d)</b>	576	0	0	0	0	172,8	0	172,8	0	172,8	0	172,8	0	172,8	0	172,8	0	172,8	0	172,8	0	172,8	0	172,8	0	172,8	0	172,8	0	0	2649,6			

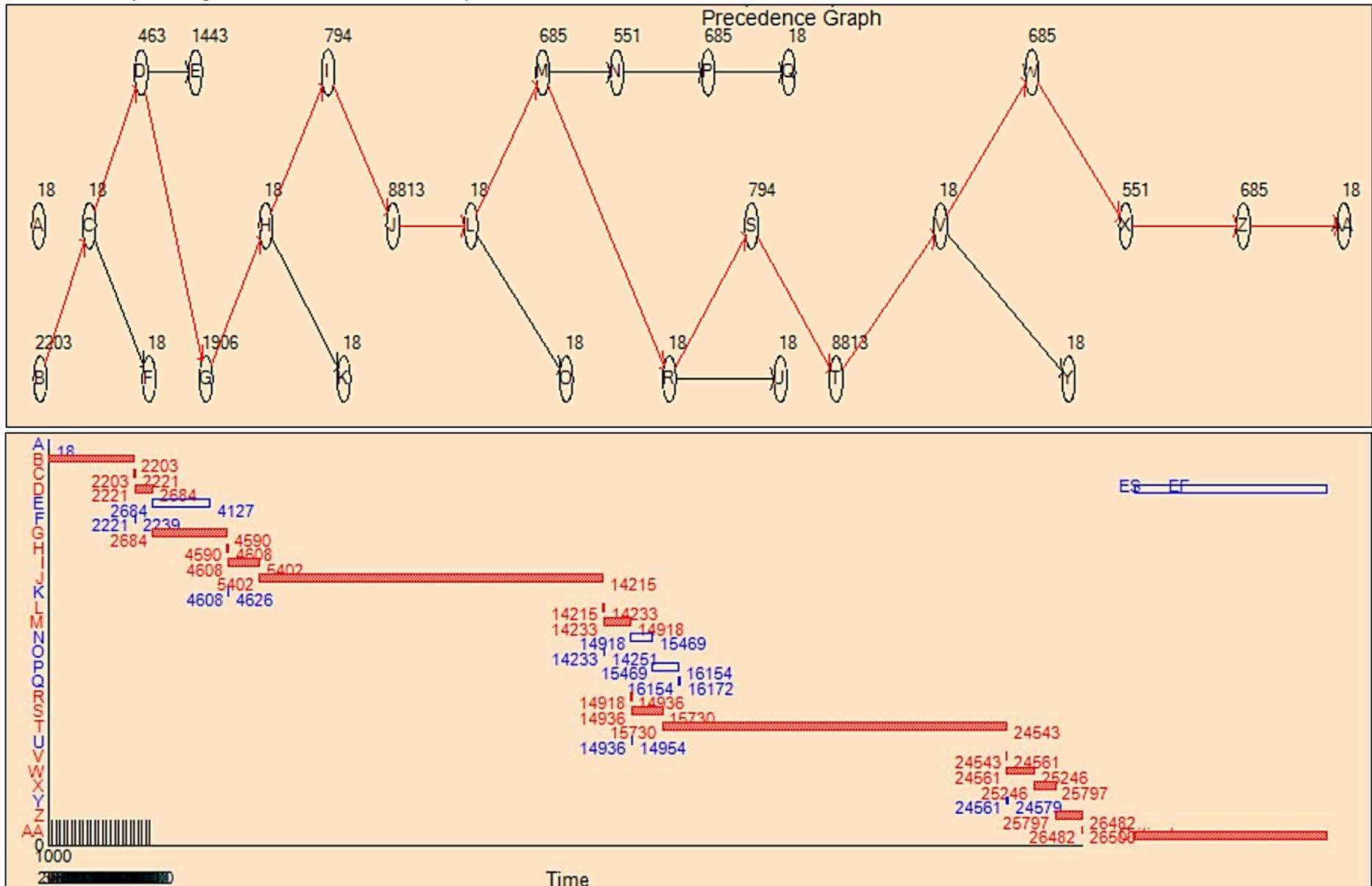
Capacidad de utilización / cada tanque (Ton)	32	Demanda diaria (Ton)	173
30 % de recambio de agua (entre el 20 a 30)	9,6	Demanda por cada ciclo de trabajo (Ton)	2650
Número de veces que realizan recambio al día	1	Demanda general al final del ciclo de trabajo (Ton)	576

*Anexo 6. Rutas de evacuación de aguas residuales de la empresa de estudio.*



En el anexo #3, se puede observar el flujo de agua que sigue una misma ruta de evacuación de cada uno de los 18 tanques que contiene la empresa de estudio, finalizando con su pretratamiento a base de un filtro de grava y piedrillas. Por lo que, se estima que el sistema de tratamiento de aguas residuales requiere de una capacidad de tratamiento de aproximadamente 173 Ton o m<sup>3</sup> de agua diarios, y para 576 m Ton o m<sup>3</sup> en cada ciclo de trabajo (los tiempos de tratamientos aumentan), lo que es posible con los sistemas de tratamientos biológicos.

Anexo 7. Gráfica de precedencia de actividades y Gantt.



Anexo 8. Cálculo del consumo mensual de energía eléctrica.

Consumidores de Electricidad	Cantidad	kw/h consumidos	total, kW/h	kW/T	kW/MES
Tamiz tornillo	1	1,5	1,5	3,3045	39,654
Sistema DAF	1	3	3	5,718	68,616
Reactor biológico	1	3,5	3,5	61,691	740,292
Blower	1	1,5	1,5	4,995	59,94
Bombas de 5 hp	3	3,73	11,19	38,046	456,552
Bomba de 10 hp	1	7,46	7,46	7,9822	95,7864
<b>TOTAL</b>				<b>121,7367</b>	<b>1460,8404</b>

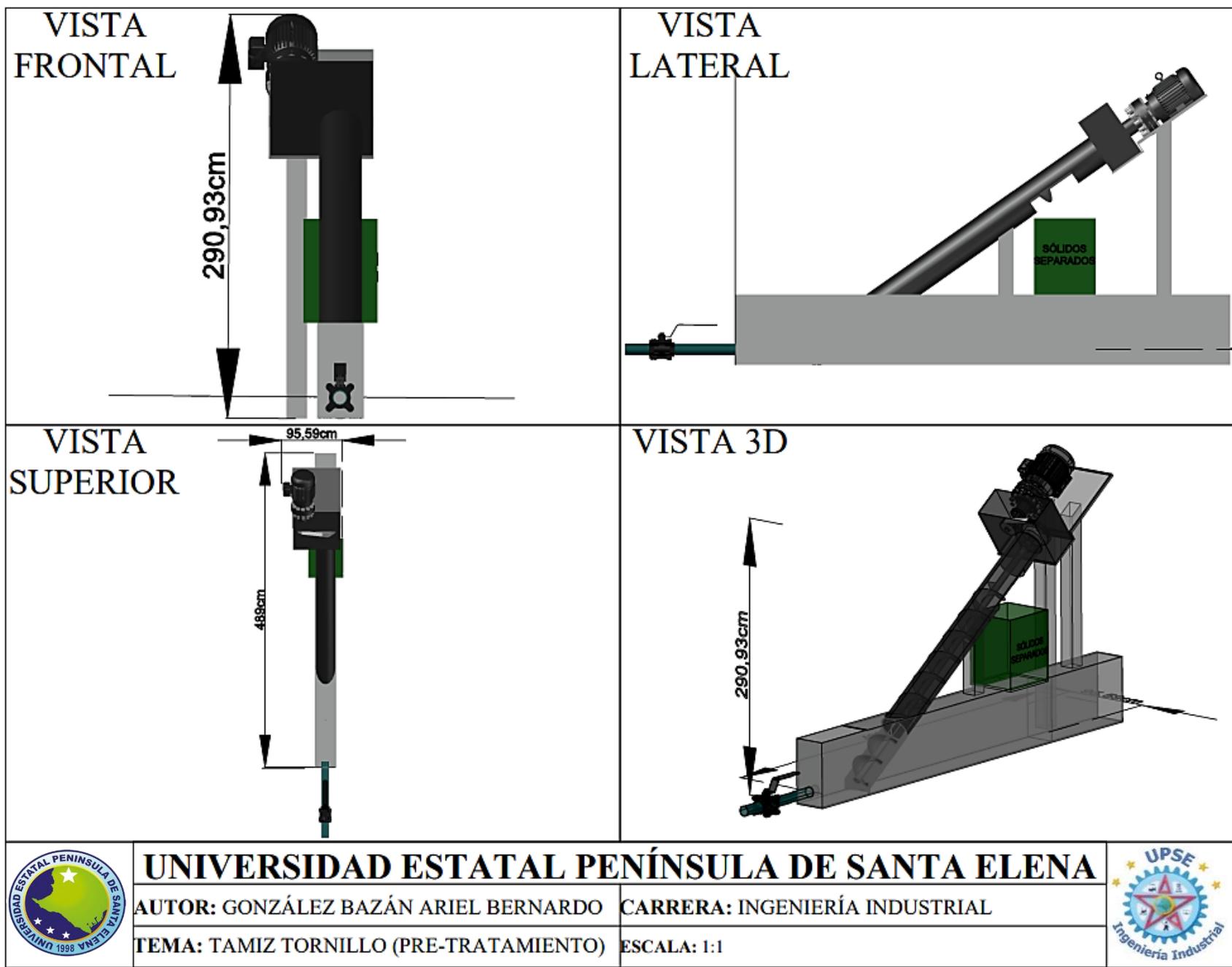
Anexo 9. Información obtenida y análisis de datos del flujo de caja.

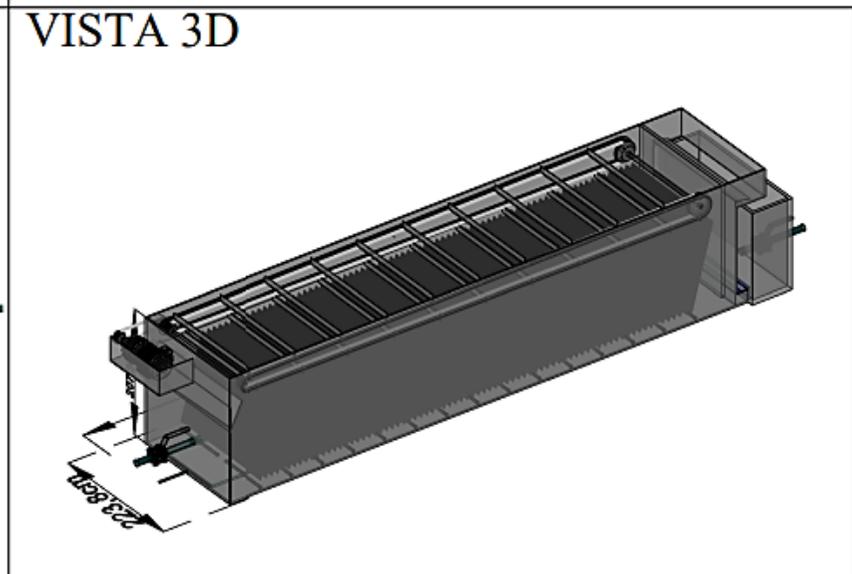
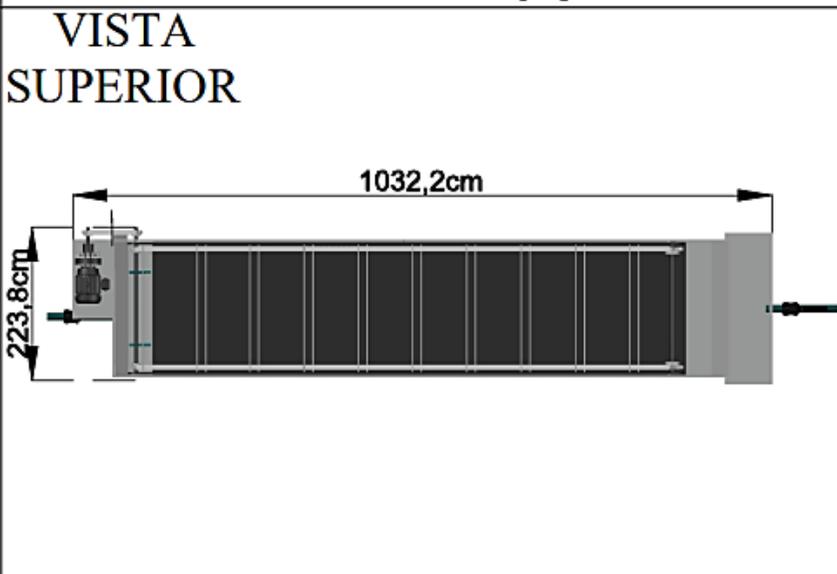
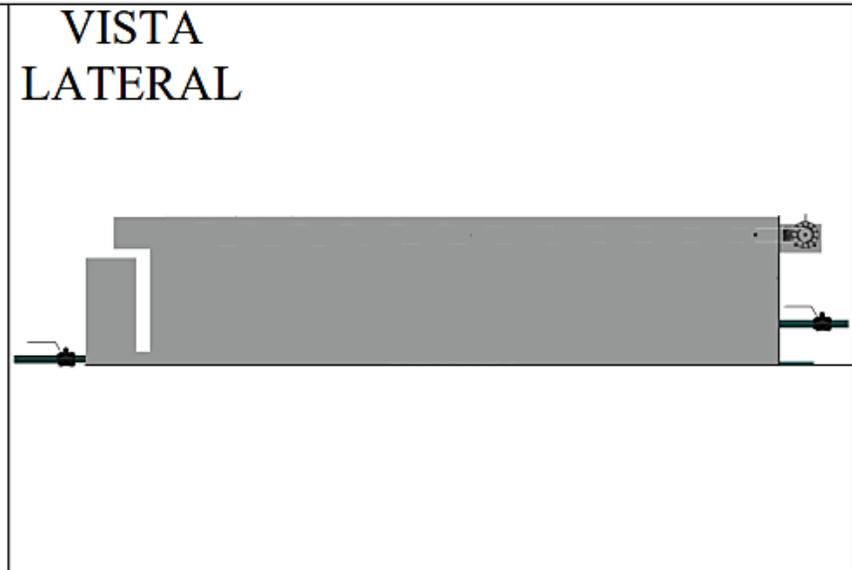
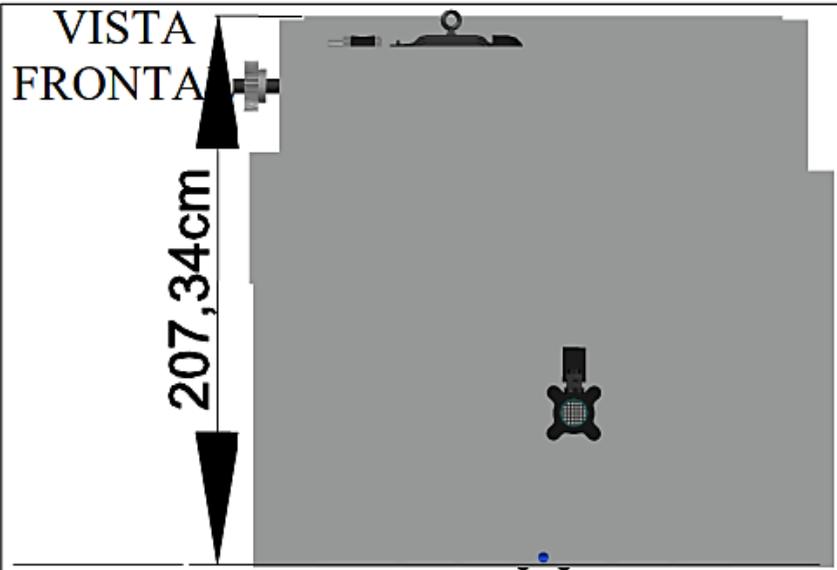
x	Y
1	20295,15
2	119606,93
3	96806,11
4	68568,91
5	97047,46

Nº	a	49724,932
x	Año	Pronóstico
1	2021	59971,592
2	2022	70218,252
3	2023	80464,912
4	2024	90711,572
5	2025	100958,232
6	2026	111204,892
7	2027	121451,552
8	2028	131698,212
9	2029	141944,872
10	2030	152191,532

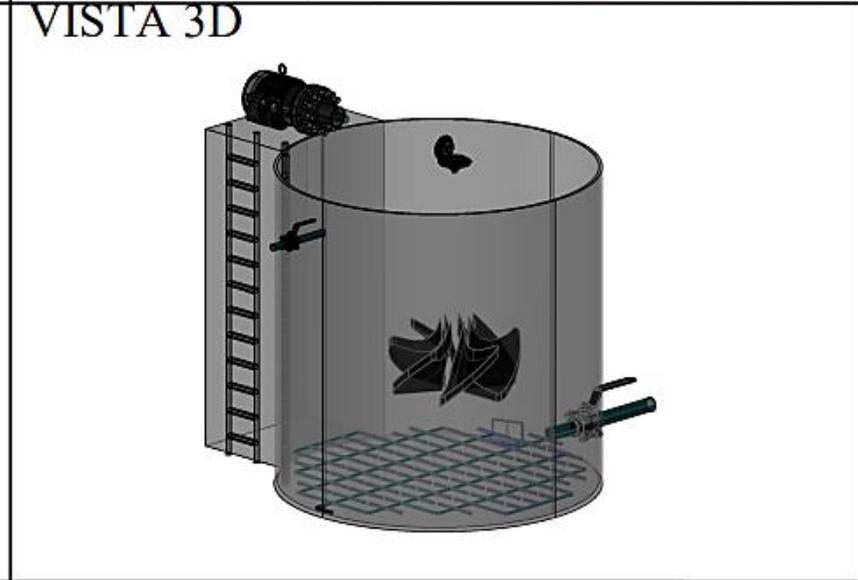
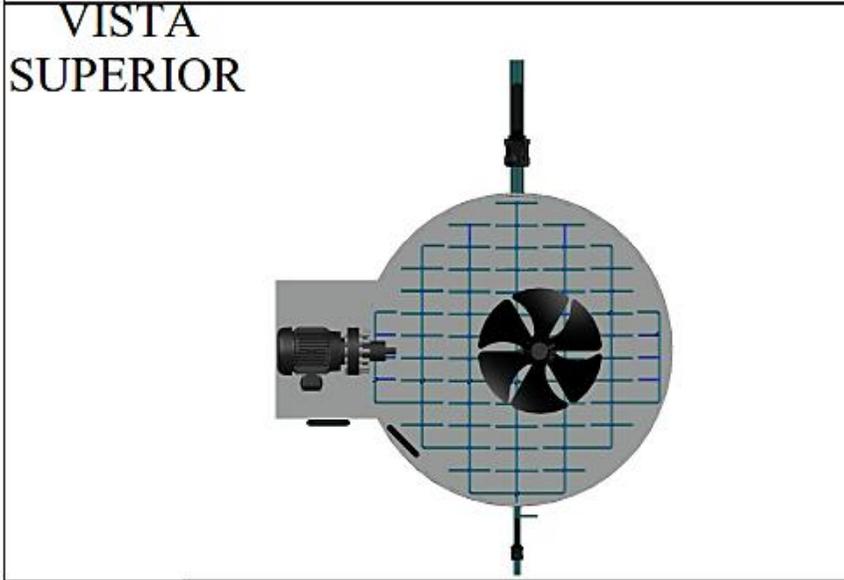
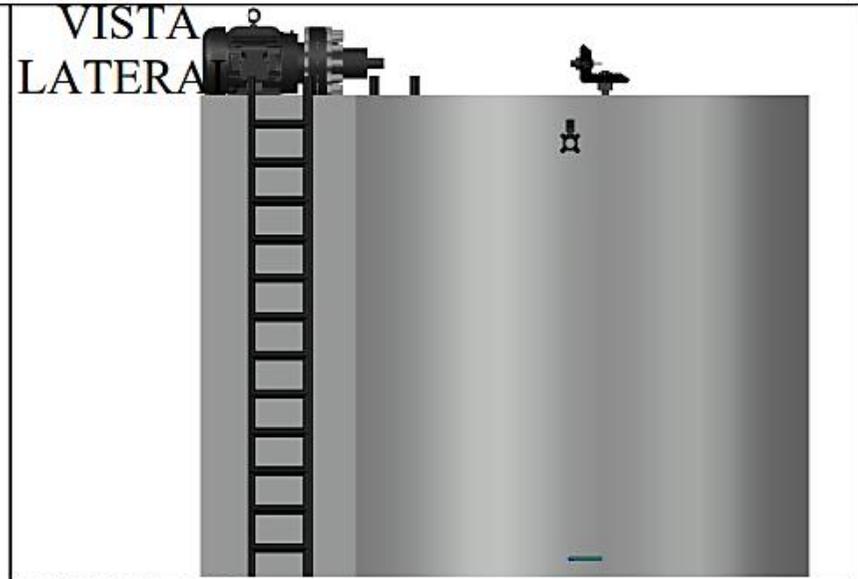
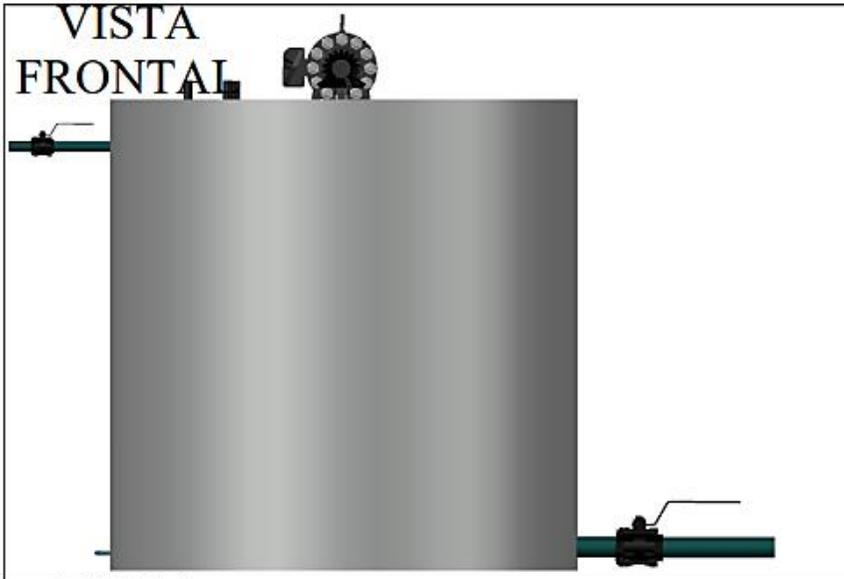
RESUMEN DEL ANÁLISIS DE DATOS									
<i>Estadísticas de la regresión</i>									
Coefficiente de correlación múltiple	0,42415406								
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,17990667								
R <sup>2</sup> ajustado	-0,0934578								
Error típico	39941,991								
Observaciones	5								
<b>ANÁLISIS DE VARIANZA</b>									
	<i>Grados de liber</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>				
Regresión	1	1049940412	1049940412	0,658120218	0,476611173				
Residuos	3	4786087935	1595362645						
Total	4	5836028346							
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>	
Intercepción	49724,932	41891,51357	1,186992967	0,320658112	-83592,56059	183042,4246	-83592,5606	183042,4246	
Variable X 1	10246,66	12630,76658	0,81124609	0,476611173	-29950,07645	50443,39645	-29950,0764	50443,39645	
<b>Análisis de los residuales</b>									
	<i>Observación</i>	<i>Pronóstico</i>	<i>Residuos</i>						
	1	59971,592	-39676,442						
	2	70218,252	49388,678						
	3	80464,912	16341,198						
	4	90711,572	-22142,662						
	5	100958,232	-3910,772						

Anexo 10. Vistas de cada una de las etapas de tratamiento





	<b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA</b>		
	AUTOR: GONZÁLEZ BAZÁN ARIEL BERNARDO	CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL	
	TEMA: SISTEMA DAF (TRATAM. PRIMARIO)	ESCALA: 1:1	



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

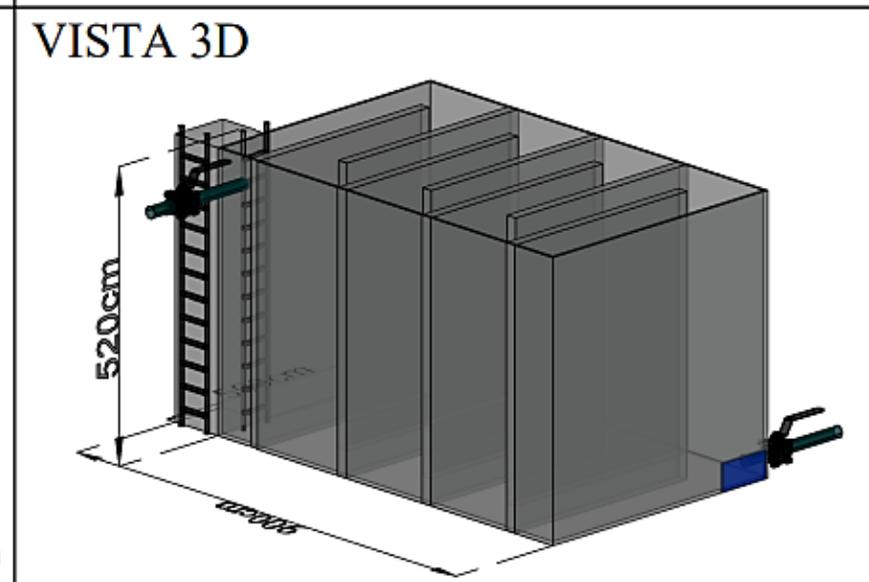
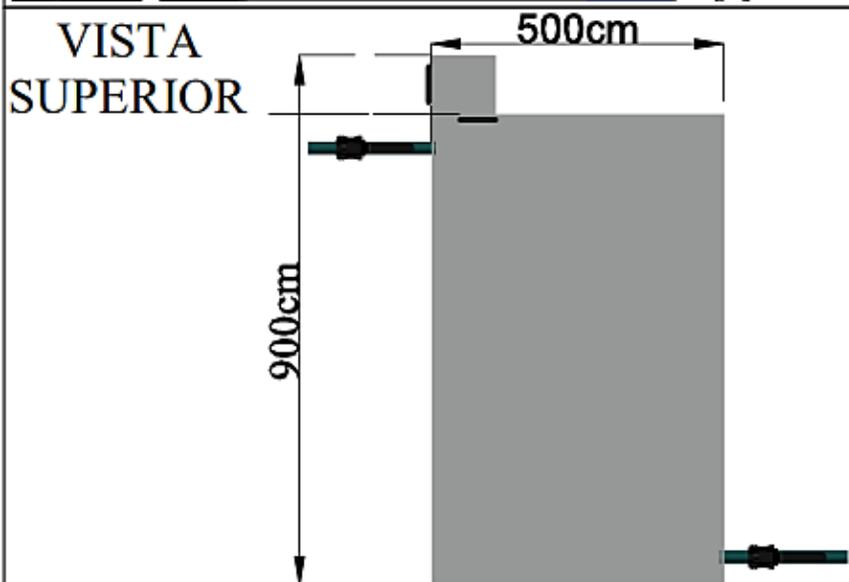
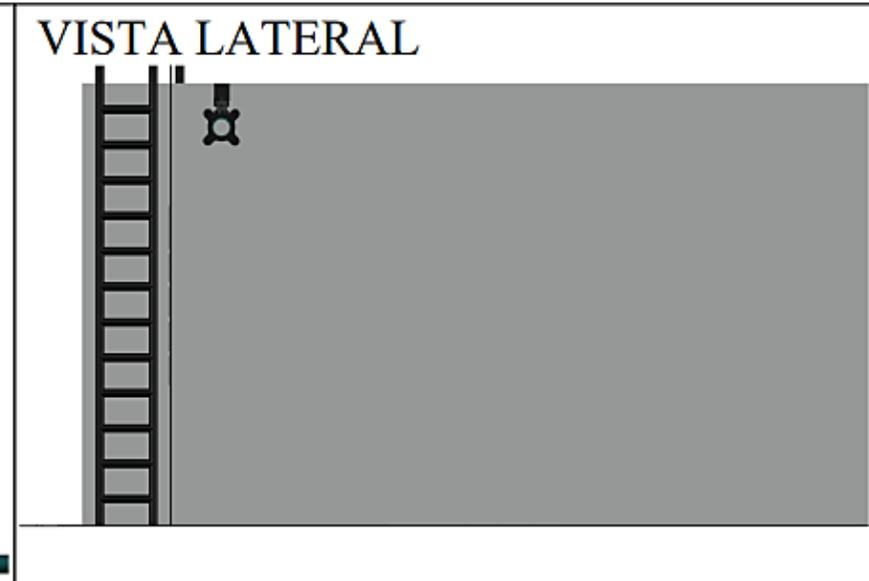
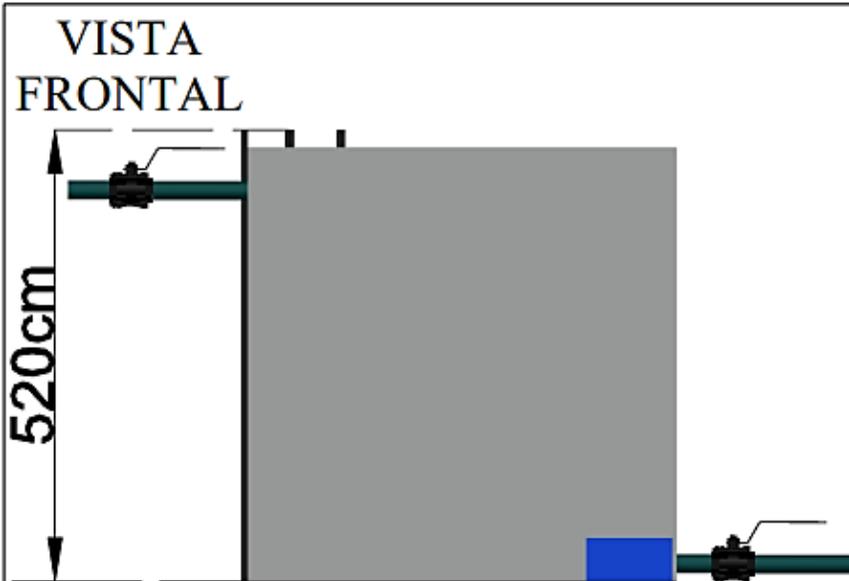
**AUTOR:** GONZÁLEZ BAZÁN ARIEL BERNARDO

**CARRERA:** INGENIERÍA INDUSTRIAL

**TEMA:** REACTOR BIOLÓGICO (2do. TRATAM)

**ESCALA:** 1:1





**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

AUTOR: GONZÁLEZ BAZÁN ARIEL BERNARDO

CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: TANQUE DESINFECCIÓN (3ER.TRATAM)

ESCALA: 1:1



*Anexo II. Cronograma de actividades de elaboración del T.I.C.*

CRONOGRAMA DEL PLAN DE TRABAJO																				
ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN	TIEMPO (meses)																			
	AÑO 2023																			
	Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>FASE 1: INTRODUCCIÓN (EL PROBLEMA)</b>																				
Planteamiento, Formulación y Delimitación del Problema.																				
Desarrollo de la Justificación y Elaboración de objetivos.																				
<b>FASE 2: CAPITULO I (ESTADO DEL ARTE)</b>																				
Investigación de la Fundamentación Teórica.																				
Formulación de la Hipótesis o Defender y Determinación de Variables.																				
Presentación del Avance del Trabajo de Titulación.																				
<b>FASE 3: CAPÍTULO II (MARCO METODOLÓGICO)</b>																				
Determinación de la Metodología de la Investigación.																				
Determinación de la Población y Muestra a Estudiar.																				
Establecimiento de Técnicas y Procedimientos de Investigación.																				
<b>FASE 4: CAPÍTULO III (RESULTADOS Y DISCUSIÓN)</b>																				
Análisis documental.																				
Levantamiento de Información.																				
Elaboración de las Fichas de Observación.																				
Objetivo específico 1																				
Objetivo específico 2																				
Objetivo específico 3																				
Elaboración de las Conclusiones y Recomendaciones.																				
Socialización de la Investigación																				
Entrega Formal de la Planificación Estratégica; 100% del Trabajo de Titulación.																				
Defensa del Trabajo de Titulación.																				