



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS, TURBIEDAD Y DBO POR
APLICACIÓN COMBINADA DE SULFATO DE ALUMINIO Y CÁSCARA DE
NARANJA COMO COAGULANTES EN EFLUENTES DOMÉSTICOS DE LA
EMPRESA LINSUMAT, 2023

Línea de investigación:

Tecnología para residuos y pasivos ambientales. Biorremediación

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Lecca Espinoza, Jerlin Isaac

Asesor:

Vásquez Aranda, Ahuber Omar

ORCID: 0000-0002-2873-6752

Jurado:

Gómez Escriba, Benigno Paulo

Altez Rodriguez, José Felix

Valer Silva, José Manuel

Lima - Perú

2024



“REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS, TURBIEDAD Y DBO POR APLICACIÓN COMBINADA DE SULFATO DE ALUMINIO Y CÁSCARA DE NARANJA COMO COAGULANTES EN EFLUENTES DOMÉSTICOS DE LA EMPRESA LINSUMAT, 2023”

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

5%

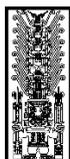
PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	repositorio.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	1%
6	Submitted to uncedu Trabajo del estudiante	<1%
7	www.scielo.org.mx Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez	<1%



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

**REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS, TURBIEDAD Y DBO POR
APLICACIÓN COMBINADA DE SULFATO DE ALUMINIO Y CÁSCARA DE
NARANJA COMO COAGULANTES EN EFLUENTES DOMÉSTICOS DE LA
EMPRESA LINSUMAT, 2023**

Línea de investigación:

Tecnología para residuos y pasivos ambientales. Biorremediación

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Lecca Espinoza, Jerlin Isaac

Asesor:

Vásquez Aranda, Ahuber Omar

ORCID: 0000-0002-2873-6752

Jurado:

Gómez Escriba, Benigno Paulo

Altez Rodriguez, José Felix

Valer Silva, José Manuel

Lima - Perú

2024

Dedicatoria

A mis padres Jerlin y Jene por sus consejos, amor y comprensión durante tantos años, por siempre apoyarme, siendo soporte, ánimos y confianza en mí mismo, sin ellos esto no hubiera sido posible. A PILP mis hermanos Rock, Claudia y Rebeca que siempre han estado a mi lado.

Always Keep The Faith.

Agradecimientos

A todas aquellas personas, familiares, amigos y demás que influyeron en mi desarrollo personal.

A mi querida UNFV y toda la plana docente involucrada por contribuir en mi formación profesional.

A mi asesor de tesis Ahuber Omar Vásquez Aranda, revisores y jurados por ser el filtro y responsables directos en la aprobación y publicación de la presente investigación.

ÍNDICE

Resumen.....	12
Abstract.....	12
I. INTRODUCCIÓN.....	12
<i>1.1. Descripción y formulación del problema.....</i>	<i>13</i>
1.1.1. Problema general	15
1.1.2. Problemas específicos	15
<i>1.2. Antecedentes.....</i>	<i>15</i>
1.2.1. Antecedentes Internacionales.....	15
1.2.2. Antecedentes Nacionales	19
<i>1.3. Objetivos.....</i>	<i>22</i>
1.3.1. Objetivo General	22
1.3.2. Objetivos Específicos.....	22
<i>1.4. Justificación</i>	<i>23</i>
1.4.1. Justificación teórica	23
1.4.2. Justificación práctica.....	23
1.4.3. Justificación metodológica.....	23
1.4.4. Justificación social	24
1.4.5. Justificación ambiental.....	24
<i>1.5. Hipótesis.....</i>	<i>25</i>
1.5.1. Hipótesis General.....	25
1.5.2. Hipótesis Específicas	25

II. MARCO TEÓRICO.....	26
2.1. <i>Teorías relacionadas a la investigación</i>	26
2.1.1. Aguas residuales	26
2.1.2. Clasificación de las Aguas Residuales.....	27
2.1.3. Composición de las Aguas Residuales Domésticas.....	27
2.1.4. Características de las Aguas residuales domésticas.....	28
2.1.5. Sólidos Suspendidos	29
2.1.6. Demanda Bioquímica de Oxígeno [DBO].....	29
2.1.7. Turbidez	30
2.1.8. Partículas Coloides.....	30
2.1.9. Coagulación	31
2.1.10. Factores que afectan el proceso de coagulación	32
2.1.11. Coagulantes metálicos	32
2.1.12. Coagulantes naturales	33
2.1.13. Sulfato de Aluminio.....	33
2.1.14. Cáscara de Naranja	34
2.2. <i>Marco Conceptual.....</i>	35
2.3. <i>Marco Legal Ambiental.....</i>	36
III. MÉTODO.....	38
3.1. <i>Tipo de investigación</i>	38
3.2. <i>Ámbito temporal y espacial.....</i>	38
3.2.1. <i>Ámbito temporal</i>	38
3.2.2. <i>Ámbito espacial</i>	39
3.3. <i>Variables</i>	39

3.3.1.	Variable Independiente	39
3.3.2.	Variable Dependiente.....	39
3.4.	<i>Población y muestra</i>	41
3.4.1.	Población.....	41
3.4.2.	Muestra	41
3.5.	<i>Técnicas, instrumentos y equipos</i>	41
3.5.1.	Técnicas	41
3.5.2.	Instrumentos.....	41
3.5.3.	Equipos	41
3.6.	<i>Procedimientos</i>	42
3.6.1.	Determinación fisicoquímica del Efluente Doméstico	42
3.6.2.	Preparación del Sulfato de Aluminio y cáscara de Naranja.....	43
3.6.3.	Prueba de Jarras	44
3.6.4.	Determinación de Sólidos Suspendidos Totales, Turbiedad y DBO	45
3.6.5.	Análisis Final	47
3.7.	<i>Análisis de datos</i>	47
IV.	RESULTADOS	48
4.1.	<i>Caracterización del Efluente Doméstico</i>	48
4.2.	<i>Determinación de las dosis óptimas de Tratamiento</i>	49
4.2.1.	Tratamiento 1: Sulfato de Aluminio/Bioadsorbente de Naranja.....	49
4.2.2.	Tratamiento 2: Bioadsorbente de Naranja/ Sulfato de Aluminio.....	52
4.3.	<i>Determinación de las eficiencias en el Tratamiento 1 y 2</i>	56
4.3.1.	Eficiencia del tratamiento 1: Sulfato de Aluminio/Bioadsorbente de Naranja..	56

4.3.2. Eficiencia del tratamiento 2: Bioadsorbente de Naranja/ Sulfato de Aluminio.58

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	60
VI. CONCLUSIONES.....	62
VII. RECOMENDACIONES	63
VIII. REFERENCIAS BILIOGRÁFICAS	64
IX. ANEXOS.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Componentes de las Aguas Residuales Domésticas</i>	28
Tabla 2 <i>Composición de la cáscara de Naranja</i>	34
Tabla 3 <i>Operacionalización de Variables de Investigación</i>	40
Tabla 4 <i>Caracterización del Efluente Doméstico</i>	48
Tabla 5 <i>Tratamiento 1: Dosis de Bioadsorbente Vs SST</i>	49
Tabla 6 <i>Tratamiento 1: Dosis de Bioadsorbente Vs Turbiedad</i>	50
Tabla 7 <i>Tratamiento 1: Dosis de Bioadsorbente Vs Demanda Bioquímica de Oxígeno</i>	51
Tabla 8 <i>Tratamiento 2: Dosis de Bioadsorbente Vs Solidos Suspendidos Totales</i>	53
Tabla 9 <i>Tratamiento 2: Dosis de Bioadsorbente Vs Turbiedad</i>	54
Tabla 10 <i>Tratamiento 2: Dosis de Bioadsorbente Vs Demanda Bioquímica de Oxígeno</i>	55
Tabla 11 <i>Eficiencia del Tratamiento 1 para SST</i>	56
Tabla 12 <i>Eficiencia del Tratamiento 1 para Turbiedad</i>	57
Tabla 13 <i>Eficiencia del Tratamiento 1 para DBO</i>	57
Tabla 14 <i>Eficiencia del Tratamiento 2 para SST</i>	58
Tabla 15 <i>Eficiencia del Tratamiento 2 para Turbiedad</i>	58
Tabla 16 <i>Eficiencia del Tratamiento 2 para DBO</i>	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Uso de sustancias químicas para anular cargas eléctricas de la superficie del coloide</i>	31
Figura 2 <i>Comportamiento de los SST en el tratamiento 1</i>	50
Figura 3 <i>Comportamiento de la Turbiedad en el tratamiento 1</i>	51
Figura 4 <i>Comportamiento de la DBO en el tratamiento 1</i>	52
Figura 5 <i>Comportamiento de los SST en el tratamiento 2</i>	53
Figura 6 <i>Comportamiento de la Turbiedad en el tratamiento 2</i>	54
Figura 7 <i>Comportamiento de la DBO en el tratamiento 2</i>	55

RESUMEN

La problemática de la contaminación de efluentes ha sido una temática recurrente en los últimos años; sin embargo, aún sigue existiendo una falta de compromiso con relación al seguimiento y efectividad de los métodos de tratamientos empleados para las aguas residuales. Por ello, este estudio tuvo como objetivo evaluar la remoción de parámetros como los Sólidos Suspendidos, Turbiedad y DBO por aplicación combinada de sulfato de aluminio y cáscara de naranja como coagulantes en efluentes domésticos de la empresa LINSUMAT. Para lograrlo se utilizó una metodología aplicada con un diseño experimental donde la variable independiente fue la “Aplicación combinada de Sulfato de Aluminio y Cascara de Naranja” mientras que la variable dependiente fue la “Remoción de SST, Turbiedad y DBO”. Asimismo, el procedimiento incluyó cuatro etapas: 1. Determinación fisicoquímica del efluente doméstico, 2. Preparación del Sulfato de Aluminio y cascara de Naranja, 3. Prueba de Jarras, 4. Determinación de Sólidos Suspendidos, Turbiedad y DBO, y, 5. Análisis final. Como resultados principales se obtuvo lo siguiente: para el Tratamiento 1 se obtuvo una eficiencia de 86.6% para Sólidos Suspendidos Totales (SST), del 98.8% para la Turbiedad y del 80.1% para la Demanda Bioquímica de Oxígeno mientras que para el Tratamiento 2 se obtuvo una eficiencia del 85.4% para Sólidos Suspendidos Totales (SST), del 93.8% para la Turbiedad y del 71.2% para la Demanda Bioquímica de Oxígeno. Finalmente se concluyó que las eficiencias óptimas se alcanzaron al emplear el tratamiento 1.

Palabras clave: Coagulantes, Efluentes domésticos, Bioadsorción, Sólidos Suspendidos Totales, Turbiedad, Demanda Bioquímica de Oxígeno.

ABSTRACT

The problem of effluent pollution has been a recurring theme in recent years; however, there is still a lack of commitment in relation to the monitoring and effectiveness of the treatment methods used for wastewater. That is why this study aimed to evaluate the removal of parameters such as Suspended Solids, Turbidity and BOD by combined application of aluminum sulfate and orange peel as coagulants in domestic effluents from the LINSUMAT company. To achieve this, a methodology applied with an experimental design was used where the independent variable was the “Combined Application of Aluminum Sulfate and Orange Peel” while the dependent variable was the “Removal of TSS, Turbidity and BOD”. Likewise, the procedure included four stages: 1. Physicochemical determination of the domestic effluent, 2. Preparation of Aluminum Sulfate and Orange peel, 3. Jar Test, 4. Determination of Suspended Solids, Turbidity and BOD, and, 5. Final analysis. The main results were the following: for Treatment 1, an efficiency of 86.6% was obtained for Total Suspended Solids (TSS), 98.8% for Turbidity and 80.1% for Biochemical Oxygen Demand, while for Treatment 2 the obtained an efficiency of 85.4% for Total Suspended Solids (TSS), 93.8% for Turbidity and 71.2% for Biochemical Oxygen Demand. Finally, it was concluded that optimal efficiencies were achieved when using treatment 1.

Keywords: Coagulants, Domestic effluents, Bioadsorption, Total Suspended Solids, Turbidity, Biochemical Oxygen Demand.

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua es un problema que ha perdurado a lo largo de los años en distintas sociedades del mundo; ya que, pese a la constante intervención de organismos internacionales en tratados e iniciativas para la reducción de esta, la cantidad y origen de los elementos contaminantes, que se reflejan desde pedazos de basura perceptibles por la vista humana hasta sustancias químicas invisibles, ha incrementado de manera acelerada teniendo como consecuencias no solo en deterioros en la salud del ser humano, sino también daños permanentes en la fauna y el ecosistema, debido al exceso o deficiencia de ciertas sustancias como el nitrógeno, fosforo, oxígeno, entre otros (Nunez, 2023).

En el Perú esta situación es preocupante cuando se considera lo señalado por el Banco Mundial (2023) sobre cómo en el territorio la demanda de agua se ha duplicado, lo cual, a su vez, produce una mayor necesidad y demanda por parte de los usuarios. Sin embargo, esto se ve amenazado por las variables climáticas como la contaminación, inundaciones y sequías, así como variables estructurales como el acceso al agua y el saneamiento seguro de los efluentes. Es por todo ello, que este organismo insta a las autoridades gubernamentales a seguir algunas recomendaciones como las siguientes: mejorar la gestión de las aguas residuales, optimizar la eficiencia y equidad de los servicios de drenaje, etc.

Es en este contexto en el cual se emprende una búsqueda de opciones de tratamiento que no solo se destaquen por su efectividad sino también por su eficiencia, sostenibilidad, economía y posibilidad de réplica en distintos ambientes. Así es como distintas investigaciones han ubicado a las cáscaras de cítricos como una de las opciones de limpieza de aguas contaminadas más relevantes en los últimos años; puesto que, se han distinguido no solo por su gran capacidad en torno a la remoción de metales pesados y componentes orgánicos sino también por la competencia que podría tener con el carbón activado y al poder extraer este producto que es considerado como desecho en la industria alimentaria (Sinc, 2017).

1.1. Descripción y formulación del problema

La degeneración de los recursos hídricos se ve acelerada por la propagación de aguas residuales no tratadas y sus subproductos, por lo tanto, la reutilización de estos desechos es un importante contribuyente al mantenimiento del agua dulce para las próximas décadas (Nansubuga, et al., 2013).

El agua es un recurso esencial de todos los organismos vivos, en este sentido la conexión del agua juega un papel muy valioso y relevante en el ciclo natural. Se sabe que, de toda el agua existente en el planeta, sólo el 3% de agua dulce está disponible en la tierra. El ingreso de contaminantes ha aumentado significativamente debido a las actividades industriales y domésticas/antropogénicas impactando sobre las fuentes de agua dulce disponibles. En este contexto las estrategias de manejo juegan un papel importante en la conservación de cuerpos de agua dulce de buena calidad. Se sabe que se consume una enorme cantidad de agua dulce para los procesos de producción que se llevan a cabo en las industrias y que la cantidad de consumo de agua dulce es igual a la cantidad de descarga de aguas residuales generado como efluente (Kumar & Srikantaswamy, 2015).

A nivel internacional, países considerados en desarrollo como el nuestro con la misma realidad, vienen pasando por un proceso acelerado de urbanización e industrialización, donde se enfrentan a graves problemas de recogida, tratamiento y eliminación de efluentes, dentro del cual podemos mencionar el caso de la India. Los residuos de desechos orgánicos no gestionados de las industrias, los municipios y el sector agrícola se descomponen en el ambiente, lo que provoca una contaminación a gran escala de la tierra, el agua y el aire. Esto está provocando graves problemas de salud pública y degradación medioambiental. Desafortunadamente, debido a la falta de conocimiento, apoyo financiero y, a veces, falta de voluntad para gastar en el tratamiento de aguas residuales, la mayoría de las industrias azucareras de los países en desarrollo vierten sus aguas residuales sin un tratamiento adecuado, lo cual no sólo crea un

problema, sino que también se desperdicia el recurso hídrico (Tanksali, 2013).

Además de la falta de conexiones de alcantarillado en las residencias, una parte importante de las aguas residuales recolectadas no se trata adecuadamente antes de su vertido a los cuerpos de agua en todo el mundo, especialmente en los países de ingresos medios y bajos (World Health Organization, 2017). La descarga de aguas residuales después del tratamiento secundario puede ser una preocupación ambiental si está contaminada con una amplia gama de productos químicos. En Brasil, aproximadamente el 82 % del agua potable se produce a partir de aguas superficiales, y una gran parte de esta agua superficial se ve afectada por los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales (Hirata, et al., 2019). Aunque no es ampliamente utilizado, el tratamiento terciario es una alternativa para mejorar la calidad del efluente, ya que consiste en tratamientos avanzados que pueden reducir nutrientes, patógenos, turbidez remanente, toxicidad y químicos (Hendricks, 2016; Wwap, 2017). Para proporcionar un efluente terciario seguro para su descarga en aguas superficiales y su reutilización, los análisis fisicoquímicos son necesarios para la caracterización y los métodos bioanalíticos son importantes para evaluar la citotoxicidad y la eliminación de patógenos del efluente tratado (Etteieb et al., 2015; Lundqvist, et al., 2019; Neale, et al., 2017).

A fin de asegurar la calidad de los recursos hídricos es necesario buscar alternativas que permitan remover los contaminantes orgánicos e inorgánicos de los efluentes domésticos, en tal sentido es importante usar compuestos naturales que coadyuven en el tratamiento de las aguas residuales, motivo por el cual el uso de coagulantes combinados inorgánicos y naturales pueden convertirse en una opción a tener en cuenta, ya que se puede remover sólidos en suspensión coloidal y materia orgánica disuelta y suspendida, potenciando su efecto coagulante. Es importante indicar que los coagulantes naturales son de carácter biodegradable reduciendo de esta manera su impacto en el ambiente, sumado a ello los costos operativos se pueden reducir significativamente.

1.1.1. Problema general

¿Cómo es la remoción de Sólidos Suspendidos, Turbiedad y DBO por aplicación combinada de sulfato de aluminio y cascara de naranja como coagulantes en efluentes domésticos de la empresa LINSUMAT, 2023?

1.1.2. Problemas específicos

- a) ¿Cómo será la caracterización de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas de la empresa LINSUMAT?
- b) ¿Cuál es la dosis óptima combinada del sulfato de aluminio y cascara de naranja como coagulantes para la remoción de Sólidos suspendidos, Turbiedad y Turbiedad de las aguas residuales domésticas de la empresa LINSUMAT?
- c) ¿Cómo es la eficiencia combinada del sulfato de aluminio y cascara de naranja para la remoción de Sólidos Suspendidos, Turbiedad y DBO de las aguas residuales domésticas de la empresa LINSUMAT?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes Internacionales

Haritha y Jacob (2023) decidieron llevar a cabo un artículo de investigación para poder indagar sobre cuán efectivo podría ser el uso de coagulantes orgánicos provenientes del polvo de cáscara de naranja y maíz para lograr la remoción de agentes contaminantes, así como la estabilidad de parámetros en relación al tratamiento de aguas residuales domésticas y de la industria láctea. Es así como el estudio se encontró en el marco de investigación cuantitativa con un diseño experimental, mientras que para los materiales se emplearon los coagulantes ya mencionados que fueron sometidos a un proceso de limpieza y secado previo. Siguiendo esta línea, para la metodología se hizo uso del método de jarras con una mezcla rápida de 2 minutos

a 100 rpm, una mezcla lenta de 20 minutos a 40 rpm y una sedimentación de 45 minutos. Los resultados principales fueron los siguientes. En relación a las aguas residuales de la industria láctea, cuando se empleó el polvo de naranja el pH empezó a decrecer mientras que cuando se empleó el polvo de maíz este decrece hasta que se utiliza 1mg/l de coagulante, la turbiedad se redujo a 98 NTU cuando se empleó polvo de cáscara de naranja como coagulante en una dosis de 0,6 mg/l, la turbiedad se redujo a 182 NTU en una dosis de 0,4 mg/l con el polvo de maíz, con una dosis de 0,6 mg/l de polvo de cáscara de naranja el valor de SST se redujo a 1030 mg/l, mientras que el SST más bajo de 1068 mg/l se alcanzó con una dosis de 0,4 mg/l de polvo de maíz. En relación a las aguas residuales domésticas, el valor de pH incrementó inicialmente cuando se utiliza polvo de cáscara de naranja como coagulante y posteriormente desciende, el polvo de maíz obtuvo el valor de turbidez más bajo de 58 NTU a una dosis de 0,8 mg/l, mientras que el polvo de cáscara de naranja redujo el valor de turbidez en las aguas residuales domésticas a 35 NTU con una dosis de 0.4 mg/l, el valor de las SST se redujo a 621 mg/l cuando se empleó polvo de cáscara de naranja como coagulante en una dosis de 0,2 mg/l, mientras que el polvo de maíz produjo el valor de SST en 1012 mg/l con una dosis de 0,2. mg/l.

Shaharon y Adenan (2019), plantearon investigar la eficiencia de la cáscara de naranja como coagulante natural en el tratamiento de aguas. Estas cáscaras se preparaban lavando, secando, moliendo y finalmente tamizando, convirtiéndose así en polvo de origen natural, formando coagulantes listos para ser utilizados. Se procedió a realizar pruebas de jarras utilizando tres muestras de agua diferentes para determinar el efecto del coagulante sobre la eficiencia de la eliminación de turbidez y la actividad de coagulación bajo diversos factores operativos, como el pH y la dosis de coagulante. Obteniéndose como resultado que la dosis óptima para tratar 300 ml del agua de esos 3 lagos es de 9 mg/l, respectivamente, alcanzando una eliminación de turbidez del 68 al 80 %. Los resultados demostraron que el uso de cáscaras de naranja como coagulante en el tratamiento del agua es viable para mejorar el rendimiento

de reducción de la turbidez.

Jasim et al. (2022), en un estudio que realizaron, examinaron la eficiencia de 3 coagulantes empleados en el proceso de tratamiento de agua para reducir la turbidez. Los 3 coagulantes empleados son el sulfato de aluminio (alumbre), el cloruro férrico y el policloruro de aluminio (PACl). Las muestras se tomaron del río Tigris a varios niveles de la superficie del agua (60, 120, 180, 240 y 300 cm). obteniéndose como resultados que el PACl es más eficiente para reducir la turbidez que el alumbre y el cloruro férrico, pero el cloruro férrico es más eficaz que el alumbre en diferentes niveles de agua turbia. En esta investigación los efectos de emplear un coagulante natural como "Walnut Coat" con PACl y poliacrilamida sintética con PACl para reducir la turbidez se comparan con el uso de PACl solo, en esta comparación con el PACl solo, la poliacrilamida con PACl resultó más eficiente para eliminar turbidez de 22,8 y 25,7 NTU. Así mismo se demostró que la capa de nuez es más eficiente cuando se combina con PACl para obtener turbidez más baja (20,7 y 21 NTU). Dentro de los primeros 5 minutos de mezcla lenta con poliacrilamida, se formaron flóculos grandes, transparentes y fácilmente sedimentados, mientras que los mismos flóculos se formaron después de 30 minutos de mezcla lenta con PACl y una capa de nuez como floculante. Con poliacrilamida y capa de nuez como coagulantes se obtuvieron mejores propiedades de lodos, con bajo contenido de agua y alta densidad que pueden secarse y eliminarse fácilmente.

Radhi y Borghei (2017), en su investigación que realizaron, recolectaron muestras de agua del "Canal Sorkheh Hesar" del este de Teherán-Irán y procedieron a analizar diferentes parámetros de calidad del agua durante su investigación. En dicho estudio evaluaron el proceso de coagulación en el tratamiento de agua de río en función de la eficiencia de eliminación de material orgánico (DQO) y sólidos suspendidos (SST) mediante el uso de cal $\text{Ca}(\text{OH})_2$, cloruro férrico $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Sulfato de aluminio $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$. Se tomó muestras del agua tratada para determinar la DQO y TSS. Concluyendo que una dosis de sulfato de aluminio de

60 rpm tiene un gran potencial para la eliminación eficiente de DQO y SST hasta un 80 y 90% respectivamente.

Tahraoui et al. (2024) llevaron a cabo un estudio que estableció como objetivo principal indagar la eficacia del proceso de coagulación-floculación al emplear sulfato de aluminio para purificar la superficie de efluentes contaminados. Es así como se estableció como parte del método que la recolección se llevase a cabo en un periodo de 12 meses en una superficie de agua en Oued Chiffa (Algeria) hasta obtener una muestra mensual de 20 L, cabe resaltar que para la recolección de las muestras se llevó a cabo un procedimiento de acuerdo a los estándares y requisitos mencionados para el territorio, como parte del procedimiento también se consideró la prueba de jarras, el análisis fisicoquímico y el análisis estadístico. Es así como se obtuvieron los siguientes hallazgos principales: se detectó una reducción ligera del pH entre 4.8 a 5.7, los valores de conductividad oscilaron entre 2870 y 3410 $\mu\text{S}/\text{cm}$ teniendo una reducción de 85.60% en las aguas tratadas, los valores de turbidez alcanzaron valores entre 1.59 a 9.26 NTU encontrándose en un valor menor a 2 NTU para las aguas tratadas (siendo 98.05%) y para la materia orgánica se logró una reducción de 99.62%. En general, los autores concluyeron que el sulfato de aluminio demostró ser un elemento importante para este proceso de remoción de contaminantes, demostrando así su valor al reducir concentraciones de otros metales pesados y minerales.

Dearmas y Ramírez (2015), en su artículo de investigación decidieron establecer como objetivo principal determinar las condiciones en las cuales se logra la remoción de nutrientes y sedimentos de manera efectiva en una PTAR en la ciudad de Valledupar - Colombia por medio de dos coagulantes de origen químico (el sulfato de aluminio y el policloruro de aluminio [PAC]) y dos coagulantes de origen natural (moringa oleífera y cardón guajiro). Es así como decidieron obtener muestras (40 litros) del río César por medio del sistema de tratamiento de la PTAR, y como parte de los procedimientos se consideraron las siguientes etapas: preparación

de los coagulantes naturales, preparación de los coagulantes químicos, procedimiento de coagulación, parámetros analizados y efectiva de remoción. Los resultados fueron los siguientes: en relación a la caracterización del efluente se encontró un pH de 7.01, una turbidez de 42.9 NTU, SST de 76.33 mg/l, DQO de 194 mg/l y DBO de 88 mg/l, la dosis de 50 mg/l de policloruro de aluminio logró obtener el valor más bajo de NTU (0.333), el policloruro de sodio obtuvo un porcentaje de remoción de SST 91.16% seguido por el sulfato de aluminio con 84.12% siendo estos los valores más altos entre los coagulantes, en relación a la DQO los valores de los coagulantes químicos de del coagulante natural de cardón guajiro mostraron valores similares (84.71%, 81.91% y 80.25% respectivamente) mientras que para el DBO los valores de remoción más altos fueron alcanzados con estos coagulantes (69.95%, 64.27% y 62.63% respectivamente).

1.2.2. Antecedentes Nacionales

Arenas y Mamani (2023), en la tesis que estructuraron decidieron establecer como objetivo principal de la investigación determinar cuán efectivos podrían ser biofloculantes de tres especies y subsecuente mezcla de estos con la finalidad de mejorar la calidad de aguas en Samegua – Moquegua. Es así como su estudio se encontró en el marco de la investigación cuantitativa con un diseño experimental, el lugar en el cual se llevó a cabo la toma de muestra fue la PTAR ubicada en el distrito con el mismo nombre por medio de 80 litros almacenados en botellones de 7 litros y botellas de 3 litros. Es así como los resultados principales encontrados constaron de una caracterización que demostró un exceso en relación a parámetros como turbidez (25 NTU) y aluminio (0.51 mg/L), y la dosis óptima del sulfato de aluminio fue de 30 mg/L para alcanzar una remoción de 98.08% de turbidez mientras que una dosis de 20 mg/L logró obtener valores de 239.3 μ S/cm para la conductividad eléctrica y de 120.3 mg/L para los STD. En segundo lugar, la dosis óptima con *opuntia ficus indica* fue de 50 mg/L para alcanzar una remoción de 97.37% de turbidez y un valor de 120.3 μ S/cm para la conductividad

eléctrica mientras que una dosis de 110 mg/L obtuvo. En tercer lugar, la dosis óptima con *hylocererus undatus* fue de 300 mg/L para alcanzar una remoción de 85.4% de turbidez mientras que una dosis de 90 mg/L alcanzó valores de 267.67 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para la conductividad eléctrica y 133.67 mg/L para los STD. Finalmente, la dosis óptima con *solanum tuberosum* y sulfato de aluminio fue de 10/30 mg/L para alcanzar una remoción de 88.29% de turbidez, de 10/5 mg/L para lograr un valor de 128.33 mg/L para los STD y de 256 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para la conductividad eléctrica.

Acosta y Domínguez (2021) en la tesis que elaboraron decidieron establecer como objetivo principal del estudio evaluar la efectividad de la semilla de Durazno como complemento al coagulante químico (sulfato de aluminio) para lograr así una mayor remoción de turbiedad en una muestra obtenida de las aguas del río Moche – Trujillo. Siguiendo esta línea, la investigación se enmarcó en el enfoque cuantitativo con un diseño experimental puro, la muestra fue obtenida por medio de la técnica de muestreo simple (7 litros de agua superficial). Los hallazgos principales del estudio fueron los siguientes. En primer lugar, la caracterización de la muestra permitió obtener valores promedios tales como una temperatura de 22 °C, una conductividad de 7.83 $\mu\text{S}/\text{cm}$, una turbiedad de 153 NTU y una alcalinidad de 0.02N. En segundo, en relación a la dosis óptima de los coagulantes para la prueba uno fue de 5 mg/L cuando solo se emplea el sulfato de aluminio con un tiempo de agitación de 15 minutos y a 100 rpm, para la prueba 2 fue de 60% de sulfato de aluminio y 40% de *Prunus persica* con un tiempo de agitación de 15 minutos y a 100 rpm. Además, para obtener el valor mínimo de turbiedad (4.98 NTU) se empleó 15 mg/L de sulfato de aluminio y 10 mg/L de *prunus persica*. En tercer lugar, el añadir el coagulante natural no muestra variaciones significativas en relación a los valores de alcalinidad y del pH. Es así como los autores concluyeron que el coagulante natural a base de semilla natural no logró establecer como un complemento significativo al coagulante químico para la remoción de turbiedad de las aguas contaminadas del río Moche.

Oré et al. (2023) en su artículo de investigación decidieron plantear como objetivo principal el analizar cómo coagulantes naturales (moringa oleífera, musa paradisiaca y theobroma cacao) y un coagulante químico (sulfato de aluminio) podrían ser efectivos en relación a la remoción de turbidez de aguas de ríos en estado de contaminación. Es así como para llevar a cabo esta finalidad dentro de la metodología se tomó en consideración la recolección del objeto de estudio por medio de un muestreo simple de agua cruda perteneciente a las quebradas Naranjal, Córdova y Cocheros, la preparación de los coagulantes (extracción, secado, entre otras actividades), el ensayo de jarras, el diseño experimental y el análisis de resultados. En ese sentido, se obtuvieron los siguientes resultados: en las muestras de las tres quebradas el coagulante de cacao mostró una mayor efectividad para incrementar la conductividad eléctrica (entre 784 y 759.33 $\mu\text{S}/\text{cm}$), todos los coagulantes naturales demostraron un incremento exponencial del DBO5 (entre 2.99 y 6.95 mg/L) y en relación a la turbiedad el coagulante que demostró un mejor valor fue el de moringa (30.90 NTU), en la prueba de Tukey el coagulante de moringa y el sulfato de aluminio mostraron los porcentajes de remoción más altos para la turbidez (92.15% y 90.70% respectivamente).

Palacios (2023) llevó a cabo una tesis en la cual decidió establecer como objetivo principal del estudio evaluar el efecto de agentes coagulantes y floculantes en base de especies naturales para así lograr parámetros fisicoquímicos permisibles en el agua de sanguaza y residual originada por el procedimiento de conserva de pescado en una empresa pesquera de la ciudad de Chimbote. Para ello se emplearon tres concentraciones de estas aguas, denominadas MC1, MC2 y MC3. En ese sentido los hallazgos principales fueron los siguientes. En primer lugar, las características fisicoquímicas del agua residual mostraron valores tales como pH de 6.72, temperatura de 27.4 °C, SST de 220 ppm, ST de 3588.67 ppm y grasa de 3429.33 ppm. En segundo lugar, los parámetros óptimos para obtener la efectividad esperada se establecieron de la siguiente manera: para MC1 en la matriz experimental 1 (0.413 g de *Crotalaria* y 0.5 g de

Leucaena) un pH de 7.19 con SST de 500.85 ppm y 0.33% de grasa, para MC2 en la matriz experimental 3 (0.350 g de Crotalaria y 0.125 g de Leucaena) un pH de 6.85 con SST de 1478.83 ppm y 0.55% de grasa, para MC3 en la matriz experimental 5 (0.125 g de Crotalaria y 0.125 g de Leucaena) un pH de 6.90 con SST de 63 ppm y 0.68% de grasa. Es así como el autor concluye que los tratamientos con estos polvos no modifican de manera significativa el pH, modifican significativamente el valor de los sólidos suspendidos totales y demuestran tener propiedades absorbentes óptimas en relación a la reducción del porcentaje de grasa.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar la remoción de los Sólidos Suspendidos, Turbiedad y DBO por aplicación combinada de Sulfato de Aluminio y cascara de Naranja en aguas residuales domésticas de la empresa LINSUMAT, 2023.

1.3.2. Objetivos Específicos

- a) Caracterizar los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas de la empresa LINSUMAT.
- b) Estimar la dosis óptima combinada de Sulfato de Aluminio y cáscara de Naranja para la remoción de Sólidos Suspendidos, Turbiedad y DBO en aguas residuales domésticas de la empresa LINSUMAT.
- c) Determinar las eficiencias combinadas de Sulfato de Aluminio y cascara de Naranja en la remoción de Sólidos Suspendidos, Turbiedad y DBO en aguas residuales domésticas de la empresa LINSUMAT.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación teórica

Se sustenta en el proceso combinado de dos coagulantes, uno de naturaleza inorgánica como el sulfato de aluminio y otro de naturaleza orgánica como la cascara de naranja, los cuales pueden actuar como compuestos capaces de remover sólidos en suspensión de naturaleza coloidal, disminuir la carga orgánica presente y mejorar la transparencia del agua reduciendo la turbiedad. El proceso se basa en la neutralización de la carga, anulando las fuerzas de repulsión (potencial Z), desestabilización del coloide y posterior floculación mediante la precipitación y sedimentación final, en el cual las partículas coloidales tienden a unirse por acción de masas.

1.4.2. Justificación práctica

Se sustenta en la aplicación que tienen los coagulantes en el tratamiento de las aguas residuales domésticas e industriales los cuales van a servir para remover los contaminantes de naturaleza orgánica coloidal suspendida evitando de esta manera que lleguen a los cuerpos de agua naturales. Este sistema se convierte en una alternativa más de las que ya existen para tratar aguas residuales domésticas quien bajo ciertas condiciones operativas van a permitir remover contaminantes como sólidos suspendidos, Turbiedad y Demanda Bioquímica de Oxígeno, logrando de esta manera reducir el impacto en los cuerpos receptores.

1.4.3. Justificación metodológica

Se basa en el manejo del Jar Test como técnica de aplicación estandarizada para remover partículas coloidales que presentan las muestras a analizar, las cuales son distribuidas en una serie de jarras en paralelo para ser sometidas a diferentes dosis de coagulantes bajo ciertas condiciones operativas como volumen de muestra, temperatura de trabajo, concentración de coagulante, número de revoluciones, tiempo de contacto, pH óptimo de coagulación y tiempo de sedimentación. La dosis del coagulante inorgánico u orgánico es muy

variable, en tal sentido existe la necesidad de encontrar un óptimo de remoción, por lo cual el Jar Test es una técnica adecuada, quien deriva su simplicidad de desarrollo, interpretación y versatilidad al estudiar diferentes parámetros que influyen en el proceso de coagulación-floculación.

1.4.4. Justificación social

Se basa en la mejora de las condiciones de la calidad de los recursos hídricos mediante la remoción de los Sólidos Suspendidos, Turbiedad y Demanda Bioquímica de Oxígeno, presente en efluentes domésticos que por lo general son vertidos a los cuerpos receptores como ríos y lagos, los cuales son utilizados por los pobladores como agua de bebida para los animales y riego de vegetales, y en otros casos como uso poblacional, el tratamiento aplicado permitirá que los usuarios no queden expuestos a sustancias con altos contenidos de sólidos suspendidos, materia orgánica y turbiedad.

1.4.5. Justificación ambiental

Se basa en que la investigación usará compuestos inorgánicos como el Sulfato de Aluminio y naturales como la cáscara de Naranja, considerado este último como un desecho, y por ende con características biodegradables, quien no dejará residuos en el ambiente. La presente investigación pretende medir la eficiencia combinada de dos coagulantes, el primero de ellos sintético y el segundo de naturaleza biodegradable, en este sentido el uso de un floculante natural elaborado a partir de la cáscara de Naranja ayudará en la remoción de sólidos suspendidos, Turbiedad y Demanda Bioquímica de Oxígeno. A nivel industrial puede ayudar en la reducción del uso de coagulantes inorgánicos minimizando los costos de tratamiento en gran manera.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

Los niveles de Sólidos Suspendidos, Turbiedad y DBO serán removidos mediante la combinación de Sulfato de Aluminio y Cascara de Naranja de las aguas residuales domésticas de la empresa LINSUMAT, 2023.

1.5.2. Hipótesis Específicas

- a) Los parámetros fisicoquímicos exceden los Límites Máximos Permisibles en las aguas residuales domésticas de la empresa LINSUMAT.
- b) Los niveles elevados de Sólidos Suspendidos, Turbiedad y DBO serán removidos con la dosis óptima combinada de Sulfato de Aluminio y cascara de naranja en las aguas residuales domésticas de la empresa LINSUMAT.
- c) El uso combinado de Sulfato de Aluminio y cascara de naranja presentan una elevada eficiencia en la remoción de Sólidos Suspendidos, Turbiedad y DBO en las aguas residuales domésticas de la empresa LINSUMAT.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Teorías relacionadas a la investigación

2.1.1. Aguas residuales

De acuerdo al Institute of Agriculture and Natural Resources (IANR, s.f.) aguas residuales son todas aquellas aguas que se generan por procedimientos ordinarios de vida y se destacan por originarse en un ámbito residencial o doméstico; por ejemplo, bañarse, lavar la ropa, lavar la vajilla, entre otros. De igual manera, la mayoría de las aguas residuales, en el caso de países en desarrollo, se encuentra liberada en el medio ambiente de manera directa; es decir, sin someterla a un tratamiento adecuado para reducir impactos en la salud humana, la productividad económica, la calidad de los recursos hídricos del medio ambiente y los ecosistemas (United Nations Educational Scientific and Cultural Organization [UNESCO], 2017).

Siguiendo esta línea, el IANR (s.f) también señala que las aguas residuales deben tener los siguientes requerimientos en relación al tratamiento de estas: todas las aguas residuales posibles deben ser tratadas, las aguas residuales no deben ser vertidas en la tierra (superficie o subterráneo), no se pueden emplear para el riego ni arrojarlas en pozos negros, si bien se puede emplear aguas grises para los riegos, estas deben ser previamente desinfectadas y tratadas para el uso. Además, la UNESCO (2017) menciona que las aguas residuales pueden lograr establecerse como una fuente sustentable en relación a la energía, nutrientes, materia orgánica y otros productos derivados útiles.

2.1.2. Clasificación de las Aguas Residuales

Se clasifica las aguas residuales de la siguiente manera (Choque y Quispe, 2021):

Aguas residuales domésticas: son las que tienen origen en residencias y comercios, poseen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de actividades humanas y deben de ser dispuestas de una forma adecuada.

Aguas residuales industriales: surgen de un procedimiento productivo incluyendo a los que se generan en actividades minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras.

Aguas residuales municipales: son aguas residuales domésticas que pueden combinarse con aguas de drenaje pluvial o aguas residuales de origen industrial anticipadamente tratada, para que sean adheridas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado.

2.1.3. Composición de las Aguas Residuales Domésticas

Si bien se debe considerar que las características de las aguas residuales domésticas varían de acuerdo a las condiciones y el territorio en el que se encuentre, diversas investigaciones han logrado determinar ciertos estimados en relación a las siguientes características presentes en este tipo de efluentes: una temperatura que oscila entre 10 – 21 °C, presencia de turbidez debido a la materia orgánica y microorganismos, un color que puede variar entre gris y pardo (en casos específicos puede ser negro), presencia de sólidos totales (fijos y volátiles), un olor que puede ser desagradable pero tolerable, y por la presencia de materia orgánica (proteínas 20-60%, carbohidratos 25-50%, grasas y aceites 10%) (Espigares y Pérez, 2017).

Tabla 1*Componentes de las Aguas Residuales Domésticas*

Componentes	Fuerte	Media	Débil
Sólidos totales	1200	720	35
Disueltos	950	500	250
Fijos	525	300	145
Volátiles	325	200	105
Suspendidos	350	220	100
Fijos	75	55	20
Volátiles	275	165	80
Sedimentables	20	10	5
DBO	400	220	110
COT	290	160	80
DQO	1000	500	250
Nitrógeno total	85	40	20
Orgánico	35	15	8
Amoniacal	50	25	12
Nitritos	0	0	0
Nitratos	0	0	0
Fosforo total	15	8	4

Nota. Choque y Quispe (2021).

2.1.4. Características de las Aguas residuales domésticas

Las aguas residuales domésticas que no se encuentran tratadas previamente suelen ser consideradas y establecidas como aguas con un alto nivel de contaminación, si bien en algunos casos, la concentración de estos elementos perjudiciales puede ser mínima, puede tener consecuencias negativas en cuanto al impacto ambiental se refiere, así como a severos daños de la salud humana cuando estas aguas son vertidas sin pasar por un tratamiento adecuado previo que tome en consideración sus características que, similar a las aguas residuales resaltan por su color grisáceo, ser turbias y presentar una temperatura promedio de 15 °C (Janampa y Quiroz, 2021).

2.1.5. Sólidos Suspendidos

Según el Energy Glossary (2024) es el nombre que se le brinda a las partículas dispersas en una suspensión que se pueden separar por medio del procedimiento filtración y no logran someterse a un estado de disolución; además, para poder llevar a cabo el cálculo de estos se debe llevar a cabo el proceso ya mencionado previamente o aplicar un filtro de asbesto o vidrio, luego llevar a cabo el secado (103 – 105 °C) y finalmente realizar el pesaje, considerando que el incremento del peso sobre el inicial refleja el contenido de sólidos suspendidos.

Siguiendo esta línea, Choque y Quispe (2021) señala que el grado de clarificación de estos se logra obtener al añadir reactivos a estas aguas residuales que no han sido tratadas, la cantidad de reactivos que se emplean y el cuidado que se le brindará a la aplicación de estos procedimientos, si todo lo mencionado previamente se lleva a cabo de manera adecuada se puede obtener una eliminación de entre el 80-90% de SS por medio del proceso de precipitación química.

2.1.6. Demanda Bioquímica de Oxígeno [DBO]

Como sus siglas lo señalan este término hace referencia a la medida en relación a la cantidad de oxígeno disuelto que se generan cuando se origina el proceso de descomposición de material orgánico en un efluente con características determinadas durante un periodo de tiempo específico; además, también se utiliza para representar cuánta materia orgánica puede ser descompuesta por organismos acuáticos y, de manera indirecta, cuánta contaminación orgánica existe en el agua (Environmental Water Quality Information, 2020).

Siguiendo esta línea, de acuerdo a Choque y Quispe (2021) este ensayo biológico suele ser sometido previamente a un tratamiento inicial para poder así indagar sobre sus características específicas y para luego proceder con la medición por medio la DBO5 que se refiere a una muestra de agua por un periodo de 5 días a 20 °C, en todo ello debe existir una constancia en relación a los tiempos de ensayo, la velocidad de las reacciones, la temperatura,

entre otros elementos para poder así confiabilidad y estandarización a los resultados.

2.1.7. Turbidez

La turbiedad o turbidez es una medida que, como ya se conoce, se encarga de medir la claridad relativa de un efluente a través del reporte de las unidades nefelométricas de turbiedad [NTU], también siendo considerada como una característica óptica del agua, este elemento se encarga de hacer que los efluentes se vean nublados u opacos lo que a su vez es un indicador sobre la calidad de agua (Water Science School, 2018).

De igual manera, es importante mencionar que el exceso de turbiedad representa también un problema de salud; ya que, puede promover el crecimiento de patógenos, el incremento de enfermedades, entre otros. De acuerdo a Choque y Quispe (2021) cuando las aguas presentan turbiedad se encuentran compuestas por arcillas principalmente, que, a su vez, contiene elementos tales como sílice, aluminio, agua, hierro, álcalis y tierra alcalina.

2.1.8. Partículas Coloides

Estas son un tipo de partículas que se encuentran compuestas por partículas sólidas microscópicas que se pueden encontrar en los efluentes, debido a su tamaño pueden impulsar la dinámica de la energía térmica y, a su vez, pueden regular el equilibrio con el fluido que se encuentra en suspensión (Lu y Weitz, 2013). Siguiendo esta línea, su tamaño (que suele ser de 10^{-9} y 10^{-6} m) permite que sus posiciones y movimientos puedan ser medidos con una precisión derivada de métodos ópticos tales como dispersión de luz y la microscopía de fluorescencia confocal de barrido láser. Asimismo, Cabrera (2019) menciona que estas partículas son responsables de la turbidez y el color de los efluentes, todo ello debido a que su sedimentación es muy baja, por ello, diversas investigaciones han establecido que el método óptimo para llevar a cabo este procedimiento es la coagulación – floculación.

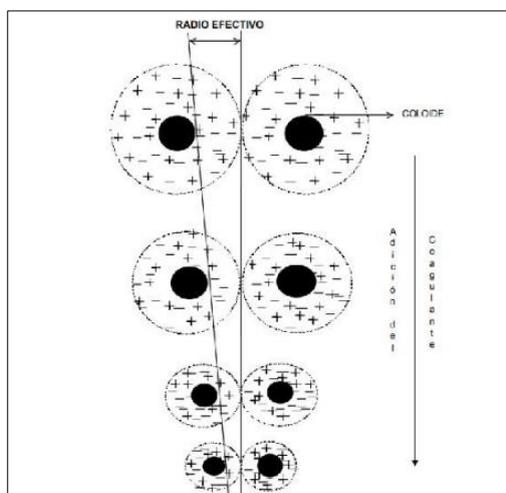
2.1.9. Coagulación

Es un tipo de procedimiento químico dentro del marco de tratamiento de aguas residuales, suele originarse cuando se lleva a cabo la desestabilización de las partículas coloidales, las cuales, como se ha mencionado a lo largo de esta sección, surgen cuando los coagulantes empleados neutralizan las fuerzas que separan estas partículas (Cabrera, 2019). Asimismo, muchos estudios señalan que este proceso ha logrado posicionarse dentro de su campo por los resultados efectivos en torno a la eliminación de sustancias contaminantes; sin embargo, debe ser aplicado de la manera adecuada para erradicar la posibilidad de degradar de manera prematura la calidad del agua.

Siguiendo esta línea, Campbell (2022) señala que en este proceso participan los coagulantes los cuales son químicos que tienen la función de remover los sólidos suspendidos del agua; de igual manera, menciona que este procedimiento usualmente se lleva a cabo previamente a la sedimentación y a la filtración con la finalidad de remover no solo el elemento ya mencionado sino también otros materiales tales como la materia orgánica natural (ej. arena, bacteria, algas, arcilla, entre otros) que principalmente brindan un sabor, olor y color desagradable.

Figura 1

Uso de sustancias químicas para anular cargas eléctricas de la superficie del coloide



Nota. (Cabrera, 2019).

2.1.10. Factores que afectan el proceso de coagulación

Los elementos principales que suelen influir en este procedimiento son los siguientes (Albán y Barzallo, 2021):

- Dosis del coagulante
- pH
- Concentración de coloides o turbiedad
- Color o concentración de sustancias orgánicas
- Aniones y cationes presentes en el agua
- Fuerza de la mezcla rápida y velocidad en la mezcla lenta
- Movilidad de las partículas
- Temperatura del agua.

2.1.11. Coagulantes metálicos

De acuerdo a Cabrera (2019) esta categoría, corresponde a todo aquel coagulante que cumple con el objetivo de desestabilizar la materia suspendida y disuelta por medio de la formación de coágulos que pueden separarse por medio de procedimientos de separación entre productos sólidos - líquidos; además, las técnicas en las cuales se suelen emplear estos coagulantes son la sedimentación y floculación, así como sus principales exponentes son los coagulantes que tienen como base el hierro y el aluminio. Este mismo autor señala que los coagulantes metálicos más empleados en los estudios más recientes han sido el sulfato de aluminio, el aluminato de sodio, el alumbre de amonio, el sulfato férrico, el cloruro férrico, el hidróxido de calcio, entre otros.

2.1.12. Coagulantes naturales

De acuerdo a Albán y Barazallo (2021) esta categoría, también denominada como coagulantes orgánicos, corresponde a todo aquel coagulante que se ha originado por medio de extractos naturales; es decir, al utilizar ya sea semillas, hojas, raíces, entre otras partes que pueden ser obtenidas de frutas, árboles y plantas. Estos mismos autores señalan que en los últimos años el uso de este tipo de coagulantes ha incrementado debido a características tales como su biodegradabilidad; lo que los posiciona como una opción importante en relación al cuidado del medio ambiente, su cualidad orgánica; que logra variaciones del pH y de la conductividad sin la necesidad de originar un consumo de alcalinidad, su gran supresión en relación al incremento de sales en el agua, y, al poder ser empleada en dosis bajas que demuestran tener una reducción del tiempo de la coagulación.

2.1.13. Sulfato de Aluminio

Según Fengbai Chemicals (s.f.) el sulfato de aluminio es definido como un compuesto químico que se encuentra como una sustancia caracterizada por las siguientes características fisicoquímicas: ser irritante, presenta una densidad de 2.67 g/cm³, poseer una apariencia similar al de polvo de cristal de color blanquecino, su sabor es dulce, puede ser soluble en los efluentes e insoluble en el etanol, su solubilidad es de aproximadamente 37.7 g/100 mL a 20 °C, es altamente reactivo ante otros químicos, y su punto de fusión se encuentra a 770°C. Esta misma organización señala que, debido a su toxicidad baja puede ser empleado para el tratamiento de aguas residuales (debido a su costo mínimo y su manejo simple) así como para el consumo humano cuando su concentración y cantidad es debidamente regulada; sin embargo, en cantidades anormales puede lesionar las mucosas y ocasionar hemorragias severas.

2.1.14. Cáscara de Naranja

La naranja es un fruto que cuenta con el exocarpo; denominado como flavedo y que posee vesículas que cuentan con aceites esenciales, Mesocarpo; denominado como albedo y que suele ser de color blanco y pomposo, y el Endocarpo; denominado como pulpa y que posee tricomas con jugo (Infoagro, 2012). Con relación a la cáscara de este fruto, este se caracteriza por tener una humedad promedio de 64.44, ceniza de 1.29, grasa de 0.89, fibra de 10.89, proteína de 7.01, carbohidratos de 15.49 y un valor calórico de 94.15 (Virreira y Góngora, 2014).

Tabla 2

Composición de la cáscara de Naranja

Parámetro	Valor
Solidos Solubles (°Brix)	7.1
pH	3,93
Total de acidez	0,29
Índice de formol	34
Humedad %	85,9
Grasa %	1,55
Ceniza %	3,29
Proteína %	6,16
Carbohidratos %	89
Azúcares neutrales	3,8
Ácido Urónico	7,1
Lignina	3,2
Pectina %	17

Nota. Albán y Barzallo (2021).

2.2. Marco Conceptual

Definición de Términos.

- **Aguas residuales domésticas:** es un tipo de agua residual que se caracteriza por ser originada o provenir de actividades domésticas; referido tanto a la naturaleza como la escala de la actividad, tales como las aguas que surgen de las escuelas, restaurantes, entre otros (Environment Agency, 2021).
- **Coagulación:** es un tipo de tratamiento de agua convencional que se basa en la utilización de un proceso que involucra la inmersión de sales de hierro o aluminio; denominados coagulantes, en los efluentes para poder neutralizar la carga negativa de partículas disueltas y suspendidas (Safe Drinking Water Foundation [SDWF], 2017).
- **Demanda Biológica de Oxígeno:** también reconocido por sus siglas DBO, representa un valor que se encarga de reflejar la cantidad de oxígeno que logra ser consumido por elementos tales como bacteria y otros microorganismos mientras que la materia orgánica pasa por un proceso de descomposición (Water Science School, 2018).
- **Turbiedad:** es considerada como una medida y/o parámetro que se encarga de representar la medida de la claridad relativa de un efluente; además, se le conoce por ser también como una cualidad óptica del agua y una medida en relación a la luz que logra atravesar por medio de la muestra del agua (Water Science School, 2018).
- **Sólidos Suspendidos:** también nombrados como sólidos en suspensión, hace referencia a todas aquellas partículas de sedimentos que se caracterizan por ser finas y permanecer en suspensión en los efluentes (University of Wisconsin-Madison, s.f.).
- **Concentración:** es la medida por la cual se logra representar la cantidad de una sustancia, usualmente, se hace uso de la unidad de volumen para lograr esta representación (Real Academia Española, s.f., definición 2).
- **Contaminación:** es el proceso por el cual se lleva a cabo la alteración nociva y/o perjudicial

las condiciones categorizadas como estables y normales de una cosa al involucrar elementos químicos o físicos (Real Academia Española, s.f., definición 1).

- **Dosis:** es la cantidad o proporción de una cosa; ya sea material o inmaterial, en el marco ambiental se refiere a una sustancia que logra intervenir con el procedimiento metabólico o biológico de los receptores (MINAM, 2010).

2.3. Marco Legal Ambiental

- *Ley N° 29338. Ley de Recursos Hídricos, del 31 de marzo de 2009*, como ya se tiene conocimiento previo, esta ley se encarga de enfocarse en las estipulaciones, responsabilidades y obligaciones de los organismos respectivos con relación a la regulación del recurso del agua. Para ello, se presentan los principios que se esperan en tanto al uso, la recolección, el mantenimiento, la participación del cuidado, y el involucramiento de los organismos y cualquier ciudadano en estos, así como en la protección de este recurso. Además, define los órganos respectivos, así como los miembros y cualificaciones que deben tener estos para poder ser parte de los organismos previamente establecidos y cumplir de manera adecuada las funciones que se esperan de estos. Siguiendo esta línea, también categoriza los recursos acuáticos del territorio, así como las medidas de protección e involucramiento específicos para los organismos que se encuentren dentro del territorio de estos.
- *Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, D.S. N° 001-2010 - AG*, este decreto se centra también en lo que corresponde a la regulación y gestión de los recursos hídricos pertenecientes al territorio nacional, incluyendo la obligación de ser aplicada en toda aquella entidad correspondiente al sector público nacional. Para ello, define el dominio de las aguas, así como las fuentes y bienes que se logran obtener de este recurso, para luego definir cómo se debe llevar a cabo la administración de este y las normativa legal-ambiental

que deben seguir. Siguiendo esta línea, al igual que en la ley comentada previamente se establecen los organismos correspondientes, los integrantes que pertenecen a estos, así como sus obligaciones, funciones y responsabilidades.

- *D.L N° 1083-2008-ANA*. Este decreto se basa en la promoción de la utilización efectiva y la adecuada conservación de los recursos hídricos, todo ello con la finalidad de promover una cultura de cuidado y protección de los recursos hídricos. Para ello, establece los límites a los que se debe someter el uso de estos, así como la certificación de un aprovechamiento eficiente por parte de la Autoridad Nacional del Agua; de igual manera, señala que deben de crearse incentivos institucionales y un plan de adecuación en relación a esta temática.
- *D.S N° 003-2010-MINAM*. Esta norma es considerada como una base importante que tiene como objetivo asegurar el hecho de que los efluentes logren encontrarse en un estado no perjudicial para el ser humano, puedan ser tratados de manera adecuada en los PTAR, y, cumplan con los estándares de calidad que se espera.

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

El estudio que se ha decidido llevar a cabo pertenece al grupo de investigaciones aplicadas; ya que, pretende construir nuevos conocimientos a partir de una información básica, de tal forma que puedan ser aplicados en la vida real para resolver un problema social o de algún sector productivo, de acuerdo a nuestro objetivo se pretende encontrar la eficiencia combinada de dos floculantes (sintético y natural) para remover los Sólidos Suspendidos, Turbiedad y DBO.

El diseño de investigación es experimental, y por su grado de manipulación de la variable independiente se encuentra dentro de los experimentales puros (Hernández et al., 2010), donde la variable independiente “Aplicación combinada de Sulfato de Aluminio y Cascara de Naranja”, se manipula con la finalidad de poder observar los cambios en la variable dependiente “Remoción de SST, Turbiedad y DBO”. En cuanto a su temporalidad es transversal debido a que sólo se realizará un solo monitoreo para la toma de muestra.

3.2. Ámbito temporal y espacial

3.2.1. *Ámbito temporal*

Siguiendo esta línea, es importante mencionar que el estudio fue desarrollado durante los meses comprendidos entre julio del 2023 y enero del 2024, utilizando referencias comprendidas entre los años 2015 al 2021. En cuanto a la búsqueda de información bibliográfica, esta se inició en el mes de julio, y la parte experimental fue desarrollado entre los meses de noviembre y diciembre del 2023. En cuanto a la presentación final de la investigación esta fue entregada a fines de diciembre del 2023.

3.2.2. Ámbito espacial

La investigación fue realizada en dos ámbitos espaciales, el primero es el lugar donde se desarrolló la toma de muestra, el cual corresponde a la empresa LINSUMAT S.A.C. ubicada en Calle 2 No 147 Alt. Del Km 9.7 Av. Néstor Gambetta - Callao, y el segundo ámbito espacial fue el laboratorio de Geografía y Medio Ambiente de la Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo de la UNFV, ubicado en la Av. Oscar Benavides 450, Cercado de Lima.

3.3. Variables

3.3.1. Variable Independiente

Eficiencia combinada del Sulfato de Aluminio y cascara de Naranja.

3.3.2. Variable Dependiente

Remoción de Sólidos Suspendidos, Turbiedad y DBO.

Tabla 3*Operacionalización de Variables de Investigación*

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Variable Independiente Aplicación combinada de Sulfato de Aluminio y cascara de Naranja	La coagulación es un proceso químico empleado para tratar aguas, en dicho proceso ocurre la desestabilización de las partículas coloidales, las cuales se originan al neutralizar las fuerzas que las mantienen separadas, esta desestabilización puede suceder gracias a que se le adiciona un coagulante, además se adiciona energía al mezclado (Cabrera, 2019).	El uso combinado de ambos coagulantes será evaluado en función a los factores que influyen y permiten desarrollar este proceso, los cuales son el tipo y cantidad de coagulante, pH del agua, tiempo de mezcla y floculación, temperatura y agitación, los cuales implican la desestabilización de las partículas coloidales, desestabilización coloidal por reducción del potencial Z y coagulación por arrastre de partículas.	Coagulación	<ul style="list-style-type: none"> • Dosis (ml) • Tiempo (Minutos) • Velocidad de Agitación (RPM) • Temperatura (°C) • pH (Unidad de pH)
Variable Dependiente Remoción de SST, Turbiedad y DBO	El tratamiento fisicoquímico permite la adición de productos químicos, que generan una alteración del estado físico de estas sustancias y permanecen por tiempo indefinido de forma estable, para convertirse en partículas susceptibles de separación por sedimentación o flotación y se puede remover del 80 al 90% de la materia total suspendida, del 40 al 70% de la DBO5 y del 30 al 40% de la DQO (Chacón y Ramos, 2019).	Para evaluar la remoción de SST, Turbiedad y DQO se tomará en cuenta su concentración inicial de trabajo considerado por el investigador, para luego ser sometido a un proceso de tratamiento con floculantes naturales y observar sus nuevos niveles alcanzados, asimismo, tomaremos en cuenta los niveles de eficiencia obtenidos en cada caso.	Parámetros Fisicoquímicos	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración SST (mg/l) • Concentración DBO (mg/l) • Concentración de Turbiedad (NTU) • Eficiencia (%)

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

Esta se estableció como la cantidad total de efluente doméstico generado en la empresa LINSUMAT, el cual genera un caudal de 2.1 m³/día.

3.4.2. Muestra

La muestra correspondió a un volumen total de 30 litros, los cuales sirvieron para el tratamiento combinado de los coagulantes Sulfato de Aluminio y cascara de Naranja. El volumen mínimo por trabajar fue de 1 Litro por muestra, del cual se obtuvieron 5 litros por tratamiento, e incluyeron dos repeticiones, obteniéndose 15 litros por tratamiento.

3.5. Técnicas, instrumentos y equipos

3.5.1. Técnicas

- Guía para el monitoreo de aguas residuales domesticas del Ministerio de Vivienda, Construcción y saneamiento.
- Manual de procedimiento para el Jar Test.
- Manual de seguridad de laboratorios de la UNFV.
- Métodos Estandarizados para análisis de aguas naturales y residuales

3.5.2. Instrumentos

- Ficha de recolección de datos de campo.
- Ficha de observación

3.5.3. Equipos

- Multiparámetro marca HANNA
- Reactor Digital marca HACH
- Colorímetro Digital marca HACH

- Turbidímetro marca HACH
- Incubadora SHEL LAB
- Floculador programable marca PHILLIPS
- Balanza Analítica marca OHAUS.
- Tamiz N° 80 ASTM
- Estufa de secado eléctrica
- Mortero.

3.6. Procedimientos

El procedimiento que se decidió implementar para llevar a cabo este estudio tomó en consideración cuatro etapas: a) Determinación fisicoquímica del efluente domestico b) Preparación del Sulfato de Aluminio y cascara de Naranja iii) Prueba de Jarras c) Determinación de Solidos Suspendidos, Turbiedad y DBO y; d) Análisis final.

3.6.1. Determinación fisicoquímica del Efluente Doméstico

La investigación se inició con la toma de muestras del efluente doméstico generado en la empresa LINSUMAT, por lo cual se tomó en cuenta el protocolo del ministerio de Vivienda, construcción y saneamiento.

A la salida del efluente se tomó la muestra en un depósito plástico para la medición de los parámetros de campo. De acuerdo a ello, se midió en primer lugar la temperatura del agua residual, luego, se realizó la medición de la Temperatura y pH (Potencial de Hidrógenos) con un multiparámetro marca HANNA, el cual antes de su uso fue calibrado con las soluciones Tampón de 4, 7 y 10.

En segundo lugar, se midió la conductividad eléctrica, que fue calibrado con sus soluciones salinas de KCl de 0.1 y 0.01 N.

Una vez terminadas las mediciones en campo se procedieron a tomar los volúmenes de muestra de agua residual en las galoneras con aproximadamente 30 litros para los ensayos experimentales con el coagulante combinado de Sulfato de Aluminio y cáscara de Naranja.

3.6.2. Preparación del Sulfato de Aluminio y cáscara de Naranja

En el laboratorio de Geografía y Medio Ambiente de la FIGAE-UNFV, fueron preparados los coagulantes (inorgánico y natural). El primer coagulante fue preparado a partir del Sulfato de Aluminio y luego el segundo coagulante a partir de la cáscara de Naranja. Seguidamente, para la preparación de la cáscara de Naranja se realizó primero un lavado general de la cascara de Naranja con agua potable y luego con agua destilada. Terminada la etapa anterior, la cáscara de naranja fue secada en la estufa eléctrica entre 75 y 80 °C por un tiempo de 24 horas. Una vez culminado el tiempo de secado de la cáscara de Naranja ésta fue llevada a un mortero o licuadora industrial para reducir su tamaño de grano, hasta alcanzar un nivel fino.

Terminado el proceso anterior se realizó un tamizado final de la muestra con la malla N° 80. La preparación se inició teniendo en cuenta las relaciones combinadas de Sulfato de Aluminio: cáscara de Naranja con proporciones de 1:1, 1:1.5, 1:2, 1:2.5 y 1:3, para el primer tratamiento; y para la segunda proporción cáscara de Naranja: Sulfato de Aluminio fue de 1:1, 1:1.5, 1:2, 1:2.5 y 1:3, los cuales fueron añadidos en dosis única de 50 ml para cada una de las 5 jarras.

A continuación, se procedió a pesar las cantidades combinadas de los coagulantes de acuerdo con las proporciones consideradas en la etapa anterior y posteriormente preparar las soluciones finales con aforos de 50 ml para todos los casos. Finalmente, ya preparado los coagulantes para el ensayo, se procedió a dejarlos listos para continuar con la tercera etapa del procedimiento.

3.6.3. Prueba de Jarras

Los ensayos en el tratamiento por coagulación combinada fueron desarrollados mediante la prueba de jarras o también llamado Jar Test, en el cual se acondicionaron 5 jarras con un volumen de 1 litro cada uno y conteniendo las muestras de agua residual doméstica.

Para el primer tratamiento se utilizó la primera relación Sulfato de Aluminio/Cáscara de Naranja con proporciones de 1:1, 1:1.5, 1:2, 1:2.5 y 1:3, por lo cual se procedieron a acondicionar las jarras de acuerdo a cada una de las relaciones ya indicadas y una dosis única utilizada de 50 ml para cada una de las 5 jarras.

Una vez preparadas y añadidas cada una de las dosis a las jarras de litro, se inició una agitación de 50 RPM (Revoluciones por Minuto) en modo lento por un tiempo de 5 minutos, a fin de alcanzar una homogenización parcial de toda la muestra.

Terminado el procedimiento anterior, se realizó una agitación a 200 RPM en modo rápido por un tiempo de 30 minutos finales, a fin de generar una floculación de los sólidos en suspensión y coloides en la muestra.

A continuación, se dio un tiempo de sedimentación de 30 minutos finales, hasta que se observó un sobrenadante más clarificado. Seguidamente, se tomará un volumen de muestra de aproximadamente 200 ml en un frasco plástico para determinar los parámetros de Sólidos Suspendidos, Turbiedad y DBO. Con la finalidad de alcanzar una mayor exactitud de los resultados, se tomaron en cuenta dos repeticiones adicionales teniendo en cuenta las mismas concentraciones del primer ensayo.

Para el segundo tratamiento se utilizó la segunda relación Cáscara de Naranja/Sulfato de Aluminio con proporciones de 1:1, 1:1.5, 1:2, 1:2.5 y 1:3, y de igual forma que el primer tratamiento se procedió a acondicionar las jarras de acuerdo con cada una de las relaciones ya indicadas y una dosis única utilizada de 50 ml para cada una de las 5 jarras.

Terminado de añadir a cada una de las Jarras de 1 litro las dosis correspondientes, se

procedió a dar una agitación de 50 RPM, en modo lento por 5 minutos, de manera que se pudo alcanzar una homogenización parcial de toda la muestra.

Terminado el procedimiento anterior, se procedió a realizar una agitación a 200 RPM en modo rápido por un tiempo de 30 minutos, de manera que se generó la floculación de las partículas suspendidas y coloides en la muestra.

A continuación, las muestras fueron sometidas a un tiempo de sedimentación de 30 minutos, hasta que se apreció un clarificado en el sobrenadante.

Por último, se tomó aproximadamente una muestra de 200 ml en un frasco plástico para determinar los parámetros de Sólidos en Suspensión, Turbiedad y DBO. A manera de alcanzar una mayor exactitud de los resultados, se tomaron en cuenta dos repeticiones adicionales las mismas concentraciones del primer ensayo.

3.6.4. Determinación de Sólidos Suspendidos Totales, Turbiedad y DBO

Para la determinación de los **Sólidos Suspendidos Totales**, primeramente, se prepararon los filtros de fibra de vidrio de 1µm de porosidad y 47 mm de diámetro, para ser utilizados posteriormente en el filtrado de cada una de las muestras de agua residual.

Los 30 filtros fueron secados en la estufa eléctrica a una temperatura de 105 °C por un tiempo de 30 minutos, a fin de llevarlos a peso constante, para luego enfriarlos en el desecador y luego ser pesados en la balanza analítica digital y contar con el peso inicial. A continuación, se acondicionó el sistema de filtrado con su rampa respectiva para trabajar tres muestras en paralelo, considerando el flujo de aire de la bomba de vacío y alcanzar la eficiencia esperada.

Terminado el procedimiento anterior se colocó el filtro ya pesado en la base del sistema de filtración, y luego en cada uno de los tres embudos del sistema de filtración se añadirá un volumen de 100 ml de muestra mediante una probeta.

A continuación, se realizó el filtrado respectivo hasta completar el volumen total de la muestra y proceder luego a retirar el filtro húmedo y ser llevado a la estufa para proceder a su

secado en la estufa a 105 °C por 30 minutos.

Seguidamente se procedió a enfriar la muestra en el desecador y se procedió a pesarlo finalmente en la balanza analítica y anotar el peso final.

La determinación de la **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)** se inició con la preparación de las soluciones siguientes: a) Solución tampón de fosfato (8,5 g de KH_2PO_4 , 21,75 g de K_2HPO_4 , 33,4 g de $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, y 1,7 g de NH_4Cl para 1 litro de agua desionizada), b) Solución de Sulfato de Magnesio (22.5 g/l), c) Solución de Cloruro de Calcio (27.5 g/l), y Solución de Cloruro de Hierro (0.25 g/l).

Luego, se preparó un agua de dilución en un frasco de 4 litros aproximadamente y se adicionó 4 ml de cada una de las soluciones preparadas anteriormente y fueron agitadas inicialmente y aireadas por 2 horas con una blower (soplador) de acuarios.

Seguidamente se tomaron volúmenes de 15, 25 y 50 ml de agua residual y se llevaron a tres fioles de 1 litro, y se completarán con agua de dilución con agitación posterior.

A continuación, se llenaron los frascos de DBO (Winkler) de 300 ml para el día cero y el día cinco respectivamente.

Terminado el proceso anterior, se realizó la medición en los frascos del día cero con el Oxímetro y los frascos a medir el día cinco fueron llevados a la incubadora por el tiempo indicado.

Concluido el tiempo de incubación por cinco días se procedió a medir el Oxígeno Disuelto de cada una de las muestras. Finalmente se realizaron los cálculos en relación al OD obtenido en el día cero con el día cinco, teniendo en consideración la diferencia entre ambas concentraciones y divididos entre el volumen de dilución para cada alícuota tomada de manera particular.

Para medir la **Turbiedad**, se llevó a cabo la calibración del Turbidímetro, donde se utilizaron 5 estándares: <0.1, 20, 200, 1000 y 2000 NTU, para proceder seguidamente a las

mediciones de las muestras. Una vez realizada la calibración con los estándares antes indicados, se llenó la muestra en las celdas de medición y se anotó los resultados finales registrados para los dos tratamientos desarrollados.

3.6.5. Análisis Final

Concluida la determinación de los Sólidos Suspendidos, Turbiedad y DBO por las técnicas ya indicadas en el procedimiento, se analizaron los hallazgos concluyentes desarrollados en la prueba de jarras y evaluaron posteriormente cuáles fueron las dosis óptimas encontradas en cada uno de los tratamientos desarrollados tomando en cuenta las diferentes concentraciones de los coagulantes iniciales y finales. Finalmente, se realizó un análisis e interpretación de las eficiencias obtenidas de acuerdo a las dosis de los dos coagulantes combinados para todas las muestras, y con ello obtener las gráficas y figuras respectivas con la finalidad de observar el comportamiento para cada una de las dosis óptimas utilizadas. Con relación a los resultados finales y evaluados se obtuvieron las conclusiones definitivas del presente trabajo de investigación.

3.7. Análisis de datos

Para el análisis de datos cuantitativos se tomó en cuenta los niveles de medición de las variables y se aplicó la estadística que permitieron describir las características principales de las variables dependientes e independientes, tomadas individualmente. Se llevó a cabo un análisis y descripción cada una de las variables para lo cual se utilizará el programa Ms. Excel 2010; además se usó para presentar la estadística descriptiva tablas y gráficas de datos y para presentar la distribución de los datos se realizó empleando gráficas lineales, todo esto con el propósito de conocer cuáles fueron las dosis óptimas y determinar las eficiencias en la remoción de Sólidos Suspendidos, Turbiedad y DBO por los coagulantes y probar mediante la contrastación de las hipótesis.

IV. RESULTADOS

De acuerdo a los objetivos planteados en la presente investigación se muestran los resultados sobre la caracterización del efluente doméstico generado en la empresa LINSUMAT, la estimación de la dosis óptima de tratamiento y la determinación de las eficiencias obtenidas en el tratamiento.

4.1. Caracterización del Efluente Doméstico

A continuación, se muestra la caracterización del agua residual domestica generada en la empresa LINSUMAT. Para la evaluación de la calidad del agua, se tomaron en consideración los parámetros fisicoquímicos indicados en la Tabla 4, y fueron comparados con los Límites Máximos Permisibles del DS N° 003-2010-MINAM para el caso de la Temperatura, pH, DQO, DBO, SST y Aceites y Grasa; y los Límites Máximos Permisibles del Reglamento de la calidad del agua para consumo humano de DIGESA para el caso de la Turbiedad. Es preciso indicar que la Conductividad Eléctrica no cuenta con Límites Máximos Permisibles.

Tabla 4

Caracterización del Efluente Doméstico

MUESTRA	T (°C)	pH	CE (uS/cm)	Turbiedad NTU	DQO (mg/l)	DBO (mg/l)	SST (mg/l)	AyG (mg/l)
M-1	21.6	7.7	482	398	402.3	225.3	187.2	19.4
LMP	< 35	6.5-8.5	-	5	200	100	150	20

Nota. Los valores de comparación-LMP indicados fueron tomados del DS N° 003-2010-MINAM y del Reglamento de la calidad del agua para consumo humano de DIGESA.

De los resultados obtenidos podemos indicar que los valores de Temperatura, pH y Aceites y Grasa se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles, mientras que los valores correspondientes a la Turbiedad, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Solidos Suspendidos Totales (SST) exceden los Límites Máximos Permisibles.

4.2. Determinación de las dosis óptimas de Tratamiento

Para la determinación de la dosis óptima combinada entre el Sulfato de Aluminio y la cascara de Maracuyá se tomaron en cuenta dos tipos de tratamiento: En el primer caso se consideró las relaciones Sulfato de Aluminio/Bioadsorbente de Naranja en las proporciones de 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 y 1:5; y para el caso del Segundo Tratamiento se consideró las relaciones Bioadsorbente de Naranja/Sulfato de Aluminio en las mismas proporciones de 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 y 1:5.

4.2.1. Tratamiento 1: Sulfato de Aluminio/Bioadsorbente de Naranja

En el primer tratamiento preparado con Sulfato de Aluminio/Bioadsorbente de Naranja se trabajaron con proporciones de 0.5g/0.5g, 0.5g/1.0g, 0.5g/1.5g, 0.5g/2.0g y 0.5g/2.5g para un volumen de solución único de 50 ml y dos repeticiones adicionales por tratamiento, obteniéndose los siguientes resultados para los Solidos Suspendidos Totales (SST), Turbiedad y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

a) Sólidos Suspendidos Totales

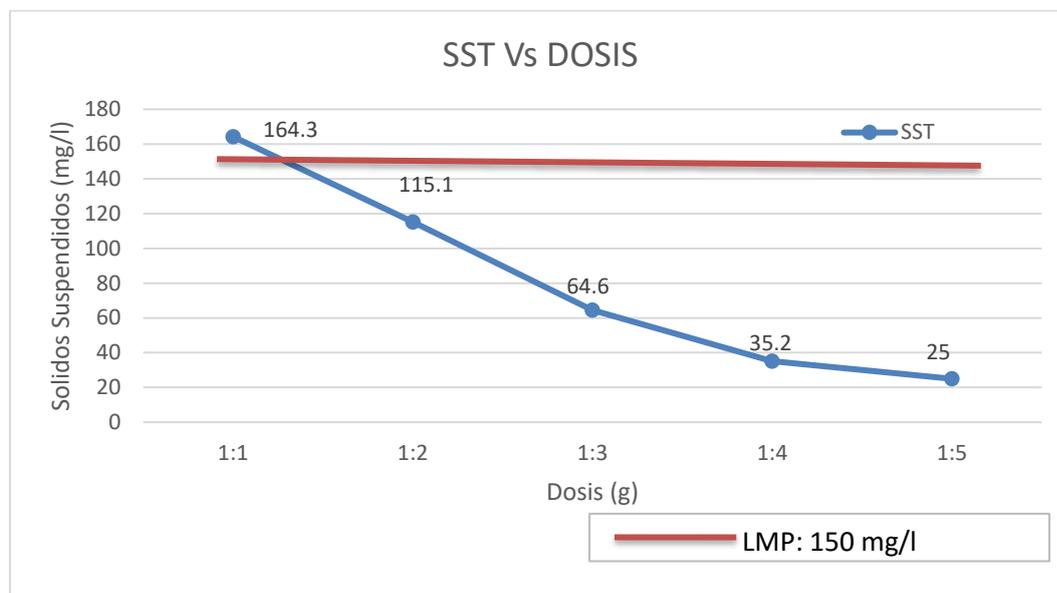
Tabla 5

Tratamiento 1: Dosis de Bioadsorbente Vs SST

TRATAMIENTO 1	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5
Dosis coagulantes (g)	0,5g/0,5g	0,5g/1.0g	0,5g/1,5g	0,5g/2,0g	0,5g/2,5g
SST (mg/l)	187.2				
REPETICIONES	SST (mg/l)				
1	161.4	119.2	63.6	35.3	25.4
2	164.3	112.6	68.3	35.2	20.3
3	167.2	113.4	61.8	35.1	29.2
PROMEDIO	164.3	115.1	64.6	35.2	25.0

Figura 2

Comportamiento de los SST en el tratamiento 1



De la Figura 2, se puede apreciar que el comportamiento de la curva se da en forma descendente según se van añadiendo las dosis del coagulante combinado, así mismo se observa que la primera dosis excede el Límite Máximo Permissible, sin embargo, las cuatro dosis siguientes logran alcanzar el LMP, hasta un valor final de 25 mg/l.

b) Turbiedad

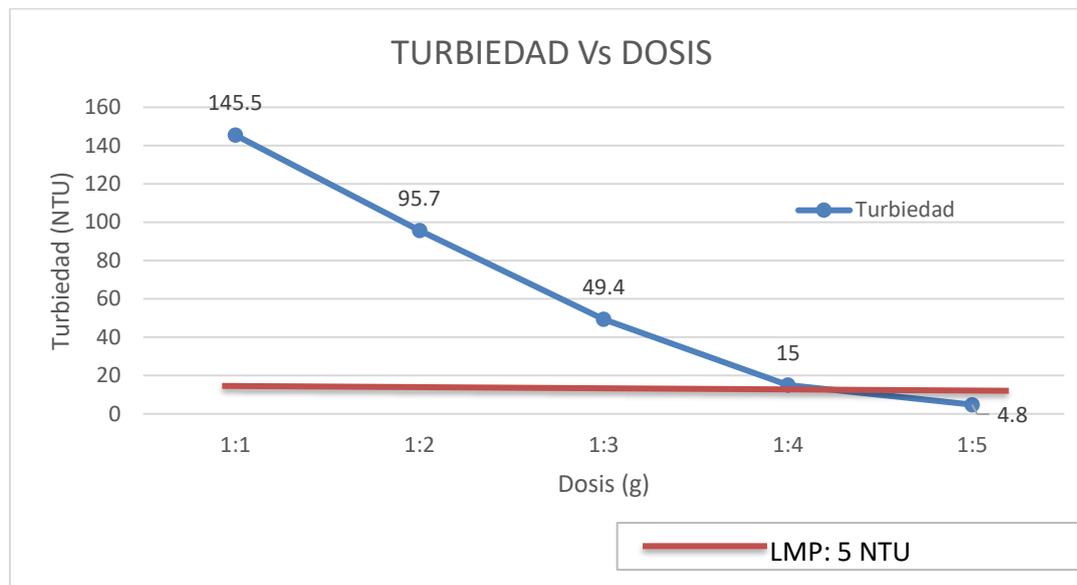
Tabla 6

Tratamiento 1: Dosis de Bioadsorbente Vs Turbiedad

TRATAMIENTO 1	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5
Dosis Floc. (g)	0,5g/0,5g	0,5g/1.0g	0,5g/1,5g	0,5g/2,0g	0,5g/2,5g
TURBIEDAD (NTU)	398				
REPETICIONES	TURBIEDAD (NTU)				
1	150.2	101.4	51.5	12.2	4.9
2	145.1	95.6	46.4	18.3	3.7
3	141.1	90.2	50.3	14.4	5.8
PROMEDIO	145.5	95.7	49.4	15.0	4.8

Figura 3

Comportamiento de la Turbiedad en el tratamiento 1



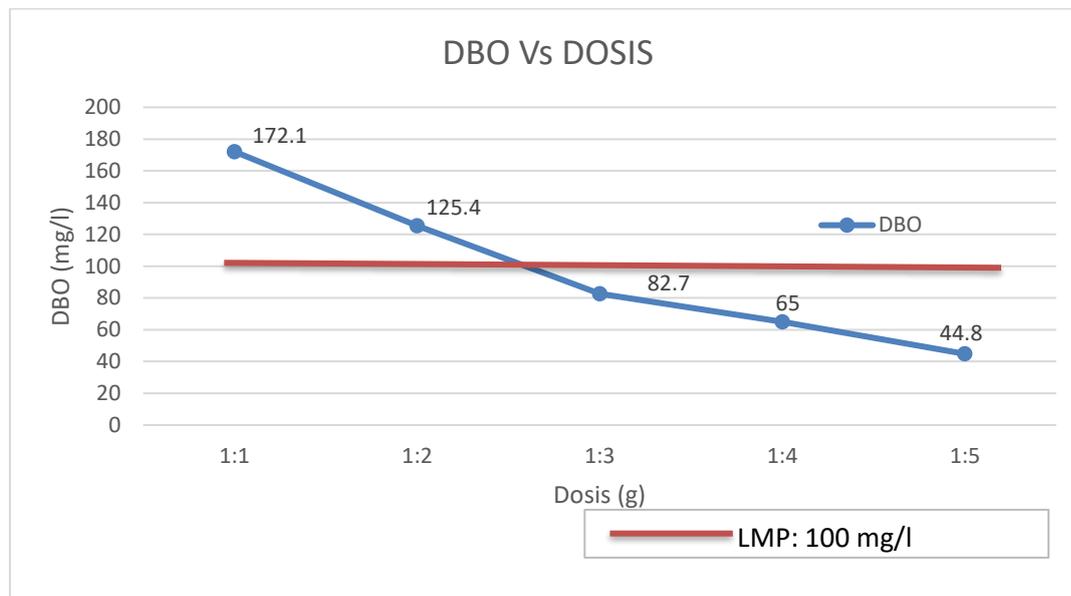
De la Figura 3, se puede apreciar que el comportamiento de la curva se da en forma descendente según se van añadiendo las dosis del coagulante combinado, así mismo se observa que las cuatro primeras dosis exceden el Límite Máximo Permisible, sin embargo, la última dosis siguientes logran alcanzar el LMP, hasta un valor final de 4.8 NTU.

c) Demanda Bioquímica de Oxígeno

Tabla 7

Tratamiento 1: Dosis de Bioadsorbente Vs Demanda Bioquímica de Oxígeno

TRATAMIENTO 1	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5
Dosis Floc. (g)	0,5g/0,5g	0,5g/1.0g	0,5g/1,5g	0,5g/2,0g	0,5g/2,5g
DBO (mg/l)	225.3				
REPETICIONES	DBO (mg/l)				
1	170.2	121.4	81.5	62.2	44.9
2	175.1	125.4	86.4	68.3	43.7
3	171.1	129.4	80.3	64.4	45.8
PROMEDIO	172.1	125.4	82.7	65.0	44.8

Figura 4*Comportamiento de la DBO en el tratamiento 1*

De la Figura 4, se puede apreciar que el comportamiento de la curva se da en forma descendente según se van añadiendo las dosis del coagulante combinado, así mismo se observa que las dos primeras dosis exceden el Límite Máximo Permissible, sin embargo, en las tres últimas dosis siguientes logran alcanzar el LMP, hasta un valor final de 44.8 mg/l.

4.2.2. Tratamiento 2: Bioadsorbente de Naranja/ Sulfato de Aluminio

En el segundo tratamiento preparado con Bioadsorbente/ Sulfato de Aluminio de Naranja se trabajaron con proporciones de 0.5g/0.5g, 0.5g/1.0g, 0.5g/1.5g, 0.5g/2.0g y 0.5g/2.5g para un volumen de solución único de 50 ml y dos repeticiones adicionales por tratamiento, obteniéndose los siguientes resultados para los Solidos Suspendidos Totales (SST), Turbiedad y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

a) Sólidos Suspendidos Totales

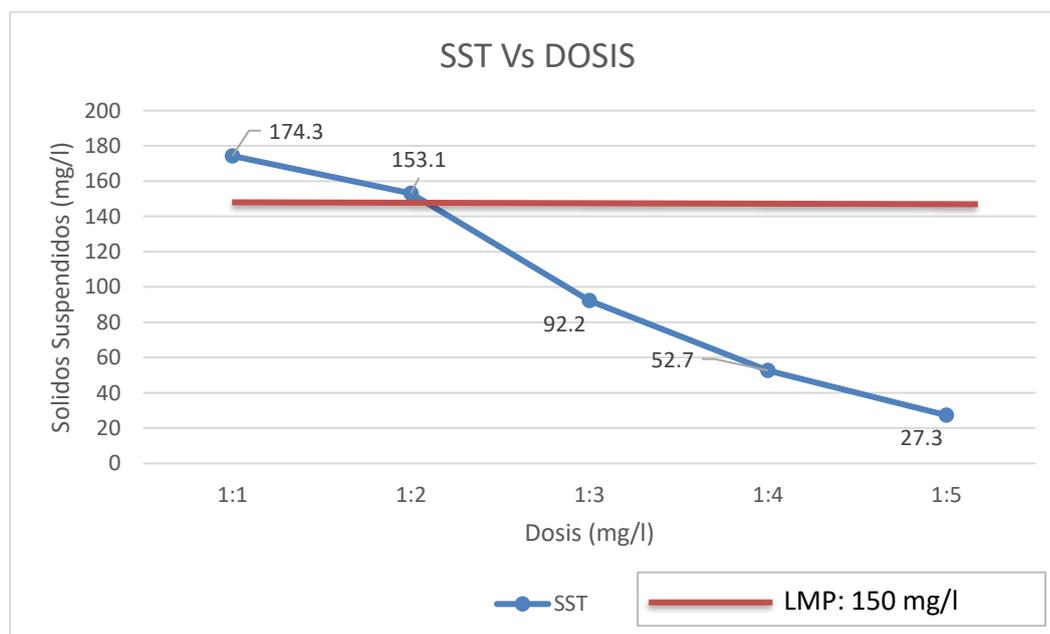
Tabla 8

Tratamiento 2: Dosis de Bioadsorbente Vs Sólidos Suspendidos Totales

TRATAMIENTO 2	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5
Dosis Floc. (g)	0,5g/0,5g	0,5g/1,0g	0,5g/1,5g	0,5g/2,0g	0,5g/2,5g
SST (mg/l)	187.2				
REPETICIONES	SST (mg/l)				
1	171.4	153.2	92.6	52.3	27.4
2	174.3	152.6	93.3	50.2	25.3
3	177.2	153.4	90.8	55.5	29.2
PROMEDIO	174.3	153.1	92.2	52.7	27.3

Figura 5

Comportamiento de los SST en el tratamiento 2



De la Figura 5, se puede apreciar que el comportamiento de la curva se da en forma descendente según se van añadiendo las dosis del coagulante combinado, así mismo se observa que las dos primeras dosis exceden el Límite Máximo Permisible, sin embargo, en la última dosis se logra alcanzar el LMP, hasta un valor final de 27.3 mg/l.

b) Turbiedad

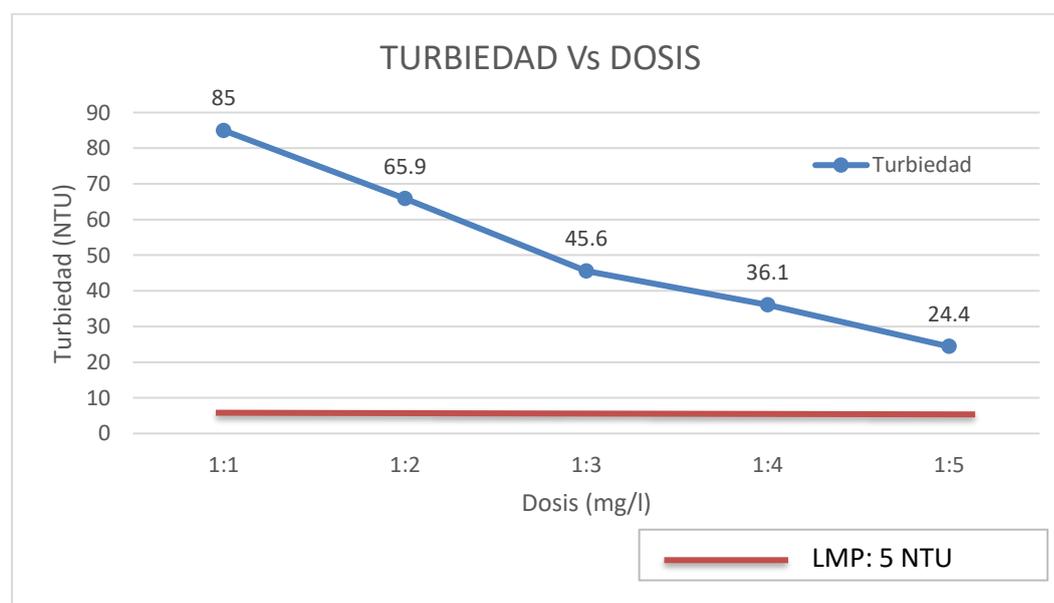
Tabla 9

Tratamiento 2: Dosis de Bioadsorbente Vs Turbiedad

TRATAMIENTO 2	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5
Dosis Floc. (g)	0,5g/0,5g	0.5g/1.0g	0,5g/1,5g	0.5g/2.0g	0,5g/2,5g
TURBIEDAD (NTU)	398				
REPETICIONES	TURBIEDAD (NTU)				
1	85,5	68,7	48,1	39,1	26,4
2	81,1	65,4	45,4	37,7	24,4
3	88,3	63,5	43,2	31,6	22,5
PROMEDIO	85,0	65,9	45,6	36,1	24,4

Figura 6

Comportamiento de la Turbiedad en el tratamiento 2



De la Figura 6, se puede apreciar que el comportamiento de la curva se da en forma descendente según se van añadiendo las dosis del coagulante combinado, así mismo se observa que todas las dosis exceden el Límite Máximo Permisible normado en 5 NTU, siendo su valor final de 24.4 mg/l.

c) Demanda Bioquímica de Oxígeno

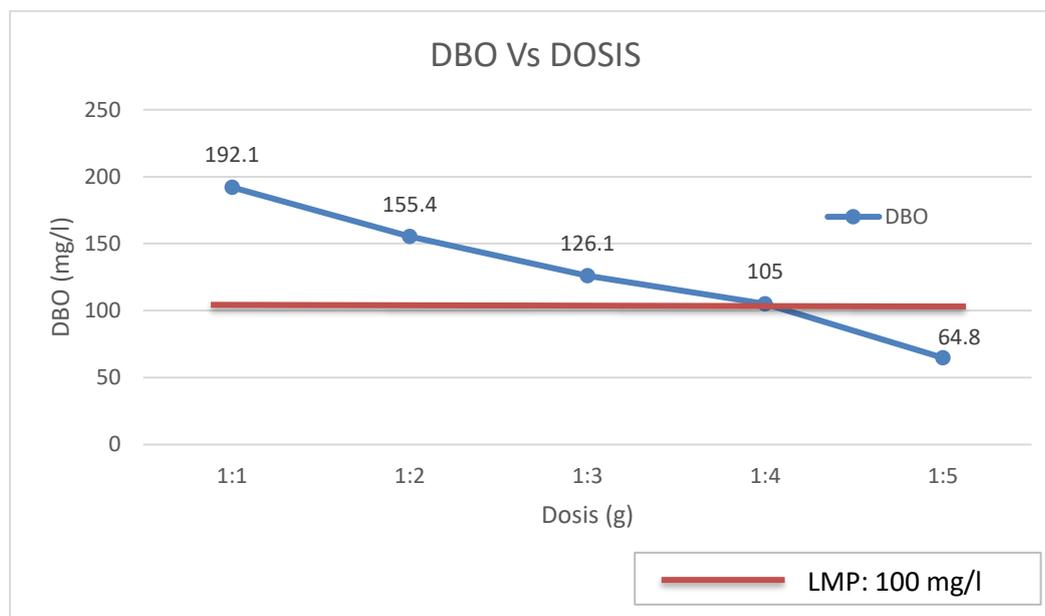
Tabla 10

Tratamiento 2: Dosis de Bioadsorbente Vs Demanda Bioquímica de Oxígeno

TRATAMIENTO 2	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5
Dosis Floc. (g)	0,5g/0,5g	0,5g/1,0g	0,5g/1,5g	0,5g/2,0g	0,5g/2,5g
DBO (mg/l)	225,3				
REPETICIONES	DBO (mg/l)				
1	190,2	151,4	121,5	102,2	64,9
2	195,1	155,4	126,4	108,3	63,7
3	191,1	159,4	130,3	104,4	65,8
PROMEDIO	192,1	155,4	126,1	105,0	64,8

Figura 7

Comportamiento de la DBO en el tratamiento 2



De la Figura 7, se puede apreciar que el comportamiento de la curva se da en forma descendente según se van añadiendo las dosis del coagulante combinado, así mismo se observa que las cuatro primeras dosis exceden el Límite Máximo Permissible, sin embargo, en la última dosis se logra alcanzar el LMP, hasta un valor final de 64.8 mg/l.

4.3. Determinación de las eficiencias en el Tratamiento 1 y 2

Una vez concluida las dosificaciones correspondientes para los tratamientos 1 y 2, se procedió a calcular las eficiencias en cada uno de los casos. A continuación, presentamos los resultados finales obtenidos:

4.3.1. Eficiencia del tratamiento 1: Sulfato de Aluminio/Bioadsorbente de Naranja

En el tratamiento 1, se muestran los promedios con cada una de las dosis trabajadas, así como las respectivas eficiencias obtenidas para los parámetros de estudio: Sólidos Suspendidos Totales, Turbiedad y Demanda Bioquímica de Oxígeno.

a) Sólidos Suspendidos Totales

Tabla 11

Eficiencia del Tratamiento 1 para SST

TRATAMIENTO 1		DOSIFICACIÓN				
RELACIÓN	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	
SST (mg/l)	187,2	187,2	187,2	187,2	187,2	
REPLICAS	SST (mg/l)					
PROMEDIO	164,3	115,1	64,6	35,2	25	
Eficiencia (%)	12,2	38,5	65,5	81,2	86,6	

De la Tabla 11, se puede apreciar que las eficiencias alcanzadas para la remoción de Sólidos Suspendidos Totales (SST) varían según las dosificaciones aplicadas en cada caso, así tenemos para la primera relación de 1:1 alcanza un mínimo de eficiencia del 12.2%, mientras que en la relación de 1:5 alcanza un máximo de eficiencia del 86.6%.

b) Turbiedad

Tabla 12

Eficiencia del Tratamiento 1 para Turbiedad

TRATAMIENTO 1	DOSIFICACIÓN				
RELACIÓN	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5
TURBIEDAD (NTU)	398	398	398	398	398
REPLICAS	TURBIEDAD (NTU)				
PROMEDIO	145,5	95,7	49,4	15	4,8
Eficiencia (%)	63,4	76,0	87,6	96,2	98,8

De la Tabla 12, se puede apreciar que las eficiencias alcanzadas para la remoción de la Turbiedad varían según las dosificaciones aplicadas en cada caso, así tenemos para la primera relación de 1:1 alcanza un mínimo de eficiencia del 63.4%, mientras que en la relación de 1:5 alcanza un máximo de eficiencia del 98.8%.

c) Demanda Bioquímica de Oxígeno

Tabla 13

Eficiencia del Tratamiento 1 para DBO

TRATAMIENTO 1	DOSIFICACIÓN				
RELACIÓN	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5
DBO (mg/l)	225,3	225,3	225,3	225,3	225,3
REPLICAS	DBO (mg/l)				
PROMEDIO	172,1	125,4	82,7	65	44,8
Eficiencia (%)	23,6	44,3	63,3	71,1	80,1

De la Tabla 13, se puede apreciar que las eficiencias alcanzadas para la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) varían según las dosificaciones aplicadas en cada caso, así tenemos para el caso de relación de 1:1 alcanza un mínimo de eficiencia del 23.6%, mientras que en la relación 1:5 alcanza un máximo de eficiencia del 80.1%.

4.3.2. Eficiencia del tratamiento 2: Bioadsorbente de Naranja/ Sulfato de Aluminio

En el tratamiento 2, se muestran los promedios de cada una de las dosis trabajadas, así como las respectivas eficiencias obtenidas para los parámetros de estudio: Sólidos Suspendidos Totales, Turbiedad y Demanda Bioquímica de Oxígeno.

a) Sólidos Suspendidos Totales

Tabla 14

Eficiencia del Tratamiento 2 para SST

TRATAMIENTO 2		DOSIFICACIÓN				
RELACIÓN	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	
SST (mg/l)	187,2	187,2	187,2	187,2	187,2	
REPLICAS	SST (mg/l)					
PROMEDIO	174,3	153,1	92,2	52,7	27,3	
Eficiencia (%)	6,9	18,2	50,7	71,8	85,4	

De la Tabla 14, se puede apreciar que las eficiencias alcanzadas para la remoción de Sólidos Suspendidos Totales (SST) varían según las dosificaciones aplicadas en cada caso, así tenemos para la primera relación de 1:1 alcanza un mínimo de eficiencia del 6.9%, mientras que en la relación de 1:5 alcanza un máximo de eficiencia del 85.4%.

b) Turbiedad

Tabla 15

Eficiencia del Tratamiento 2 para Turbiedad

TRATAMIENTO 2		DOSIFICACIÓN				
RELACIÓN	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	
TURBIEDAD (NTU)	398	398	398	398	398	
REPLICAS	TURBIEDAD (NTU)					
PROMEDIO	85	65,9	45,6	36,1	24,4	
Eficiencia (%)	78,6	83,4	88,5	90,9	93,8	

De la Tabla 15, se puede apreciar que las eficiencias alcanzadas para la remoción de la Turbiedad varían según las dosificaciones aplicadas en cada caso, así tenemos para la primera relación de 1:1 alcanza un mínimo de eficiencia del 78.6%, mientras que en la relación de 1:5 alcanza un máximo de eficiencia del 93.8%.

c) Demanda Bioquímica de Oxígeno

Tabla 16

Eficiencia del Tratamiento 2 para DBO

TRATAMIENTO 2		DOSIFICACIÓN			
RELACIÓN	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5
DBO (mg/l)	225,3	225,3	225,3	225,3	225,3
REPLICAS	DBO (mg/l)				
PROMEDIO	192,1	155.4	126.1	105	64,8
Eficiencia (%)	14,7	31,0	44,0	53,4	71,2

De la Tabla 16, se puede apreciar que las eficiencias alcanzadas para la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) varían según las dosificaciones aplicadas en cada caso, así tenemos para el caso de relación de 1:1 alcanza un mínimo de eficiencia del 14.7%, mientras que en la relación 1:5 alcanza un máximo de eficiencia del 71.2%.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Radhi y Borghei (2017) lograron establecer que la dosis de sulfato de aluminio de 60 rpm tiene un gran potencial para la eliminación eficiente de DQO y SST hasta un 80 y 90% respectivamente, mientras que Haritha y Jacob (2024) en el estudio que realizaron encontraron que el polvo de cáscara de naranja logró reducir la turbiedad en 90.8% con una dosis de 0.4 mg/l y los SST en un 58.6% con una dosis de 0.2 mg/l, con relación a este último se resaltó un incremento de erradicación de SST (quedando 32.53% del valor inicial) al añadir otro coagulante. De acuerdo a los parámetros considerados en esta investigación y tomando en cuenta la combinación de los coagulantes Sulfato de Aluminio/Bioadsorbente de Naranja (1:5) para el primer tratamiento se obtuvo una eficiencia del 86.6% para SST, del 98.8% para la Turbiedad y del 80.1% para la DBO. Para el segundo tratamiento con la combinación de los coagulantes Bioadsorbente de Naranja/ Sulfato de Aluminio (1:5), se obtuvo una eficiencia del 85.4% para SST, del 93.8% para la Turbiedad y del 71.2% para la DBO.

En la investigación realizada por Dearmas y Ramírez (2015) se encontraron resultados tales como que al aplicar coagulantes (químicos y naturales) en el tratamiento de aguas residuales se concluyó que el policloruro de aluminio logra obtener el valor más bajo de NTU (0.333), el policloruro de sodio obtuvo un porcentaje de remoción de SST 91.16% seguido por el sulfato de aluminio con 84.12% siendo estos los valores más altos entre los coagulantes mientras que para la DBO los valores de remoción más altos fueron alcanzados con estos coagulantes (policloruro de aluminio con 69.95%, sulfato de aluminio con 64.27% y cardón guajiro con 62.63%), todo ello indica que los coagulantes, sin ser indispensable su origen, demuestran tener una efectividad que permite obtener valores por debajo de la normativa legal ambiental. De los parámetros analizados en la presente investigación, utilizando la dosis Sulfato de Aluminio/Bioadsorbete de Naranja (1:5), los SST se redujeron considerablemente desde 187.2 hasta 25 mg/l, alcanzando una eficiencia de 86.6%, en el caso de la Turbiedad éste

se redujo de 398 hasta 4.8 NTU llegando a una eficiencia del 98.8%, y finalmente la DBO bajó desde 225.3 hasta 44.8 mg/l obteniéndose una eficiencia final de 80.1%. Con relación a la dosis Bioadsorbete de Naranja/ Sulfato de Aluminio (1:5), los SST se redujeron considerablemente desde 187.2 hasta 27.3 mg/l, alcanzando una eficiencia de 85.4%, en el caso de la Turbiedad éste se redujo de 398 hasta 24.4 NTU llegando a una eficiencia del 93.8%, y finalmente la DBO bajó desde 225.3 hasta 64.8 mg/l obteniéndose una eficiencia final de 71.2%.

Acosta y Domínguez (2021) en la tesis que elaboraron decidieron establecer como objetivo principal del estudio evaluar la efectividad de la semilla de Durazno como complemento al coagulante químico (sulfato de aluminio) para lograr así una mayor remoción de turbiedad en una muestra obtenida de las aguas del río Moche – Trujillo, los resultados demostraron que en relación a la dosis óptima de los coagulantes para la prueba uno fue de 5 mg/L cuando solo se emplea el sulfato de aluminio con un tiempo de agitación de 15 minutos y a 100 rpm, para la prueba 2 fue de 60% de sulfato de aluminio y 40% de *Prunus persica* con un tiempo de agitación de 15 minutos y a 100 rpm; además, para obtener el valor mínimo de turbiedad (4.98 NTU) se empleó 15 mg/L de sulfato de aluminio y 10 mg/L de *Prunus persica*, así los autores concluyeron que el coagulante natural a base de semilla natural no logró establecer como un complemento significativo al coagulante químico para la remoción de turbiedad de las aguas contaminadas del río Moche. De acuerdo a nuestra investigación se trabajó con 2 tratamientos para la remoción de la Turbiedad, en 5 Jarras de ensayo a 200 RPM y 20 minutos de agitación. En el primer tratamiento (Sulfato de Aluminio/Bioadsorbete de Naranja) se trabajó con dosis de 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 y 1:5 obteniéndose resultados para la Turbiedad en el orden de 63.4, 76.0, 87.6, 96.2 y 98.8% respectivamente, mientras que para el segundo tratamiento (Bioadsorbete de Naranja/ Sulfato de Aluminio), de igual forma con las dosis de 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 y 1:5, se alcanzó eficiencias en el orden del 78.6, 83.4, 88.5, 90.9 y 93.8% respectivamente.

VI. CONCLUSIONES

Las conclusiones que se presentan a continuación están en relación a los objetivos de esta investigación:

- 6.1 De acuerdo a nuestro primer objetivo específico se puede concluir que los niveles de los parámetros fisicoquímicos de Sólidos Suspendedos Totales, Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno y Turbiedad exceden los Límites Máximos Permisibles con concentraciones de 187.2 mg/l, 402.3 mg/l, 225.3 mg/l y 398 NTU respectivamente, mientras que la Temperatura, pH y Aceites y Grasa se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles.
- 6.2 Del segundo objetivo específico se concluye que las mejores dosis de remoción corresponden al tratamiento 1 (Sulfato de Aluminio/Bioadsorbente de Naranja), donde la dosis de 1:2 alcanzó estar por debajo del Límite Máximo Permisible para SST con un valor de 115.1 mg/l, para el caso de la Turbiedad la dosis de 1:5 llegó a estar por debajo del Límite Máximo Permisible con un valor de 4.8 NTU, y finalmente, para la DBO la dosis 1:3 logró estar por debajo del Límite Máximo Permisible con una concentración final de 82.7 mg/l.
- 6.3 Del tercer objetivo específico se concluye que las mayores eficiencias se alcanzaron con el tratamiento 1 (Sulfato de Aluminio/Bioadsorbente de Naranja) y la dosis de 1:5, así tenemos para los SST se obtuvo una eficiencia del 86.6%, para la Turbiedad de 98.8%, y para la DBO fue de 80.1%, mientras que para el tratamiento 2 (Bioadsorbente de Naranja/ Sulfato de Aluminio) con la dosis 1:5 se obtuvo para los SST una eficiencia del 85.4%, para la Turbiedad de 93.8%, y para la DBO fue igual a 71.2%.

VII. RECOMENDACIONES

- 7.1 Se recomienda aplicar la metodología desarrollada en la presente investigación para remover la Turbiedad, Solidos Suspendidos y Demanda Bioquímica de Oxígeno presente en las aguas residuales domésticas.
- 7.2 Se recomienda trabajar con concentraciones y dosis diferentes a las aplicadas en la presente investigación a fin de conocer su capacidad de remoción y eficiencia de Solidos Suspendidos, Turbiedad y Demanda Bioquímica de Oxígeno presente en los efluentes de naturaleza doméstica.
- 7.3 Se recomienda variar los parámetros de operación de Temperatura, Potencial de Hidrógenos, Tiempo de trabajo, Volumen de muestra, Numero de Revoluciones y Tiempo de sedimentación, a fin de conocer posibles variaciones en los resultados finales en el tratamiento de aguas residuales domésticas.
- 7.4 Se recomienda aplicar la presente técnica desarrollada en la presente investigación para remover otros parámetros diferentes a las utilizadas en la presente investigación como Aceites y Grasa, Demanda Química de Oxígeno, Metales Pesados y otros contaminantes inorgánicos presente en aguas residuales municipales.

VIII. REFERENCIAS

- Abboud, K. Y., da Luz, B. B., Dallazen, J. L., Werner, M. F. d. P., Cazarin, C. B. B., Maróstica Junior, M. R., et al. (2019). Gastroprotective Effect of Soluble Dietary Fibres from Yellow Passion Fruit (*Passiflora edulis* F. Flavicarpa) Peel against Ethanol-Induced Ulcer in Rats. *J. Funct. Foods*, *54*, 552–558.10.1016/j.jff.2019.02.003
- Acosta, G. y Domínguez, E. (2021). *Prunus Persica* como complemento del sulfato de aluminio en la remoción de la turbiedad presente en aguas superficiales del Río Moche – Trujillo, 2019. [Tesis para optar el Título de Ingeniero Ambiental. Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la universidad Privada del Norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/28997/Acosta%20Espino%20Gianfranco%20Jakob%20%20Dominguez%20Genove%2c%20Erick%20Manuel.pdf?sequence=11&isAllowed=y>
- Aguilar, J. (2019). Eficiencia de la cáscara de naranja pulverizada con la piedra Alumbre en el tratamiento de aguas residuales domésticas del distrito de Puente Piedra – 2019. [Tesis para optar el Título profesional de Ingeniera Ambiental. Universidad César Vallejo]. Repositorio de la Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/41146>
- Albán, D. y Barzallo, L. (2021). Evaluación de la eficiencia de un coagulante con propiedades biosorbentes a base de mashua y naranja para tratamiento de aguas superficiales. [Tesis para optar el Título de Ingeniero Químico. Universidad de Guayaquil]. Repositorio de la Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/57964/1/BINGO-IQ-21P57.pdf>
- Arenas, K. y Mamani, G. (2023). *Evaluación de la eficiencia de biofloculantes obtenidos a partir de opuntia ficus indica, hylocereus undatus, solanum tuberosum y mezcla de ellos en la mejora de la calidad de aguas destinadas para consumo humano en el distrito de*

Samegua – Moquegua [Tesis de licenciatura, Universidad Católica de Santa María].

Repositorio institucional de la Universidad Católica de Santa María.

<https://repositorio.ucsm.edu.pe/server/api/core/bitstreams/8a134feb-1916-44c7-bf8b-0c9970631e51/content>

Banco Mundial. (6 de julio de 2023). Perú puede responder a las crecientes amenazas del cambio climático, la contaminación y la creciente demanda de agua. *Banco Mundial*.

<https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2023/07/06/per-puede-responder-a-las-crecientes-amenazas-del-cambio-clim-tico-la-contaminaci-n-y-la-creciente-demanda-de-agua>

Barrios, H. (2017). Uso del polvo de moringa oleífera Lam y sulfato de aluminio como coagulante en el tratamiento de aguas residuales de la industria alimentaria, urbanización Zárate – San Juan de Lurigancho 2017. [Tesis para optar el Título profesional de Ingeniera Ambiental. Universidad César Vallejo]. Repositorio de la

Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/28337>

Cabrera, I. (2019). Formulación de una mezcla constituida por semillas de moringa (Moringa oleifera) y sulfato de aluminio, para ser usada en el proceso de coagulación-floculación en el tratamiento de agua residual. [Tesis para optar el título de Ingeniero Químico.

Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo]: Repositorio de la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo. <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/3941/BC-TES-TMP-2743.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Campbell, B. (8 de marzo de 2022). What is Coagulation for Water Treatment?. *Wastewater Digest*.

<https://www.wwdmag.com/what-is-articles/article/10940184/what-is-coagulation-for-water-treatment>

Dearmas, D. y Ramírez, L. (2015). Remoción de nutrientes mediante coagulantes naturales y químicos en planta de tratamiento de aguas residuales, Valledupar Colombia. *Dialnet*,

6 (2), 183-196. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5628793>.

Espigares, M. y Pérez, A. (2017). *Aguas residuales: composición*. Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua. https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf

Etteieb, S., Kawachi, A., Han, J., Tarhouni, J., & Isoda, H. (2015). Bioanalytical tests for assessing cytotoxicity and estrogenicity effects of treated wastewater on mammalian cell lines. *Energy Procedia*, 74, 878-885.

Environmental Water Quality Information. (2024). Biochemical oxygen demand (BOD). Ministry of Environment. https://wq.moenv.gov.tw/EWQP/en/Encyclopedia/NounDefinition/Pedia_04.aspx

Environment Agency. (19 de julio de 2021). *Domestic sewage: discharges to surface water and groundwater*. Government United Kingdom. <https://www.gov.uk/government/publications/domestic-sewage-discharges-to-surface-water-and-groundwater/domestic-sewage-discharges-to-surface-water-and-groundwater>

Fernández, Y. (2019). Comparación del biocoagulante tamarindus indica y sulfato de aluminio, en el tratamiento de Aguas Residuales. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental. Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur]. Repositorio de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/113/1/Fernandez_Yurka_Trabajo_Suficiencia_2019.pdf

Fengbai Chemicals. (s.f.). Aluminum Sulfate. Fengbai Chemicals. <https://fengbaichemicals.com/aluminum->

[sulfate/?gad_source=1&gclid=EAIaIQobChMI7_jv2vvJhAMVwWJIAB19_ggAEAA_YASAAEgI8OfD_BwE](https://www.researchgate.net/publication/373076059_Utilization_of_Natural_Coagulants_to_Reduce_Turbidity_and_Total_Dissolved_Solids_in_Domestic_Water_and_Diary_Wastewater/links/64d71e6ead846e2882895293/Utilization-of-Natural-Coagulants-to-Reduce-Turbidity-and-Total-Dissolved-Solids-in-Domestic-Water-and-Diary-Wastewater.pdf)

Glossary of Energy. (2024). Suspended Solids. Energy Glossary.

https://glossary.slb.com/en/terms/s/suspended_solids

Haritha, M. & Jacob, A. (2023). Utilization of Natural Coagulants to Reduce Turbidity and

Total Dissolved Solids in Domestic Water and Dairy Wastewater. *International Journal*

of Engineering Research & Technology, 11(2), 8-13.

[https://www.researchgate.net/profile/Haritha-M-](https://www.researchgate.net/profile/Haritha-M-Nair/publication/373076059_Utilization_of_Natural_Coagulants_to_Reduce_Turbidity_and_Total_Dissolved_Solids_in_Domestic_Water_and_Diary_Wastewater/links/64d71e6ead846e2882895293/Utilization-of-Natural-Coagulants-to-Reduce-Turbidity-and-Total-Dissolved-Solids-in-Domestic-Water-and-Diary-Wastewater.pdf)

[Nair/publication/373076059_Utilization_of_Natural_Coagulants_to_Reduce_Turbidity](https://www.researchgate.net/profile/Haritha-M-Nair/publication/373076059_Utilization_of_Natural_Coagulants_to_Reduce_Turbidity_and_Total_Dissolved_Solids_in_Domestic_Water_and_Diary_Wastewater/links/64d71e6ead846e2882895293/Utilization-of-Natural-Coagulants-to-Reduce-Turbidity-and-Total-Dissolved-Solids-in-Domestic-Water-and-Diary-Wastewater.pdf)

[y_and_Total_Dissolved_Solids_in_Domestic_Water_and_Diary_Wastewater/links/64](https://www.researchgate.net/profile/Haritha-M-Nair/publication/373076059_Utilization_of_Natural_Coagulants_to_Reduce_Turbidity_and_Total_Dissolved_Solids_in_Domestic_Water_and_Diary_Wastewater/links/64d71e6ead846e2882895293/Utilization-of-Natural-Coagulants-to-Reduce-Turbidity-and-Total-Dissolved-Solids-in-Domestic-Water-and-Diary-Wastewater.pdf)

[d71e6ead846e2882895293/Utilization-of-Natural-Coagulants-to-Reduce-Turbidity-](https://www.researchgate.net/profile/Haritha-M-Nair/publication/373076059_Utilization_of_Natural_Coagulants_to_Reduce_Turbidity_and_Total_Dissolved_Solids_in_Domestic_Water_and_Diary_Wastewater/links/64d71e6ead846e2882895293/Utilization-of-Natural-Coagulants-to-Reduce-Turbidity-and-Total-Dissolved-Solids-in-Domestic-Water-and-Diary-Wastewater.pdf)

[and-Total-Dissolved-Solids-in-Domestic-Water-and-Diary-Wastewater.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Haritha-M-Nair/publication/373076059_Utilization_of_Natural_Coagulants_to_Reduce_Turbidity_and_Total_Dissolved_Solids_in_Domestic_Water_and_Diary_Wastewater/links/64d71e6ead846e2882895293/Utilization-of-Natural-Coagulants-to-Reduce-Turbidity-and-Total-Dissolved-Solids-in-Domestic-Water-and-Diary-Wastewater.pdf)

Hendricks, D. (2016). *Fundamentals of water treatment unit processes: physical, chemical, and biological*. Crc Press.

Hirata, R., Suhogusoff, A. V., Marcellini, S. S., Villar, P. C., & Marcellini, L. (2019). A

revolução silenciosa das águas subterrâneas no Brasil: uma análise da importância do

recurso e os riscos pela falta de saneamento.

Janampa, Y. y Quiroz, M. (2021). Remoción de carga orgánica de aguas Residuales Domésticas

por el método de coagulación con sulfato de aluminio en el lugar agua de Vichi – Santa

Ana – Huancavelica. [Tesis para optar el Título de Ingeniero Ambiental y Sanitario.

Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio de la Universidad Nacional de

Huancavelica]. [https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/df0d14aa-](https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/df0d14aa-2b45-454b-a6de-37ca57b0c14c/content)

[2b45-454b-a6de-37ca57b0c14c/content](https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/df0d14aa-2b45-454b-a6de-37ca57b0c14c/content)

Garzón, W. (2021). Estudio Sobre la Combinación de Mezclas Naturales y Químicas para el

Proceso de Coagulación/Floculación en la Remoción de la Turbidez del Agua desde una Perspectiva Química en el Tratamiento del Agua. [Tesis para optar el título profesional de Químico. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD]. Repositorio de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/44813/Wgarzonmu.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

González, K., Meneses, N. y Sánchez, M. (2022). Acción conjunta de coagulantes (opuntia ficusindica - sulfato de aluminio) para la reducción de contaminantes del Agua Residual del Camal de res, distrito San Vicente – provincia de Cañete, 2022. [Tesis para optar el Título de Ingeniero Ambiental y Recursos Naturales. Universidad Nacional del Callao]. Repositorio de la Universidad Nacional del Callao. <https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/7564/TESIS%20-%20GONZALES%20-%20MENESES%20-%20SANCHEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Institute of Agriculture and natural Resources [IANFR]. (s.f.). Wastewater - What Is It.

IngoAgro. (s.f.). El cultivo de las naranjas. InfoAgro.com. <https://www.infoagro.com/citricos/naranja.htm>

Jasim, N., Azeez, J. y Shamkhi, M. (2022). A comparative study of different coagulants used in treatment of turbid wáter. *journal Open Engineering*. <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/eng-2022-0366/html>

Kumar, D. S., & Srikantaswamy, S. (2015). Evaluation of effluent quality of a sugar industry by using physico-chemical parameters. *International Journal of Advanced Research in Engineering and Applied Sciences*, 4(1), 16-25.

Lundqvist, J., Mandava, G., Lungu-Mitea, S., Lai, F. Y., & Ahrens, L. (2019). In vitro

bioanalytical evaluation of removal efficiency for bioactive chemicals in Swedish wastewater treatment plants. *Scientific reports*, 9(1), 7166.

Lu, P. y Witz, D. (2013). Colloidal Particles: Crystals, Glasses, and Gels. *Annual Review of Condensed Matter Physics*, 4, 217-233.

<https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-conmatphys-030212-184213>

Medrano, J. (2017). Influencia del tipo de coagulante, dosis de coagulante y floculante en la remoción de sólidos suspendidos, color y turbidez en los efluentes de pelambre en curtiembres. [Tesis para optar el Título de Ingeniero Ambiental. Universidad Alas Peruanas]. Repositorio de la Universidad Alas Peruanas.

https://repositorio.uap.edu.pe/jspui/bitstream/20.500.12990/1720/1/Tesis_Coagulante_Turbidez.pdf

Mora, A., Castro, C., Saldarriaga, J., García, E., y Correa, M. (2022). Aluminium recovered coagulant from water treatment sludge as an alternative for improving the primary treatment of domestic wastewater. *Journal of Cleaner Production*, 346(20).

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652622008605>

Nansubuga, I., Banadda, N., Babu, M., Verstraete, W., & Van de Wiele, T. (2013). Effect of polyaluminium chloride water treatment sludge on effluent quality of domestic wastewater treatment. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 7(4), 145-152.

Neale, P. A., Munz, N. A., Aït-Aïssa, S., Altenburger, R., Brion, F., Busch, W., ... & Hollender, J. (2017). Integrating chemical analysis and bioanalysis to evaluate the contribution of wastewater effluent on the micropollutant burden in small streams. *Science of the Total Environment*, 576, 785-795.

- Nunez, C. (25 de mayo de 2023). La contaminación del agua constituye una crisis mundial creciente. Esto es lo que hay que saber. *National Geographic*.
https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/contaminacion-del-agua#header_16579159_0
- Oré, L., Evangelista, E., Arostegui, J. Loarte, W., Oré, J. y Quispe, M. (2023). Efecto de coagulantes y floculantes en la remoción de turbidez de aguas de ríos contaminadas. *Agroindustrial Science*, 13(3), 127-134.
<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/5772/5816>
- Palacios, A. (2023). *Efecto de los agentes coagulantes y floculantes naturales en los parámetros fisicoquímicos del agua de sanguaza para harina residual en la industria pesquera* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Santa]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional del Santa.
<https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/4485>
- Radhi, A. y Borghei, M. (2017). Investigate the optimal dose for COD and TSS removal using chemical treatment. *International Journal of Computation and Applied Sciences IJOCAAS*, 3 (3), 271-277. https://www.researchgate.net/profile/Amera-Abbas/publication/322076999_Investigate_the_optimal_dose_for_COD_and_TSS_removal_using_chemical_treatment/links/5a95205245851535bcdb11d9/Investigate-the-optimal-dose-for-COD-and-TSS-removal-using-chemical-treatment.pdf
- Real Academia Española. (s.f.). Concentración. En Diccionario de la lengua española.
<https://dle.rae.es/concentraci%C3%B3n>
- Real Academia Española. (s.f.). Contaminación. En Diccionario de la lengua española.
<https://dle.rae.es/contaminaci%C3%B3n?m=form>
- Safe Drinking Water Foundation [SDWF]. (23 de enero de 2017). Conventional Water Treatment: Coagulation and Filtration. Safe Drinking Water Foundation.

<https://www.safewater.org/fact-sheets-1/2017/1/23/conventional-water-treatment>

Shaharom, M. y Adenan, S. (2019). Potential of orange peel as a coagulant for water treatment.

Infrastructure University Kuala Lumpur Research Journal, 7(1), 63-72.

https://iukl.edu.my/rmc/wp-content/uploads/sites/4/2020/12/6.-ST_Maya.pdf

Sinc. (14 de marzo de 2017). Cáscaras de cítricos para limpiar aguas contaminadas. *Sinc:*

Ciencia Contada en español. [https://www.agenciasinc.es/Noticias/Cascaras-de-](https://www.agenciasinc.es/Noticias/Cascaras-de-citricos-para-limpiar-aguas-contaminadas)

[citricos-para-limpiar-aguas-contaminadas](https://www.agenciasinc.es/Noticias/Cascaras-de-citricos-para-limpiar-aguas-contaminadas)

Tanksali, A. S. (2013). Treatment of sugar industry wastewater by upflow anaerobic sludge

blanket reactor. *International Journal of ChemTech Research*, 5(3), 1246-1253.

Tahraoui, H.; Toumi, S.; Boudoukhani, M.; Touzout, N.; Sid, A.N.E.H.; Amrane, A.; Belhadj,

A.-E.; Hadjadj, M.; Laichi, Y.; Aboumustapha, M.; et al. (2024). Evaluating the

Effectiveness of Coagulation–Flocculation Treatment Using Aluminum Sulfate on a

Polluted Surface Water Source: A Year-Long Study. *Water Supply System Reliability,*

Safety and Risk Modelling & Assessment, 16(3), 400. [https://www.mdpi.com/2073-](https://www.mdpi.com/2073-4441/16/3/400)

[4441/16/3/400](https://www.mdpi.com/2073-4441/16/3/400)

Torres, A. (2019). Comparación de la eficiencia de goma de (Caesalpinia spinosa) y Sulfato de

Aluminio para mejorar la calidad del agua del Dren 2210. [Tesis para optar el Título

profesional de Ingeniera Ambiental. Universidad César Vallejo]. Repositorio de la

Universidad César Vallejo.

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50302/Torres_SAJ-](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50302/Torres_SAJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50302/Torres_SAJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

United Nations Educational Scientific and Cultural Organization [UNESCO]. (2017). UN

World Water Development Report, Wastewater: The Untapped Resource. ReliefWeb.

<https://water.unl.edu/article/wastewater/wastewater-what-it>

<https://reliefweb.int/report/world/2017-un-world-water-development-report->

[wastewater-untapped-resource](#)

University of Wisconsin-Madison. (s.f.). *Total Suspended Solids*. University of Wisconsin-Madison. [https://fyi.extension.wisc.edu/foxdemofarms/the-basics/total-suspended-](https://fyi.extension.wisc.edu/foxdemofarms/the-basics/total-suspended-solids/)

[solids/](#)

University of Nebraska – Lincoln. <https://water.unl.edu/article/wastewater/wastewater-what-it>

Virreira, J. y Góngora, O. (2014). Caracterización fisicoquímica de las cáscaras de naranja (*Citrus sinensis* L.) y pomelo (*Citrus grandis*) para obtener bioetanol – Iquitos [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.

https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/4258/Julio_Tesis_T%c3%adtulo_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Water Science School. (5 de junio de 2018). Biochemical Oxygen Demand (BOD) and Water.

United States Geological Survey. <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/biochemical-oxygen-demand-bod-and-water#overview>

Water Science School. (6 de junio de 2018). Turbidity and Water. United States Geological

Survey. <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/turbidity-and-water#overview>

World Health Organization. (2017). Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2017 update and SDG baselines.

Wwap, U. (2017). WWAP (United Nations World Water Assessment Programme).

IX. ANEXOS

ANEXO A. Matriz de Consistencia.

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala			
<p>Problema general ¿Cómo es la remoción de Sólidos Suspendidos, Turbiedad y DBO por aplicación combinada de sulfato de aluminio y cascara de naranja como coagulantes en efluentes domésticos de la empresa LINSUMAT, 2023?</p> <p>Problemas Específicos 1. ¿Cómo será la caracterización de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas de la empresa LINSUMAT? 2. ¿Cuál es la dosis óptima combinada del sulfato de aluminio y cascara de naranja como coagulantes para la remoción de Sólidos suspendidos, Turbiedad y Turbiedad de las aguas residuales domésticas de la empresa LINSUMAT? 3. ¿Cómo es la eficiencia combinada del sulfato de aluminio y cascara de naranja para la remoción de Sólidos Suspendidos, Turbiedad y DBO de las aguas residuales domésticas de la empresa LINSUMAT?</p>	<p>Objetivo general Evaluar la remoción de los Sólidos Suspendidos, Turbiedad y DBO por aplicación combinada de Sulfato de Aluminio y cascara de Naranja en aguas residuales domésticas de la empresa LINSUMAT, 2023.</p> <p>Objetivos Específicos 1. Caracterizar los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas de la empresa LINSUMAT. 2. Estimar la dosis óptima combinada de Sulfato de Aluminio y cascara de Naranja para la remoción de Sólidos Suspendidos, Turbiedad y DBO en aguas residuales domésticas de la empresa LINSUMAT. 3. Determinar las eficiencias combinadas de Sulfato de Aluminio y cascara de Naranja en la remoción de Sólidos Suspendidos, Turbiedad y DBO en aguas residuales domésticas de la empresa LINSUMAT.</p>	<p>Hipótesis general Los niveles de Sólidos Suspendidos, Turbiedad y DBO serán removidos mediante la combinación de Sulfato de Aluminio y Cascara de Naranja de las aguas residuales domésticas de la empresa LINSUMAT, 2023.</p> <p>Hipótesis Específicos 1. Los parámetros fisicoquímicos exceden los Límites Máximos Permisibles en las aguas residuales domésticas de la empresa LINSUMAT. 2. Los niveles elevados de Sólidos Suspendidos, Turbiedad y DBO serán removidos con la dosis óptima combinada de Sulfato de Aluminio y cascara de naranja en las aguas residuales domésticas de la empresa LINSUMAT. 3. El uso combinado de Sulfato de Aluminio y cascara de naranja presentan una elevada eficiencia en la remoción de Sólidos Suspendidos, Turbiedad y DBO en las aguas residuales domésticas de la empresa LINSUMAT.</p>	<p>Variable Independiente</p>	<p>La coagulación es un proceso químico empleado para tratar aguas, en dicho proceso ocurre la desestabilización de las partículas coloidales, las cuales se originan al neutralizar las fuerzas que las mantienen separadas, esta desestabilización puede suceder gracias a que se le adiciona un coagulante, además se adiciona energía al mezclado (Cabrera, 2019).</p>	<p>El uso combinado de ambos coagulantes será evaluado en función a los factores que influyen y permiten desarrollar este proceso: tipo y cantidad de coagulante, pH del agua, tiempo de mezcla y floculación, temperatura y agitación, los cuales implican la desestabilización de las partículas coloidales, desestabilización coloidal por reducción del potencial Z y coagulación por arrastre de partículas.</p>	Coagulación	Volumen	L			
			Dosis				g				
			Tiempo				minutos				
			Velocidad				RPM				
			Tamaño de grano				mm				
			Densidad				g/cm ³				
			Concentración			%					
			<p>Variable Dependiente</p>			<p>Remoción de SST, Turbiedad y DBO</p>	<p>El tratamiento fisicoquímico permite la adición de productos químicos, que generan una alteración del estado físico de estas sustancias y permanecen por tiempo indefinido de forma estable, para convertirse en partículas susceptibles de separación por sedimentación o flotación y se puede remover del 80 al 90% de la materia total suspendida, del 40 al 70% de la DBO5 y del 30 al 40% de la DQO (Chacón y Ramos, 2019).</p>	<p>Para evaluar la remoción de SST, Turbiedad y DQO se tomará en cuenta su concentración inicial de trabajo considerado por el investigador, para luego ser sometido a un proceso de tratamiento con floculantes naturales y observar sus nuevos niveles alcanzados, asimismo, tomaremos en cuenta los niveles de eficiencia obtenidos en cada caso.</p>	Parámetros Físicoquímicos	Potencial de Hidrógeno	Unidad de pH
										Conductividad Eléctrica	uS/cm
										Sólidos Suspendidos Totales	mg/l
										Turbiedad	NTU
										DBO	mg/l
Eficiencia	%										

ANEXO B. Panel Fotográfico



Medición de parámetros Fisicoquímicos



Caracterización de Temperatura, pH, CE y TDS



Toma de muestra para análisis de la DQO



Digestión de la muestra en el reactor para análisis de la DQO



Cuantificación de la DQO en el Colorímetro



Dilución para análisis de la DBO en la muestra de agua residual



Incubación de la muestra para análisis de la DBO



Colocación del filtro para la determinación de Sólidos en Suspensión



Determinación de Sólidos en Suspensión del agua residual



Preparación del Bioadsorbente de naranja



Secado del Bioadsorbente de naranja



Trituración del Bioadsorbente de naranja



Preparación del Bioadsorbente de naranja



Tamizaje de Bioadsorbente de naranja con la malla #80



Obtención del Bioadsorbente fino



Preparación de la solución Sulfato de Aluminio



Toma de muestra para el proceso de Floculación



Toma de muestra para el proceso de Floculación



Llenado de muestras de agua residual en las Jarras del Floculador



Corrida de las muestras en el Floculador Programable



Toma de muestras finales trabajados con los Coagulantes.

ANEXO C. Mapa de Ubicación de la empresa LINSUMAT.

