



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE GUAYAQUIL  
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LOS SÓLIDOS GENERADOS EN EL  
TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES INDUSTRIALES DE UNA  
FÁBRICA DE PINTURAS UBICADAS EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniería Industrial**

**AUTORES:** Kevin Rubén Vera Ronquillo  
Víctor Nicolas Yontomo Villamar

**TUTOR:** Ing. Iván Suárez Escobar, PHD

**Guayaquil-Ecuador  
2023**

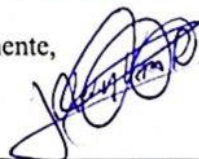
## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Kevin Rubén Vera Ronquillo con documento de identificación N° 0956411748 y Víctor Nicolas Yontomo Villamar con documento de identificación N° 0926646001; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 28 de febrero del año 2023

Atentamente,



---

Kevin Rubén Vera Ronquillo  
0956411748



---

Víctor Nicolas Yontomo Villamar  
0926646001

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Kevin Rubén Vera Ronquillo con documento de identificación No. 0956411748 y Víctor Nicolas Yontomo Villamar con documento de identificación No. 0926646001, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del proyecto técnico: “Propuesta de optimización de los sólidos generados en el tratamiento de los efluentes industriales de una fábrica de pinturas ubicadas en la ciudad de Guayaquil”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Industrial, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 28 de febrero del año 2023

Atentamente,

Kevin Rubén Vera Ronquillo  
0956411748

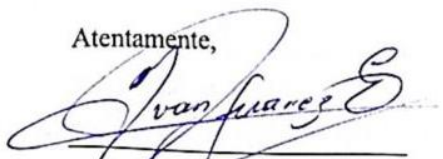
Víctor Nicolas Yontomo Villamar  
0926646001

**CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Ing. Iván Suarez Escobar, PHD, con documento de identificación N° 0909748287, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LOS SÓLIDOS GENERADOS EN EL TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES INDUSTRIALES DE UNA FÁBRICA DE PINTURAS UBICADAS EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL, realizado por Kevin Rubén Vera Ronquillo con documento de identificación N° 0956411748 y por Víctor Nicolas Yontomo Villamar con documento de identificación N° 0926646001, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 28 de febrero del año 2023

Atentamente,



Ing. Iván Eduardo Suarez Escobar, PhD  
0909748287

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de titulación esta dedicado a Dios y en especial para mis padres, Quiero empezar recalando que me siento muy agradecido con ellos por siempre estar predispuesto a brindarme su ayuda y sobre todo su apoyo incondicional.

A mi padre que desde un principio me enseñó y me inculco que con dedicación y esfuerzo todos podemos lograr nuestros objetivos, Y a mi madre por infundir en mi los buenos valores y el respeto para ser un profesional y hombre de bien.

Víctor Nicolas Yontomo Villamar

## **DEDICATORIA**

La dedicación de este trabajo es a Dios y a toda mi familia. Principalmente a mis padres, quienes me apoyaron desde un principio y me contuvieron en mis momentos buenos y malos. Gracias por enseñarme a luchar por mis sueños y a afrontar las dificultades sin desistir nunca.

Me han instruido a ser la persona que soy hoy en día, mis valores, mis principios, mis metas y mi perseverancia. Diciéndome que todo lo puedo en Cristo que me fortalece, siempre dándole gracias a él por un día más de vida y por las bendiciones concedidas.

Kevin Ruben Vera Ronquillo

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme llegar hasta esta etapa de mi vida, La cual es una de las más importantes para mí, agradecerle por siempre darme fuerzas para seguir adelante y así poder cumplir uno de mis mayores logros. Quiero agradecerle a mi Padre por siempre brindarme su apoyo incondicional, por los buenos y lindos consejos que siempre me das, Quiero agradecerte por que siempre estás ahí para mí, gracias por ser un excelente padre y espero siempre hacerte sentir orgulloso.

Quiero agradecerle a la mujer de mi vida, mi madre que siempre y en ningún momento me ha dejado solo, Agradecerte madre querida por ser mi confidente y ser esa persona que siempre me da fuerzas para seguir adelante, Quiero agradecerte por siempre sembrar en mí esa semilla de esperanza y bondad.

Quiero agradecerles a mis hermanos Christian y Pedro por siempre brindarme su apoyo incondicional. Agradecerles por los buenos valores y ejemplos que han inculcado en mí como hermanos mayores.

Quiero agradecerle a Nicole, mi novia y a Alexandra, mi cuñada por siempre aconsejarme y guiarme por el camino del bien, les agradezco por siempre ser cómplices y participes de tantas locuras, gracias por formar parte de mi vida y ser complemento fundamental de mi familia.

Y por ultimo pero no menos importante quiero agradecerles a mis amigos Kevin y Gina por ser verdaderos amigos, Quiero agradecerles por formar parte esencial de mi vinculo cercano y por brindarme una amistad sincera y leal. Agradecerles por todos los momentos vividos y por siempre estar presentes en las buenas y las malas.

Víctor Nicolas Yontomo Villamar

## AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi vida y de mi carrera profesional, por ser mi fortaleza en momentos débiles y por brindarme una vida llena de experiencias, aprendizajes y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mis padres Ruben y Nelly por brindarme su apoyo en todo momento, por los valores inculcados dentro de casa, por siempre confiar en mi y darme su amor incondicional, y por haberme dado la oportunidad de haber tenido una excelente educación en todo el trayecto de mi vida. Sobre todo, por ser mis ejemplos a seguir.

Agradecer a mi hermana Jenniffer por ser parte importante en mi vida, Gracias no solo por estar conmigo en las buenas y malas sino por acompañarme hasta tarde estudiando, y por permitirme ser su ejemplo a seguir.

Quiero agradecerles a las personas que más admiro a mis abuelos Marco y María por sus consejos y caricias incondicionales, por haber educado y criado a la mujer de mi vida mi madre que siempre estuvo ahí para mi en todo momento y me ha impulsado a ser grandes cosas en mi vida y ser una mejor persona. Y agradecerte a ti padre por tus esfuerzos y dedicaciones, por siempre apoyarme en cada cosa que hago y por enseñarme tu amor y el amor de Dios.

Y, por último, quiero agradecer a mis amigos Víctor y Gina por permitirme ser parte de sus vidas y por los buenos momentos compartidos y vividos, Por haberme permitido aprender de ellos tanto profesional como personalmente. Y a mis amigos de Universidad aquellos que me acompañaron y estuvieron ahí desde el primer semestre hasta ahora, gracias por todo lo compartido y aprendido. Y en especial a mi compañero de tesis y hermano por los consejos y por haberme soportado tanto en todo este trayecto profesional y personal.

Kevin Ruben Vera Ronquillo

## RESUMEN

El presente proyecto busca proponer la optimización de los sólidos generados en el tratamiento de los efluentes industriales de una fábrica de pinturas ubicadas en la ciudad de Guayaquil. Dentro del ámbito investigativo se identificó que la fabricación de estos productos genera grandes cantidades de desperdicios afectando el entorno ambiental con el uso de químicos y materiales peligrosos, contaminando del aire y suelo; además, se menciona un gran desperdicio de agua, dado que, este recurso es de suma relevancia en la producción de estos productos. Cabe mencionar que los químicos que requieren esta actividad causan la muerte de plantas y animales, y en los seres humanos enfermedades como problemas respiratorios, alergias y cáncer mediante la contaminación de aguas residuales. Por tales motivos, se ha convertido en una de las amenazas más grandes que tiene la industria en el mundo, para ello, lo óptimo será buscar medidas que garanticen la actividad de forma sustentable. De este modo, el estudio adoptó un enfoque metodológico mixto, método experimental y descriptivo; en este ámbito se realizó un test de jarra para identificar la cantidad adecuada de aditivos que debe agregarse para la separación de los sólidos. Conforme los resultados, se identificó que a nivel macro 5 ml de coagulante hacen referencia a 10 kg del producto en un tanque de 2000 galones, en el cual también se deben utilizar 20 galones de floculante; además, se requieren 9 kilos de bactericidas para una piscina de 1850 galones. Por otro lado, los resultados de la encuesta y entrevista indicaron que la situación ambiental de la empresa es desafiante por la contaminación que genera la descarga de las aguas residuales al suelo, expresando que el tratamiento propuesto puede generar diversos beneficios, tales como la disminución del impacto ambiental, reducción del consumo de agua potable y la calidad de vida de los trabajadores.

**Palabras claves:** químicos, desperdicio, enfermedades, sustentable, contaminación.



## ABSTRACT

This project seeks to propose the optimization of the solids generated in the treatment of industrial effluents from a paint factory located in the city of Guayaquil. Within the research field, it was identified that the manufacture of these products generates large amounts of waste affecting the environment with the use of chemicals and hazardous materials, polluting the air and soil; In addition, a great waste of water is mentioned, since this resource is of the utmost importance in the production of these products. It is worth mentioning that the chemicals that require this activity cause the death of plants and animals, and diseases such as respiratory problems, allergies and cancer in humans through the contamination of wastewater. For these reasons, it has become one of the biggest threats that the industry has in the world, for this, the optimal thing will be to look for measures that guarantee the activity in a sustainable way. Thus, the study adopted a mixed methodological approach, experimental and descriptive method; In this area, a jar test was carried out to identify the appropriate amount of additives that must be added for the separation of solids. According to the results, it was identified that at a macro level 5 ml of coagulant refer to 10 kg of the product in a 2000-gallon tank, in which 20 gallons of flocculant must also be used; In addition, 9 kilos of bactericides are required for a 1,850-gallon pool. On the other hand, the results of the survey and interview indicated that the environmental situation of the company is challenging due to the contamination generated by the discharge of wastewater to the ground, expressing that the proposed treatment can generate various benefits, such as the reduction of environmental impact. , reduction of drinking water consumption and the quality of life of workers.

**Keywords:** chemicals, waste, diseases, sustainable, pollution.

## ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
DEDICATORIA .....	v
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT .....	ix
ÍNDICE GENERAL.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
ÍNDICE DE ABREVIATURAS .....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
1.1 Antecedentes .....	4
1.2 Importancia y alcances.....	5
1.3 Delimitación.....	7
1.4 Objetivos .....	8
1.4.1. Objetivo general.....	8

1.4.2. Objetivos específicos .....	8
CAPÍTULO II .....	9
MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 Antecedentes teóricos.....	9
2.1.1. Generalidades de la pintura.....	11
2.1.2. Utilización de la resina.....	13
2.1.3. Clasificación de la pintura.....	14
2.1.4. Aguas residuales industriales .....	17
2.1.5. Efluentes industriales .....	18
2.1.6. Agentes contaminantes.....	20
2.1.7. Tratamientos de las aguas residuales .....	21
2.1.8. Aireación del agua.....	24
2.1.9. Factores e impactos ambientales.....	25
2.1.10. Contaminación del suelo .....	26
CAPÍTULO III.....	29
MARCO METODOLÓGICO .....	29
3.1 Enfoque de la investigación .....	29
3.2 Métodos de estudio .....	29
3.2.1 Métodos lógicos .....	29
3.2.2 Métodos empíricos .....	30
3.3 Tipo de investigación .....	30
3.3.1 Investigación descriptiva.....	30
3.3.2 Investigación experimental .....	31
CAPÍTULO IV.....	40
ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	40
4.1 Interpretación de los resultados.....	40
4.2 Análisis de los resultados de la prueba experimental.....	40

4.3 Fuentes técnicas para la recolección de información.....	41
4.3.1 La encuesta.....	41
4.3.2 La entrevista.....	41
4.4 Población de estudio y tamaño de la muestra .....	41
4.4.1 Población.....	41
4.4.2 Muestra.....	41
4.5 Desarrollo de la información en la entrevista .....	42
4.6 Análisis de los resultados de la encuesta.....	42
4.7 Análisis de los resultados de la entrevista.....	50
CONCLUSIONES .....	54
RECOMENDACIONES .....	55
Referencias bibliográficas.....	56
Anexos.....	64

**ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1</b> <i>Muestra para el test de jarra</i> .....	31
<b>Figura 2</b> <i>Adición del coagulante</i> .....	32
<b>Figura 3</b> <i>Adición del floculante</i> .....	32
<b>Figura 4</b> <i>Proceso de la prueba experimental</i> .....	33
<b>Figura 5</b> <i>Vista interna de un tanque de preparación de pintura y tinta</i> .....	34
<b>Figura 6</b> <i>Vista del filtro y del pozo séptico</i> .....	35
<b>Figura 7</b> <i>Vista amplia del tanque de preparación</i> .....	35
<b>Figura 8</b> <i>Inicio del proceso de separación mediante la inclusión de los aditivos</i> ....	36
<b>Figura 9</b> <i>Extracción del agua mediante gravedad</i> .....	37
<b>Figura 10</b> <i>Vista externa e interna de la piscina</i> .....	37
<b>Figura 11</b> <i>Tanque de almacenamiento de las aguas tratadas</i> .....	38
<b>Figura 12</b> <i>Proceso de tratamiento de las aguas residuales</i> .....	39
<b>Figura 13</b> <i>Situación actual de la empresa</i> .....	43
<b>Figura 14</b> <i>Contaminantes y desperdicios</i> .....	44
<b>Figura 15</b> <i>Conocimiento de la eliminación de aguas residuales</i> .....	45
<b>Figura 16</b> <i>Métodos correctos</i> .....	46
<b>Figura 17</b> <i>Consecuencias</i> .....	47
<b>Figura 18</b> <i>Tratamiento de aguas residuales</i> .....	48
<b>Figura 19</b> <i>Beneficios</i> .....	49
<b>Figura 20</b> <i>Efectos</i> .....	50

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> <i>Clasificación de las pinturas</i> .....	15
<b>Tabla 2</b> <i>Situación actual de la empresa</i> .....	42
<b>Tabla 3</b> <i>Contaminantes y desperdicios</i> .....	43
<b>Tabla 4</b> <i>Conocimiento de la eliminación de aguas residuales</i> .....	44
<b>Tabla 5</b> <i>Métodos correctos</i> .....	45
<b>Tabla 6</b> <i>Consecuencias</i> .....	46
<b>Tabla 7</b> <i>Tratamiento de aguas residuales</i> .....	47
<b>Tabla 8</b> <i>Beneficios</i> .....	48
<b>Tabla 9</b> <i>Efectos</i> .....	49

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Formato de encuesta .....	64
Anexo 2. Formato de entrevista .....	66
Anexo 3. Síntesis de los resultados de la encuesta.....	67

**ÍNDICE DE ABREVIATURAS**

Kg: Kilogramos

Gr: Gramos

Ml: Mililitros

CO<sub>2</sub>: Dióxido de carbono



## INTRODUCCIÓN

Los residuos tóxicos generados por la industria de la pintura representan un grave problema medioambiental. Por ende, su importancia radica en que, si no se gestionan correctamente, estos residuos pueden contaminar el aire, el agua y el suelo, además, causar serios problemas de salud para las personas y los ecosistemas. La situación problemática del estudio se fundamenta en el hecho de que la industria de la pintura requiere grandes cantidades de agua para producir sus productos. El agua se utiliza tanto en la fabricación de los productos, como en la limpieza de los equipos y herramientas utilizadas en el proceso. Aproximadamente el 70% del agua empleada en una fábrica de pinturas se pierde como aguas residuales, lo que representa un gran desperdicio (Maduabuchi, 2018).

De acuerdo con un informe del Banco Mundial (2020), las aguas residuales que han sido tratadas sustentan un doble valor, dado que no solo generan beneficios para la salud del medioambiente, sino también económicos. En consecuencia, estas aguas ya no deben contemplarse como un residuo, sino como un recurso, ya que pueden ser reutilizadas y recicladas. Existen muchos tratamientos disponibles para mejorar la calidad de las aguas residuales en la industria de la pintura, por lo que se pueden volver a utilizar para diversos fines; este proceso, además de ayudar a conservar el agua potable, reduce la cantidad del recurso necesario para diferentes usos y disminuye el impacto ambiental. De igual forma, esta acción posibilita la separación de la materia prima y la visualización de los lodos y sedimentos, lo que resulta importante porque permite que los productos químicos y otros materiales sean reciclados y utilizados de nuevo. Con base a esto, se reduce el impacto ambiental de la producción de pinturas, así como los costos para la industria (Ruffino et al., 2021).

Por consiguiente, el estudio se desarrolla en la ciudad de Guayaquil dentro del período 2022, cuya finalidad se centra en el desarrollo de una propuesta orientada a la optimización de los sólidos generados en el tratamiento de los efluentes industriales de una fábrica de pinturas. Ante la generación de lodos provenientes del proceso de lavado de tanques de pintura, se enfatiza la importancia de realizar una búsqueda sobre alternativas que permitan manejar de forma adecuada estos residuos para su disposición final. De este modo, se promueve el tratamiento de las aguas residuales y

la reutilización de los desperdicios de pintura, transformándolo en un producto que puede ser empleado con fines benéficos.

Contemplando el marco legal que sustenta el presente estudio, se destaca la Constitución del Ecuador, considerando el artículo 12 que expone que el agua representa un patrimonio nacional de uso público, y el artículo 14 que indica que la población tiene el derecho de vivir en un entorno sano y equilibrado ecológicamente a fin de garantizar el buen vivir. En el artículo 15, se reconoce que el Estado promueve en el sector privado y público el empleo de tecnologías limpias ambientalmente, en el artículo 72 se evidencia el derecho de restauración de la naturaleza, y en el 73, la disposición de medidas de restricción y precaución por parte del Estado en aquellas actividades que puede generar la extinción de las especies. Asimismo, en el artículo 276 se reconoce que el régimen de desarrollo tiene como objetivo conservar y recuperar la naturaleza, y, mantener un entorno sano que favorezca la tenencia de un suelo, agua y aire de calidad (Asamblea Nacional, 2015).

Por otro lado, se integra la Ley de Gestión Ambiental, cuyo artículo 23 señala que la evaluación del impacto ambiental involucra el reconocimiento de los efectos generados a la población humana, suelo, biodiversidad, aire, agua y paisaje. En tanto que, en el artículo 9 se identificó que el Ministerio del ramo debe coordinar con los sistemas de control y organismos competentes, el cumplimiento de las normas ambientales de calidad asociadas con el aire, suelo, agua, entre otros (Asamblea Nacional, 2004).

La presente investigación se desarrolla con el objetivo de promover la optimización de los sólidos generados en el tratamiento de los efluentes industriales de una fábrica de pinturas ubicadas en la ciudad de Guayaquil. Consecuentemente, la estructura del trabajo se encuentra conformada por cinco capítulos, los cuales se detallan a continuación.

El primer capítulo integra la caracterización del problema, determinando sus antecedentes, importancia, la delimitación y el reconocimiento de los objetivos.

El segundo capítulo involucra el desarrollo del marco teórico sobre los aspectos que fundamentan el trabajo, en conjunto, con la presentación de diferentes estudios referenciales que contemplan el eje de la problemática.

El tercer capítulo se atribuye al marco metodológico, en el cual, se evidencian los métodos, enfoque, alcance, técnicas e instrumentos que se requieren para la ejecución del estudio.

En el cuarto capítulo se exponen los resultados obtenidos, así como, la interpretación otorgada a cada hallazgo empírico y su relación con el cumplimiento de los objetivos.

El quinto capítulo representa la propuesta, espacio en donde se establecen las acciones que se requieren para optimizar los sólidos generados en el tratamiento de los efluentes industriales de la organización de estudio. Finalmente, se culmina con la manifestación de las conclusiones y recomendaciones respectivas.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 Antecedentes**

Cabe mencionar que, la fabricación de pintura genera grandes cantidades de desperdicios por lo cual estas empresas pagan altas planillas por concepto de gestores ambientales con el fin de revertir los daños generados en el medioambiente. Es fundamental reconocer que, la elaboración de este producto afecta el entorno ambiental de diferentes maneras, dado que el proceso de fabricación involucra el uso de químicos y materiales peligrosos, lo que puede causar la contaminación del aire, del agua y del suelo. Además, de producir un impacto ambiental debido al uso de energía y al desperdicio de productos durante el proceso de elaboración (Yacout & Elzahhar, 2018).

El proceso para fabricar pinturas es muy amplio, por lo cual, se debe explicar que manejan una diversidad de elementos químicos que son controlados por el gobierno, así como el desecho de los residuos que se generan. Sin embargo, pese a las regulaciones no se deja de lado el impacto ambiental que produce el desarrollo de esta actividad. En este ámbito, se destaca como uno de los principales problemas de las fábricas de pintura el desperdicio de agua, siendo este un recurso vital para el proceso de producción del producto (Viktoryová et al., 2022).

Es fundamental reconocer que, la mayor parte de las aguas residuales generadas en los procesos de producción de pigmentos y pinturas derivan de la limpieza de los equipos que se utilizan para fabricar estos productos. En este marco, aquellos elementos que con mayor frecuencia se limpian son los mezcladores, las máquinas de llenado y teñido, y los tanques de dilución. Asimismo, las aguas residuales se producen por la limpieza de los equipos empleados en la preparación de resinas, pinturas base solvente, entre otros productos (Msimango et al., 2019).

El agua con residuos de pintura es una fuente de contaminación para el suelo y el agua subterránea, así como un riesgo para la salud humana y el medioambiente. De igual forma, la descarga de estos efluentes conduce a una inestabilidad ecológica severa, dado que integra el envenenamiento directo de la biota animal y la inhibición de la fotosíntesis de las plantas acuáticas, dado que, la presencia de color obstaculiza el

traspaso de la luz solar. Por todas estas razones, la contaminación del agua generada por las industrias de pinturas representa un desafío global cada vez mayor, por lo que se demanda de soluciones específicas para garantizar la sustentabilidad de este recurso vital (Mohtashami & Shang, 2019).

## **1.2 Importancia y alcances**

Los daños que genera la industria de la pintura son múltiples y variados, algunos de ellos implican el impacto ambiental, el efecto invernadero y el impacto económico. En el primer caso, la pintura contiene muchos químicos nocivos que pueden contaminar el aire, el agua y el suelo, causando la muerte de plantas y animales, además, de provocar enfermedades, problemas respiratorios, alergias y cáncer en los seres humanos. En el segundo caso, esta industria produce muchos gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que contribuyen al calentamiento global, finalmente, este sector es uno de los más contaminantes y, por lo tanto, es muy costosa (Kralikova et al., 2020).

Para demostrar la magnitud del problema, se destaca el trabajo de Yacout y Elzahhar (2018) donde se identificó que la producción de la pintura de esmalte alquídico blanco afecta los recursos ambientales (45,8%), la calidad del ecosistema (31,8%) y la salud humana (22,5%). Con respecto a las aguas residuales, en el estudio de Viktoryová et al. (2022) se observó que estas contaminan significativamente la entrada de aguas superficiales como los ríos, lagos y arroyos, además, reducen la esperanza de vida de los organismos, así como su capacidad para la reproducción. Por otro lado, Nair et al. (2021) indicaron que la presencia de elementos tóxicos en el agua tiene el potencial de generar eventos adversos en los seres vivos, afectando la vida acuática y la cadena alimenticia.

En el marco nacional, Bravo et al. (2021) determinaron que las aguas residuales pueden generar problemas asociados con la insalubridad, la reducción de la biodiversidad, la contaminación atmosférica y la escasez del agua. Por ende, resulta fundamental delimitar normas que contribuyan a la reducción del consumo de agua mediante la optimización de los procesos de producción, recuperación y transformación de los lodos, y la reutilización del agua. De acuerdo con Yapıcıoğlu

(2018) más del 90% de los residuos contaminantes pueden eliminarse de las aguas residuales a través de la aplicación de métodos tradicionales como la adsorción, los procesos de oxidación avanzada, el tratamiento químico, entre otros.

En consecuencia, la importancia de desarrollar el presente trabajo radica en determinar medidas que permitan optimizar los sólidos generados en el tratamiento de los efluentes industriales de una fábrica de pinturas ubicada en la ciudad de Guayaquil. En este proyecto se busca la opción de aprovechar el agua y reducir la cantidad de aguas residuales producidas por la empresa en las etapas del proceso productivo. De este modo, se pretende hacer un aporte significativo a la empresa en cuanto a la gestión de efluentes industriales. Estas contribuciones le permitirán ver qué aspectos del uso del agua se pueden mejorar en las operaciones y qué efluentes se tratan o eliminan adecuadamente antes de ser vertidos al suelo o ser direccionados a gestores ambientales. Asimismo, reconocer qué efluentes se pueden recuperar o reutilizar con la finalidad de que dichos desperdicios sean convertidos en pintura, la cual, se puede utilizar con fines benéficos o económicos, contribuyendo a la disminución de gastos producidos por dichos factores.

Como beneficiario principal de esta investigación se destaca la empresa objeto de estudio, misma que podrá beneficiarse de la reducción de los costos del consumo de agua para la fabricación de la pintura, obtener nuevos ingresos por la transformación de los desperdicios y contribuir con la disminución del impacto ambiental, coadyuvando en la tenencia de un mejor nivel de responsabilidad social ambiental. Por otro lado, se contemplan como beneficiarios adicionales el medioambiente y la población humana y animal, dado que se minimizan los efectos que perjudican el ecosistema y con ello el impacto en la salud de los seres vivos.

Cabe mencionar que, los beneficios contemplados han sido observados en ciertos reportes que exponen la importancia del problema. Como ejemplo, Nicholas (2018) expuso que uno de los aspectos más importantes para las fábricas de pintura implica la optimización de métodos que permitan tratar y reutilizar el agua de proceso, y las aguas residuales. Consecuentemente, a través de la aplicación de un tratamiento de tres pasos, se visualizó una reducción de los costos de descarga de lodos del 70%, además, de un ahorro en los costos operativos por la disminución del consumo de agua en las

etapas de producción y limpieza. Por otro lado, se reconoció que el uso de aguas residuales tratadas reduce aproximadamente el 33% del costo de este recurso (Banco Mundial, 2020). En tanto que, Paiano et al. (2021) determinaron que el uso de pintura de desecho tiende a reducir en un 48% el impacto ambiental, mientras que, Yapıcıoğlu (2018) expresó que el proceso Fenton representa la mejor tecnología para el tratamiento de aguas residuales en la industria de la pintura, dado que genera un menor efecto ambiental.

Referente a la contextualización de la problemática, se determina que en la actualidad, la empresa objeto de estudio se encuentra ubicada en la ciudad de Guayaquil y se dedica a la elaboración de pinturas, resinas, anticorrosivos, entre otros productos. Cabe mencionar que, esta organización desconoce cómo tratar las aguas residuales que se generan, por lo cual, tienden a verter los efluentes industriales producidos al suelo, los cuales provienen del lavado con agua de los tanques de producción de pintura y de la destilación que se efectúa en la producción de resinas y solventes. Es fundamental reconocer que, la descarga de aguas residuales industriales sin pretratamiento se ejecuta por la falta de una planta de tratamiento de estas aguas en las instalaciones de la empresa, originando un efluente que se encuentra contaminado y cuya descarga resulta alarmante, puesto que, dichos residuos líquidos contienen sustancias químicas que afectan significativamente el suelo, aire y agua.

Consecuentemente, se han identificado técnicas de manejo, tratamiento y disposición de aguas residuales por medio de los gestores ambientales, lo cual genera gastos exuberantes, aunque, estos se encargan de procesar tales desechos con el fin de que no sean un foco contaminante para el medioambiente. De este modo, los aspectos críticos por resolver en la organización implican tratar y reutilizar las aguas residuales producto de la limpieza de los equipos empleados en la producción de la pintura, y, transformar los residuos (lodos y sedimentos) en una pintura de segunda categoría que pueda beneficiar tanto a la empresa como a la comunidad.

### **1.3 Delimitación**

**Geográfica:** Ecuador - Guayaquil

**Temporal:** 2022

**Sectorial:** Norte de la ciudad

**Institucionalmente:** Fábrica de pinturas

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Proponer la optimización de los sólidos generados en el tratamiento de los efluentes industriales de una fábrica de pinturas ubicadas en la ciudad de Guayaquil.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Reconocer los contaminantes que se generan por la fabricación de pintura y pigmentos de la pintura, y los desperdicios que se generan procedentes de la fabricación de este.
- Utilizar el agua residual en el proceso de fabricación de pintura de bajo costo.
- Analizar los requerimientos de un sistema de gestión que permita la reutilización de los sólidos generados por los procesos de fabricación de pintura (lodos).
- Determinar la situación ambiental de la empresa y hacer recomendaciones.



## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

A continuación, se exponen los antecedentes históricos de la pintura, esto con la finalidad de proporcionar un marco de referencia sobre el tema y comprenderlo con mayor profundidad desde el abordaje realizado por diferentes autores.

#### **2.1 Antecedentes teóricos**

La pintura se ha utilizado por miles de años para decorar y proteger superficies. La historia de la pintura se remonta a la antigüedad, cuando los antiguos seres humanos utilizaron pigmentos minerales mezclados con grasas animales para cambiar el color y la apariencia de objetos. El uso del color en la historia humana se remonta miles de años atrás y ha estado asociado con el arte rupestre, el poder y la posición social. Los antiguos usaban pigmentos minerales y carbón vegetal para crear una variedad de colores, como el rojo, negro, ocre, amarillo y blanco. Estas pinturas han sido encontradas en lugares como Argelia, Alemania, Francia y España y han sido usadas para reflejar el estatus social, el poder y la creatividad. Durante la Colonia el pigmento se obtenía del trabajo de esclavos y se convirtió en un jugoso negocio para el rey de España (Puchet, 2020).

Es claro que la utilización de los colorantes como una forma de expresión artística ha sido usado desde hace miles de años atrás y ha tomado otras aplicaciones con el paso del tiempo. Por lo cual, la revisión histórica permite analizar los usos que se han dado a la pintura, como su uso para decorar y proteger superficies. Además, la conciencia acerca de la historia de la pintura puede servir de motivación para la reducción de los residuos generados por la fabricación de pinturas, con el fin de conservar la calidad del medioambiente.

En 1771, William Woulfe descubrió una forma de sintetizar el ácido pícrico a partir de ácido nítrico, azufre y nitrato de potasio. Este ácido se usó para crear una variedad de tintes, que se usaban para teñir telas y papel. El ácido pícrico también se utilizó para producir otros materiales, como tintes para tintorería y barnices. Aunque el ácido pícrico se usaba con éxito, no fue muy popular debido a su costo elevado y al alto

contenido de nitrógeno, lo que dificultaba su uso en los tintes. No obstante, esta fue la primera síntesis de un colorante sintético (Orellana, 2020).

El descubrimiento de la síntesis de ácido pícrico ayudó a desarrollar una variedad de tintes sintéticos, sin embargo su comercialización no se logró hasta años más adelante por su alto costo. Por ende, este hallazgo, aunque no tuvo un gran impacto en su tiempo permite darse cuenta de que a través de la historia se ha ido evolucionando los componentes para desarrollar los colorantes empezando con aquellos que eran orgánicos y que incentivaron a mejorarlos para que puedan ser usados en diversos aspectos como ropa, objetos, entre otros.

Para el año 1834, químico alemán Friedlich Ferdinand inventó el alquitrán de hulla que fue una mezcla de ácido acético y alquitrán que se usaba para sellar y proteger estructuras metálicas, también se utilizaba como una capa protectora para evitar la corrosión de los metales. Fue una de las primeras formas de recubrimiento de metales que se utilizó en el siglo XIX y ha sido una forma de tratamiento de metales hasta el día de hoy (Lucendo, 2019).

El descubrimiento de Friedlich fue uno de los grandes avances que se dieron, ya que en la actualidad se sigue empleado ese compuesto. Asimismo, este hallazgo tiene relación con el tema planteado, dado que la industria de pinturas no pudo desarrollarse sin la ayuda de los colorantes. Por lo tanto, la reseña histórica de este elemento es fundamental para conocer cómo se crearon y como fue aceptado en la sociedad.

En 1856, el químico inglés William Perkin se dio cuenta de que los pigmentos minerales podrían ser mezclados con materiales sintéticos para crear una variedad de colores brillantes. Este descubrimiento le permitió crear la primera pintura comercialmente viable, que se conoció como mauveina. Esta pintura fue un éxito comercial, y llevó a Perkin a fundar la primera empresa química de color en el mundo. Desde entonces, la pintura se ha refinado y mejorado, permitiendo una mayor variedad de colores y aplicaciones (Postrel, 2021).

Cabe señalar que gracias al hallazgo de Perkin se introdujo el colorante sintético que dio origen a la creación de la primera empresa química de color, aspecto que con los

años fue replicado y evolucionándose continuamente hasta en la actualidad disponer de diversas compañías que venden pinturas para diversas actividades.

### **2.1.1. Generalidades de la pintura**

La pintura es una sustancia que está compuesta por una mezcla de pigmentos, resinas y aditivos. Los pigmentos son los materiales que le dan el color a la pintura, las resinas le dan al producto su consistencia y adherencia, mientras que, los aditivos se utilizan para mejorar la calidad de la pintura y para facilitar su aplicación. Por lo general, esta sustancia puede estar hecha de aceite, agua, u otros solventes, y se aplica a una superficie para darle un acabado de color o para protegerla de la intemperie, de la corrosión, el deterioro, la suciedad y otros agentes ambientales, además, de mejorar la apariencia de una propiedad (Londhe et al., 2019; Villazón & Rodríguez, 2021).

De acuerdo con lo planteado en el párrafo anterior, es importante resaltar que esta información permite conocer los componentes que forman la pintura y, por lo tanto, los tipos de sólidos que se generarán durante el tratamiento de los efluentes. De esta manera, se pueden identificar los materiales presentes en los efluentes y, por lo tanto, los posibles sólidos que se generarán durante el tratamiento.

Por otra parte, los disolventes y diluyentes son líquidos que se usan para disolver, diluir, suspender, dispersar o descomponer una sustancia. Se utilizan para formar soluciones coloidales o mezclas, estos pueden ser orgánicos o inorgánicos. Por ello, estos compuestos se usan en muchas áreas de la química, como la preparación de productos farmacéuticos, pinturas, tintas, solventes para limpiar, productos químicos intermedios y cosméticos. En consecuencia, estos pueden ser tóxicos, inflamables, explosivos, corrosivos, venenosos o irritantes, por lo que es importante tomar precauciones al manejarlos. En el caso de las pinturas reduce su viscosidad, lo que permite una mejor aplicación de los productos sobre una superficie (Navarro et al. 2018).

Lo antes expresado, muestra que los disolventes y diluyentes utilizados en el proceso de tratamiento de los efluentes industriales pueden ayudar a mejorar la separación de los sólidos y líquidos, lo que resulta en una menor cantidad de sólidos generados en el

proceso de tratamiento. Esto ayudará a reducir el costo de tratamiento de los efluentes industriales, mejorar la eficiencia del proceso y mejorar el impacto ambiental.

De la misma forma, los aditivos son productos químicos sintéticos o naturales que se agregan a la pintura para modificar sus propiedades tales como la resistencia al agua, a la decoloración, viscosidad, etc. Por lo tanto, son utilizados generalmente para mejorar la apariencia del producto, así como su durabilidad. Sin embargo, alguno de estos suelen ser retardantes de secado, tales como los estabilizadores de color, dispersión y antiespumantes (Portilla, 2020).

A partir de lo antes expresado, se destaca que los aditivos pueden usarse para mejorar la calidad y durabilidad de la pintura. Esto se traduce en menos sólidos generados en el proceso de tratamiento de los efluentes industriales y resulta en una mejor y más eficiente optimización de los sólidos generados.

Los pigmentos que se utilizan para la fabricación de la pintura involucran el óxido de hierro, el óxido de zinc, el óxido de cobre y el óxido de manganeso. Por otro lado, la resina es un componente esencial en la producción de la pintura, puesto que, se usa como un aglutinante para los pigmentos y otros ingredientes del producto, además, de otorgar elasticidad y resistencia. Las resinas más comunes que se emplean aluden a la resina acrílica, la resina alquídica y la resina epoxi. Con respecto a los aditivos utilizados, estos suelen ser de carácter químico y mineral. Los aditivos químicos se utilizan para mejorar la resistencia a la intemperie, a la abrasión y al fuego, de los cuales, se destacan los aditivos de flujo, de dispersión, de estabilidad, de curado y de protección. En tanto que, los aditivos minerales se emplean con el fin de mejorar la resistencia al desgaste, al calor y la corrosión, en este marco, se integran el dióxido de titanio, el polvo de mica, el polvo de sílice y el polvo de carbonato de calcio (Lisowski et al., 2022).

El aporte que proporciona estos compuestos a la temática radica en que ayuda a entender qué ingredientes se utilizan en la producción de la pintura, así como a conocer los aditivos químicos y minerales que se incorporan para mejorar su resistencia a la intemperie, la abrasión y el fuego. De este modo, es posible realizar un análisis de los ingredientes y aditivos de la pintura para evaluar si estos afectan el tratamiento de los

efluentes, con el objetivo de optimizar los procesos de depuración y minimizar los sólidos generados.

### **2.1.2. Utilización de la resina**

Otro de los componentes utilizados es la resina, este es un material natural o sintético utilizado como un material de relleno y adhesivo. Esta deriva de árboles de coníferas, como el pino, abeto o cedro, lo que lo hace un material ligero, resistente al agua y duradero, ideal para muchas aplicaciones. Dependiendo de la aplicación, puede ser mezclada con otros materiales, como la pintura, para mejorar la durabilidad y la resistencia a la intemperie. Generalmente una combinación de varias sustancias químicas, algunas de incluyen alquitrán de hulla, ácido poliéster, poliuretano, acetato de polivinilo, epoxi y poliéster. El objetivo de la utilidad de este producto es ser empleada en combinación con diferentes pigmentos para crear una variedad de colores y texturas (Alfieri et al. 2019).

Con respecto a este planteamiento, queda claro que el estudio de la resina aporta a este trabajo una mejor comprensión de los materiales que son usados para la fabricación de pinturas. Esto también ayudará a determinar qué materiales son más adecuados para el tratamiento de los efluentes industriales, así como también para optimizar los sólidos generados.

La resina es un polímero sintético formado por monómeros de ácido acrílico y metacrilato, los cuales son resistentes al calor y al agua, y cuentan con una excelente adherencia y resistencia química. Asimismo, La resina es una sustancia sólida o semisólida producida por la polimerización de una o más moléculas orgánicas. Estas moléculas pueden ser polímeros naturales como la lignina, el colágeno y el quitina. También pueden ser productos sintéticos como el policloruro de vinilo (PVC), el polietileno, el acrilato de polivinilo y el poliuretano. Las resinas se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, desde la fabricación de productos de plástico hasta la producción de productos farmacéuticos (Fetecua & Barragán, 2017).

### 2.1.3. Clasificación de la pintura

Las pinturas se clasifican en tres grupos principales que aluden a las pinturas alquídicas, a base de solvente y a base de agua. Las pinturas alquídicas son aquellas que se disuelven en un disolvente líquido, y se dividen en tres categorías principales que son de aceite, de resina sintética y de poliuretano. La primera se utiliza generalmente en superficies de madera; la segunda en superficies de metal; y, la tercera en superficies de plástico (Omowanle et al., 2018).

El aporte que esta información agrega al tema propuesto es el conocimiento sobre los diferentes tipos de pinturas que hay en el mercado, lo que permitirá diseñar una mejor estrategia para optimizar los sólidos generados en el tratamiento de los efluentes industriales.

Por otro lado, las pinturas a base de solvente se disuelven en un disolvente, el cual se evapora después de que se aplica la pintura, dejando la misma en su lugar; esta se divide en dos categorías principales que corresponden a los disolventes orgánicos y disolventes inorgánicos, los primeros se emplean en superficies de metal, y los segundos en superficies de vidrio. En tanto que, las pinturas a base de agua como su nombre mismo lo indica son aquellas que se hacen con este recurso y se emplean generalmente en superficies de madera, asimismo, se caracterizan por ser más seguras y fáciles de limpiar en comparación con las de base de solventes (Pandey & Kiran, 2020; Domínguez & Ferrer, 2020).

Lo antes mencionado sobre la clasificación de las pinturas ayuda a conocer los diferentes tipos de pinturas y de esta forma lograr identificar los procesos de producción que producen mayores cantidades de sólidos y encontrar la mejor forma de minimizarlos. A su vez, permitirá mejorar el proceso de producción, lo que contribuirá a una menor contaminación del medioambiente.

No obstante, a nivel nacional las pinturas se clasifican considerando múltiples aspectos inherentes al producto que corresponden a nueve divisiones según la Norma Técnica Ecuatoriana del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) (2010) 1021 1983-4;

sin embargo, para este instituto la clasificación básica implica el tipo de ligante. Estos aspectos se pueden verificar de manera detallada en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Clasificación de las pinturas*

<b>Clasificación</b>	<b>Descripción</b>
Por tipo de ligante. (Fundamental)	Acrílicas, al aceite, alquídicas, amínicas, bituminosa, clorofénicas, de caucho ciclizado, de caucho clorado, de cemento, de colas o resinas hidrosolubles (témperas), de emulsión, de emulsión acrílica, de emulsión de poliestireno, de emulsión de polivinil acetato (PVA), de emulsiones varías, de emulsiones vinílicas, de ésteres de celulosa, de ésteres epoxídicos, de poliestireno, de resinas naturales, de resinas de cumarona, de silicato inorgánico, de silicato orgánico, de silicato de zinc, epoxídicas, epoxiéster, fenólicas, oleo resinosa, poliestéricas no saturadas, poliuretánicas, vinílicas, resina de hidrocarburos, mixtos (combinaciones de dos o más pinturas).
De acuerdo al ambiente al cual se destina la pintura	Pinturas para uso en ambiente rural, pinturas para uso en ambiente industrial, pinturas para uso en ambiente con agresivos químicos, pinturas para uso en el ambiente costanero, pinturas para uso en ambiente marino.
De acuerdo al brillo	Mate, cáscara de huevo o semimate, brillante, superbrillante.
Según las condiciones de secado	<b>De secado al aire:</b> Son las pinturas que secan por evaporación y oxidación en condiciones normales.

	<p><b>De secado forzado:</b> Son las que pueden secarse por oxidación en un tiempo determinado y que, además, pueden acelerarse por calefacción a una temperatura entre 50 - 80° C.</p> <p><b>De secado al horno:</b> Son las que se secan por una reacción química de reticulación inducida por calor a una temperatura mayor a 100° C.</p>
Según la forma de aplicación	Por brocha, por soplete, por cortina, por electrodeposición, por inmersión, por rodillo, por sistemas electrostático, etc.
Por el orden de aplicación de la superficie	Acondicionador, para fondos, para capas intermedias, para capas de acabado, para sobre impresión, etc.
Según el origen del ligante	Orgánicas, inorgánicas.
Según el comportamiento de la película frente a la temperatura	Termoplásticas, termorígidas.
De acuerdo al uso. Por ser, así mismo, tan amplios y diversos los usos que se dan a las pinturas, incluyendo los factores funcionales de preservación decoración, higiene e identificación, se las ha subdividido en los grupos siguientes.	Arquitectónicas, industriales, marinas, especiales.

*Nota.* Tomado de *Pinturas. Clasificación*, por INEN (2010)

La normativa antes revisada ofrece un marco de referencia para establecer un marco de clasificación y caracterización de los sólidos generados, y así poder determinar con mayor precisión su composición y tipo, lo que permitirá diseñar una mejor estrategia de optimización de los sólidos provenientes del tratamiento de efluentes industriales de las fábricas de pintura.



#### **2.1.4. Aguas residuales industriales**

Las aguas residuales industriales son los flujos que se han utilizado en las actividades por parte de industrias y que contienen una variedad de contaminantes, como metales pesados, productos químicos, orgánicos y sedimentos; estos son tóxicos para el medioambiente si no se tratan adecuadamente antes de su descarga. Estas pueden ser tratadas en instalaciones especializadas antes de desecharse en cuerpos de agua, lo que ayuda a proteger el agua para que sea segura para la vida acuática y el uso humano. Asimismo, pueden reciclarse para usos como irrigación, riego de jardines, lavado de equipos, refrigeración y producción de energía. Por lo tanto, se requieren medidas adecuadas para prevenir la contaminación de los cuerpos de agua y garantizar que la industria cumpla con los requisitos de la legislación de cada territorio (Fúquene & Yate, 2018).

Las aguas residuales industriales de una empresa de pintura son los líquidos que se generan durante la fabricación y/o uso de productos químicos, como el agua utilizada para limpiar equipos, mezclar productos y/o eliminar contaminantes de la superficie pintada. Estas pueden contener una variedad de productos químicos, residuos de pintura y otros materiales. Por lo que deben tratarse adecuadamente para evitar la contaminación del medioambiente.

En general, las aguas residuales industriales de una empresa de pintura deben someterse a un tratamiento apropiado antes de desecharse en el medioambiente. Esto significa que lo correcto sería pasar por un proceso de descontaminación para eliminar los compuestos tóxicos, degradar los productos químicos y remover las partículas de pintura. Esto se puede lograr utilizando una variedad de métodos de tratamiento, como la filtración, la coagulación, la oxidación, entre otras (Angulo et al. 2017).

Por lo tanto, si estas no se tratan adecuadamente pueden causar serios efectos nocivos en el medioambiente, como la contaminación de los cuerpos de agua y la toxicidad para los organismos acuáticos. En consideración de lo establecido es importante que las empresas de pintura cumplan con los reglamentos de protección ambiental para prevenir el daño del medioambiente.

### **2.1.5. Efluentes industriales**

Los efluentes son los desechos líquidos que se producen como resultado de las actividades industriales, estos pueden incluir desde productos químicos hasta residuos sólidos, y pueden tener un impacto significativo sobre el medioambiente si no se tratan adecuadamente. Principalmente las aguas que son efluentes industriales tienen dentro sustancias orgánicas disueltas incluyendo tóxicos, materiales biodegradables y persistentes, sustancias inorgánicas disueltas incluyendo nutrientes, sustancias orgánicas insolubles y solubles. Estas tienen la posibilidad de ser clasificados según con sus características físicas, químicas y biológicas, o de acuerdo con su comportamiento en las aguas receptoras y cómo están afectando el medioambiente acuático (Zaruma et al. 2018).

La definición de los efluentes industriales brinda como aporte a la temática propuesta el conocimiento acerca de la composición química, física y biológica de los desechos líquidos generados por la fábrica de pinturas. Esto permitirá establecer una evaluación de los contaminantes presentes en los efluentes antes de iniciar la optimización de los sólidos generados. Además, permitirá conocer las posibles fuentes de contaminación y el impacto que estos pueden tener sobre el medioambiente.

En la industria, el agua se emplea como materia prima, como medio de producción, para enfriamiento o para el lavado, por consiguiente, en esas que son efluentes industriales su estructura cambia conforme el tipo de industria y tipo de proceso que se llevará a cabo. A lo largo del proceso de producción, el agua empleada se va llenando de contaminantes, que tienen la posibilidad de ser incompatibles con el destino final que se dará al líquido residual. La proporción de agua residual que procede de diferentes industrias, así como las fluctuaciones cotidianas y horarias (Rodríguez, 2021).

Uno de los principales aportes para el estudio de lo establecido anteriormente es el análisis de los parámetros físicos y químicos del agua residual de la industria. Esto permitiría identificar los tipos y cantidades de contaminantes presentes en el agua, así como la cantidad de sólidos presentes, ya que pueden ser una fuente significativa de contaminación si no se tratan adecuadamente.

Las características de los efluentes industriales varían dependiendo del tipo de actividad industrial. Por ejemplo, los efluentes industriales asociados a la industria metalúrgica contienen altos niveles de metales y compuestos orgánicos, mientras que los efluentes de la industria textil contienen colorantes y productos químicos. En general, los efluentes industriales pueden contener sustancias tóxicas, agentes químicos, metales pesados, residuos orgánicos, partículas en suspensión, patógenos, materia fecal, etc. Estos componentes pueden ser dañinos para el medioambiente, la salud humana y los ecosistemas (Lazo, 2017).

Es clave conocer las características de los efluentes industriales, ya que esto facilita la identificación de los tipos de efluentes industriales generados por la fábrica y evaluar sus contenidos. A su vez, ayuda a reconocer la mejor forma de tratar los efluentes y reducir al mínimo los sólidos generados. Esto incluiría evaluar los niveles de contaminantes presentes en los efluentes, los requerimientos del tratamiento apropiado para cada contaminante, la eficiencia de los procesos de tratamiento existentes y la implementación de tecnologías de tratamiento de última generación para mejorar la eficiencia del proceso.

Además, los efluentes industriales también pueden contener calor, aceites, grasas, compuestos orgánicos volátiles, disolventes y otros contaminantes. Estos contaminantes pueden ser difíciles de tratar y eliminar, dado que muchos de ellos no se degradan fácilmente. Por lo tanto, es importante que las empresas industriales tomen medidas para reducir la cantidad de efluentes industriales dañinos que producen (Pardo et al. 2020).

Por lo antes expuesto, el estudio de efluentes contribuye a identificar los diferentes tipos de contaminantes presentes en los efluentes y determinar la cantidad de sólidos generados durante el tratamiento con el fin de reconocer la mejor forma de tratar estos componentes. Esto ayudará a reducir los costos de tratamiento y proporcionará un ambiente más limpio y saludable para la comunidad.

La contaminación de los efluentes industriales puede afectar la calidad del agua y el aire, así como la salud humana. Por lo tanto, los gobiernos suelen regular estrictamente

el manejo de los efluentes industriales para reducir los riesgos para el medioambiente y la salud humana. Un buen manejo de los efluentes industriales es esencial para mantener la salud ambiental. Esto incluye la implementación de controles de calidad, el monitoreo regular y la implementación de tratamientos para reducir el contenido de contaminantes en los efluentes. Esto ayuda a prevenir la contaminación de los recursos naturales y mejorar la calidad de vida de la gente (Rosales, 2017).

El aporte que proporciona el planteamiento anterior en el estudio es el enfoque en la prevención de la contaminación por parte de la industria. Esto significa asegurar que los efluentes industriales sean tratados de acuerdo con los estándares de calidad establecidos y monitoreados regularmente. Esto ayudará a garantizar que el contenido de contaminantes en los efluentes se mantenga a un nivel seguro para el medioambiente y la salud humana.

#### **2.1.6. Agentes contaminantes**

Los agentes contaminantes son todos aquellos elementos, sustancias o compuestos químicos que, al entrar en contacto con el aire, el agua o el suelo, lo hacen inseguro para el medioambiente, la salud humana y los seres vivos. Estos pueden ser tanto naturales como artificiales, y pueden provenir de varias fuentes, como la agricultura, la industria, los productos químicos y la combustión. Los principales agentes contaminantes son el monóxido de carbono, el dióxido de nitrógeno, el ozono, los óxidos de nitrógeno, el dióxido de azufre, los aerosoles, los productos químicos orgánicos volátiles, los hidrocarburos aromáticos policíclicos y los metales pesados (Gómez, 2018).

Por lo tanto, es importante adoptar medidas para controlar los niveles de contaminación por agentes contaminantes, a través de la reducción de la emisión de materiales dañinos y la adopción de tecnologías más limpias. La presencia de estos elementos en el aire, el agua o el suelo puede tener efectos dañinos graves para el medioambiente y la salud humana. En función de esto es necesario promover la educación y la concienciación sobre los efectos negativos para que la sociedad tome acciones para reducir la contaminación.

Por su parte, los agentes contaminantes de pinturas contaminadas pueden incluir compuestos orgánicos volátiles (COV), metales pesados, óxidos de nitrógeno, óxido de azufre, polvo, partículas sólidas y microbios. Además de contener productos químicos tóxicos, como el plomo, el benceno y otros compuestos orgánicos. Estos pueden causar problemas respiratorios y de salud, así como daños medioambientales. Además, los residuos tóxicos de la pintura emiten gases tóxicos y vapores a la atmósfera y son muy difíciles de eliminar. Por último, los compuestos orgánicos persistentes (COP) también se consideran como una de estas sustancias dañinas (Pabón et al. 2020).

Por ello, lo establecido permite conocer de qué forma las actividades industriales crean una secuencia de residuos específicos. Esto permitirá a la presente investigación desarrollar el plan de acción capaz de cubrir todos los aspectos relevantes para limpiar y prevenir futuras contaminaciones. Además, conocer el alcance y los riesgos que presenta para la salud humana y el medioambiente.

#### **2.1.7. Tratamientos de las aguas residuales**

El tratamiento de aguas residuales es un proceso físico, químico y biológico para eliminar los contaminantes presentes en aguas residuales y devolverlas a la naturaleza en un estado seguro. Este incluye la remoción de sólidos, la disolución de sustancias tóxicas, la desinfección de microorganismos patógenos y la eliminación de nutrientes. De tal forma que el objetivo es reducir los efectos nocivos que el agua residual puede tener en la salud humana y en el medioambiente. Generalmente se realiza en plantas de tratamiento, en las que una serie de procesos se llevan a cabo para eliminar los contaminantes. Estas actividades incluyen la sedimentación, el filtrado, la oxidación, la desinfección y la anaerobia. Algunos de estos establecimientos también incluyen procesos adicionales para eliminar materiales tóxicos y mejorar la calidad del agua tratada. Por ello, es considerado una de las partes más fundamentales en la gestión de recursos hídricos, ya que, ayuda a mantener los niveles de contaminación en los cuerpos de agua para permitir su uso seguro para actividades recreativas, irrigación, abastecimiento de agua potable, etc. (Ramalho, 2021).

Por ende, el tratamiento de aguas residuales es una de las áreas más importantes de una empresa de pintura. Esto se debe a que los productos químicos utilizados en la fabricación del producto y la limpieza posterior del equipo deben ser tratados antes de ser descargados en cualquier cuerpo de agua. Dado que, de esta forma, asegura que los productos químicos peligrosos, los metales pesados y los elementos no deseados no entren en el medioambiente.

En consideración de aquello, existen tres tipos de tratamientos de aguas residuales que varían de acuerdo con el tipo de contaminación. El tratamiento primario de aguas residuales implica la separación de sólidos, grasas y aceites a través de un proceso de sedimentación, flotación y decantación, esto ayuda a reducir la cantidad de sólidos suspendidos, y otras sustancias en el agua residual. Esta etapa prepara el agua para el tratamiento secundario, que elimina los contaminantes biológicos como bacterias, virus y algas. Además, también ayuda a prevenir el bloqueo de los sistemas de tratamiento posteriores. Por tal motivo, es un paso importante para la limpieza y antes de ser descargadas al medioambiente para el control y la preservación de la calidad del agua (Chávez, 2017).

Los tratamientos de aguas residuales ayudan a reciclar el agua para su reutilización en los procesos industriales, lo que contribuye a ahorrar agua y a reducir el agotamiento de los recursos hídricos. Por lo tanto, conocer y aplicar estos es una forma de cuidar el medioambiente y garantizar el bienestar de las personas.

Dentro del primer tratamiento es fundamental mencionar los tanques Imhoff, estos son depósitos de aguas residuales que se utilizan para tratar y almacenar el recurso utilizado. Estos se componen de dos compartimentos, uno para la separación y decantación (que se llena primero y se vacía después) y el otro para el tratamiento químico (que se llena después). Una de las características principales de este es su forma cónica para facilitar la separación de materia suspendida, al mismo tiempo que el flujo del agua por gravitación. De la misma forma, ayuda a reducir la posibilidad de que los sólidos se acumulen en el fondo del tanque. El tratamiento químico en los tanques Imhoff ayuda a eliminar los nutrientes, los microorganismos y otros contaminantes presentes en el agua residual, consecuentemente, contribuye a mejorar la calidad del agua de los ríos, lagos y otras masas de agua cercanas. En vista de

aquello, se han utilizado durante décadas para tratar el agua residual doméstica, comercial e industrial en muchas partes del mundo. En la actualidad, ha mejorado para cumplir con los requisitos de la normativa ambiental, lo que ha hecho que sean una solución más rentable y eficaz (Moreno, 2018).

En síntesis, este procedimiento es un paso fundamental para garantizar que el agua recirculada para el consumo humano sea segura. Este refiere a la eliminación de sólidos gruesos, materia orgánica y otros contaminantes, lo que elimina los sólidos suspendidos que pueden causar problemas de salud al exponerse a ellos. Por lo tanto, es crucial para que el agua reciclada sea segura para su uso y para prevenir la contaminación de los cuerpos de agua naturales.

Por su parte, en la etapa del tratamiento secundario generalmente involucra la eliminación de los patógenos restantes y la remoción de los materiales suspendidos en el agua. Para ello, puede incluir la desinfección, neutralización de pH y/o remoción de metales pesados, por lo cual, comúnmente los métodos utilizados incluyen filtración, sedimentación, flotación, lixiviación, oxidación, membranas y procesos biológicos. Dentro de la lixiviación se utilizan lixiviantes para reducir la concentración de sustancias tóxicas en el agua, una vez realizado aquello pasará por el proceso de filtración para remover sólidos suspendidos y partículas. Mientras que la desinfección se encarga de eliminar los patógenos y microorganismos presentes en el agua. En ciertas ocasiones se utiliza un tanque de aireación, este es un dispositivo utilizado para aumentar el contenido de oxígeno en el agua que funciona a través de la introducción de aire comprimido en el agua a través de una tubería o un sistema de burbujas de aire. Esta da como resultado una mayor calidad del agua disminuyendo el contenido de dióxido de carbono y mejorando la salud de los organismos acuáticos dada su reducción de acidez y mejora en el sabor del agua (Cedron & Cribilleros, 2017).

Por su parte, este proceso deja un aporte fundamental en el tratamiento secundario de aguas residuales que se realiza para reducir la carga contaminante de los efluentes. Esto permite que el agua se pueda usar para usos adicionales, como la irrigación, el riego, la generación de energía, etc. Mediante este, se pretende realizar una observación a considerar para el plan de gestión a plantear en la eliminación de los

contaminantes químicos, biológicos y físicos del agua y permitir que sea reutilizada para un propósito útil.

El tratamiento terciario de aguas residuales consiste en una serie de procesos para remover los patógenos, los nutrientes y los contaminantes químicos restantes. Estos procesos pueden incluir filtración, evaporación, desinfección, desinfección ultravioleta (UV), fitorremediación, adsorción y ozonización. El objetivo del tratamiento terciario es producir aguas residuales que cumplan con los estándares de salud y calidad ambiental. Algunos de los contaminantes comunes que se eliminan en el tratamiento terciario son nitrógeno y fósforo, metales pesados, pesticidas, productos químicos orgánicos, pesticidas y materiales articulados. Asimismo, puede incluir procesos para mejorar la calidad del agua para usos específicos, como la reutilización para el riego o la alimentación del relleno sanitario (Díaz et al. 2017).

En resumen, el tratamiento terciario de aguas residuales brinda un campo más amplio en la explicación de los métodos a emplear con la finalidad de garantizar que los recursos hídricos no causen daños al ambiente, por lo cual, los procesos industriales sean eficientes y seguros.

#### **2.1.8. Aireación del agua**

Los tratamientos biológicos para el agua son procesos que utilizan organismos vivos para eliminar sustancias nocivas del agua y mejorar su calidad. Estos organismos pueden incluir bacterias, algas, hongos y protozoos. Estos organismos se usan para eliminar los contaminantes orgánicos, como el nitrógeno y el fósforo, así como los productos químicos nocivos. Los tratamientos biológicos son una forma eficaz y sostenible de mejorar la calidad del agua (Hernández et al. 2017).

Cabe señalar que el anterior planteamiento se relaciona con el estudio, dado que los tratamientos biológicos son una forma eficaz de reducir los contaminantes, como el nitrógeno, el fósforo y los productos químicos nocivos. Además, estos tratamientos pueden ayudar a reducir los sólidos generados en el tratamiento de los efluentes industriales, así como a minimizar la carga de contaminantes orgánicos.



Los tratamientos biológicos para el agua son una alternativa a los tratamientos químicos, ya que son menos costosos y tienen un menor impacto ambiental. Estos tratamientos son eficaces para eliminar los contaminantes orgánicos del agua y mejorar su calidad. Además, estos tratamientos son seguros para la salud humana y el medioambiente. Estos pueden ser usados tanto en el agua potable como en el agua residual, lo que los convierte en una opción eficaz para mejorar la calidad del agua en todas partes (Duque et al. 2018).

Las características de los tratamientos biológicos para el agua aportan al presente estudio una alternativa a la optimización de los sólidos generados en el tratamiento de los efluentes industriales, ya que ofrecen una solución eficiente, segura y de bajo costo para la eliminación de los contaminantes orgánicos presentes en el agua. Esta solución es eficaz para mejorar la calidad del agua y cumplir con los estándares ambientales establecidos, permitiendo así a la fábrica de pinturas ubicada en la ciudad de Guayaquil disminuir su impacto ambiental y contribuir con el cuidado del medioambiente.

### **2.1.9. Factores e impactos ambientales**

Los factores ambientales son los elementos que influyen en el entorno y en los seres vivos que lo habitan, estos incluyen el clima, la luz solar, el agua, el aire, la temperatura, la topografía, el suelo, los nutrientes, la contaminación, los cambios en el uso de la tierra, la biodiversidad, los patógenos y las especies invasoras. Dichos factores tienen una gran influencia en la salud humana, ya que, pueden afectar la calidad del aire, el agua y los alimentos, así como la distribución de enfermedades. De tal forma que influyen en la salud y el bienestar de los animales, plantas y otros organismos no humanos, así como en el funcionamiento de los ecosistemas. En muchos casos estos suelen ser causados por el comportamiento humano, como el uso agrícola excesivo de pesticidas y fertilizantes, la tala de árboles, la contaminación del aire y del agua, la destrucción de hábitats y la introducción de especies invasoras. Estas actividades humanas pueden tener un gran impacto en el funcionamiento de los ecosistemas, así como en la salud humana y animal (González et al. 2020).

Dentro del estudio, los factores ambientales son uno de los aspectos más importantes dada su relación con las operacionales industriales. Como ya mencionado, los impactos ambientales de la industria pueden ser pertinentes tanto para la salud humana como para el medioambiente. Por lo tanto, es de suma relevancia tomar medidas para minimizar los impactos negativos.

Por lo tanto, afectaran de forma indirecta al medioambiente, dado que, al ocupar grandes cantidades de espacio y bloqueando la luz solar y el oxígeno que necesitan los organismos para sobrevivir impide el crecimiento de bosques y el desarrollo de otros ecosistemas. Finalmente, la generación de gases tóxicos contribuye al efecto invernadero, aumentando así al calentamiento global y aumentar el riesgo de inundaciones, sequías y otros cambios climáticos (Montero et al. 2020).

En consideración, los residuos sólidos pueden afectar el medioambiente de varias maneras. En primer lugar, pueden contaminar el suelo, el aire y el agua, esto se da cuando los residuos se mezclan con los materiales naturales y se dispersan a través de dichos ecosistemas. Por ende, los materiales tóxicos que viajan a grandes distancias en los recursos hídricos con el pasar del tiempo afectarán fuertemente a la salud humana.

#### **2.1.10. Contaminación del suelo**

La función principal del suelo es proporcionar un medio para el crecimiento de plantas, así como desempeñar un papel importante en la filtración de agua, la regulación de la temperatura, el almacenamiento de nutrientes. De la misma forma, el soporte de la vida animal y la retención de carbono. Además, desempeña un papel importante en la regulación de la erosión y la contaminación del agua. Por ende, es una fuente importante de alimentos para los seres humanos y los animales (Marañón & Madejón, 2017).

El conocimiento de la función del suelo en las actividades industriales es esencial para comprender los efectos potenciales de dichas acciones sobre el medioambiente. Dado que, desempeña un papel vital en la regulación de los flujos de agua, la disponibilidad de nutrientes y el equilibrio biológico. Además, proporciona el soporte adecuado para la actividad industrial, al tiempo que proporciona una base para la construcción de

infraestructura. Por estas razones, es importante ayudar a desarrollar estrategias para minimizar los efectos adversos ya mencionados.

La capacidad de un suelo para depurar aguas contaminadas es una propiedad importante para medir el grado de contaminación del suelo. Este proceso se debe a la adsorción de los contaminantes por parte de los minerales del suelo. Los principales elementos presentes tienen una función relevante en la depuración del agua son la arcilla, el óxido de hierro, la sílice y la calcita. Dichos minerales contienen una gran cantidad de superficies en las que los contaminantes pueden ser adsorbidos. Además de esto, pueden intercambiar iones entre el suelo y el agua, permitiendo así que sustancias tóxicas sean eliminadas (López & Calderón, 2017).

Por ello, esta es una parte importante para el tratamiento de aguas efluentes que actúa como un filtro en el proceso y retener los elementos nocivos presentes en el agua. La cantidad y la calidad del suelo también inciden indirectamente la eficacia del tratamiento. Por ejemplo, los suelos con una buena absorción de agua pueden proporcionar un mejor tratamiento de los efluentes y reducir la carga del sistema de tratamiento; por lo tanto, asegura que se logre el mejor resultado posible.

No obstante, la capacidad de un suelo para depurar aguas contaminadas también depende de otros factores, como la composición química del agua, la temperatura de la misma, la carga orgánica y la actividad microbiana del suelo. La cantidad de nutrientes presentes en el agua afecta la cantidad de microorganismos presentes en el suelo. A este proceso se asocia la actividad microbiana, la cual puede ser mejorada mediante la adición de nutrientes, de tal forma que los microorganismos sean más eficaces en la biodegradación de toxinas. Sin embargo, para cada situación, el poder depurador de un suelo tiene un límite y una vez que se supera para una o algunas sustancias, el suelo se contamina y es fuente de contaminantes. Aunque los metales pesados y generalmente los recursos trazas se hallan presentes en concentraciones subjetivamente bajas en los suelos, las concentraciones perjudiciales ocasionan su degradación (Hueso et al. 2018).

Por ende, es de suma importancia incidir en el vertimiento de agua residual industrial sin intentar aportar contaminantes al suelo y una vez que este está asociado a un

acuífero, además puede contaminar las aguas subterráneas con metales pesados y compuestos orgánicos tóxicos. Esta debería evitarse ya que, la degradación de la calidad del agua subterránea se vuelve un proceso irreversible y su remediación es bastante compleja.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

Con respecto a la metodología aplicada en el proyecto, se destaca que el presente trabajo es una investigación de campo, debido a que la recopilación de los datos se llevó a cabo dentro del entorno real de la empresa mediante la interacción efectuada entre los investigadores y los sujetos de análisis. Además de este criterio, existen otros procedimientos que se adoptan con el fin de alcanzar los objetivos del estudio, mismos que se detallan a continuación.

#### **3.1 Enfoque de la investigación**

La investigación cualitativa es una forma de investigación que se centra en la comprensión de los fenómenos a través del análisis de la experiencia humana (Galeano, 2020). Por su parte, la investigación cuantitativa es un enfoque de investigación que se centra en recolectar datos numéricos y estadísticos para analizar y entender los patrones y tendencias en un tema específico. Esta se lleva a cabo a través de encuestas, experimentos y análisis de datos estructurados (Amaiquema et al. 2019). Por ende, se utiliza un enfoque mixto en el presente estudio con la finalidad de reconocer y verificar la calidad del agua que se va a recuperar, es decir, identificar si los aditivos y la cantidad que se agregan son los apropiados para el tratamiento de las aguas residuales, asimismo, reconocer estadísticamente la situación de estos procesos.

#### **3.2 Métodos de estudio**

La presente investigación se ejecutó de forma experimental dado que se realizó pruebas para identificar la cantidad apropiada de aditivos (coagulantes y floculantes) y bactericidas que se deben agregar para recuperar el agua.

##### **3.2.1 Métodos lógicos**

Los métodos lógicos son una herramienta para la comprensión, análisis y argumentación de la información, en la presente investigación, se aplicó el método inductivo que es un método de pensamiento en el que se parte de un conjunto de datos

o hechos específicos para llegar a una conclusión general (Tiberius, 2020). La adopción de este método se fundamentó en el hecho de que se inició con la observación de la situación de la empresa, se indagaron aspectos relacionados con la contaminación que produce la empresa y los aspectos que se deben cambiar para llegar al planteamiento de una generalización enfocada en la optimización de los sólidos generados en el tratamiento de los efluentes industriales de la fábrica de análisis.

### **3.2.2 Métodos empíricos**

Los métodos empíricos son un conjunto de herramientas y técnicas de investigación que se basan en la observación y la recolección de datos para obtener información sobre un tema en particular. La técnica considerada es la entrevista y la encuesta, la cual esta primera se define como una conversación entre dos o más personas con el objetivo de intercambiar información (Martínez, 2020). Mientras que la encuesta es una herramienta de recolección de datos usada para recopilar información de un grupo específico de personas. Normalmente se realiza a través de preguntas formuladas por una entidad o persona, con el objetivo de obtener información específica sobre el tema de estudio (Feria et al. 2020).

## **3.3 Tipo de investigación**

### **3.3.1 Investigación descriptiva**

De acuerdo con Niño y Mendoza (2021) la investigación descriptiva es una metodología de investigación científica que busca describir la naturaleza de un fenómeno, proporcionando una descripción detallada de una situación, hechos o tendencias. En el presente estudio se utilizó el tipo de investigación descriptiva a fin de describir los principales contaminantes que la empresa genera en la fabricación de la pintura, identificar cómo se eliminan y que consecuencias produce actualmente la falta de una planta de tratamiento de aguas residuales en la empresa. Asimismo, se describen los pasos que intervienen en el proceso del tratamiento de las aguas residuales.

### 3.3.2 Investigación experimental

El diseño de investigación experimental según Pereyra (2022) es una forma de investigación científica en la que los investigadores manipulan variables para ver cómo estas afectan a un resultado. En consecuencia, este diseño se aplicó con el fin de realizar pruebas que permitan reconocer la cantidad adecuada de aditivos que deben agregarse para tratar las aguas residuales y recuperarlas.

A continuación, se describe el proceso experimental que se aplicó al tratamiento de las aguas residuales en una prueba de jarra.

1. Es importante mencionar que, se realizó la prueba de jarra porque es una técnica estándar en la cual se probaron diferentes dosis del coagulante y floculante en las muestras respectivas. El inicio de este proceso inició como la toma de una muestra de 500 mililitros (ml) que es medio litro de agua residual en un vaso de precipitación.

#### **Figura 1**

*Muestra para el test de jarra*



2. Posteriormente, se agregó el coagulante cuyo estado es líquido; cabe mencionar que, esta prueba se realizó con base a la unidad de volumen de mililitros mediante el uso de una jeringuilla para tener una idea de la cantidad de coagulante que se debe agregar. En este ámbito, se agregó 10 ml de coagulante rebajado al 40% en la jarra; sin embargo, se identificó que el agua se puso lechosa, por lo cual, se utilizó finalmente 5ml.

**Figura 2***Adición del coagulante*

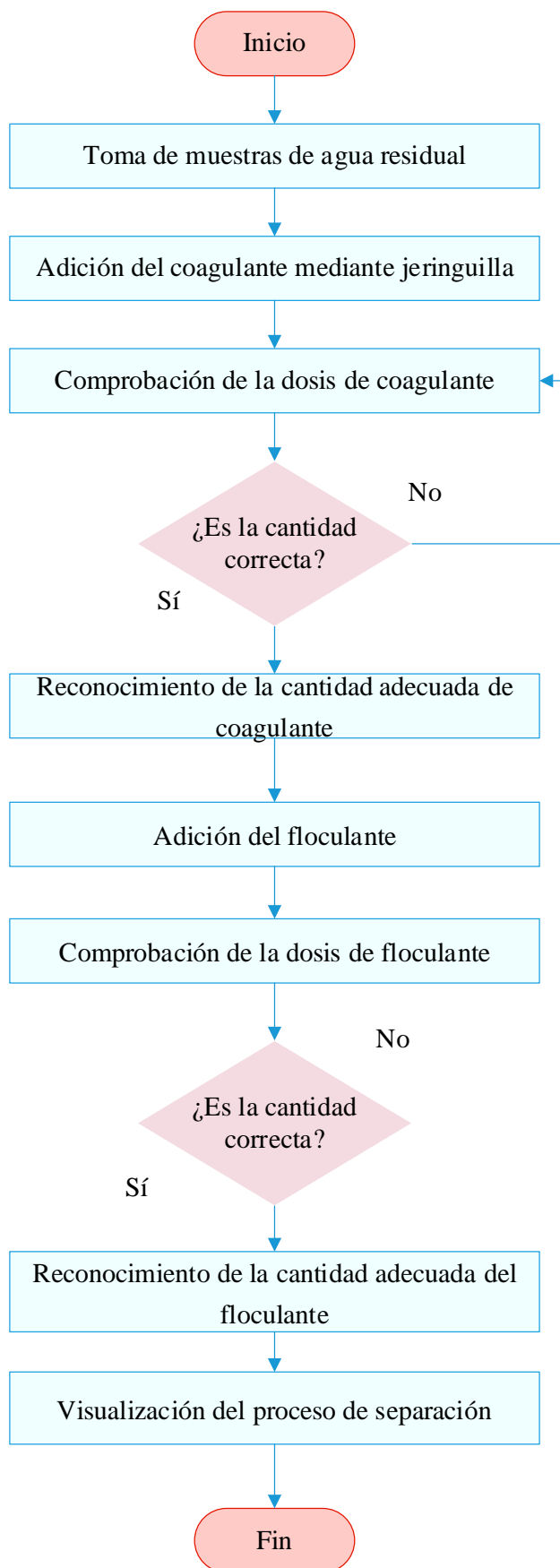
3. Consecuentemente, se adiciona el floculante cuyo estado es en polvo y se disuelve para su uso. En este ámbito, se identificó que 160 gramos se utilizan para preparar un tanque de 40 galones. Luego de este proceso, se deja aproximadamente tres horas hasta que se visualiza la separación de las partículas.

**Figura 3***Adición del floculante*

4. Cabe mencionar que, la importancia de esta prueba radicó en el poder identificar la cantidad exacta de aditivos (sean coagulantes o floculantes) que debe agregarse a los tanques de preparación en un nivel macro.

En el siguiente diagrama se evidencia de forma resumida los pasos que conformaron la prueba experimental (Ver figura 1).



**Figura 4***Proceso de la prueba experimental*

### ***3.3.2.1 Proceso de tratamiento de las aguas residuales***

La propuesta aplicada al presente proyecto considerando los resultados de la prueba experimental es la siguiente.

El proceso iniciará en la planta de pintura donde se utilizan los tanques de fabricación de pintura y de tinta, también denominados tanques de molienda que son de acero y cuentan con una hélice que mueve constantemente la pintura.

#### **Figura 5**

*Vista interna de un tanque de preparación de pintura y tinta*



Terminado este proceso, se retirará el producto quedando los tanques sucios, consecuentemente, los operadores se encargarán de lavarlos con agua, misma que será enviada por unos canales (ductos) a una pequeña planta de tratamiento, siendo reservada en una especie de pozo séptico que posee la empresa. Es importante destacar que, aquellas aguas que no pueden llegar por medio de los ductos al pozo séptico serán vertidas a través de un filtro. En la figura 6 se observa un ejemplo de la ubicación del filtro y del pozo en donde se encontrarán almacenadas las aguas residuales.

**Figura 6**

*Vista del filtro y del pozo séptico*



Cabe mencionar que, el agua residual que llega al pozo se caracteriza por tener muchos colores, posteriormente, será bombeada por medio de mangueras hacia el tanque de mezcla o de preparación que se encuentra en una base elevada, y contiene de igual forma una hélice en medio que genera el movimiento constante de las aguas residuales.

**Figura 7**

*Vista amplia del tanque de preparación*



Durante este proceso se agregarán dos aditivos importantes que son el coagulante y el floculante, los cuales son fundamentales para el desarrollo del proceso de separación de los sólidos. Cuando se agreguen los aditivos se generará una reacción que provocará que lo más pesado (tinte y pintura) vaya hacia abajo y lo más liviano (agua) se quede arriba creando una separación, esto como resultado del constante movimiento y al dejar reposar la mezcla.

### **Figura 8**

*Inicio del proceso de separación mediante la inclusión de los aditivos*



En el primer caso, los lodos que son la tinta y pintura se caracterizan por ser una especie de masa o gelatina que se utilizará para fabricar pintura de baja calidad con el fin de donarla; este elemento al quedar en la parte de abajo se lo obtendrá mediante el uso de una bomba neumática. Por otro lado, el agua que queda arriba se recuperará para ser reutilizada en otros procesos; de este modo, dado que el tanque se encuentra elevado, por medio de la gravedad, el agua residual será retirada y se enviará a una piscina que se encuentra en una superficie más baja dando paso al proceso de aireación.

**Figura 9**

*Extracción del agua mediante gravedad*



En esta piscina se encontrarán cuatro aireadores, los cuales producen el movimiento constante del agua que llega a la misma, proceso que tiene una duración de cuatro horas que es lo recomendable.

**Figura 10**

*Vista externa e interna de la piscina*





Dentro de este proceso se agregarán aditivos que son bactericidas y se utilizan con el fin de eliminar las bacterias del agua y controlar la formación de algas y hongos en un sistema de enfriamiento de modalidad o de circuito abierto; una vez que ha finalizado el tiempo establecido, el agua queda totalmente recuperada y se enviará al tanque de almacenamiento para ser reutilizada.

### **Figura 11**

*Tanque de almacenamiento de las aguas tratadas*

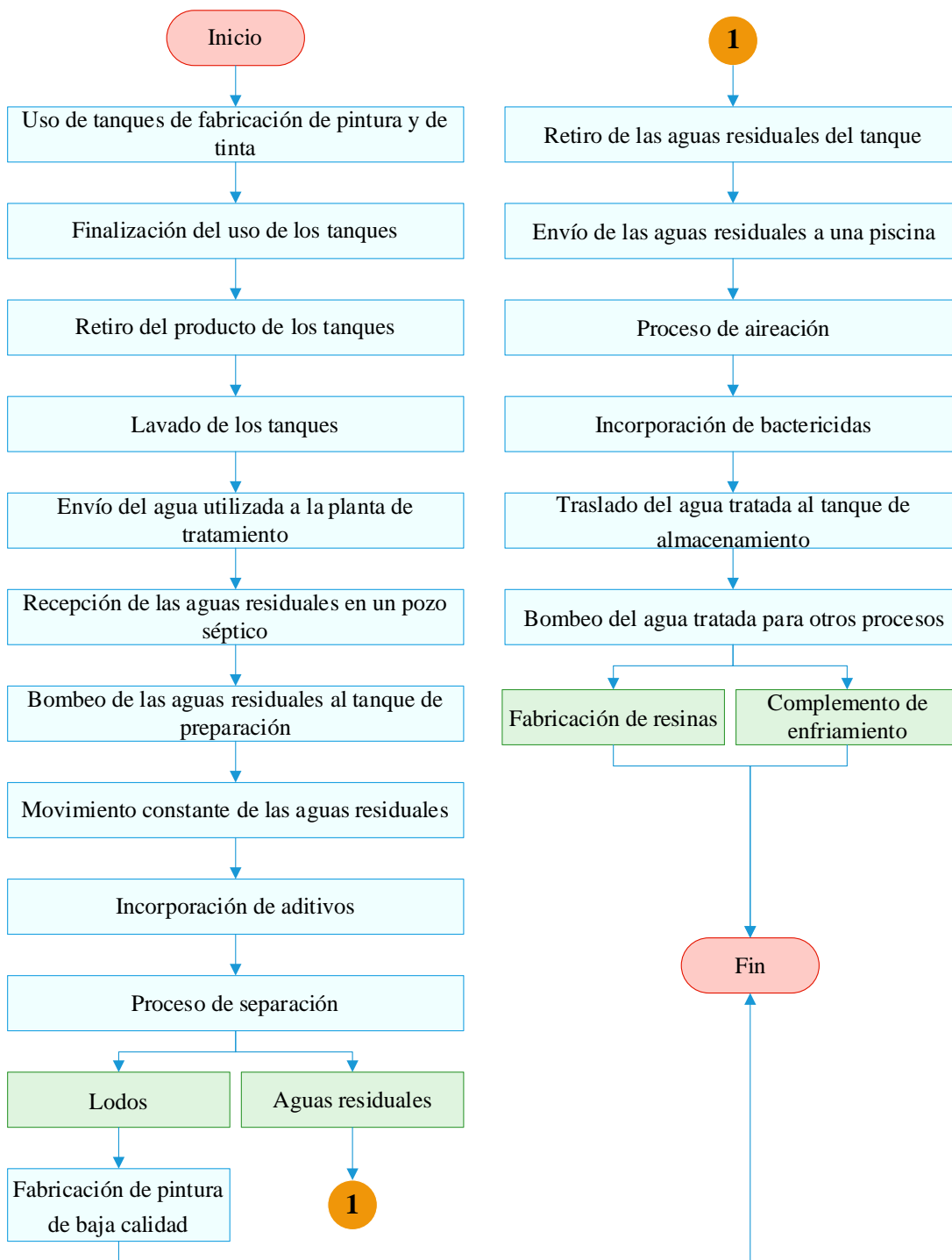


Esta agua tratada se bombeará hacia dos procesos respectivos; en el primero, se utilizará para crear resina lo rama para las pinturas, y, en el segundo se empleará como complemento de enfriamiento. En este último proceso, la resina se fabricará en tanques que tienen alrededor un mecanismo de enfriamiento, donde, por medio de esos tanques recorre agua fría, finalizando el proceso.

A continuación, se visualiza un diagrama que resume todos los pasos que integran el proceso de tratamiento de las aguas residuales que debe seguir la empresa.

**Figura 12**

*Proceso de tratamiento de las aguas residuales*



## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **4.1 Interpretación de los resultados**

La interpretación de los resultados representa el proceso de evaluar, analizar e interpretar los resultados obtenidos del experimento realizado, en este caso, a partir de la evidencia experimental recabada se establece la cantidad de aditivos y bactericidas que se requieren aplicar en los tanques de preparación de la fábrica.

#### **4.2 Análisis de los resultados de la prueba experimental**

Conforme los resultados obtenidos de la prueba experimental, se determina la cantidad de aditivos y bactericidas que deben agregarse a nivel macro.

1. En el ámbito macro, 5 ml de coagulante hacen referencia a 10 kilogramos (KG) del mismo producto en un tanque de 2000 galones. No obstante, para obtener un resultado beneficioso se puede colocar dos jeringuillas de 5 ml cada una, lo que indica que se utiliza 20 kilos de coagulante.
  
2. Por otro lado, se identificó que para un tanque de 2000 galones, se requiere 20 galones de floculante para poder obtener la reacción esperada (separación del lodo y agua); en tanto que, para la preparación de un tanque de 40 galones se utilizan 160 gramos de floculante.
  
3. En lo que respecta a los bactericidas, se destaca que 9 kilos se deben utilizar para una piscina de 1850 galones. Una vez que se coloca el bactericida, se efectúa el proceso de aireación por cuatro horas y cuando finaliza este proceso, el agua es llevada al tanque de almacenamiento o reservorio cuya capacidad es de 4500 galones. Cabe resaltar que, los bactericidas se colocan con la finalidad de que el agua tratada requiera de una propiedad que permita controlar y eliminar la formación de algas y hongos en un sistema de enfriamiento de modalidad o de circuito abierto (esto se refiere a las torres de enfriamiento).



### **4.3 Fuentes técnicas para la recolección de información**

#### **4.3.1 La encuesta**

En función al enfoque determinado en el capítulo anterior, una de las técnicas utilizadas fue la encuesta, la cual estuvo conformada por ocho preguntas (Ver anexo 1).

#### **4.3.2 La entrevista**

Debido al enfoque determinado, la técnica que se empleó fue la entrevista semiestructurada, cuyo instrumento considerado fue el cuestionario el cual estuvo conformado por 8 preguntas (Ver anexo 2).

### **4.4 Población de estudio y tamaño de la muestra**

#### **4.4.1 Población**

La población del presente estudio se encuentra conformada por los trabajadores del área de producción de la empresa que tienen relación con las aguas residuales, que ascienden a un total de 40 personas.

#### **4.4.2 Muestra**

En este ámbito se aplica la fórmula de población finita para el cálculo de la muestra.

$$n = \frac{N * Z \alpha^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z \alpha^2 * p * q}$$

Donde:

N: es el tamaño de la población que representan las 40 personas

Z: es el nivel de confianza, siendo del 95% que indica un valor de 1.96

p: es la probabilidad de éxito (0.50)

q: es la probabilidad de fracaso (0.50)

d: es el error máximo permitido

n: es la muestra

$$n = \frac{40 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.05 * (40 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = \frac{38.42}{1.06}$$

$$n = 36$$

Considerando el reemplazo de los valores, se identificó una muestra de 36 personas. No obstante, en este caso se enfatiza que se realizó la investigación a 14 colaboradores que están involucrados con las aguas residuales, los cuales accedieron a participar en el desarrollo del estudio.

#### 4.5 Desarrollo de la información en la entrevista

Para llevar a cabo la recolección de la información, inicialmente se efectuó una coordinación con los directivos de la empresa para solicitar la autorización respectiva con la ejecución del estudio. Posteriormente, se construyó el instrumento de recopilación de datos bajo la revisión de diferentes constructos teóricos y la observación ejecutada en la fábrica; este instrumento fue aplicado a los sujetos de análisis al finalizar su jornada laboral, demostrando que el levantamiento de la información se realizó de forma presencial. Consecuentemente, la información obtenida se analizó e interpretó de forma general, conduciendo al reconocimiento de diferentes criterios que posibilitaron el cumplimiento del objetivo general de la investigación.

#### 4.6 Análisis de los resultados de la encuesta

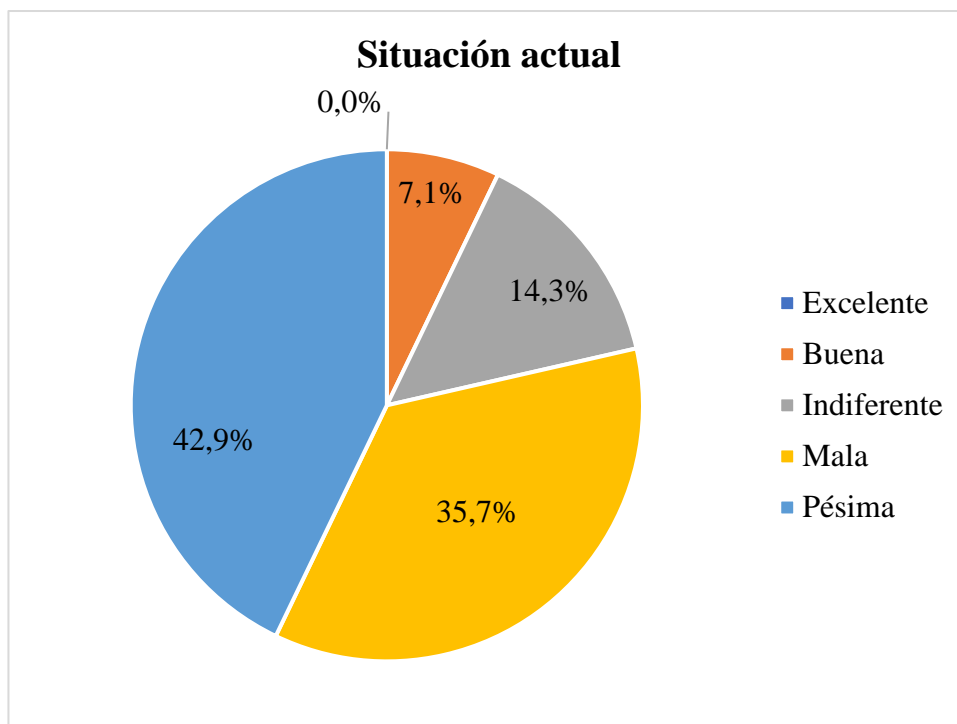
##### 1. ¿Cómo describe actualmente la situación ambiental de la empresa?

**Tabla 2**

*Situación actual de la empresa*

<b>Descripción</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>
Excelente	0	0.0%
Buena	1	7.1%
Indiferente	2	14.3%
Mala	5	35.7%
Pésima	6	42.9%

Total	14	100.0%
-------	----	--------

**Figura 13***Situación actual de la empresa*

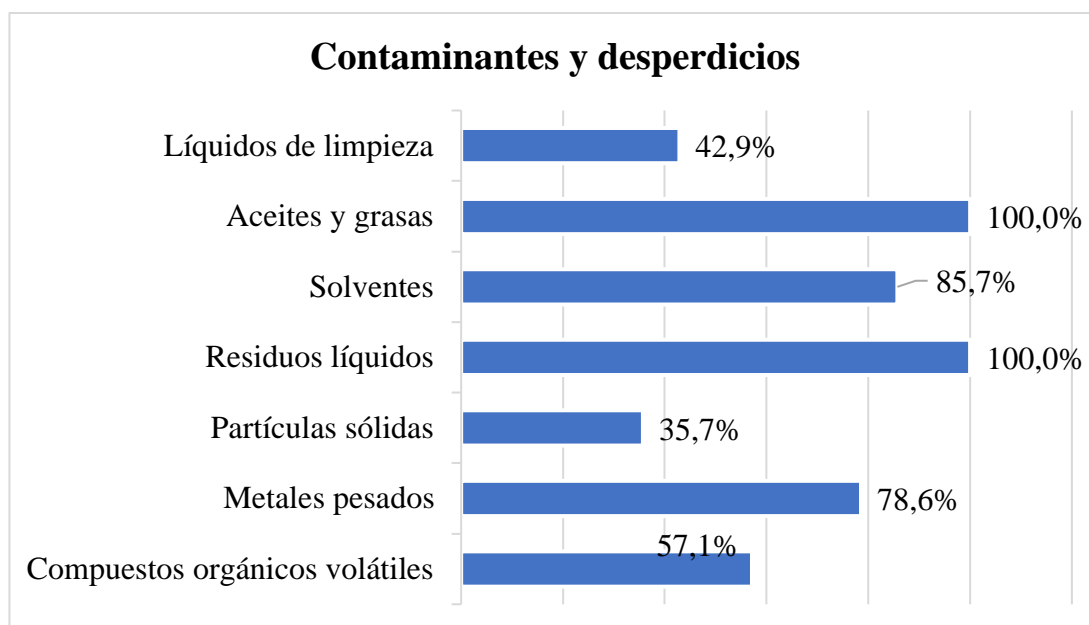
En consideración de los resultados expuestos, el 42.9% indicó que la situación actual de la empresa es pésima, seguido del 35.7% mala, para el 14.3% es indiferente, mientras que el 7.1% señaló buena, siendo excelente la opción no seleccionada. De esta forma se concluye que los resultados son sumamente preocupantes, dado que casi en su totalidad manifestaron que la situación es mala.

## 2. ¿Cuáles son los contaminantes y desperdicios que se generan por la fabricación de pintura y pigmentos de la pintura en la empresa?

**Tabla 3***Contaminantes y desperdicios*

Descripción	Frecuencia	%
Compuestos orgánicos volátiles	8	57.1%
Metales pesados	11	78.6%
Partículas sólidas	5	35.7%
Residuos líquidos	14	100.0%

Solventes	12	85.7%
Aceites y grasas	14	100.0%
Líquidos de limpieza	6	42.9%
Total	70	357.1%

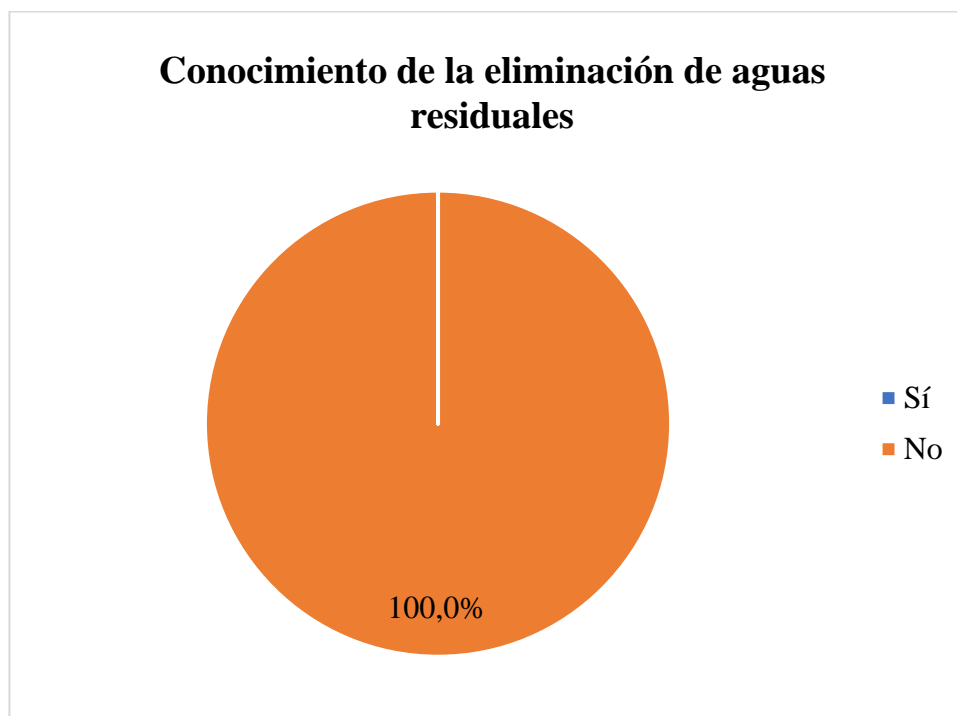
**Figura 14***Contaminantes y desperdicios*

Bajo la interrogante de cuáles son los contaminantes y desechos originados a partir de la creación de pintura y pigmentos, los participantes indicaron con el 100% que se generan aceites y grasas y residuos líquidos, el 85.7% seleccionó solventes, el 78.6% metales pesados, el 57.1% compuestos orgánicos volátiles, el 42.9% líquidos de limpieza, mientras que el 35.7% partículas sólidas. Siendo el aceite y grasas y el residuo de líquidos los más seleccionados.

### 3. ¿Conoce de qué forma se eliminan las aguas residuales producto del lavado de los tanques para la fabricación de pintura y tinte?

**Tabla 4***Conocimiento de la eliminación de aguas residuales*

Descripción	Frecuencia	%
Sí	0	0.0%
No	14	100.0%
Total	14	100.0%

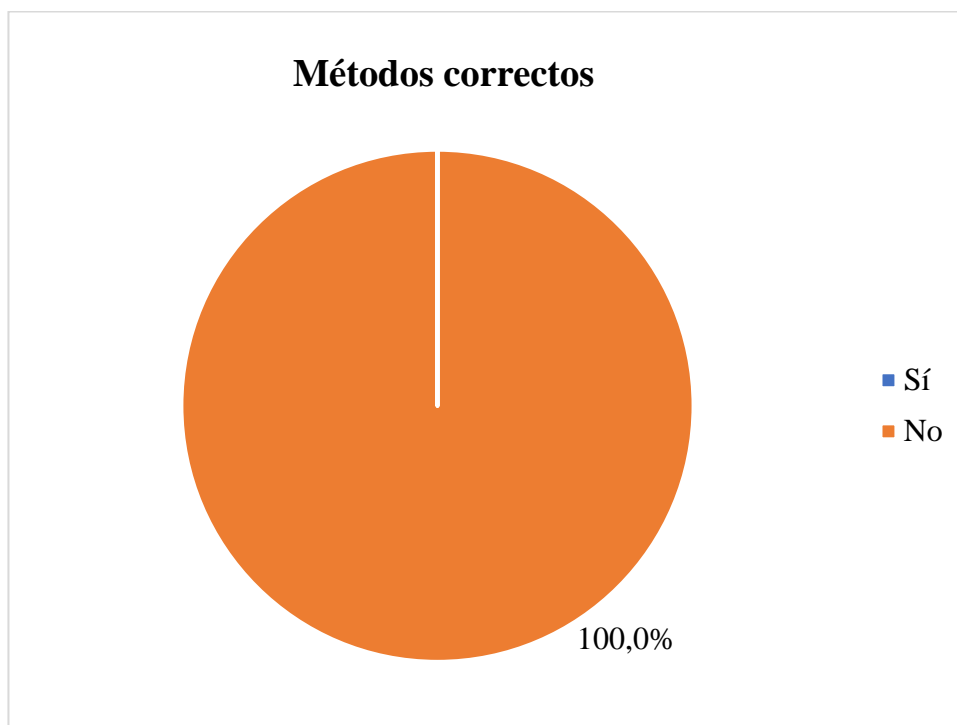
**Figura 15***Conocimiento de la eliminación de aguas residuales*

En función del gráfico establecido, se denota fácilmente un acuerdo total de los participantes, dado que, indicaron que no tienen conocimiento de la eliminación de aguas residuales. Por ello, se concluye que existe una baja preparación del personal en este sentido.

**4. ¿Cree usted que los métodos que se aplican para el proceso actual de eliminación de aguas residuales son correctos?**

**Tabla 5***Métodos correctos*

Descripción	Frecuencia	%
Sí	0	0.0%
No	14	100.0%
Total	14	100.0%

**Figura 16***Métodos correctos*

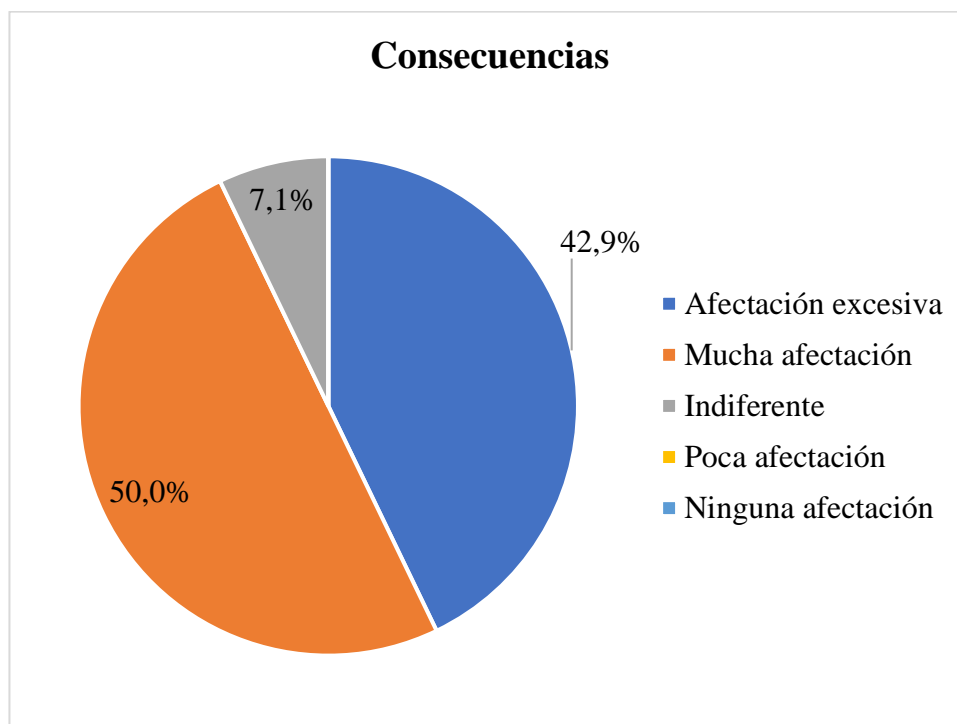
Del total de los encuestados, el 100% señaló que no cree que los métodos que se aplican para el proceso actual de eliminación de aguas residuales son correctos. En consideración de aquello, la empresa deberá tomar acciones para mejorar estos procesos.

**5. ¿Qué consecuencias genera actualmente el proceso para eliminar las aguas residuales producto del lavado de los tanques para la fabricación de pintura y tinte?**

**Tabla 6***Consecuencias*

<b>Descripción</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>
Afectación excesiva	6	42.9%
Mucha afectación	7	50.0%
Indiferente	1	7.1%

Poca afectación	0	0.0%
Ninguna afectación	0	0.0%
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>100.0%</b>

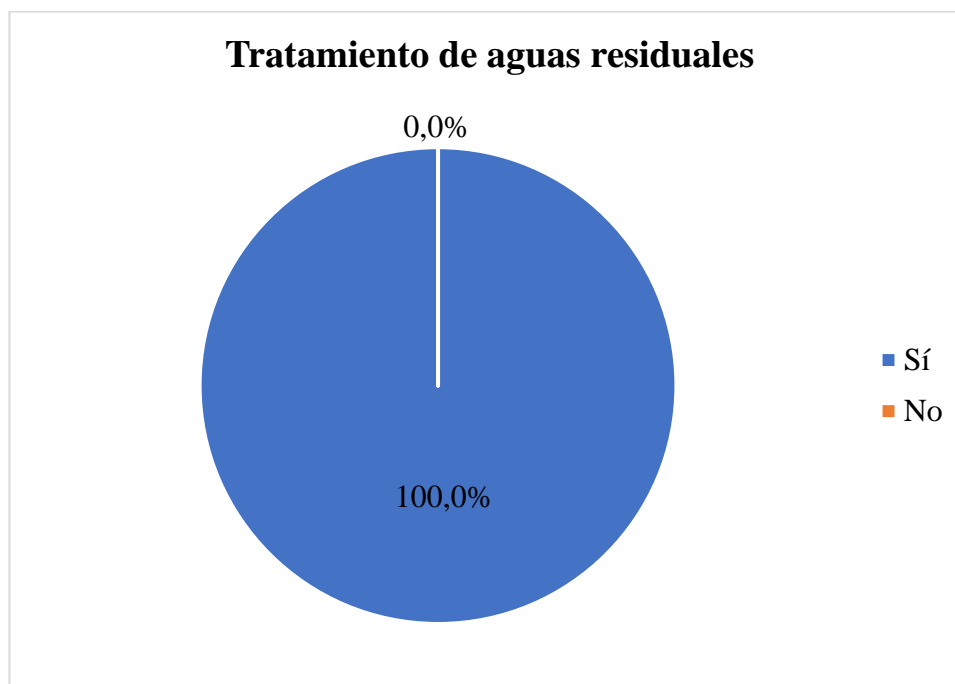
**Figura 17***Consecuencias*

La opción con mayor porcentaje ante las consecuencias generadas actualmente en el proceso de eliminación de las aguas residuales es mucha afectación con el 50%, el 42.9% afectación excesiva, mientras que el 7.1% se mostró indiferente.

**6. ¿Considera adecuado que se realice el tratamiento de las aguas residuales mediante un proceso de separación utilizando aditivos como coagulantes y floculantes en conjunto con bactericidas?**

**Tabla 7***Tratamiento de aguas residuales*

Descripción	Frecuencia	%
Sí	14	100.0%
No	0	0.0%
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>100.0%</b>

**Figura 18***Tratamiento de aguas residuales*

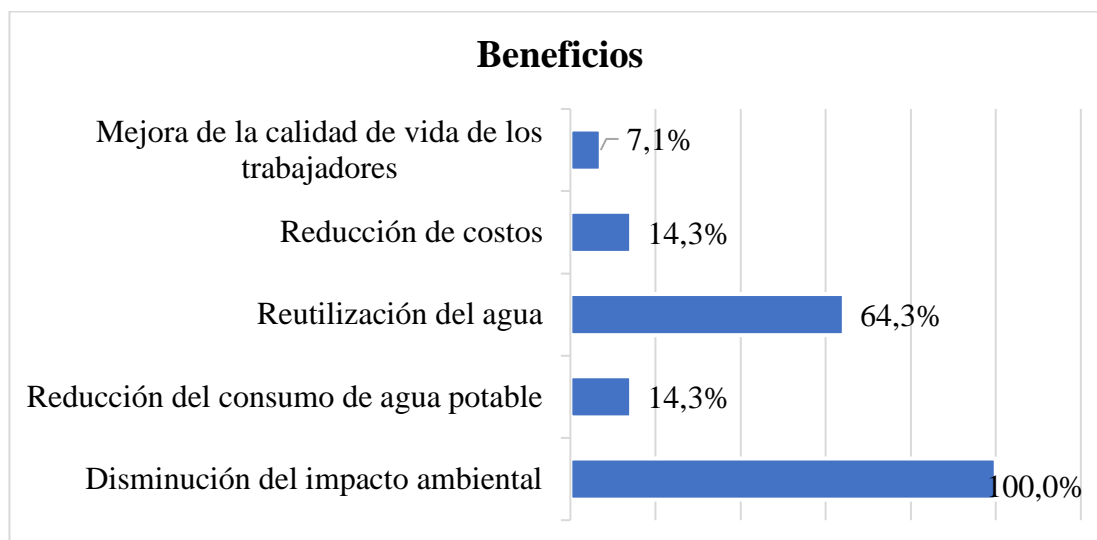
El 100% de los encuestados señaló que sí considera adecuado que se realice el tratamiento de las aguas residuales mediante un proceso de separación utilizando aditivos como coagulantes y floculantes en conjunto con bactericidas. Siendo este una interrogante en la que todos los participantes se encuentran de acuerdo, lo cual es favorable para la empresa.

**7. ¿Qué beneficios cree usted que podría generar el proceso de tratamiento de aguas residuales que se está planteando? Seleccione los dos más importantes.**

**Tabla 8***Beneficios*

<b>Descripción</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>
Disminución del impacto ambiental	14	100.0%
Reducción del consumo de agua potable	2	14.3%
Reutilización del agua	9	64.3%
Reducción de costos	2	14.3%
Mejora de la calidad de vida de los trabajadores	1	7.1%
Total	28	200.0%



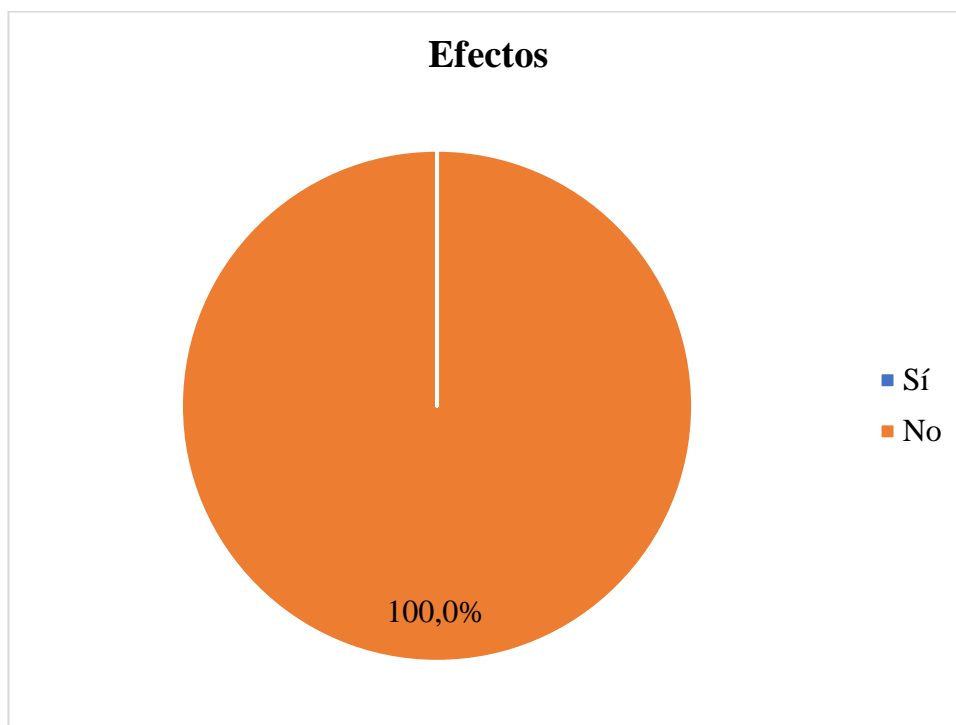
**Figura 19***Beneficios*

En función de la selección de los encuestados, el 100% incluyó en sus respuestas la opción disminución del impacto ambiental como uno de los beneficios que cree que podría generar el proceso de tratamiento de aguas residuales, el 64.3% reutilización del agua, el 14.3% reducción del consumo de agua potable y reducción de costos, mientras que el 7.1% mejora de la calidad de vida de los trabajadores. Por ello, se destaca la opción disminución del impacto ambiental dado que ayuda a reducir la cantidad de sustancias tóxicas que se desechan en los cuerpos de agua cercanos, como los ríos y los lagos, lo que puede prevenir la contaminación de los recursos de agua potable locales.

**8. ¿Considera que el proceso de tratamiento de aguas residuales que se está planteando puede generar alguna molestia o efecto en la salud de los trabajadores?**

**Tabla 9***Efectos*

Descripción	Frecuencia	%
Sí	0	0.0%
No	14	100.0%
Total	14	100.0%

**Figura 20***Efectos*

El 100% de los participantes indicó que no considera que el proceso de tratamiento de aguas residuales que se está planteando puede generar alguna molestia o efecto en la salud de los trabajadores. Cabe destacar que el proceso de tratamiento de aguas residuales puede estar asociado a la presencia de patógenos y toxinas, y por lo tanto, el riesgo de enfermedades para los trabajadores es alto, sin embargo, con esta respuesta brinda tranquilidad a la empresa de que está actuando favorablemente ante la salud de sus colaboradores.

#### **4.7 Análisis de los resultados de la entrevista**

##### **1. ¿Cómo describe actualmente la situación ambiental de la empresa?**

De forma general, los entrevistados indicaron que la situación ambiental de la empresa es desafiante, dado que se enfrenta a una serie de problemas ambientales producto de la falta de una planta de tratamiento de aguas residuales en las instalaciones de la empresa. En este sentido, se destaca que los residuos contienen sustancias químicas que al ser descargados en la tierra afectan significativamente el suelo, aire y agua,

además, de producir un impacto significativo en la salud y el bienestar de los trabajadores y la comunidad que se encuentra alrededor de la fábrica.

**2. ¿Cuáles son los contaminantes y desperdicios que se generan por la fabricación de pintura y pigmentos de la pintura en la empresa?**

Según los entrevistados, los contaminantes y desperdicios generados por la fabricación de pintura y pigmentos de la pintura en la empresa dependen de los materiales utilizados y los procesos de producción. Algunos de los contaminantes y desperdicios generados con mayor frecuencia implican los compuestos orgánicos volátiles, metales pesados, partículas sólidas, residuos líquidos, solventes, aceites usados, líquidos de limpieza, aceites y grasas, entre otros. Además, es importante destacar el uso de energía en la fabricación de pinturas y pigmentos, esto contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero que tienden a afectar al medio ambiente.

**3. ¿De qué forma se eliminan las aguas residuales producto del lavado de los tanques para la fabricación de pintura y tinte?**

De acuerdo con los entrevistados, las aguas residuales se vierten al suelo debido a que no existe una planta de tratamiento para estas y se desconoce qué procesos se pueden aplicar para su tratamiento y recuperación.

**4. ¿Cree usted que los métodos que se aplican para el proceso actual de eliminación de aguas residuales son correctos?**

Los entrevistados indicaron que el proceso actual de eliminación de aguas residuales no es el correcto, debido a que, el esparcir estos residuos en el piso afectan el suelo y el agua, por ende, destacan que es importante que estas aguas se traten y se descarguen en un lugar apropiado para evitar la contaminación.

**5. ¿Qué consecuencias genera actualmente el proceso para eliminar las aguas residuales producto del lavado de los tanques para la fabricación de pintura y tinte?**

Según los entrevistados, las consecuencias que genera actualmente el proceso para eliminar las aguas residuales involucran principalmente el daño al medio ambiente. Estas aguas residuales contienen una gran cantidad de compuestos químicos tóxicos, como metales pesados, solventes orgánicos, entre otros productos químicos que contaminan el suelo, el aire y el agua; esta contaminación puede dañar la flora y la fauna, así como afectar la salud humana.

**6. ¿Considera adecuado que se realice el tratamiento de las aguas residuales mediante un proceso de separación utilizando aditivos como coagulantes y floculantes en conjunto con bactericidas?**

Los entrevistados indicaron que el tratamiento de las aguas residuales mediante el uso de los aditivos y bactericidas es adecuado, dado que permite obtener aguas totalmente reutilizables y tratadas. Esto es importante porque el tratamiento de las aguas ayudará a prevenir la contaminación del agua potable, mejorar la calidad del agua residual y reducir el impacto ambiental. El uso de aditivos como coagulantes y floculantes permitirá remover los sólidos y el líquido suspendido, y los bactericidas fomentarán la eliminación de los microorganismos y la reducción de la carga bacteriana, garantizando que el agua residual tratada sea de buena calidad y segura para su reutilización en diferentes usos o procesos.

**7. ¿Qué beneficios cree usted que podría generar el proceso de tratamiento de aguas residuales que se está planteando?**

Dentro de los principales beneficios que se podrían obtener con el proceso de tratamiento de aguas residuales según los entrevistados, se encuentran la disminución del impacto ambiental de los desechos tóxicos de los productos químicos utilizados en el proceso de pintura. Asimismo, destacan la reducción del consumo de agua potable, al reutilizarse el agua reciclada para los procesos posteriores; de igual forma, enfatizan la mejora de la calidad del agua para que pueda ser reutilizada para otros usos, como riego, limpieza, entre otros. Además, contemplan la acción de reducir los costos asociados con el consumo de agua en las etapas de producción y limpieza, en conjunto con los gastos relacionados con el procesamiento de los desechos por parte de los gestores ambientales. Consecuentemente, resaltan la mejora de la calidad de vida de

los trabajadores al eliminar la exposición a los productos químicos tóxicos, y el otorgar un nuevo uso a los sedimentos (lodos) que quedan, considerando la fabricación de pintura de bajo costo y de menor calidad.

**8. ¿Considera que el proceso de tratamiento de aguas residuales que se está planteando puede generar alguna molestia o efecto en la salud de los trabajadores?**

Los entrevistados indicaron que el proceso de tratamiento de aguas residuales que se está planteando no podría generar alguna molestia o efecto en la salud de los trabajadores. Para esto, destacan que durante el proceso de tratamiento los trabajadores deben utilizar equipos de protección personal, como gafas de seguridad, guantes de goma, botas de seguridad, máscaras protectoras y delantales impermeables para protegerse de cualquier contacto con sustancias peligrosas que pudieran estar presentes en el agua residual.

## CONCLUSIONES

Conforme los resultados obtenidos, las siguientes conclusiones se establecen de acuerdo con el cumplimiento de los objetivos del estudio.

Los contaminantes y desperdicios generados por la fabricación de pintura y pigmentos involucran los residuos líquidos, solventes, compuestos orgánicos volátiles, aceites, grasas, metales pesados y líquidos de limpieza.

Dentro del proceso de tratamiento de las aguas residuales, se identificó que tras la separación de los sólidos se encuentran los lodos y las aguas residuales, donde los lodos al obtenerse mediante una bomba residual y ser dirigidos a la planta de pintura pueden transformarse en una pintura de baja calidad con el fin de ser donada.

Para reutilizar los sólidos generados por los procesos de fabricación de pintura, se destaca la importancia de aplicar los reactivos correspondientes en el tanque de preparación, estos aluden al uso del coagulante y floculante en cantidades adecuadas para promover el proceso de separación de los lodos y las aguas residuales.

Con respecto a la situación ambiental de la empresa, se destaca que la misma es desafiante debido a los problemas ambientales que genera la falta de una planta de tratamiento de aguas residuales en la empresa. El proceso actual de eliminación de las aguas residuales implica su descarga en la tierra, una acción que significativamente afecta el suelo, aire y agua, además, de la salud y bienestar de los trabajadores.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda a la empresa diseñar e implementar un manual donde se aplique todos los aspectos básicos que implican el proceso de tratamiento de las aguas residuales, esto con la finalidad de otorgar a los trabajadores una guía de las funciones que deben realizar desde que se lavan los tanques hasta que se recupera el agua tratada.

A los directivos de la fábrica, se recomienda diseñar un programa de capacitación sobre el proceso de tratamiento de las aguas residuales, esto con la finalidad de que sustenten el conocimiento respectivo acerca de los pasos que deben seguir para recuperar el agua y reutilizarla en otros procesos.

Por otro lado, se recomienda establecer un control estricto sobre la cantidad de aditivos y bactericidas que deben agregarse a las aguas residuales, a fin de evitar cualquier contratiempo que afecte el proceso de separación y recuperación del agua.

### Referencias bibliográficas

- Alfieri, P., Traversa, L., Canosa, G., & Giúdice, C. (2019). Pinturas híbridas de alto contenido de sólidos basadas en resina epoxi alifática-alcoxisilanos para la protección de maderas. *CIC Digital*, 9, 16.
- Amaiquema, F., Vera, J., & Zumba, I. (2019). Enfoques para la formulación de la hipótesis en la investigación científica. *Conrado*, 15(70), 354-360.
- Angúlo, E., Castellar, G., Cely, M., Ibáñez, L., & Prasca, L. (2017). Decoloración de aguas residuales de una industria de pinturas por la microalga *Chlorella* sp. *Revista MVZ Córdoba*, 22(1), Art. 1. <https://doi.org/10.21897/rmvz.930>
- Asamblea Nacional. (2004). *Ley de Gestión Ambiental, codificación*. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf>
- Asamblea Nacional. (2015). *Constitución de la República del Ecuador*. <https://www.cosede.gob.ec/wp-content/uploads/2019/08/CONSTITUCION-DE-LA-REPUBLICA-DEL-ECUADOR.pdf>
- Banco Mundial. (2020). *El agua residual puede generar beneficios para la gente, el medioambiente y las economías, según el Banco Mundial* [Text/HTML]. World Bank. <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2020/03/19/wastewater-a-resource-that-can-pay-dividends-for-people-the-environment-and-economies-says-world-bank>
- Bravo, O., Osorio, M., & Loor, X. (2021). La calidad del desarrollo industrial y su impacto en el medio ambiente. *Polo del Conocimiento*, 6(9), 153-167. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i9>



- Cedrón, O., & Cribilleros, A. (2017). *Diagnóstico del sistema de aguas residuales en Salaverry y propuesta de solución* [Tesis de grado, Universidad Privada Antenor Obrego]. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/3561>
- Chávez, I. (2017). Diseño e implementación de un sistema de tratamiento de Aguas residuales. *Dominio de las Ciencias*, 3(Extra 1), 536-560.
- Díaz, M., Rivas, L., Fernández, D., Salazar, D., Miller, S., & la Maza, N. (2017). Selección de programa químico de tratamiento para aguas residuales oleosas. *Centro Azúcar*, 44(2), 89-100.
- Domínguez, E., & Ferrer, J. (2020). *Tratamiento y recubrimiento de superficies*. Editex.
- Duque, P., Heras, C., Lojano, D., & Viloría, T. (2018). Modelamiento del tratamiento biológico de aguas residuales; estudio en planta piloto de contactores biológicos rotatorios. *Revista Ciencia UNEMI*, 11(28), 88-96.
- Feria, H., Matilla, M., & Mantecón, S. (2020). La entrevista y la encuesta: ¿Métodos o técnicas de indagación empírica? *Didasc@lia: didáctica y educación ISSN 2224-2643*, 11(3), Art. 3.
- Fetecua, J., & Barragán, N. (2017). *Propuesta para el aprovechamiento del agua residual proveniente del proceso de elaboración de resinas alquídicas en la empresa pinturas Super LTDA* [BachelorThesis, Fundación Universidad de América]. <https://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/6589>
- Fúquene, D., & Yate, A. (2018). Ensayo de jarras para el control del proceso de coagulación en el tratamiento de aguas residuales industriales. *Documentos de Trabajo ECAPMA*, 1, Art. 1. <https://doi.org/10.22490/ECAPMA.2771>
- Galeano, M. (2020). *Diseño de proyectos en la investigación cualitativa*. Universidad Eafit.

- Gómez, O. (2018). Contaminación de agua en países de bajos y medianos recursos es un problema de salud pública global. *Revista de la Facultad de Medicina*, 66(1), 7-8.
- González, A., Palacios, I., & Ábalos, A. (2020). Impacto ambiental del vertido de residuales en la cuenca hidrográfica Guaos-Gascón de Santiago de Cuba. *Revista Cubana de Química*, 32(1), 154-171.
- Hernández, A., Buitrón, G., López, M., & Cervantes, F. (Eds.). (2017). *Tratamiento biológico de aguas residuales: Principios, modelación y diseño*. IWA Publishing. <https://doi.org/10.2166/9781780409146>
- Hueso, P., Martínez, J., & Ruíz, J. D. (2018). Técnicas de restauración de suelos basadas en el uso de residuos orgánicos: Seis años de beneficios sobre las propiedades de un suelo forestal. *Cuadernos de investigación geográfica: Geographical Research Letters*, 44, 675-695.
- INEN. (2010). *Pinturas. Clasificación*. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1021.pdf>
- Kralikova, R., Piňosová, M., Koblasa, F., Wessely, E., & Rusko, M. (2020). Environmental and Health Impact of Paint Products. *DAAAM International*, 0035-0043. <https://doi.org/10.2507/31st.daaam.proceedings.005>
- Lazo, E. (2017). *Evaluación de la contaminación ambiental generada por efluentes industriales en el proceso productivo de una curtiembre de mediana capacidad del parque industrial de Rio Seco, Arequipa* [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2413>
- Lisowski, J., Szadkowski, B., & Marzec, A. (2022). Effects of Selected Pigments on the Properties of Silicone Resin-Based Paints. *Materials*, 15(4967), 1-13. <https://doi.org/10.3390/ma15144961>

- Londhe, S., Patil, S., Krishnadas, K., Sawant, A., Yelchuri, R., & Chada, V. (2019). Fungal diversity on decorative paints of India. *Progress in Organic Coatings*, 135, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2019.05.020>
- López, S., & Calderón, S. (2017). *UF1666—Depuración de aguas residuales*. Editorial Elearning, S.L. <https://books.google.com.ec/books?id=9cJWDwAAQBAJ&lpg=PA14&ots=6eNtmWxjRD&dq=depuraci%C3%B3n%20del%20suelo&lr&hl=es&pg=PA2#v=onepage&q&f=false>
- Lucendo, J. (2019). *80 Siglos de Invenciones: Diccionario de los Inventos*. Jorge Lucendo.
- Maduabuchi, M. (2018). Bacteriological Treatment of Waste Water From Paint Industry Using Moringa oleifera Seed. *International Journal of Waste Resources*, 8(2), 1-4. <https://doi.org/10.4172/2252-5211.1000337>
- Marañón, T., & Madejón, E. (2017). *Funciones del suelo y servicios ecosistémicos: Importancia de la materia orgánica*. Red Española de Compostaje. <https://doi.org/10.13039/501100000780>
- Martínez, J. (2020). *Trabajo de campo en la investigación comercial*. Ediciones Paraninfo, S.A.
- Mohtashami, R., & Shang, J. (2019). Treatment of automotive paint wastewater in continuous-flow electroflotation reactor. *Journal of Cleaner Production*, 218, 335-346. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.326>
- Montero, F. S., Molina, C., Pillco, B., Sarduy, L., & Diéguez, K. (2020). Evaluación del impacto ambiental de la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales. Caso río Pindo Chico, Puyo, Pastaza, Ecuador. *Ciencia, Ambiente y Clima*, 3(1), Art. 1. <https://doi.org/10.22206/cac.2020.v3i1.pp23-39>

- Moreno, S. (2018). *Tratamiento de aguas residuales en el tanque IMHOFF para disminuir la contaminación en la quebrada Sicacate del distrito de Montero* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Piura]. <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1154>
- Msimango, V., Ozor, P., & Mbohwa, C. (2019). Resource Optimization for Wastewater Management in Paint Manufacturing Plants: Case study. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 3230-3241.
- Nair, S., Manu, B., & Azhoni, A. (2021). Sustainable treatment of paint industry wastewater: Current techniques and challenges. *Journal of Environmental Management*, 296, 113105. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113105>
- Navarro, P., Espinoza, D., & Vargas, C. (2018). Caracterización de Diluyentes Usados en Extracción por Solventes. *KnE Engineering*, 344-353. <https://doi.org/10.18502/keg.v3i1.1439>
- Nicholas, N. (2018, agosto). *The Pains of Pigment*. *Water & Wastes Digest*. <https://www.wwdmag.com/wastewater-treatment/wastewater-treatment/article/10936940/the-pains-of-pigment>
- Niño, J., & Mendoza, M. (2021). *La investigación científica en el contexto académico*. Infinite Study.
- Omowanle, J., Ayo, G., & Habila, J. (2018). Preparation and Comparative Analysis of Neem and Dehydrated Castor Seed Oil Alkyd Resin Paint Coatings. *Tropical Journal of Natural Product Research*, 2(10), 460-465. <https://doi.org/10.26538/tjnpr/v2i10.5>
- Orellana, J. (2020). *Estado del arte sobre la ocurrencia y riesgos de los colorantes en efluentes de fábricas textiles y su remoción a través de fotocatalisis*

*heterogénea* [Pregrado, Universidad de Cuenca].  
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/35640/1/Trabajo%20de%20Titulacion.pdf>

- Pabón, S., Benítez, R., Sarria, R., & Gallo, J. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 14(27), Art. 27.  
<https://doi.org/10.31908/19098367.1734>
- Paiano, A., Gallucci, T., Pontrandolfo, A., Lagioia, G., Piccinno, P., & Lacalamita, A. (2021). Sustainable options for paints through a life cycle assessment method. *Journal of Cleaner Production*, 295, 126464.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126464>
- Pandey, P., & Kiran, U. (2020). Solvent based paint and its impact on environment and human beings environment and society. *Environment and Society*, 198-207.
- Pardo, K., Cogley, K., Cisneros, A., De Gracia, S., & Tejedor, A. (2020). Aprovechamiento de las cáscaras de la naranja como bioabsorbente para el tratamiento de efluentes industriales. *UTP-Ridda*, 4, 1-12.
- Pereyra, L. (2022). *Metodología de la investigación*. Klik.
- Portilla, O. (2020). *Síntesis de bajo impacto ambiental de aditivos bioactivos para pinturas antiincrustantes* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de la PLata]. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/113961>
- Postrel, V. (2021). *El tejido de la civilización: Cómo los textiles dieron forma al mundo*. Siruela.
- Puchet, C. (2020). El lado oscuro de los colores. *Guía del maestro*, noviembre 2020(264), 28.

- Ramalho, R. (2021). *Tratamiento de aguas residuales*. Reverte.  
<https://books.google.com.ec/books?id=T9MfEAAAQBAJ&lpg=PR5&ots=3jKWnp4ksf&dq=tratamientos%20de%20aguas%20residuales&lr&hl=es&pg=PR4#v=onepage&q=tratamientos%20de%20aguas%20residuales&f=false>
- Rodríguez, N. (2021). *Estudio comparativo de límites de vertido para efluentes industriales en seis regiones de la República Argentina* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Luján].  
<http://ri.unlu.edu.ar/xmlui/handle/rediunlu/1463>
- Rosales, S. (2017). Caracterización de Bacterias Metaloresistentes de Efluentes Industriales de la Ciudad de León, Gto. *Jóvenes en la Ciencia: NE-2 Quinto Encuentro de Jóvenes Investigadores Vol. 3 (2017)*, 3(2), 5.
- Ruffino, B., Farina, A., Dalmazzo, D., Blengini, G., Zanetti, M., & Santagata, E. (2021). Cost analysis and environmental assessment of recycling paint sludge in asphalt pavements. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(19), 24628-24638. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10037-2>
- Tiberius, J. (2020). *El Método Científico Global*. Molwick.
- Viktoryová, N., Szarka, A., & Hrouzková, S. (2022). Recent Developments and Emerging Trends in Paint Industry Wastewater Treatment Methods. *Applied Sciences*, 12(10678), 1-21. <https://doi.org/10.3390/app122010678>
- Villazón, R., & Rodríguez, D. (2021). *Sistemas de habitabilidad: Principios técnicos del proyecto de arquitectura*. Universidad de los Andes.
- Yacout, D., & Elzahhar, M. (2018). Environmental impact assessment of paints production in Egypt. *The 4th International Conference of Biotechnology, Environment and Engineering Sciences*, 60-65.

- Yapıcıoğlu, P. (2018). Investigation of Environmental-friendly Technology for a Paint Industry Wastewater Plant in Turkey. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(1), 10. <https://doi.org/10.19113/sdufbed.22148>
- Zaruma, P., Proal, J., Chaires, I., & Salas, H. (2018). Los Colorantes Textiles Industriales Y Tratamientos Óptimos De Sus Efluentes De Agua Residual: Una Breve Revisión. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*, 19, Art. 19.

## Anexos

### Anexo 1. Formato de encuesta

1. ¿Cómo describe actualmente la situación ambiental de la empresa?
- \_\_\_ Sí  
\_\_\_ No
- \_\_\_ Excelente  
\_\_\_ Buena  
\_\_\_ Indiferente  
\_\_\_ Mala  
\_\_\_ Pésima
2. ¿Cuáles son los contaminantes y desperdicios que se generan por la fabricación de pintura y pigmentos de la pintura en la empresa?
- \_\_\_ Compuestos orgánicos volátiles  
\_\_\_ Metales pesados  
\_\_\_ Partículas sólidas  
\_\_\_ Residuos líquidos  
\_\_\_ Solventes  
\_\_\_ Aceites y grasas  
\_\_\_ Líquidos de limpieza
3. ¿Conoce de qué forma se eliminan las aguas residuales producto del lavado de los tanques para la fabricación de pintura y tinte?
- \_\_\_ Sí  
\_\_\_ No
4. ¿Cree usted que los métodos que se aplican para el proceso actual de eliminación de aguas residuales es correcto?
5. ¿Qué consecuencias genera actualmente el proceso para eliminar las aguas residuales producto del lavado de los tanques para la fabricación de pintura y tinte?
- \_\_\_ Afectación excesiva  
\_\_\_ Mucha afectación  
\_\_\_ Indiferente  
\_\_\_ Poca afectación  
\_\_\_ Ninguna afectación
6. ¿Considera adecuado que se realice el tratamiento de las aguas residuales mediante un proceso de separación utilizando aditivos como coagulantes y floculantes en conjunto con bactericidas?
- \_\_\_ Sí  
\_\_\_ No
7. ¿Qué beneficios cree usted que podría generar el proceso de tratamiento de aguas residuales que se está planteando? Seleccione los dos más importantes.
- \_\_\_ Disminución del impacto ambiental



Reducción del consumo de agua potable

Reutilización del agua

Reducción de costos

Mejora de la calidad de vida de los trabajadores

molestia o efecto en la salud de los trabajadores?

Sí

No

8. ¿Considera que el proceso de tratamiento de aguas residuales que se está planteando puede generar alguna

**Anexo 2. Formato de entrevista**

1. ¿Cómo describe actualmente la situación ambiental de la empresa?
2. ¿Cuáles son los contaminantes y desperdicios que se generan por la fabricación de pintura y pigmentos de la pintura en la empresa?
3. ¿De qué forma se eliminan las aguas residuales producto del lavado de los tanques para la fabricación de pintura y tinte?
4. ¿Cree usted que los métodos que se aplican para el proceso actual de eliminación de aguas residuales es correcto?
5. ¿Qué consecuencias genera actualmente el proceso para eliminar las aguas residuales producto del lavado de los tanques para la fabricación de pintura y tinte?
6. ¿Considera adecuado que se realice el tratamiento de las aguas residuales mediante un proceso de separación utilizando aditivos como coagulantes y floculantes en conjunto con bactericidas?
7. ¿Qué beneficios cree usted que podría generar el proceso de tratamiento de aguas residuales que se está planteando?
8. ¿Considera que el proceso de tratamiento de aguas residuales que se está planteando puede generar alguna molestia o efecto en la salud de los trabajadores?

### Anexo 3. Síntesis de los resultados de la encuesta

Pregunta	Resultados significativos
1. ¿Cómo describe actualmente la situación ambiental de la empresa?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mala (35,7%)</li> <li>- Pésima (42,9%)</li> </ul>
2. ¿Cuáles son los contaminantes y desperdicios que se generan por la fabricación de pintura y pigmentos de la pintura en la empresa?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Residuos líquidos (100%)</li> <li>- Aceites y grasas (100%)</li> <li>- Solventes (85,7%)</li> </ul>
3. ¿Conoce de qué forma se eliminan las aguas residuales producto del lavado de los tanques para la fabricación de pintura y tinte?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No (100,0%)</li> </ul>
4. ¿Cree usted que los métodos que se aplican para el proceso actual de eliminación de aguas residuales es correcto?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No (100,0%)</li> </ul>
5. ¿Qué consecuencias genera actualmente el proceso para eliminar las aguas residuales producto del lavado de los tanques para la fabricación de pintura y tinte?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mucha afectación (50,0%)</li> <li>- Afectación excesiva (42,9%)</li> </ul>
6. ¿Considera adecuado que se realice el tratamiento de las aguas residuales mediante un proceso de separación utilizando aditivos como coagulantes y floculantes en conjunto con bactericidas?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sí (100,0%)</li> </ul>
7. ¿Qué beneficios cree usted que podría generar el proceso de tratamiento de aguas residuales que se está planteando?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución del impacto ambiental (100,0%)</li> <li>- Reutilización del agua (64,3%)</li> </ul>
8. ¿Considera que el proceso de tratamiento de aguas residuales que se está planteando puede generar alguna molestia o efecto en la salud de los trabajadores?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No (100,0%)</li> </ul>