

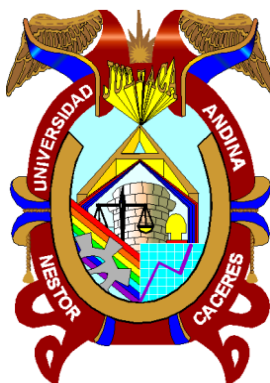


**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL**



**OPTIMIZACIÓN DEL SULFATO DE ALUMINIO PARA LA  
REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE AGUAS  
RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA PLANTA  
DE TRATAMIENTO DE MACARI**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. HEBERTH AMADOR CCAHUANA ALANOCCA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL**

**JULIACA – PERÚ**

**2024**



**UNIVERSIDAD ANDINA**  
**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL**

**OPTIMIZACIÓN DEL SULFATO DE ALUMINIO PARA LA  
REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE AGUAS  
RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA PLANTA  
DE TRATAMIENTO DE MACARI**

TESIS PRESENTADA POR:

**Bach. HEBERTH AMADOR CCAHUANA ALANOCCA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
**INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

**PRESIDENTE**

:

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

**PRIMER MIEMBRO**

:

Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

**SEGUNDO MIEMBRO**

:

M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

**ASESOR DE TESIS**

:

Dr. ARNALDO YANA TORRES

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

: SANEAMIENTO AMBIENTAL – P22



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1158-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 27 de setiembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024- 13645 presentado por el (la) Bachiller: **HEBERTH AMADOR CCAHUANA ALANOCCA** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) Bach. **HEBERTH AMADOR CCAHUANA ALANOCCA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **OPTIMIZACIÓN DEL SULFATO DE ALUMINIO PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE MACARI**, la misma que pertenece a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- \* **Presidente** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
- \* **1er Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
- \* **2do Miembro** : M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

**ARTICULO SEGUNDO.** - **RECONOCER** como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Dr. ARNALDO YANA TORRES**.

**ARTICULO TERCERO . - APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **HEBERTH AMADOR CCAHUANA ALANOCCA**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **OPTIMIZACIÓN DEL SULFATO DE ALUMINIO PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE MACARI**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**. de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : Viernes 04 de octubre del 2024
- \* **HORA** : 11:00 a.m.
- \* **LUGAR** : Aula 306 - Pabellón de Hidraulica

**ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

*[Signature]*  
Dr. WILTHON QUISPE MUÑOCA  
DECANO  
CIP: 47730

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



*[Signature]*  
Dr. Efraín Parillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
interesado (a)



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 876-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 26 de agosto del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU - 09772 por el señor (a): **HEBERTH AMADOR CCAHUANA ALANOCCA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 839- 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 047- 2024 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el señor (a): **HEBERTH AMADOR CCAHUANA ALANOCCA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **OPTIMIZACIÓN DEL SULFATO DE ALUMINIO PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE MACARI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 047- 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **OPTIMIZACIÓN DEL SULFATO DE ALUMINIO PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE MACARI**, Correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **HEBERTH AMADOR CCAHUANA ALANOCCA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **OPTIMIZACIÓN DEL SULFATO DE ALUMINIO PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE MACARI** correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**, en virtud a los considerandos expuestos.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **Mgtr. ARNALDO YANA TORRES**.

**ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

**Dr. ALFONSO QUISPE HUANCA**  
DECANO  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

**Dr. Efraim Perillo Sosa**  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
interesado (a)



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 456-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 17 de junio del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU- 6534, presentado el o (la) Bachiller **HEBERTH AMADOR CCAHUANA ALANOCCA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 465 -2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 57 -2024 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el o (la) Bachiller: **HEBERTH AMADOR CCAHUANA ALANOCCA** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **OPTIMIZACIÓN DEL SULFATO DE ALUMINIO PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE MACARI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 57 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **OPTIMIZACIÓN DEL SULFATO DE ALUMINIO PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE MACARI**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el o (la) Bachiller: **HEBERTH AMADOR CCAHUANA ALANOCCA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **OPTIMIZACIÓN DEL SULFATO DE ALUMINIO PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE MACARI** correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Mgtr. ARNALDO YANA TORRES**.

**ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MILITHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIR. 47790

cc.  
Archivo 2024  
Interesado (a)



Dr. EIRAIN ROSA  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



## OPTIMIZACIÓN DEL SULFATO DE ALUMINIO PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE MACARI

### INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS


1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	4%
2	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	1%
5	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
6	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.upagu.edu.pe Fuente de Internet	<1%



## Metadatos Complementarios

<b>Título de la tesis</b>	
OPTIMIZACIÓN DEL SULFATO DE ALUMINIO PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE MACARI	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	HEBERTH AMADOR CCAHUANA ALANOCCA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	71793653
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0008-8139-1299">https://orcid.org/0009-0008-8139-1299</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0002-6740-5024">https://orcid.org/0000-0002-6740-5024</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHOMA PERALES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01323821



<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	Saneamiento Ambiental – P22
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p><b>País:</b> Perú  <b>Departamento:</b> Puno  <b>Provincia:</b> Melgar  <b>Distrito:</b> Macari  <b>Coordenadas:</b>  <b>Latitud:</b> 14°46'04"S  <b>Longitud:</b> 70°53'33"O</p> <p><b>URL Maps:</b></p> <p><a href="https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1y68mb7LY0ma4aAxr6ZHbvfsFRwypC90&amp;usp=sharing">https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1y68mb7LY0ma4aAxr6ZHbvfsFRwypC90&amp;usp=sharing</a></p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Junio 2024 – Setiembre 2024
URL de disciplinas OCDE <a href="https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html">https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html</a> - Librería	<p><b>Ingeniería ambiental</b>  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00</a></p> <p><b>Ciencias del medio ambiente</b>  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08</a></p>

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
DIRECTOR  
Dr. Efraín Parillo Sosa  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN



**DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD**

Yo HEBERTH AMADOR CCAHUANA ALANOCCA, identificado con DNI Nro. 71793653, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación,  Trabajo Académico denominada:

“ OPTIMIZACIÓN DEL SULFATO DE ALUMINIO PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE MACARI ”

Asesorado por: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 30 de OCTUBRE del 2024

  
Firma del Asesor

  
Firma del Estudiante

  
Huella



## DEDICATORIA

Primero a Dios, por todas las bendiciones e iluminar mi camino, permitiéndome llegar hasta esta etapa de cumplir con mis objetivos y metas del presente trabajo de investigación ha concluido plazeramente.

A mis queridos padres: Valentín y Julia Rosa por su amor incondicional y apoyo, por el compromiso firme en apoyarme en las buenas y malas, a mis hermanos Yerson y Frank el motivo de mi gran satisfacción al alcanzar mi objetivo radica en la confianza constante que han depositado en mi.

A mi querida esposa Dina Verónica por todo el amor, apoyo y motivación que siempre me brindo. Gracias por todo.

*HEBERTH AMADOR CCAHUANA ALANOCCA*



## AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios, por ser mi guía, escudo y fortaleza de llegar hasta esta etapa de mi vida, cumpliendo todos los objetivos y metas.

A mis queridos padres Valentín y Julia Rosa, a mis hermanos, a mi querida esposa, por los consejos que me brinda por apoyarme en el financiamiento del proyecto y por compartir todos mis éxitos.

Agradezco de manera particular a mi asesor Dr. Arnaldo Yana Torres por su compromiso y asesoramiento.

De manera muy especial agradezco a la ingeniera Karen Kelly Quispe Quispe por su invaluable apoyo, amistad y orientación durante la realización de este trabajo.

*HEBERTH AMADOR CCAHUANA ALANOCCA*



## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURA.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	xii

### CAPITULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problemas específicos.....	2
1.3. Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Justificación del estudio.....	3
1.5. Hipótesis.....	4



1.5.1.	Hipótesis general.....	4
1.5.2.	Hipótesis específicas .....	4
1.6.	Variables .....	4
1.6.1.	Variable independiente .....	4
1.6.2.	Variables dependientes .....	4
1.7.	Operacionalización de variables .....	5

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes del estudio.....	6
2.1.1.	Antecedentes internacionales.....	6
2.1.2.	Antecedentes nacionales .....	8
2.1.3.	Antecedente regional .....	10
2.2.	Marco teórico .....	11
2.2.1.	Aguas residuales .....	11
2.2.2.	Aguas residuales domésticas.....	11
2.2.3.	Características de las aguas residuales domesticas.....	12
2.2.4.	Tratamiento de aguas residuales .....	14
2.2.5.	Medición de la materia orgánica.....	14
2.2.6.	Proceso de coagulación y floculación.....	15
2.2.7.	Factores que influyen en el proceso de coagulación.....	19
2.2.8.	Floculación.....	21



2.2.9. Sulfato de aluminio .....	22
2.2.10. Prueba de jarras .....	23
2.3. Marco conceptual .....	25

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación .....	27
3.2. Diseño de investigación .....	27
3.3. Diseño estadístico.....	28
3.4. Lugar de estudio.....	28
3.5. Población.....	29
3.6. Muestra.....	29
3.7. Técnicas para la recolección de datos e instrumentos.....	30
3.8. Materiales y equipos .....	30
3.9. Procedimiento Metodológico .....	31

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Resultados .....	36
4.1.1. Objetivo 1: Evaluar la concentración de la materia orgánica de aguas residuales domésticas de la PTAR de Macari .....	36
4.1.2. Objetivo 2: Determinar la dosis optima del sulfato de aluminio para la remoción de la materia orgánica de aguas residuales domésticas en la PTAR de Macari	39



4.1.3. Objetivo 3: Evaluar el porcentaje de remoción de la materia orgánica de aguas residuales domésticas de la PTAR de Macari.....	45
4.1.4. Resultado del análisis estadístico.....	49
4.2. Discusión.....	56
CONCLUSIONES.....	58
RECOMENDACIONES.....	59
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
ANEXOS.....	66



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> Operacionalización de variables .....	5
<b>Tabla 2</b> Métodos estandarizados para los análisis parámetros .....	32
<b>Tabla 3</b> Dosis para cada muestra .....	33
<b>Tabla 4</b> Coagulación y floculación .....	33
<b>Tabla 5</b> Caracterización inicial .....	36
<b>Tabla 6</b> Resultado del tratamiento de DBO .....	39
<b>Tabla 7</b> Resultado de tratamiento de DQO .....	41
<b>Tabla 8</b> Resultado de la réplica del tratamiento de DBO. ....	42
<b>Tabla 9</b> Resultado de la réplica de tratamiento de la DQO .....	44
<b>Tabla 10</b> Promedio de los tratamientos de la materia orgánica .....	45
<b>Tabla 11</b> Promedio de los tratamientos de la materia orgánica .....	46
<b>Tabla 12</b> Porcentaje de remoción DBO .....	47
<b>Tabla 13</b> Porcentaje de remoción DQO .....	48
<b>Tabla 14</b> Resumen del modelo: dosis sulfato de aluminio y concentración DBO de aguas residuales. ....	50
<b>Tabla 15</b> Análisis de ANOVA, para evaluar el Impacto de la dosis de Sulfato de Aluminio en la DBO .....	50
<b>Tabla 16</b> Coeficientes de la ecuación de regresión cuadrática para la DBO en función de la dosis de sulfato de aluminio .....	51



<b>Tabla 17</b> Resumen del modelo: dosis sulfato de aluminio y concentración DQO de aguas residuales. ....	53
<b>Tabla 18</b> Análisis de ANOVA, para evaluar el Impacto de la dosis de Sulfato de Aluminio en la DQO.....	54
<b>Tabla 19</b> Coeficientes de la ecuación de regresión cuadrática para la DQO en función de la dosis de sulfato de aluminio .....	55



## ÍNDICE DE FIGURA

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> La adición de coagulante y el efecto en los coloides .....	16
<b>Figura 2</b> Ubicación de punto de la toma de muestra .....	29
<b>Figura 3</b> Toma de muestra.....	31
<b>Figura 4</b> Tiramiento por coagulación – floculación .....	34
<b>Figura 5</b> Valores de la concentración inicial de la DBO .....	37
<b>Figura 6</b> Valores de la concentración inicial de la DQO.....	38
<b>Figura 7</b> Comportamiento en el tratamiento de demanda bioquímica de oxígeno con sulfato de aluminio .....	40
<b>Figura 8</b> Comportamiento de demanda química de oxígeno.....	41
<b>Figura 9</b> Comportamiento de la demanda bioquímica de oxígeno con sulfato de aluminio .....	43
<b>Figura 10</b> Comportamiento de la demanda química de oxígeno.....	44
<b>Figura 11</b> Porcentaje de remoción DBO5 .....	47
<b>Figura 12</b> Porcentaje de remoción DQO .....	49
<b>Figura 13</b> Relación entre la dosis de coagulante y la DBO .....	52
<b>Figura 14</b> Relación entre la dosis de coagulante y la DQO.....	56



## RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo principal optimizar el sulfato de aluminio para la remoción de materia orgánica en aguas residuales domésticas, en el distrito de Macari en la planta de tratamiento, actualmente no tiene un tratamiento apropiado ocasionando contaminación a las agua superficiales y suelos, por el vertimiento de aguas residuales, a raíz de ello se plantea realizar un tratamiento donde se aplica la metodología; tipo aplicativo con el enfoque cuantitativo-experimental, con este fin, se efectuó la caracterización inicial donde obtiene concentraciones de DBO de 380 mg/l y DQO de 736.5 mg/l, a un pH de 14.4 y temperatura de 7.75 °C. Para lo cual se realizó el tratamiento con sulfato de aluminio aplicando las siguientes dosis 0.6, 0.8, 1, 1.5 g., en donde la mayor remoción se encontró a 1 g. y 1.5 g obteniendo una DBO5 a 92.5 mg/l y DQO a 132.5 mg/l. Por último, se obtiene con el porcentaje de remoción de DBO5 con 75.7% y en DQO con 82.01 %. se concluye que el sulfato de aluminio es eficiente para este tipo de tratamiento.

**Palabras claves:** Agua residual, materia orgánica, optimización, sulfato de aluminio



## ABSTRACT

The foremost objective of the current survey is to optimize aluminum sulfate for the withdrawal of organic matter in household wastewater, in the Macari district in the treatment plant, which currently does not have an adequate treatment, causing infection to surface water and soil, therefore the dumping of wastewater, as a result of which a treatment is proposed where the methodology is applying; application type with the quantitative-experimental approach, for this the first characterization was transported out where BOD concentrations of 380 mg/l and COD of 736.5 mg/l was gained, at a pH of 14.4 and temperature of 7.75 °C. For which the therapy with aluminum sulfate was transported out applying the following doses 0.6, 0.8, 1, 1.5 g., where the greatest removal was found at 1 g. and 1.5 g obtaining a BOD5 of 92.5 mg/l and COD of 132.5 mg/l. Finally, it is obtained with the removal percentage of BOD5 with 75.7% and COD with 82.01%. It is complete that aluminum sulfate is efficient for this type of treatment.

**Keywords:** Wastewater, organic matter, optimization, aluminum sulfate



## INTRODUCCIÓN

Las descargas de aguas residuales de origen residencial son una combinación de diversos tipos de efluentes domésticos procedentes de sistemas sanitarios en edificios comerciales y plantas industriales. El agua no tratada a menudo contiene altos contenidos de materia orgánica, una extensa variedad de microorganismos nocivos, los cuales suponen un peligro para el ecosistema. (Laurente, 2024).

Los procesos de coagulación y floculación consisten en la desestabilización de partículas suspendidas, provocando colisión, adherencia, aumento de tamaño y aglomeración entre ellas, la densidad aumenta provocando sedimentación, una vez partículas y se puede eliminar fácilmente. El sulfato de aluminio además de otras, se utiliza la coagulación mediante el empleo de compuestos químicos, específicamente sales de Al(III) o Fe(III) comúnmente utilizado para eliminar eficazmente parámetros como la turbidez, la DBO, DQO y SST que figuran sustancias y sedimentos en aguas residuales (Mojica, 2017). La planta de tratamiento de Macari que actualmente no tiene un procedimiento correcto causando contaminación en las aguas superficiales y terrenos por las descargas de aguas usadas, es por esa razón que se propone llevar a cabo un proceso viable y eficazmente,

Los capítulos están conformados por: capítulo I; abarca todos los aspectos de la pregunta de investigación, las definiciones del problema, los objetivos del estudio y su justificación., capítulo II; se detalla el entorno, los fundamentos teóricos y las variables. Capítulo III; En la metodología se describe la planificación de la investigación, la metodología y el debido al mayor uso del agua en varios segmentos de la sociedad. Finalmente, en el capítulo IV; se detallan los resultados y la discusión. Asimismo, se mencionan las fuentes bibliográficas y los anexos, revelando las conclusiones y sugerencias.



## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Análisis de la situación problemática

En América Latina, numerosas corrientes son receptores de vertidos directos de desechos domésticos e industriales. Cuentan con servicios de recolección de aguas residuales, presentando una amplia disparidad entre naciones; la mayoría de las aguas servidas no han sido procesadas indica (Reynolds, 2002). El autor menciona que, para el manejo de las aguas depuradas, los gobiernos tanto estatales como municipales tiene en funcionamiento plantas de tratamiento de agua, esto se debe a las economías de escala que promueven la unificación de los flujos de aguas residuales. (Cuenca, 2012)

Según al Plan Nacional de Saneamiento Urbano y Rural 2006-2015, apenas el 30% de los fondos públicos destinados al tratamiento de agua se ha llevado a cabo en Perú (Larios-Meño, 2015). De acuerdo a la OMS, la polución del agua se manifiesta en los estratos primario, secundario y terciario de las fuentes hídricas. Los agentes contaminantes Pueden tener un origen orgánico o inorgánico, poniendo en peligro a la salud pública. Asimismo, una de las inquietudes más relevantes medioambientales. de nuestro país de la contaminación del agua; son las aguas depuradas sin tratamiento por humanos o si el sistema de tratamiento



no es el adecuado, con sistemas deficientes el mismo que se requiere ser evaluado indica (Franco, 2014).

Sobre la posibilidad de que las provincias de las regiones de Puno se centran en determinar la repercusión de dichos vertidos en cuerpos acuáticos, dado que las estaciones de purificación de aguas tratadas no funcionan correctamente, debido al colapso de sus sistemas de tratamiento, situación que requiere una verificación para la acción de la busca de mitigar los efectos nocivos de la contaminación en este importante recurso hídrico (Ricardo, 2024). Las aguas depuradas de la planta de tratamiento en la actualidad no satisfacen los niveles de eliminación adecuados, por falta de mantenimiento y debido a que la cantidad de aguas servidas tratadas ha excedido su capacidad de diseño. Adicionalmente, parte de la comunidad conectada a la red de alcantarillado experimenta situaciones frágiles de roturas y obstrucciones, producto de la infiltración de sedimentos y otros residuos contaminantes que impactan la calidad natural del ecosistema receptor (Rivas, 2010). La situación de Macari cuenta una estación de depuración de aguas residuales, según investigaciones previas, no opera de manera óptima, ya sea por deficiencias en la gestión, formación del personal y por la negligencia de las autoridades municipales. A causa de lo mencionado se pretendió realizar el tratamiento dando las siguientes preguntas de investigativas:

## **1.2. Planteamiento del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cómo será la optimización del sulfato de aluminio para la remoción de materia orgánica en aguas residuales domesticas de la PTAR de Macari?

### **1.2.2. Problemas específicos**

1. ¿Cuál será la concentración de la materia orgánica que contiene el agua residual



doméstica de la PTAR de Macari?

2. ¿Qué dosis óptima removerá la materia orgánica con el sulfato de aluminio de aguas residuales domésticas en la PTAR de Macari?
3. ¿Qué porcentaje de remoción presentará la materia orgánica de aguas residuales domésticas de la PTAR de Macari?

### **1.3. Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Optimizar el sulfato de aluminio para la remoción de materia orgánica en aguas residuales domésticas de la PTAR de Macari

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

1. Evaluar la concentración de la materia orgánica de aguas residuales domésticas de la PTAR de Macari.
2. Determinar la dosis óptima del sulfato de aluminio para la remoción de la materia orgánica de aguas residuales domésticas en la PTAR de Macari.
3. Evaluar el porcentaje de remoción de la materia orgánica de aguas residuales domésticas de la PTAR de Macari.

### **1.4. Justificación del estudio**

El proyecto de investigación se justifica por que preocupa la formación de las aguas depuradas domésticas, es a efecto de la creación de aguas polucionadas que representa un dilema, que adquiere mayor importancia por el aumento de las poblaciones urbanas. Con el fin de procesar las aguas depuradas domésticas se requiere un tratamiento para ser reutilizados, y de igual manera para salvaguardar la salud colectiva y conservando el medio ambiente en el cual estas aguas sean depositadas con la reducción de contaminantes.



El objetivo central de este estudio es eliminar la materia orgánica en aguas depurada de la planta de tratamiento doméstico. de Macari. Uno de los principales desafíos que afecta a nuestra región de Puno, por el inadecuado y poca responsabilidad de tratamiento en aguas depuradas de las plantas de depuración, una de ellas es la PTAR de Macarí, que en tiempos de lluvia colapsa el agua residual, lo cual se vierte al recurso hídrico del río en curso.

## **1.5. Hipótesis**

### **1.5.1. Hipótesis general**

El sulfato de aluminio permitirá optimizar la remoción de la materia orgánica en aguas residuales domésticas de la PTAR de Macari

### **1.5.2. Hipótesis específicas**

1. La materia orgánica que contiene el agua residual doméstica de la PTAR de Macari se encuentra con concentraciones elevadas.
2. La dosis óptima de sulfato de aluminio ayudará notablemente en la remoción de la materia orgánica de las aguas residuales domésticas en la PTAR de Macari
3. El porcentaje de remoción de la materia orgánica de agua residual doméstica de la PTAR de Macari será mayor al 50%

## **1.6. Variables**

### **1.6.1. Variable independiente**

Optimización del sulfato de Aluminio

### **1.6.2. Variables dependientes**

Remoción de Materia orgánica (DQO y DBO)



## 1.7. Operacionalización de variables

**Tabla 1**

*Operacionalización de variables*

VARIABLES	DIMENSIÓN DE ANÁLISIS	INDICADORES	UNIDAD
<b>Variable Independiente</b>			
Optimización del sulfato de aluminio	Dosis de sulfato de aluminio	0.6, 0.8, 1, 1.5	g.
<b>Variable Dependiente</b>			
Remoción de la materia orgánica	Parámetro	DBO y DQO	mg/L



## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes del estudio

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Mojica (2017) en su investigación buscó mejorar el rendimiento del cloruro férrico y el sulfato de aluminio como agentes floculantes en la reducción de materia orgánica en aguas depuradas. Se evaluó la efectividad de la coagulación y floculación en aguas servidas urbanas con un elevado nivel de materia orgánica determinado. La DQO, los SST y la biomasa de algas como parámetros indicadores en muestras de aguas depuradas domésticas antes y seguido del tratamiento. Con el resultado de eliminación de sulfato de aluminio fue alcanzada a 76.35% de DQO, 88.46% SST y 90.33% algas y  $FeCl_3$  elimino el 77.14%DQO, 91.04% SST, 96.23% algas. Por tanto, se puede inferir que el coagulante más eficaz para erradicar los compuestos orgánicos de las aguas depuradas municipales estudiadas fue  $FeCl_3$ , dado que el  $Al_2(SO_4)_3$  tuvo un buen comportamiento.

Pastrana et, al. (2022) en el contexto de esta investigación fue analizar la eficacia en la remoción de turbidez y color de una combinación coagulante de polvo de *Crotalaria longirostrata* y sulfato de aluminio en comparación con el uso exclusivo de sulfato de



aluminio. Se analizó la cantidad ideal de sulfato de aluminio de uso comercial, así como las combinaciones de agentes coagulantes de origen natural a base de polvo de *C. longirostrata* y sulfato de aluminio (procesos) que logran el máximo descenso de turbidez y color (variables de respuesta) en aguas residuales domésticas. Se hizo uso de un instrumento de pruebas con jarras de una marca específica con el fin de establecer las cantidades ideales de coagulantes. Se utilizó un turbidímetro para medir la turbidez y color. Se siguió un diseño aleatorio completo con un solo factor y se realizó una prueba de ANOVA, complementada con un test de Tukey para contrastes múltiples para determinar discrepancias estadísticamente significativas en la eliminación de turbidez y tonalidad entre los diferentes tratamientos. La combinación de polvo de *C. longirostrata* y sulfato de aluminio (75 mg/L de polvo + 175 mg/L de sulfato) logró una mayor eficiencia que la dosis tradicional de sulfato de aluminio (250 mg/L), lo que sugiere que esta combinación puede ser más efectiva con reducciones del 83.4% en turbidez y 64.9% en color respectivamente. Estos resultados permitieron bajar en un 30.0% la cantidad de sulfato de aluminio utilizado. La incorporación del polvo de *C. longirostrata* para mejorar la eliminación de turbidez y color no tiene consecuencias nocivas, ya que se trata de una planta comestible.

Sánchez & Unda (2020) en su estudio realizaron una investigación en el cual tomaron diferentes aspectos del agua residual, estos parámetros fueron DQO, DBO5 y SST, con coagulantes que demostraron su efectividad en la depuración de aguas usadas domésticas, examinando la competencia de eliminar contaminantes de cada uno de los agentes coagulantes. Se optó por utilizar los coagulantes  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $FeCl_3$  y PAC debido a que mostraron los resultados más favorables en la eliminación de los contaminantes de DQO y SST. Obteniendo como resultado en las eliminaciones de 78% y 94% para la DQO y SST con el coagulante que dio el mejor efecto fue el policloruro de aluminio y asombrosa



decantación de material orgánico y en suspensión a dosis reducidas dentro del rango de 30 mg/l a 35 mg/l.

### 2.1.2. *Antecedentes nacionales*

Huamán (2023), en su estudio la caracterización que realizó, obtenido con concentraciones elevadas de 392.75 mg/L de DQO y 210.9 mg/L DBO, de acuerdo con el D.S. N° 003-2010 sobrepasan los LMP. En esta investigación inicialmente se buscó eliminar una cantidad significativa de materia orgánica mejorada utilizando sulfato de aluminio de manera óptima, con el método de la prueba de jarras, usando diversas manifestaciones que van desde 0.5% hasta 2.5% de  $Al_2(SO_4)_3$  y cantidades de 10 ml hasta 50 ml para determinar la mejor eficacia en la erradicación de la DQO y DBO, y llegando a los resultados definitivos. con dosis optima de concentración al 1% y 50 ml, obteniendo el PH de 6.5, para lo cual está dentro de la norma establecida de los LMP para vertimientos de efluentes domésticos, para la DQO y DBO alcanzando 85.7 y 87.9 %.

Janampa & Quiroz (2021) en su trabajo tuvo el propósito de evaluar la acción coagulante del sulfato de aluminio en los niveles de DBO, DQO y pH en la eliminación de materia orgánica de aguas depuradas. Dichas aguas son liberadas al río Ichu sin ningún pretratamiento Se ejecutó el ensayo de vasos de precipitados para identificar la dosis ideal de coagulante con el mayor nivel de eliminación de la carga contaminante, ejecutaron el muestreo para el respectivo análisis enviándolo al laboratorio de los indicadores como DBO5, DQO, Nivel de Turbidez, pH y Temperatura, como también la toma muestra de agua depuradas de 30 L destinado a llevar a cabo la prueba de coagulación en jarras en las instalaciones del laboratorio EMAPA. Una vez completada la prueba de jarras con la dosis ideal de 100 mg/L y 120 mg/L Obteniendo mayor porcentaje de remoción, con el fin de calcular la efectividad en la eliminación los resultados revelaron que la eficacia fue del



71.17% para la Turbidez, del 73.78% para la DBO5 y del 66.26% para la DQO, con una temperatura de 14 °C y un pH de 7.5

Jaime (2023) durante la investigación se evidenció que en la fase primaria del tratamiento de aguas depuradas se aplican los procedimientos de coagulación y floculación, los cuales tienen como objetivo minimizar la turbidez a través del empleo de sustancias químicas clasificados como coagulantes. Con el objetivo de su trabajo de investigación da a conocer la efectividad del uso de sulfato de aluminio como coagulante químico y producto orgánico de la corteza de la naranja *Citrus sinensis* para estudiar las alteraciones en el pH y la temperatura; y comprende que la turbidez y la DQO reducen en comparación con la concentración inicial. El enfoque que creado fue para apoyar en tres pruebas experimentales llevadas a cabo con varios tipos de coagulantes en cinco recipientes en los cuales la concentración y dosificación de alumbre y cascara de naranja fueron de 0,5%, 1%, 1.5%, 2% y el 2.5% individualmente. Los hallazgos indicaron que la dosis de reducción de turbidez del 0.5% alcanzó una eficacia del 93.9%, mientras que la dosis ideal de reducción de DQO del 1% logró una eficacia del 89.7% utilizando sulfato de aluminio como coagulante, se determina la cantidad ideal para eliminar la turbidez es del 2.5%, logrando un 60.4% de eficiencia, y para la DQO, la cantidad óptima se establece en un 2.5% logrando un 59.1% de eficiencia con la piel de naranja. Si bien cierto que se ha demostrado que la corteza de naranja es súper importante como coagulante en la eliminación de material orgánico, su eficacia no alcanza la del sulfato de aluminio en el momento en que se trabaja con la misma dosis.

Laurente (2024) durante su investigación llevada a cabo para verificar la eficacia del sistema de floculación-coagulación y adsorción en la depuración de elementos físicos y químicos presentes en aguas depuradas domésticas a nivel experimental. Utilizo un método cuantitativo, la población estaba compuesta por aguas depuradas sintéticas producidas en un laboratorio. Luego de realizar el análisis, se completó la caracterización inicial y resultó en



DQO 501.7 mg/l, DBO<sub>5</sub> 275.9mg/l y SST 4065 mg/l excediendo los LMP establecido de la norma técnica de DS 003-2010-MINAM. Para el sistema de prueba de jarras de coagulación y floculación, llevo a cabo experimentos con volúmenes de sulfato de aluminio de 1g, 1.5g y 2g con el fin de encontrar la dosis ideal para su máxima eliminación de DQO, DBO y SST en la cual la mejor respuesta en DQO se alcanzó con la cantidad de 1.5 g de sulfato de aluminio. alcanzados a 58.56%, DBO<sub>5</sub> 59.66%, SST 76.26%, por consiguiente, el sistema de coagulación-floculación combinado con la adsorción operó con diferentes niveles de pH de 5, 6 y 7 y variando la dosis de la cascara de papa de 1g, 1.5 g y 2g, con pH de 5 y 2 obteniendo el mayor nivel de eliminación de DQO, con un porcentaje del 84.01%, en relación con la DBO<sub>5</sub> de 85.58% y para SST de 97.83%. Además, el valor final de DQO de 80.3 mg/l, DBO<sub>5</sub> de 39.9 mg/l y SST de 87.8 ml/l, valores inferiores a la LMP. Por lo tanto, se recomienda el uso de sistemas de adsorción por coagulación- floculación a la hora de eliminar impurezas fisicoquímicas en aguas residuales domésticas.

### **2.1.3. Antecedente regional**

Castellanos & Mamani (2020) en el estudio se propusieron optimizar el tratamiento de aguas depuradas en las pozas de tratamiento por oxidación/estabilización ubicadas en el sector Makuraya, provincia de Moho, se efectuó una investigación en etapa pre experimental en la que tomaron 5 litros de efluentes de la laguna sometidos a un proceso de depuración, mediante el uso de herramientas de investigación como la observación guiada y un análisis de documentos. Los resultados se dieron con porcentajes altos de remoción son SST (96.56%), DBO (96.28%), y DQO (94.94%), con PH (6.99) en conformidad con las normas aplicables, en el caso de un litro de agua depurada se aplicaron 40 ml de sulfato de aluminio con agitación por un lapso de 5 minutos. Por lo cual, los investigadores evidenciaron que la laguna solo utiliza una etapa inicial de tratamiento ocasionando consecuencias adversas en el entorno, ocasionadas por la acumulación de desechos sólidos, tras analizar la degradación



del suelo, la contaminación del agua, entre otros aspectos, se llegó a la conclusión de que el sulfato de aluminio empleado con propósitos de coagulación fue efectivo en el tratamiento de aguas desechadas al utilizar 40 ml por cada litro de agua depurada.

## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1. Aguas residuales**

La contaminación hídrica representa uno de los factores cruciales que interrumpen la simbiosis entre la humanidad y el entorno tanto a corto, mediano como a futuro; por eso, es esencial prevenir y combatir este fenómeno, que es relevante en la actualidad una prioridad necesaria. (Cruz, 2008)

La generación de aguas desechadas esta abiertamente asociada con los habitantes, para esto, la generación de aguas desechadas va incrementando simultáneamente la población en el mundo. Por lo tanto, esta población puede estar concentrada en áreas urbana o áreas rurales. Las aguas servidas se clasifican en dos categorías basadas en su procedencia: aguas residuales urbanas e industriales. Inicialmente, provienen de establecimientos comerciales, instituciones educativas y viviendas tanto en áreas urbanas como rurales (Cortines, 2018).

Algunos contaminantes principales en el agua depuradas están en la siguiente categoría; nitrógeno, fósforo, microorganismos nocivos, metales pesados y compuestos orgánicos traza. Los microorganismos nocivos comprenden bacterias, virus, protozoos y helmintos.

### **2.2.2. Aguas residuales domésticas**

Hacen referencia a aquellas que surgen en entornos residenciales y comerciales, que comprenden desechos orgánicos y otros que se deriven de la acción del ser humano, los cuales requieren una gestión apropiada (Chávez, 2023).

Las aguas servidas domésticas se componen de materiales suspendidos y disueltos orgánicos e inorgánicos que, en función del tipo de componente, se dividen en: a) convencionales (sólidos en suspensión y coloidales, material orgánico carbonáceo, nutrientes y microorganismos patógenos), b) No tradicionales (materia orgánica refractaria, compuestos orgánicos volátiles, agentes de superficie, metales, sólidos en solución) y c) emergentes (medicamentos, agentes de limpieza, antibióticos para animales, compuestos sintéticos y humanos, etc.). Los no tradicionales y los emergentes logran detectarse en las aguas depurada, por la presencia predominante infraestructuras de saneamiento mixtos y su potencial y a la probable combinación con aguas depuradas industriales. (Torres, 2012)

### **2.2.3. Características de las aguas residuales domesticas**

Los desechos líquidos de origen doméstico se identifican por su conformación:

#### **2.2.3.1. Parámetros físicos**

- **Temperatura**

Este constituye uno de los elementos físicos más relevantes del agua, ya que con frecuencia repercute en el retraso o evolución de la bioactividad, la asimilación de oxígeno, la sedimentación de compuestos, la creación de sedimentos, el tratamiento y mezcla, las fases de aglutinación, sedimentación y filtrado. (Zavala, 2019). Los desechos líquidos de origen doméstico desprenden energía, lo que provoca una temperatura más elevada que la del agua limpia, también influida por la posición de la PTAR. Se trata de un aspecto bastante constante. (Cadillo, 2017).

#### **2.2.3.2. Parámetros químicos**

- **pH**

El pH es un elemento crucial en los procesos de cambio químico y biológico, por lo que monitorear su comportamiento en el tiempo es fundamental (López, 2017).



Para que el agua sin depurar sea bebible, su valor de pH óptimo, la fase de coagulación debe ser dentro del intervalo de 6,5 a 8,0. Cada coagulante químico en el que se disuelve, el cual oscila entre 5,5 y 8,0 para el alumbrado de grado industrial B. si el pH no está dentro de este rango, se hace el ajuste agregando un compuesto básico como cal o soda cáustica, o mediante la inclusión de ácido clorhídrico o sulfúrico (Leones, 2018).

- **DQO.**

Se refiere a la cantidad de oxígeno requerida para oxidar compuestos orgánicos e inorgánicos halladas en el agua, medida en mg/l. La DQO siempre es mayor que la DBO5 debido a que muchos compuestos orgánicos pueden oxidarse de forma química pero no biológica, incluyendo carbohidratos, proteínas, grasas y cosas como hierro, nitritos, amoníaco, sulfuros y cloruros.. Consecuentemente, constituye una medida que indica el grado de impurezas orgánicas en el agua de desecho, constituyendo un parámetro clave a monitorear y ofreciendo una evaluación realista de la toxicidad de dichas aguas residuales. En otras palabras, una alta concentración de DQO señala la predominancia de contaminantes orgánicos no biodegradables. (Zavala, 2019).

- **DBO5**

La medida más convencional para cuantificar la contaminación orgánica en aguas depuradas y superficiales es la DBO de 5 días. Esta medición indica la cantidad de oxígeno disuelto consumido por los microorganismos. en el proceso de oxidación bioquímica de sustancias orgánicas biodegradables. La evaluación de la DBO es el proceso de purificación del agua depuradas y en el control técnico del estado del

agua, ya que se emplea para estimar el requerimiento de oxígeno para la oxidación biológica de materia orgánica. (Carpio, 2016).

#### **2.2.4. Tratamiento de aguas residuales**

Los tratamientos de purificación de aguas depuradas son cruciales para la sociedad porque garantizan el estado del agua para múltiples usos. Cada población podría cumplir con una necesidad fundamental para la existencia si estos se aplican correctamente. La purificación del agua es una de las fases más cruciales. Cruciales del proceso de tratamiento debido a que permite eliminar los contaminantes en suspensión de la naturaleza coloidal. Para alcanzar la clarificación, se necesitan elementos de coagulación y sus apoyos que eliminan una extensa cantidad de partículas suspendidas, con fluctuaciones alrededor del 80% y el 90%, este proceso es coagulación y floculación (Santamaría, 2018).

#### **2.2.5. Medición de la materia orgánica**

La evaluación de la materia orgánica implica la consideración de varios factores, cada uno de los cuales no es necesariamente comparable con los demás, ya que cada uno tiene una medida específica, a diferencia de la MO presente en los mismos desechos. Uno de los factores más comunes:

**DBO:** Hace referencia al volumen de oxígeno empleado cuando algo se oxida biológica de la materia orgánica a 20 °C en un intervalo de tiempo específico

La evaluación de este indicador refleja la cantidad de material orgánico que un grupo de bacterias puede descomponer en una muestra de agua. Incluye la comparación entre el nivel inicial de OD en la muestra y el OD presente en una muestra similar después en un plazo de incubación de 5 días (tiempo estándar para la digestión bacteriana de la MO en la muestra), lo que resulta en la DBO a los 5 días, manifestada en miligramos de OD por litro (mg O<sub>2</sub>/L). Cuando efluentes con alta DBO se vierten en una masa de agua, las bacterias y

otros microorganismos encuentran una fuente abundante de alimento, lo que conlleva a una reproducción acelerada. Las bacterias utilizan el nivel de oxígeno presente en el agua. En caso de que la DBO del vertido sea elevada o el cuerpo receptor no logra diluirla adecuadamente, el nivel de OD disminuirá, disminuye, provocando la anoxia y muerte de los peces y otros seres acuáticos. (Jaime, 2023).

**DQO:** Corresponde el volumen de oxígeno esencial para la reacción con oxígeno de contaminantes (tanto de procedencia orgánica como inorgánica) a través de procesos químicos (Jaime, 2023).

### **2.2.6. Proceso de coagulación y floculación**

Debido al apartamiento de los sólidos en el agua mediante decantación. La aglutinación - floculación es el proceso físico más relevante, este da como resultado la transparencia del líquido (Quispe, 2020).

#### **A. La coagulación**

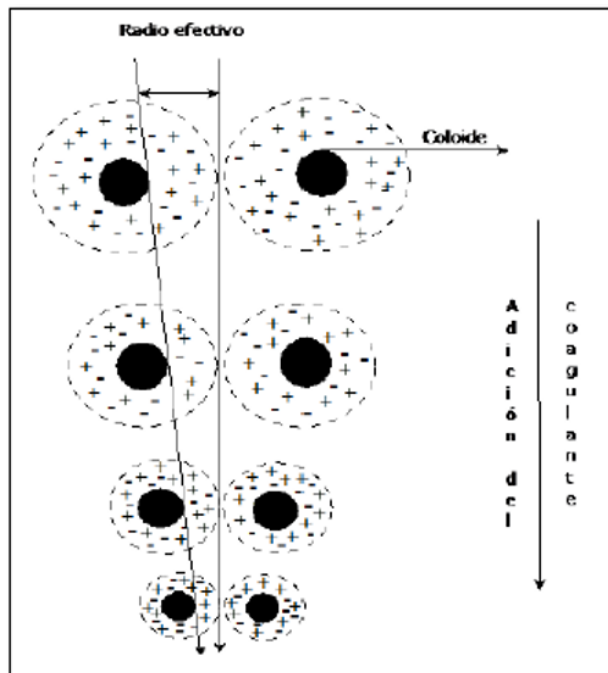
La aglutinación es el procedimiento más efectivo, aunque su ejecución deficiente puede resultar costosa. Es una técnica versátil que reduce significativamente la presencia de diversas sustancias y minimiza el volumen de residuos a eliminar, con un costo mínimo en comparación con otras alternativas. (Puentes, 2005).

Uno de los pasos esenciales en cualquier método de acondicionamiento es la inestabilidad eléctrica de las partículas coloidales; este suceso, conocido como coalescencia, posibilita que estos minúsculos sólidos dispersos en el agua se unan entre sí lo necesario para aglutinarse y crear partículas de tamaño superior que se asientan por la gravedad. Este suceso tiene lugar al agregar un agente de coalescencia, que contrarresta las cargas eléctricas de las partículas al mismo instante que provoca

una reducción en la capa extendida que envuelve los coloides, permitiéndoles la formación de grumos por medio de una técnica de enlace entre partículas, generando una estructura porosa clasificada por el tamaño de sus poros, lo que permite la creación de coágulos. a gran escala. (Nuñez, 2018).

## Figura 1

*La adición de coagulante y el efecto en los coloides*



*Nota:* Impacto del agente aglutinante en los coloides. Extraído de "Eliminación de material orgánico mediante coagulación-floculación" (Puentes, 2005).

Otra opción para el control de aguas depuradas domésticas y de origen industrial son los métodos fisicoquímicos. Consiste en la depuración de materiales sólidos suspendidos, o disueltos mediante coagulante (Principalmente sales de metal y/o polímeros polielectrolíticos). El producto de este tratamiento es agua relativamente libre de MO en suspensión y lodos inestables, es el total de MO en suspensión y disuelta extraída del agua y el coagulante agregado.

## B. Coagulantes utilizados

Los coagulantes químicos se dividen en coagulantes principales y floculantes.



El propósito del coagulante primario es desestabilizar las partículas y causar aglomeración, mientras que la finalidad de los auxiliares de coagulación es elevar la compacidad del floculo de sedimentación lenta y aumentar su resistencia para que no se rompa durante los procesos posteriores. Los coagulantes primarios empleados en la depuración de aguas, se emplean sustancias como sulfato de aluminio, cloruro de aluminio, cloruro férrico, sulfato férrico y sulfato ferroso, sulfato de cobre y polielectrolitos son algunos ejemplos de agentes coagulantes (Pérez, 2005).

Al emplear sulfato de aluminio empleado en la etapa de coagulación, se generan compuestos químicos que verdaderamente desempeñan un papel en el transcurso del proceso, al combinarlo con el agua a tratar, algunos coagulantes presentes se formulan antes de agregarlos al mezclador instantáneo, como sílice activada, polímeros orgánicos sintéticos y cloruro policloruros de hierro (III) y de aluminio (+III) (Pérez, 2005).

## C. Mecanismos de coagulación

La coagulación implica la desestabilización del agua cargada eléctricamente alrededor de partículas. Tienen cuatro mecanismos básicos como coagulantes.

- ***Compresión de la doble capa***

Para alcanzar este objetivo, se puede tomar en cuenta una curva de interacción fija de Van der Waals, al mismo tiempo existe la posibilidad de repulsión eléctrica agregando iones con cargas opuestas a la solución. Es necesario balancear la carga inicial de la partícula en el agua, debido a las soluciones coloidales no presentan con una carga eléctrica neta en las partículas coloidales, es necesario asegurar un balance en la carga inicial de las partículas en el agua (Báez, 2012).

- **Neutralización de la carga**

La neutralización de la carga coloidal al introducir moléculas con carga contraria capaces de unirse al coloide. Esta acción tiene lugar cuando los iones con carga opuesta al coagulante se aferran a la superficie de la partícula, contrarrestando las fuerzas de repulsión. Un exceso de iones con carga contraria puede conducir a una re-estabilización. (Delgado, 2021).

- **Entrampamiento por precipitado**

Si se agrega un exceso de sales de aluminio y hierro a la solución, estas reaccionan al encontrarse los iones OH y precipitar en forma de hidróxidos, las partículas coloidales pueden actuar como puntos de nucleación que facilitan la formación de los precipitados, quedando atrapadas en el precipitado y sedimentando junto a él.

- **Adsorción y puentes interparticulares**

Como resultado, se forman puentes químicos entre las partículas, aumentando su tamaño contribuyendo a un posible fenómeno de sedimentación. Se ha constatado que los polímeros cargados negativamente son más eficaces en la coagulación de coloides cargados negativamente (Báez, 2012).

#### **D. Tipos de coagulación**

- **Coagulación por adsorción**

Se manifiesta cuando existe una gran cantidad de partículas coloidales en el agua; al añadir un agente coagulante utilizado en aguas turbias, los componentes solubles del coagulante se absorben casi de inmediato y forman un floculo (Puentes, 2005).

- ***Coagulación por barrido***

Esta aglomeración ocurre cuando el agua está limpia (con baja turbidez) y la presencia de partículas coloidales es mínima, en este escenario las partículas se encuentran atrapadas. cuando se produce una sobresaturación en los precipitados de sustancias al igual que el sulfato de aluminio o el cloruro férrico. (Puentes, 2005).

### ***2.2.7. Factores que influyen en el proceso de coagulación***

Podría decirse que la coagulación es el paso crítico en un esquema de depuración del agua. La floculación inapropiada no es reversible en etapas posteriores del proceso de tratamiento. La ejecución depende principalmente de los siguientes factores interrelacionados (Puentes, 2005)

#### **a) Tamaño de las partículas**

Las partículas de entre 1 y 5 micrómetros de diámetro actúan como núcleos de flóculos, mientras que las partículas de más de 5 micrómetros de diámetro son demasiado grandes para integrarse en flóculos (Mayorga, 2017).

#### **b) Temperatura del agua**

Esta variación afecta el tiempo de formación de los flóculos. A temperaturas más frías del agua, lenta será la reacción y mayor será el tiempo de formación de flóculos. Aunque también son desfavorables para la condensación a temperaturas muy altas (Mayorga, 2017).

#### **c) pH**

Cada agente de coagulación presenta al menos un rango de pH ideal en el que se logra una floculación eficaz en menos tiempo con la misma cantidad de coagulante. El pH adecuado difiere según las propiedades del agua; cuanto menor



sea la dosis de coagulante, más sensible será el floculante a los cambios de pH (Mayorga, 2017).

**d) Relación cantidad-tiempo**

A cantidad de coagulante utilizada disminuye a medida que incrementa el tiempo de formación del flóculo. (Mayorga, 2017).

**e) Influencia de la dosis del coagulante**

Esto tiene un efecto directo sobre la eficacia de la coagulación:

La cantidad de dosis del coagulante es baja, la formación de los microflóculos es muy baja y el valor de turbidez es alto.

Una gran cantidad del coagulante forma una abundancia de microflóculos. El tamaño de estos micro flóculos es extremadamente diminuto, la velocidad de asentamiento es escasa y la turbidez permanece alta. La selección del coagulante impacta principalmente en el estado del agua purificada y en la eficacia del clarificador. (Mayorga, 2017).

**f) Influencia de las sales Disueltas**

Alteran el espectro de pH óptimo, el lapso preciso para la floculación, la cantidad de coagulante necesaria y la medida de coagulante que queda en el efluente (Mayorga, 2017).

**g) Influencia de Agitación**

La intensidad de la agitación al momento de añadir el coagulante, influye en la efectividad de la coagulación; si hay turbulencias irregulares, algunas partes del agua tendrán más, menos o ninguna cantidad de coagulante. A lo largo de la

coagulación y floculación, se efectúa la mezcolanza de compuestos químicos en dos fases. (Mayorga, 2017).

#### **h) Agitación rápida**

Etapa energética inicial y de corta extensión de 60 seg, como máximo, en la que se inyecta y difunde el coagulante en el volumen de agua a tratar en una zona de intensa turbulencia. (Mayorga, 2017).

#### **i) Agitación lenta**

Durante la segunda etapa, se generan microflóculos y el tiempo de agitación no supera los 15 minutos. Un período prolongado puede conducir a una floculación más eficaz, aunque al mismo tiempo a una sedimentación deficiente. (Mayorga, 2017).

#### **2.2.8. Floculación**

Una vez que se completa la etapa de coagulación y posterior floculación continúa mezclando lentamente el producto final, lo que da como resultado la compactación de los flóculos. Estos flóculos logran aumentar de peso y tamaño y tienden a asentarse con facilidad. (Romero, 2022).

Igualmente, dependiendo de su composición química, los agentes floculantes consiguen ser categorizados como orgánicos o inorgánicos. Los orgánicos se refieren a polisacáridos con grupos activos a lo largo de su estructura molecular y pueden presentarse en forma de productos iónicos, tanto catiónicos como aniónicos, lo que les confiere una alta eficacia a concentraciones reducidas, siendo común su uso en la industria química. En contraste, los agentes floculantes inorgánicos son compuestos de sales con cationes polivalentes, como sales de hierro. (Jaime, 2023).

La floculación posee dos propósitos:

- Conecta coloides inestables para formar grupos de partículas o flóculos donde su densidad es mayor que la del agua.
- Comprimir los agregados con el fin de reducir su nivel de hidratación y alcanzar cualidades ideales como un peso mayor y una consistencia mejorada con la facilidad de remover.

La agitación lenta facilita gradualmente la floculación, que llega juntarse poco a poco, al mezclarlos demasiado vigorosamente los destruirá. La aglomeración no solo amplía la dimensión de las partículas en los conglomerados se ve aumentada, lo que resulta en un incremento de su peso. El efecto de floculación se puede mejorar añadiendo floculantes o coadyuvantes de floculación (Vega, 2016). El movimiento debe ser controlado con mucho cuidado para que los flóculos sean lo suficientemente grandes como para asentarse rápidamente y también el tiempo de retención para la formación de los conglomerados durante un intervalo de 5 a 30 minutos (Unda, 2020).

#### **2.2.9. Sulfato de aluminio**

Es un coagulante habitualmente aplicado en el tratamiento del agua. El producto comercial suele tener la fórmula  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$  con una masa molecular de 600. El material se distribuye en varias presentaciones: en polvo, triturado en terrones, en agrupaciones parecidas a granos de arroz y en estado líquido. Al introducir las moléculas presentes al incorporar soluciones de sulfato de aluminio en agua genera iones  $Al^{+3}$  y  $SO_4^{-2}$ . El ion  $Al^{+3}$  consigue unirse a coloides con carga negativa para contrarrestar cierta carga de la partícula coloidal. (Massella, 2014).



El sulfato de aluminio muestra un desempeño óptimo en un rango de pH que va de 6 a 8. Para la facilidad de remoción, los flóculos deben de ser en tamaños pequeños, su eficacia disminuye en aguas altamente contaminadas y es especialmente recomendado para la atención de agua adecuada para beber directamente, evitando así la necesidad de añadir complementos. En cantidades voluminosas, presenta toxicidad para la vida marina y puede causar irritación en los ojos. (Nuñez, 2018).

La comprensión de doble capa es causada por el coagulante (generalmente cargado positivamente), que contrarresta la carga eléctrica que rodea las partículas.

En la etapa de mezcla, una agitación rápida es crucial para lograr una dispersión equitativa y aumentar la probabilidad de contacto entre las partículas. Posteriormente, se requiere una mezcla extensa para que las partículas coaguladas se unan y, una vez que han incrementado en tamaño y peso, empieza la sedimentación en el fondo debido a la fuerza de gravedad (Carbajal, 2024).

#### **2.2.10. Prueba de jarras**

Describo que el sistema usando la técnica de jarras forma parte del proceso de coagulación, formación de flóculos y sedimentación experimentados en un laboratorio que facilita la producción de agua limpia, y consta de 6 componentes giratoria (paletas), este método facilita establecer la cantidad necesaria de coagulante y el periodo de permanencia para lograr una adecuada combinación durante el proceso de coagulación, aglomeración y sedimentación. (Sauñe, 2018).

##### **A. Agitación rápido**

Una combinación de agente coagulante y agua sin tratar es conocida como mezclado rápido. La finalidad principal de esta fase es fusionar y dispersar

inmediatamente los compuestos químicos en el agua. La fase de coagulación comprende tres fases consecutivas e independiente: la generación y/o eliminación del agente coagulante, la descomposición de partículas ocurre en el tanque de mezcla rápida, en tanto que las colisiones entre partículas ocurren principalmente en el tanque de floculación. En el caso de un agente coagulante específico, el nivel de acidez del agua define la forma predominante de la hidrólisis. Los niveles de acidez bajos suelen favorecer las cargas positivas y, por tanto, facilitan las reacciones con coloides cargados negativamente (Amarocho, 2010).

El pH óptimo para la coagulación suele estar en el rango 5 a 8,5 cuando se aplican sustancias ferrosas, mientras que el nivel de acidez ideal para el proceso de coagulación de sales de aluminio suele estar en el rango de 5,5 a 7,5 (Pérez, 2005).

### **B. Agitación lenta**

En general, no hay período de agitación superior a 15 minutos. Un exceso de tiempo puede crear una calefacción de prueba, provoca una floculación más efectiva, pero al mismo tiempo, el efecto de la precipitación es pequeño, se produce liberación de gas disuelto en agua, formando espuma, se adhieren al paquete y lo hacen flotar

9. Realizando una práctica durante 3-15 minutos, 20-40 revoluciones por minuto (Jaime, 2023).

### **C. Sedimentación**

Las sustancias indeseadas en las aguas a tratar comprenden sólidos disueltos, partículas en suspensión y coloides. Los tamaños de estas impurezas pueden afectar el color del agua o la turbiedad del agua. Si se utilizan procesos fisicoquímicos para sedimentar dichas partículas, esto puede llevar ya que las etapas previamente descritas agilizan el procedimiento y facilitan la obtención de agua más limpia para su eventual eliminación. (Pacheco, 2022)



## 2.3. Marco conceptual

### **Agua residual**

Son líquidas de diversa composición procedentes de las necesidades del hogar, industrial, comercial, agrícola, ganadera u otro tipo como públicas o privadas, cosa que haya sufrido deterioro en su calidad original (User, 2013).

### **Agua residual doméstica**

Mezcla de desechos líquidos vertidos desde hogares y negocios, desechos de residuos públicos, educativos y comerciales, desechos líquidos expulsados de establecimientos industriales; y recursos hídricos subterráneos, de la superficie y pluviales que entran al alcantarillado como infiltración. (User, 2013).

### **Concentración**

La velocidad a la que una sustancia se disuelve o se incorpora a una cantidad determinada de otra sustancia (Guzmán, 2023).

### **Coagulación**

Inicia al agregar el coagulante al líquido y tiene una duración efímera, apenas una fracción de segundo. (Cornejo, 2014).

### **Coagulante**

Los coagulantes son sustancias químicas que se incluyen en el agua con el fin de favorecer la unión de todas las partículas coloidales, lo que resulta en la creación de aglomerados más grandes (flóculos) que se asientan con mayor prontitud. (Flórez, 2010).

### **DBO**

Es un indicador que cuantifica la compuestos en una muestra líquida, disuelta



o suspendida que pueden absorberse u oxidarse fácilmente por medios biológicos (Cuba, 2022).

## **DQO**

Es una medida que determina el número de compuestos diferentes que se oxidan fácilmente con los métodos químicos existentes que existen en suspensión de muestras líquidas (Cuba, 2022).

## **Dosis**

Masa de material disponible que se involucra en el proceso, cuando cruza las barreras externas del cuerpo, se producen receptores metabólicos o biológicos (Guzmán, 2023).

## **Floculación**

El agente aglutinante une las partículas coloidales, que se agrupan para constituir flóculos de mayor tamaño que tienden a sedimentarse (Cornejo, 2014).

## **Optimización**

Determina el valor de cada variable del sistema de intervención que se pueden utilizar, para conseguir resultados óptimos de la variable en respuesta la más pequeña posible (Cuba, 2022).

## **Sulfato de aluminio**

Puede presentarse en forma sólida o líquida y origina un diminuto conglomerado y de igual manera es económico, este tipo de coagulante es más utilizado, no obstante, se recomienda guardarlo en un lugar seco y sin humedad. (Unda, 2020)



## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Tipo de investigación

Este estudio es de tipo aplicada, porque busca conocimiento nuevo basado en información básica, para resolver un problema (Sampieri, 2014). Por lo cual se desea saber la eficacia del sulfato de aluminio utilizado en la eliminación de la materia orgánica de aguas residuales domésticas en la PTAR. de Macari. De enfoque cuantitativa, porque se reunieron y estudiaron los datos recopilados de múltiples fuentes, lo cual requiere el uso de recursos informáticos, estadísticos y matemáticos para derivar conclusiones.

#### 3.2. Diseño de investigación

Con el diseño metodológico experimental, se maneja de forma intencional la variable independiente "optimización de sulfato de aluminio" con diversas concentraciones, con el objetivo de observar las alteraciones en la respuesta de la variable que se ve afectada "Remoción de la materia orgánica"

### 3.3. Diseño estadístico

#### Modelo de regresión de segundo grado o cuadrática

La regresión cuadrática es un enfoque estadístico que aplica una función cuadrática para modelar relaciones no lineales entre variables. Esta función tiene la forma:

$$y = \beta_0 + \beta_1x + \beta_2x^2$$

Donde:

- $y$  es la variable dependiente.
- $x$  es la variable independiente.
- $\beta_0$ ,  $\beta_1$  y  $\beta_2$  son los coeficientes de la regresión.

Esta ecuación permite capturar curvas que no se pueden modelar con una línea recta, lo que la hace más flexible que la regresión lineal. Los coeficientes del modelo se estiman minimizando la variación entre los valores medidos y los previstos. La regresión cuadrática es útil para la predicción, el diseño de experimentos, pero puede ser susceptible al sobreajuste con pocos datos y la interpretación de los coeficientes puede ser compleja.

### 3.4. Lugar de estudio

El sitio donde se ejecutó la investigación se localiza en Macari, ubicado en la provincia de Melgar en el departamento de Puno.

#### Ubicación política:      Coordenadas del punto de muestreo:

Departamento:	Puno	Zona :	19L
Provincia	: Melgar	Este :	296.217,1
Distrito	: Macari	Norte :	8.366.493

**Figura 2**

*Ubicación de punto de la toma de muestra*



*Nota.* Ubicación de punto de la toma de muestra.

### 3.5. Población

La muestra para este proyecto de investigación consiste en las aguas depuradas de la planta de depuración de Macari. Se considerarán los puntos de acceso y egreso de la planta como la población de estudio.

### 3.6. Muestra

La muestra se tomó por recomendación del protocolo durante la fase de muestreo de aguas residuales. Siguiendo las instrucciones del protocolo predeterminado, se realizó la extracción de una muestra de 20 lt de agua depurada derivadas de la planta de tratamiento, fue posteriormente trasladado al laboratorio para su análisis correspondiente en la cual se efectuó la identificación inicial del agua depurada en los embaces designados según parámetros. Seguidamente se realizó el tratamiento con sulfato de aluminio con distintas dosis, con el propósito de eliminar la materia orgánica del agua depurada.



### 3.7. Técnicas para la recolección de datos e instrumentos

#### a. Técnicas para la recolección de datos

Es observacional, dado a conocer que las aguas depuradas son desembocadas sin previo tratamiento al río superficial.

#### b. Instrumentos

- Cadena custodia
- Formularios de registro de información
- Protocolo para la toma de muestra de aguas residuales

### 3.8. Materiales y equipos

#### a. Materiales

- Matraz Erlenmeyer de 250 ml clase A
- Vaso precipitado de 50, 250, 500 ml clase A
- Probeta 1000 ml clase A
- Piceta de agua destilada

#### b. Equipos

- Congeladora INDURAMA
- Multiparámetro Hq de 2200 HACH
- Incubadora RAYPA DOD 90L
- Digestor DQO ROCKER
- Bureta digital TITREX
- Balanza de precisión 0,0001g ADAM
- Test de jarras de 6 posiciones BIRD

### c. Reactivos

- Sulfato de aluminio
- Agua destilada
- Sales de dilución para DBO

## 3.9. Procedimiento Metodológico

El estudio se completó en tres etapas diferenciadas, según se describe a continuación.:

### a) **Objetivo 1: Evaluar la concentración de la materia orgánica de aguas residuales domésticas de la PTAR de Macari**

Para lograr el objetivo, se hizo de la siguiente forma:

- Toma de muestra según protocolo establecido
- Una vez obtenida la muestra se llevó al laboratorio de calidad ambiental de la escuela profesional Sanitaria y Ambiental con la respectiva cadena custodia para el ingreso de la muestra que es un requisito indispensable.

### Figura 3

*Toma de muestra*



*Nota:* Recolección de muestra de la PTAR de Macari.

- La temperatura se regula en el laboratorio. Este parámetro se cuantifica inmediatamente. Subconjuntos individuales de muestras. El termómetro muestra lectura directamente en grados Celsius (°C).
- Se toma una muestra en un vaso precipitado de 250 ml, con el respectivo enjuague de la sonda llena de agua destilada antes de ser añadida a la solución, seguidamente se sumergió el electrodo en el muestreo, esperando que se estabilice y con el respectivo registro de los resultados inicial del parámetro de pH y temperatura.

Seguidamente se realizó los análisis correspondientes.

**Tabla 2**

*Métodos estandarizados para los análisis parámetros*

N°	PARAMETRO	TÉCNICA
1	Temperatura	SM 2550
2	pH	SM 4500 H+B
3	Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO)	SM 5210B
4	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	SM 5220B

Nota: Conforme a los métodos estándar para el análisis de agua y aguas residuales de la APHA

Para la determinación de la materia orgánica inicial DQO y DBO antes del tratamiento de las aguas depuradas domésticas, se recolectaron muestras en un vaso precipitado con la agitación del equipo para saber la concentración.

**b) Objetivo 2: Determinar la dosis optima del sulfato de aluminio para la remoción de la materia orgánica de aguas residuales domésticas en la PTAR de Macari**

Antes de iniciar la prueba de jarras, se elaboraron las soluciones adecuadas

en el laboratorio de la EPISA, tal como se evidencia en la tabla 3:

**Tabla 3**

*Dosis para cada muestra*

N°	DOSIS (g)	VOLUMEN DE MUESTRA (ml)
1	0.6	1000
2	0.8	1000
3	1	1000
4	1.5	1000

*Nota:* Se pesaron el  $Al_2(SO_4)_3$ , en una balanza de precisión.

- seguidamente se prepararon vertiendo en vasos de precipitado y medida en una fiola de 1000 ml.
- Las jarras que son utilizadas en el floculador se realizaron lavados con agua destilada en las muestras de agua usada en casa para cada cantidad analizada en un recipiente de un litro.
- Se instalaron las paletas de agitación en el interior de las jarras, asegurando que se mantuvieran en su lugar en cada jarra y se prepararon para su agitación presentando a continuación en la tabla 4:

**Tabla 4**

*Coagulación y floculación*

Prueba de jarras	TIEMPO (min)	REBOLUCIONES POR MINUTO (RPM)
Agitación rápida	1.5	80
Agitación lenta	15	20
Sedimentación	30	

*Nota:* La homogenización del coagulante y la muestra

- Después de finalizado el período de tiempo, se quitaron las paletas de las jarras del equipo y se dejó que el proceso de sedimentación continuara durante 30 minutos.
- Pasando con el proceso de la sedimentación se observaron los resultados de cada jarra.

**Figura 4**

*Tiramiento por coagulación – floculación*



Nota: Determinación de la dosis del sulfato de aluminio

- c) **Objetivo 3: Evaluar el porcentaje de remoción de la materia orgánica de aguas residuales domésticas de la PTAR de Macari**

Para establecer % de remoción de DQO y DBO, se ejecutaron pruebas de coagulación y floculación en muestras de aguas depuradas empleando sulfato de



aluminio como coagulante. Se efectuaron pruebas de coagulación y floculación en experimentos de jarra que involucraron 2 tratamientos. Posteriormente, se evaluaron las eficacias después de aplicar  $Al_2(SO_4)_3$  en el tratamiento de las aguas depuradas producidas por los habitantes de Macari, y se compararon los resultados utilizando distintas manifestaciones y velocidades de agitación.

La remoción es establecida por los parámetros de materia orgánica inicial y final, tal como se indica en la siguiente formula:

$$remocion (\%) = \frac{AC - AT}{AC} * 100$$

Donde:

- % = Porcentaje de remoción
- AC= Agua cruda
- AT= Agua tratada

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1. Resultados

##### 4.1.1. Objetivo 1: Evaluar la concentración de la materia orgánica de aguas residuales domésticas de la PTAR de Macari

En la presente investigación, se recolectaron muestras de aguas residuales domésticas de la planta de tratamiento del distrito de Macari, las muestras se recolectaron de acuerdo con el protocolo establecido subsiguientemente, se llevaron al laboratorio para su correspondiente análisis.

**Tabla 5**

*Caracterización inicial*

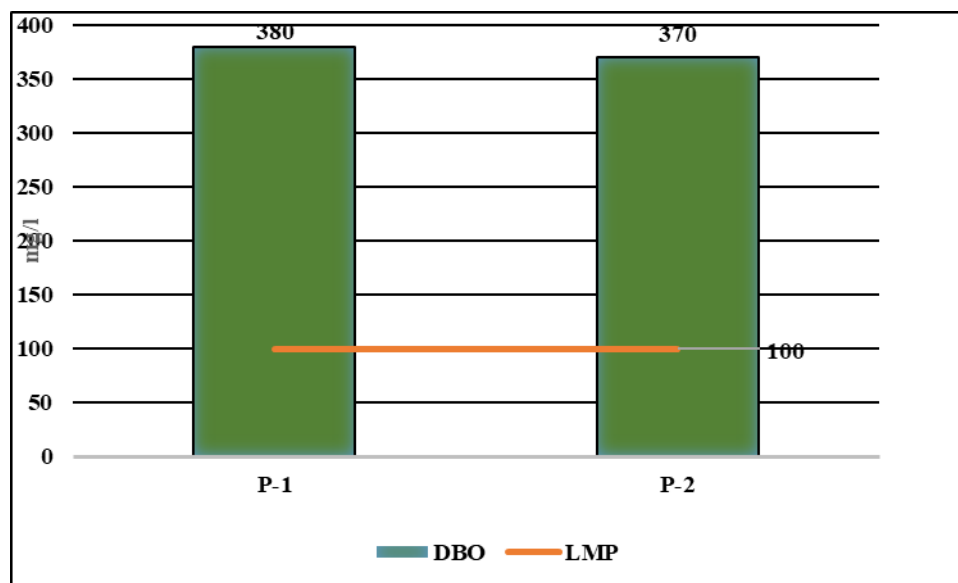
N°	PARÁMETROS	Unidad de medida	P - 1	P - 2
1	DBO	mg/L	390	370
2	DQO	mg/L	750	723
3	pH	-	7.7	7.8
4	Temperatura	°C	14.3	14.5

*Nota* Concentración inicial de la muestra inicial de la PTAR de Macari, (Laboratorio de Calidad Ambiental EPISA).

La tabla 5. Manifiesta los resultados derivados por el laboratorio, indicando que la temperatura se encontró a 14.3 y 14.5 a raíz del horario del muestreo. El pH se encontró con 7.7 y 7.8. DBO con resultado de 390 mg/l y 370mg/l y por último la DQO se halló 750 mg/l y 723 mg/l. Se consideró que ambas muestras obtuvieron resultados confiables.

### Figura 5

*Valores de la concentración inicial de la DBO*

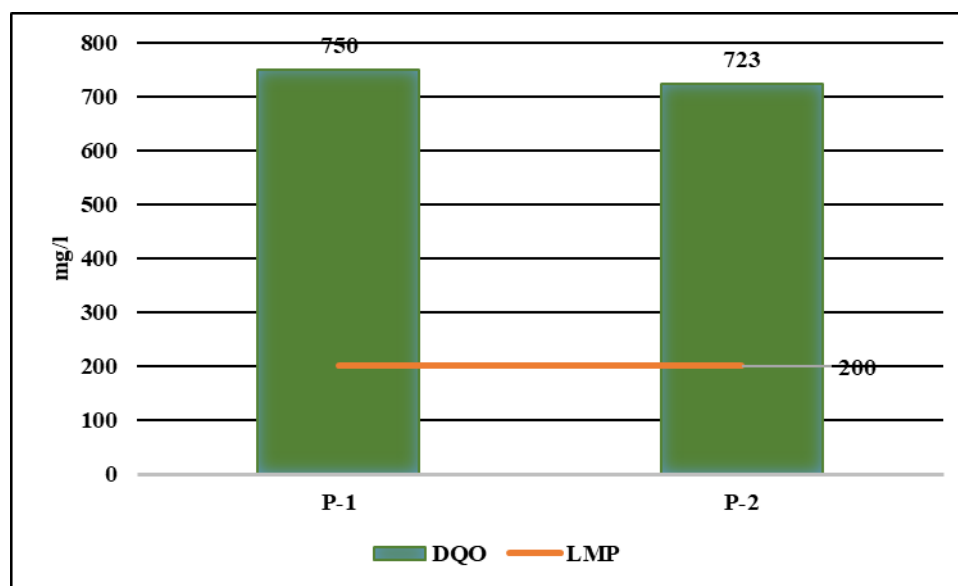


En la figura 5, se puede apreciar los niveles iniciales de DBO, superando las concentraciones establecidas en el LMP en el DS 003-2010-minam de 100 mg/l, a raíz de que la PTAR Macari no funciona adecuadamente, que el agua no ha sido tratada adecuadamente, se generan olores desagradables debido a la acumulación de elementos altamente perjudiciales para la degradación del suelo. Como lo menciona (Lecca & Lizama, 2014) en su artículo de investigación, que, uno de los principales referentes para calcular la contaminación en aguas residuales (AR) es el DBO, dado que las bacterias aeróbicas requieren oxígeno para descomponer la materia orgánica en aguas servidas, el nivel de oxígeno consumida al principio y final de la prueba. Según (Morales & Ccapira, 2020) en su investigación procedió a la valoración de la

condición vigente de las aguas depuradas en la zona de Mukuraya, situada en la provincia de Moho de la región de Puno realizó la caracterización inicial, identificando con manifestaciones de la DBO elevada de 700 mg/l, como consecuencia de la acumulación de desechos sólidos en las zonas cercanas a los estanques de oxidación/estabilización del área mencionada anteriormente, la existencia de botellas de plástico, vidrio y envases de cartón.etc. El impacto ambiental que se originan alrededor del lugar de estudio existe la polución de las aguas subterráneas por agentes contaminantes sin eliminar en los procesos de tratamiento, lo cual también conlleva desafíos ambientales y de salud, resultando en la disminución de la diversidad biológica y de los entornos acuáticos.

**Figura 6**

*Valores de la concentración inicial de la DQO*



La figura 6, identificó la manifestación inicial de DQO Según el reglamento la norma establecida no debe sobrepasar el valor de 200 mg/l, por lo tanto, se obtuvo los valores mayores, por la existencia de materia orgánica o la ausencia de oxígeno en el agua. En estudios de (Jaime, 2023), a acerca de las aguas depuradas y del sistema de tratamiento en la caracterización inicial de la DQO fue de 470 mg/l

excediendo la norma establecida con los límites máximos permisibles nacionales. A raíz del aumento demográfico en áreas urbanas, se ha observado un aumento en la generación de aguas contaminadas de origen orgánico. De igual manera Laurente (2024) encontró el valor de inicio de DQO de 501.7 mg/l, a raíz de que el sistema de tratamiento no funciona adecuadamente, como también en aumento del empleo del agua en varios ámbitos de la sociedad y la conciencia de la humanidad que no cuidan alrededor del sistema de tratamiento.

#### 4.1.2. Objetivo 2: Determinar la dosis óptima del sulfato de aluminio para la remoción de la materia orgánica de aguas residuales domésticas en la PTAR de Macari

Se exhiben los resultados obtenidos de la materia orgánica (DBO y DQO), junto con el tratamiento se trabajó con cuatro dosis.

**Tabla 6**

*Resultado del tratamiento de DBO*

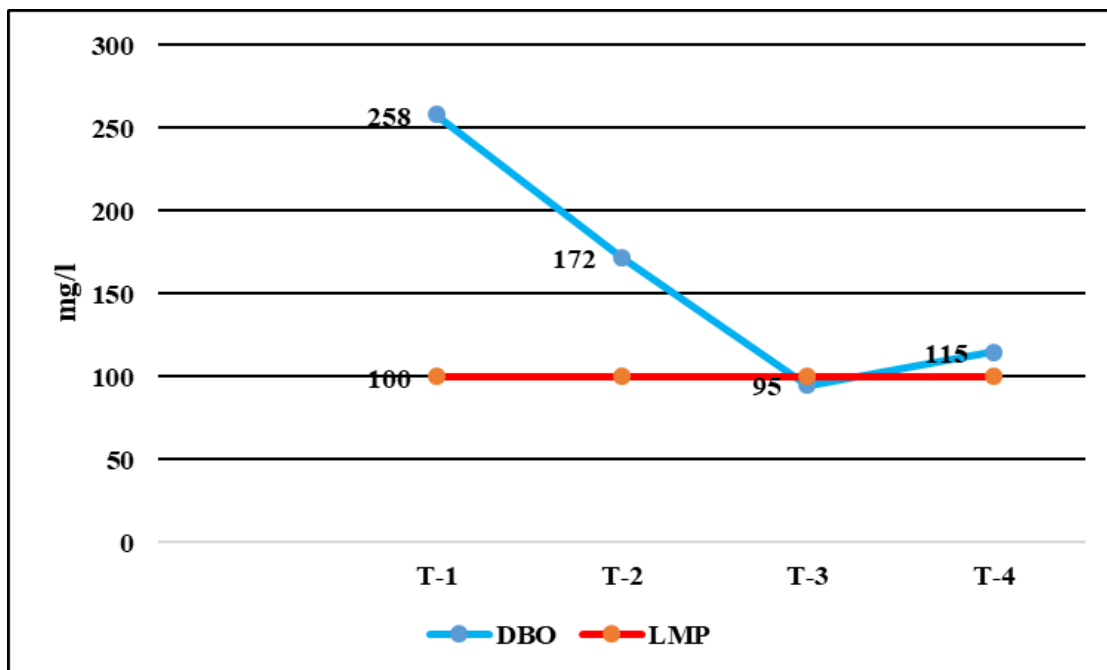
Parámetro	Unidad de medida	RESULTADOS			
		T-1	T-2	T-3	T-4
Dosis de $Al_2(SO_4)_3$	g	0.6	0.8	1	1.5
T	°C	15.2	15.3	15.5	15.3
Ph	Poten. pH	8.1	8.3	8.5	9.7
DBO	mg/l	258	172	95	115

Nota Resultado de la DBO del laboratorio de Calidad Ambiental.

La tabla 6 exhibe los niveles de la DBO variando las cantidades de sulfato de aluminio en relación a los niveles de pH, se observó un incremento gradual a medida que se incrementaban las dosis de sulfato de aluminio, alcanzando un valor final de 8.5 pH con una dosis de 1 g, a una temperatura de 15.5 °C.

**Figura 7**

*Comportamiento en el tratamiento de demanda bioquímica de oxígeno con sulfato de aluminio*



En la figura 7 se manifiesta que el patrón de la DBO en los cuatro experimentos refleja la disminución de sus niveles con cada una de las dosificaciones, en la cual el T-3 fue el más removido con 95 mg/l alcanzando cumplir con LPM normado en 100 mg/l. según (González, 2017) la floculación debido a la agitación suave que facilita la unión gradual de los flóculos; una agitación exorbitantemente intensa los desintegra y rara vez vuelven a conformarse en su tamaño y fuerza ideales. Mientras (Guzmán, 2023), en su investigación para el ajuste ideal del sulfato de aluminio para eliminar la DBO en aguas depuradas provenientes de hogares. obteniendo resultados favorables con dosis de 10, 20, 30 y 50 ml, reduciendo desde 210.8 hasta 37.6 mg/l, exponiendo una remoción total para los cuatro tratamientos y cumpliendo los LMP.

**Tabla 7**

*Resultado de tratamiento de DQO*

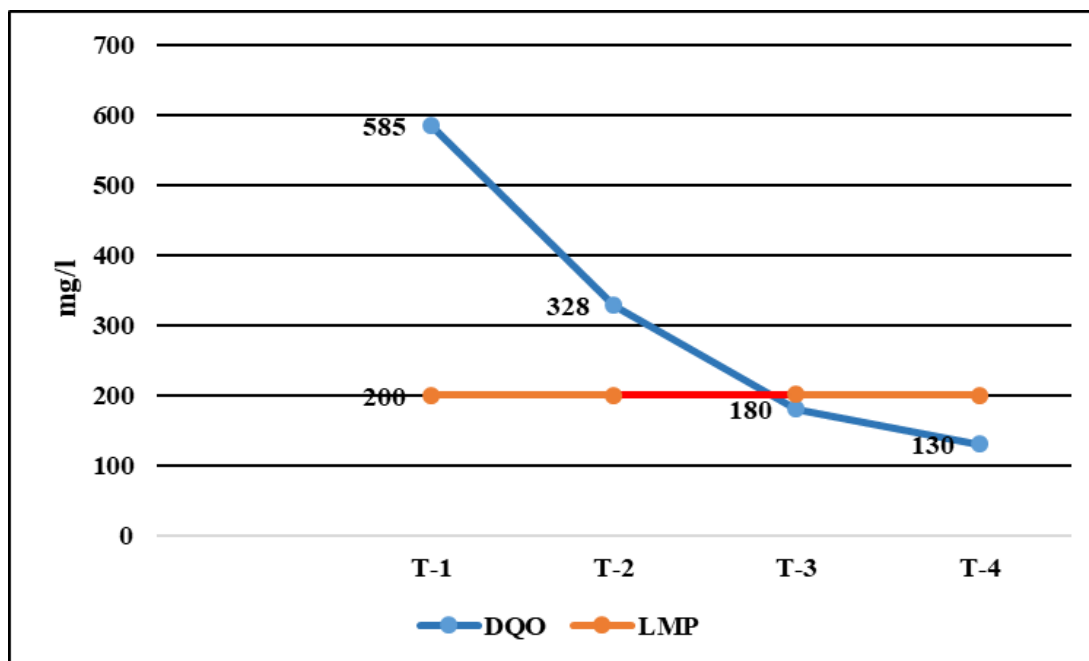
Parámetro	Unidad de medida	RESULTADOS			
		T-1	T-2	T-3	T-4
Dosis de Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	g	0.6	0.8	1	1.5
T	°C	15.2	15.3	15.5	15.3
Ph	Poten. pH	8.1	8.3	8.5	9.7
DQO	mg/l	585	328	180	130

*Nota.* Resultado de la DQO

la tabla 7, evidencia los datos de la DQO. de igual manera con diferentes dosis de Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> de 0.6, 0.8, 1, 1.5 g. Con respecto a los niveles de pH, estos aumentaron conforme se adicionan las dosis de sulfato de aluminio, llegando a un valor final de 1.5g.de dosis con 9.7 de pH, con la temperatura de 15.3 °C.

**Figura 8**

*Comportamiento de demanda química de oxígeno*



En la figura 8 para conocer la dosis optima de la DQO se observa que una mayor cantidad de sulfato de aluminio aumenta la remoción de la materia orgánica, teniendo un valor máximo en reducción en el T-4 de 130 mg/l permitiendo que está dentro de los límites máximos permisible normativa peruana. Según (Jaime, 2023) en su estudio de la eficacia del sulfato de aluminio para aguas depuradas domesticas obteniendo como resultado en las tres ejecuciones experimentales de DQO que oscilan entre 56 y 148 mg/l, ninguna cantidad de sulfato de aluminio rebasó el LMP establecido en 200 mg/l..

**Tabla 8**

*Resultado de la réplica del tratamiento de DBO.*

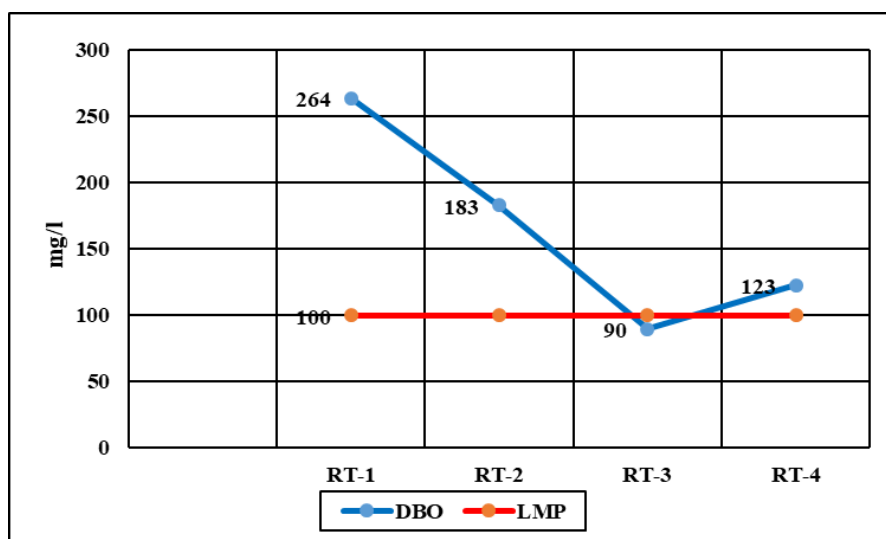
Parámetro	Unidad de medida	REPLICA-TRATAMIENTO			
		RT-1	RT-2	RT-3	RT-4
Dosis de $Al_2(SO_4)_3$	g	0.6	0.8	1	1.5
T	°C	14.5	14.4	14.3	14.4
pH	Poten. pH	8	8.4	8.5	9.5
DBO	mg/l	264	183	90	123

Nota Resultado de la DBO del laboratorio de Calidad Ambiental

En la tabla 8 se muestra la DBO de la réplica de tratamiento con las mismas dosis. Obteniendo los niveles de pH entre 8 y 9.5, de esta forma, los niveles se incrementaron conforme se amplificaban las dosis de sulfato de aluminio con la temperatura de 14.4. °C fue tomada en el mismo laboratorio. Los resultados obtenidos de la DBO son 264 mg/l, 183 mg/l, 90mg/l y 123 mg/l.

**Figura 9**

*Comportamiento de la demanda bioquímica de oxígeno con sulfato de aluminio*



En la figura 9 se puede observar comparadas con los límites máximos permisibles, teniendo como dosis optima en RT-3 con 1g., donde el DBO tiende tener una reducción hasta 90 mg/l logrando estar dentro de los LMP establecido de 100 mg/l normativa peruana. Mientras tanto (Choque & Quispe, 2021) en su estudio con el objetivo de establecer la cantidad ideal de sulfato de aluminio en la eliminación de la carga orgánica de aguas depuradas domésticas en la locación de Agua de Vichi - Santa - Huancavelica. Obtuvo como resultado para el parámetro  $DBO_5$ , con dosis de coagulante de sulfato de aluminio 20 mg/l, 40 mg/l, 60 ml/, 80 mg/l, 100 mg/l y 120 mg/l, teniendo una máxima reducción de 66.67 mg/l con la dosis 120 mg/l, demostrando que el coagulante aplicado se ha mostrado efectivo en la purificación del agua depuradas domésticas. (Marcos, 2019) empleo otro tipo de coagulante cáscara de papa y yuca con diferentes concentraciones de 0.1, 0.25, 0.50, 0.75, 1.0 g.; realizó 3 repeticiones y estas fueron tratadas el lapso de 15 y 5 minutos a giros de 200 y 50 RPM, el investigador procedió a obtener los resultados de la DBO, con la reducción en gran cantidad, siendo la dosis optima 0,25 g más eficaz con una concentración de 170 mg/l. y con la cascara de yuca la remoción de DBO la dosis más eficaz fue de: 0.1 g con una manifestación de 177 mg/l.

**Tabla 9**

*Resultado de la réplica de tratamiento de la DQO*

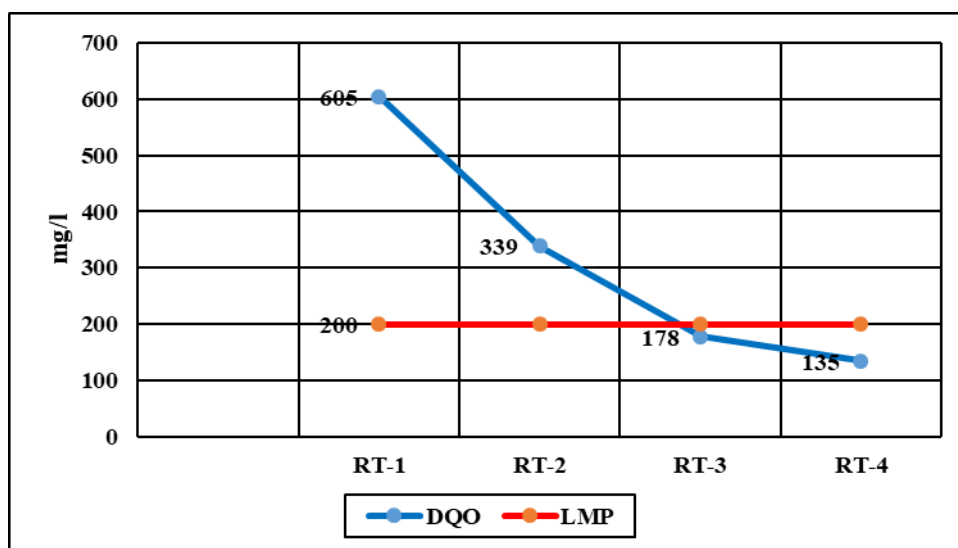
Parámetro	Unidad de medida	REPLICA -TRATAMIENTO			
		RT-1	RT-2	RT-3	RT-4
Dosis de Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	g	0.6	0.8	1	1.5
T	°C	14.5	14.4	14.3	14.4
pH	Poten. pH	8	8.4	8.5	9.5
DQO	mg/l	605	339	178	135

Nota Resultado de la DQO del laboratorio de Calidad Ambiental

En la tabla 9 se efectuó la evaluación de las aguas crudas observando la remoción de la DQO las réplicas del tratamiento utilizando sulfato de aluminio como coagulante, las variables a considerar son pH entre 8 y 9.5, a una temperatura promedio de 14.4. el parámetro evaluado la DQO consecutivamente va bajando en el aumento de la dosis obteniendo el resultado: (605, 339, 178 y 135) mg/l; la dosis con máxima disminución fue de 1.5g con concentración de 135 mg/l.

**Figura 10**

*Comportamiento de la demanda química de oxígeno*



La figura 10 manifiesta la comparación con los límites máximos permisibles, teniendo como dosis optima en RT-4 de 1.5 g. donde la DQO tiende tener una remoción hasta una concentración 135 mg/l que son inferiores a los LMP (200 mg/l). (Guzmán, 2023), en su publicación realizo el ensayo de jarras empleando el coagulante sulfato de aluminio reveló el desempeño de la DQO en la primera prueba con dosis de 10, 20, 30,40 y 50 ml, como resultado tuvo una significancia de reducción desde 215.25 hasta 86.25 mg/l con el ultimo dosis. Se puede apreciar que, con la dosis mencionada llega a cumplir los LMP.

#### 4.1.3. Objetivo 3: Evaluar el porcentaje de remoción de la materia orgánica de aguas residuales domésticas de la PTAR de Macari.

**Tabla 10**

*Promedio de los tratamientos de la materia orgánica*

CÓDIGO	DBO5 (mg/l)		PROMEDIO
	Tratamiento	Réplica del tratamiento	
1	258	264	261
2	172	183	177.5
3	95	90	92.5
4	115	123	119

*Nota.* Resultados de los promedios de la DBO

En la tabla 10 se manifiesta el promedio de la DBO, obteniendo el máximo promedio 261 mg/l debido a la baja manifestación de sulfato de aluminio, aunque, en dosis de 1g. de  $Al_2(SO_4)_3$  se logró un mínimo promedio de 92.5 mg/l.

**Tabla 11***Promedio de los tratamientos de la materia orgánica*

CÓDIGO	DQO (mg/l)		PROMEDIO
	Tratamiento	Réplica del tratamiento	
1	585	605	595
2	328	339	333.5
3	180	178	179
4	130	135	132.5

*Nota.* Resultados de los promedios de la DQO

En la siguiente tabla 11, se manifiesta el promedio de la DQO, obteniendo el máximo en promedio de 595 mg/l a causa de la escasa manifestación de sulfato de aluminio, aun así, en dosis de 1g. de  $Al_2(SO_4)_3$  se logró un promedio 132.5 mg/l.

### **Remoción de demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) y demanda química de oxígeno (DQO).**

Para calcular el porcentaje de remoción se dio a partir de los promedios de cada dosis y tratamiento respecto a la muestra inicial y muestra final para los parámetros seleccionados, el ajuste matemático se realizó de acuerdo a (Sánchez, 2020) de la siguiente manera:

$$remocion (\%) = \frac{AC - AT}{AC} * 100$$

Dónde:

- % = Porcentaje de remoción
- AC= Valor de parámetro inicial,
- AT= Valor de parámetros Final

**Tabla 12**

*Porcentaje de remoción DBO*

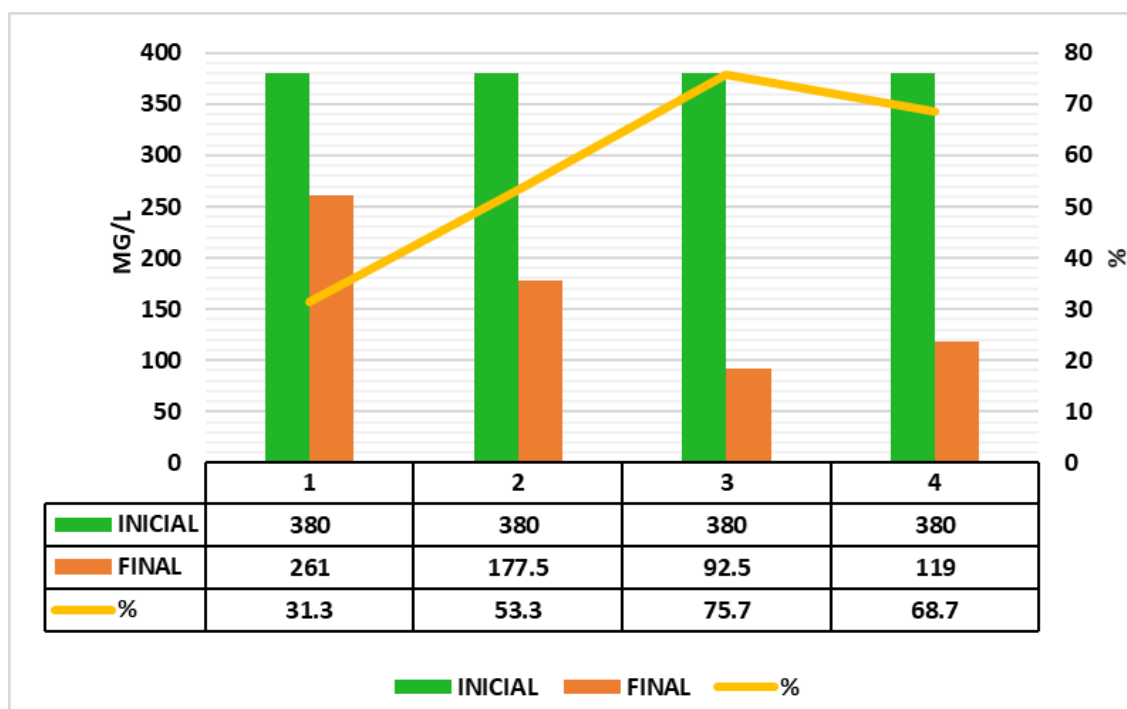
CÓDIGO	DBO5 (mg/l)		% DE REMOCIÓN
	M - Inicial	T- Final	
T-1	380	261	31.3
T-2	380	177.5	53.3
T-3	380	92.5	75.7
T-4	380	119	68.7

*Nota.* Resultado de % de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno

Se puede notar en la tabla 12, que obtienen el porcentaje de remoción de DBO 53.3%, 75.7% y 68.7% de las concentraciones 2, 3 y 4. Experimentando que dio efecto más del 50%. Excepto en la concentración 1 que solo logro el 31.3 % de remoción.

**Figura 11**

*Porcentaje de remoción DBO5*



Sauñe (2018) en su estudio de investigación después de los análisis obtiene los resultados finales de DBO, examinando ocho métodos mediante pruebas de jarras con una eficiencia de 98.92 % de remoción. En mi investigación se puede apreciar en la figura 10, que la muestra inicial están en concentraciones muy altas que sobrepasan los LMP para efluentes de PTAR domésticas, con valor de máxima concentración de 261 mg/l. Por consecuente, el procesamiento con el sulfato de aluminio se logró remover a 92.5 en un 75.7 %. (Choque & Quispe, 2021) Mientras tanto en su investigación contempla que el tratamiento de coagulación de aguas depuradas domesticas con sulfato de aluminio, con la mayor remoción de 73.79% de DBO5.

**Tabla 13***Porcentaje de remoción DQO*

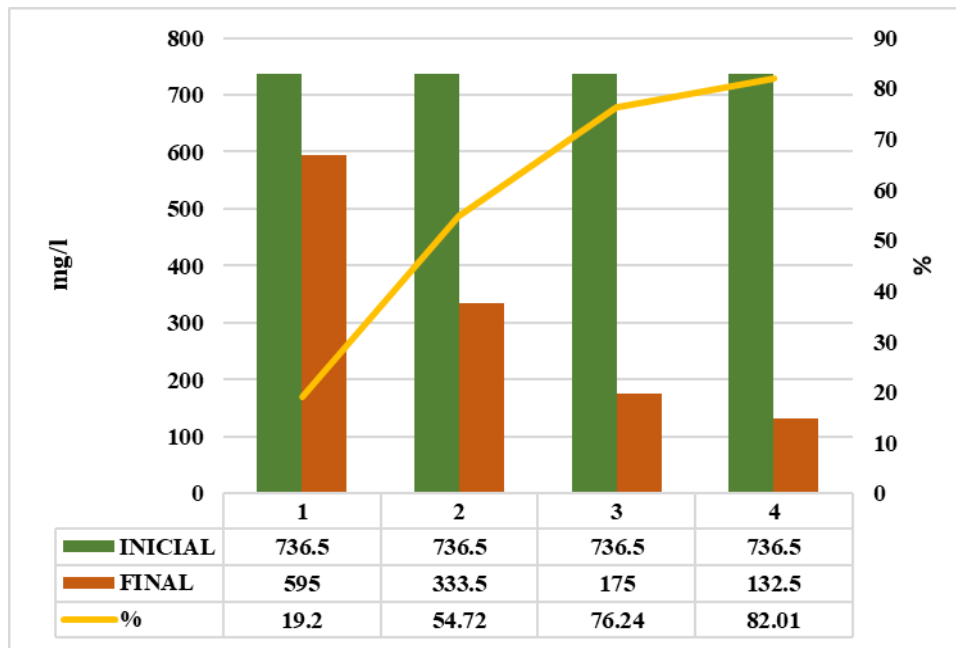
CÓDIGO	DQO (mg/l)		% DE REMOCIÓN
	M - Inicial	T- Final	
T-1	736.5	595	19.2
T-2	736.5	333.5	54.72
T-3	736.5	179	76.24
T-4	736.5	132.5	82.01

*Nota.* Resultado de % de remoción de la DQO

Observando en la tabla 13, se tiene los valores de agua cruda y agua tratada, con lo cual se evaluó el porcentaje de reducción de cada prueba. Por lo tanto, se ha conseguido eliminar DQO en un 82.01 % removiendo de 736.5 mg/l a 132.5 mg/l, debido mayor agregado del sulfato de aluminio.

**Figura 12**

*Porcentaje de remoción DQO*



La figura 12, evidencia el porcentaje de reducción de la DQO, por ende, el valor inicial con concentración 736.5 mg/l sobrepasando los LMP que están establecidas con valor de 200 mg/l. La remoción con sulfato de aluminio se logró remover a 132.5 en un 82.01%. (Salgado & Rodriguez, 2022) sin embargo, evaluando la remoción de DQO que era el principal parámetro de interés, encontró que la mejor eficiencia de remoción fue para su ensayo N°4 con un valor de 51.40 %, siguiendo con el ensayo N°5 con un valor de 45.10%, el investigador indica que ambos ensayos empleados con el coagulante de sulfato de aluminio ( $Al_2(SO_4)_3$ ) combinado con polímero y carbonato de calcio ( $CaCO_3$ ) para realizar el ajuste de pH.

#### 4.1.4. Resultado del análisis estadístico

##### Prueba de hipótesis.

- a) La dosis óptima de sulfato de aluminio ayudará notablemente en la remoción de la DBO de las aguas residuales domésticas en la PTAR de Macari

**Tabla 14**

*Resumen del modelo: dosis sulfato de aluminio y concentración DBO de aguas residuales.*

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
0,983	0,966	0,952	15,204

La variable independiente es Dosis de sulfato de aluminio.

La Tabla 14 presenta un resumen del modelo estadístico que evalúa la relación entre la dosis de sulfato de aluminio y la concentración de DBO en aguas desechada. El coeficiente de correlación R es 0,983, lo que indica una relación extremadamente fuerte entre la dosis de sulfato de aluminio y la concentración de DBO. El valor de  $R^2$  (0,966) sugiere que el 96,6% de la variabilidad en la concentración de DBO puede explicarse por el modelo, mientras que el R cuadrado ajustado (0,952) ajusta este valor tomando en consideración el número de predictores en el modelo, manteniendo una alta capacidad explicativa. El error estándar de la estimación es 15,204, dando una idea de qué tan preciso es de las predicciones del modelo.

**Tabla 15**

*Análisis de ANOVA, para evaluar el Impacto de la dosis de Sulfato de Aluminio en la DBO*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	32903,643	2	16451,822	71,167	0,000
Residuo	1155,857	5	231,171		
Total	34059,500	7			

La variable independiente es Dosis de sulfato de aluminio ( $Al_2(SO_4)_3$ ).

La tabla 15, manifiesta el ANOVA presentado los hallazgos de la regresión para evaluar la relación entre la dosis de sulfato de aluminio y la DBO. La suma de cuadrados de la regresión es 32903,643, lo que indica la variabilidad definida por el modelo. Con 2 gl, la media cuadrática de la regresión es 16451,822. El valor F de 71,167, que es

significativamente alto, junto con un valor de significancia (Sig.) de 0,000, indica que el modelo es altamente significativo y que la dosis de sulfato de aluminio tiene un efecto considerable sobre la variable dependiente. La suma de cuadrados del residuo es 1155,857 con 5 gl, resultando en una media cuadrática de 231,171. La suma total de cuadrados es 34059,500 con 7 gl, lo que representa la variabilidad total en los datos.

**Tabla 16**

*Coefficientes de la ecuación de regresión cuadrática para la DBO en función de la dosis de sulfato de aluminio*

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		Sig.
	B	Desv. Error	Beta	t	
Dosis de sulfato de aluminio	-1183,59	134,35	-6,07	-8,81	0,000
Dosis de sulfato de aluminio <sup>2</sup>	484,37	62,23	5,36	7,78	0,001
(Constante)	803,11	66,05		12,16	0,000

La tabla 16 proporciona los coeficientes de una regresión cuadrática para modelar la DBO en función de la dosis de sulfato de aluminio. La ecuación cuadrática de regresión que ilustra esta relación es la siguiente:

$$DBO = 803,11 - 1183,59X + 484,37X^2$$

Donde **X** es la dosis de sulfato de aluminio.

Interpretación:

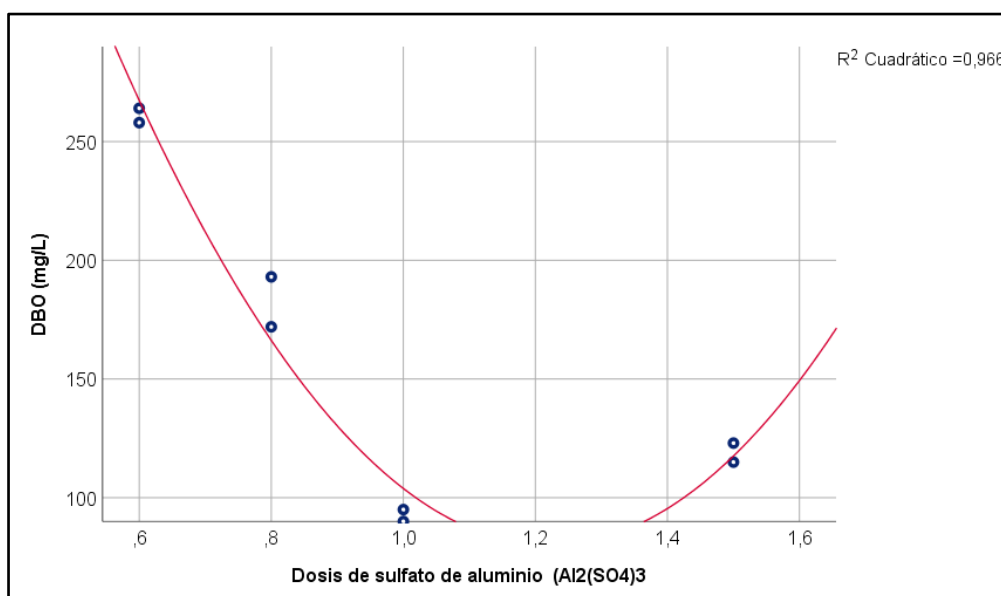
- El término constante (**803,11**) representa la DBO cuando la dosis de sulfato de aluminio es cero.

- El coeficiente de la dosis de sulfato de aluminio (**-1183,59**) indica que, en un nivel bajo de dosis, un incremento en el volumen de sulfato de aluminio provoca una reducción significativa en la DBO, como se ve en el valor negativo del coeficiente. El valor t de **-8,81** y su significancia (**0,000**) sugieren que esta consecuencia es altamente significativa.
- El coeficiente cuadrático (**484,37**) implica que, a dosis más altas, la influencia de la dosis de sulfato de aluminio sobre la DBO se vuelve positivo, es decir, después de un punto crítico, la DBO empieza a aumentar nuevamente. Este término también es significativo ( $p = 0,001$ ), con un valor t de **7,78**, lo que indica la importancia del componente cuadrático en la relación.

En conjunto, esta ecuación muestra que la vinculación entre la dosis de sulfato de aluminio y la DBO no es lineal, sino que sigue una curva en forma de parábola invertida: inicialmente la DBO disminuye con dosis crecientes de sulfato de aluminio, pero después de un punto, comienza a aumentar nuevamente.

### Figura 13

*Relación entre la dosis de coagulante y la DBO*



La figura 12, el gráfico muestra una relación inversa entre la dosis de sulfato de aluminio y la DBO hasta cierto punto. Esto implica que a medida que se agranda la cantidad de sulfato de aluminio, la cantidad de materia orgánica biodegradable en el agua disminuye. Sin embargo, esta tendencia no es lineal y existe un punto óptimo donde la reducción de la DBO se maximiza. Aumentar la dosis más allá de este punto se incrementa la DBO.

**b) La dosis óptima de sulfato de aluminio ayudará notablemente en la remoción de la DQO de las aguas residuales domésticas en la PTAR de Macari.**

**Tabla 17**

*Resumen del modelo: dosis sulfato de aluminio y concentración DQO de aguas residuales.*

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
0,999	0,998	0,998	9,305

La variable independiente es Dosis de sulfato de aluminio ( $Al_2(SO_4)_3$ ).

La Tabla 17 presenta un resumen del modelo estadístico que evalúa la relación entre la dosis de sulfato de aluminio y la concentración de DQO en aguas residuales. El coeficiente de correlación  $R$  es 0,999, lo que revela una relación prácticamente perfecta entre la dosis de sulfato de aluminio y el nivel de DQO. El valor de  $R^2$  (0,998) sugiere que el 99,8% de la variabilidad en el nivel de DQO puede explicarse por el modelo, mientras que el  $R^2$  ajustado (0,998) ajusta este valor considerando la cantidad de los elementos que impactan el modelo, manteniendo una capacidad explicativa extremadamente alta. El error estándar de la estimación es 9,305, lo que brinda una evaluación de la precisión de las estimaciones del modelo.

**Tabla 18**

*Análisis de ANOVA, para evaluar el Impacto de la dosis de Sulfato de Aluminio en la DQO*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	260731,083	2	130365,541	1505,664	0,000
Residuo	432,917	5	86,583		
Total	261164,000	7			

La variable independiente es Dosis de sulfato de aluminio ( $Al_2(SO_4)_3$ ).

La Tabla 18 presenta un ANOVA para evaluar el impacto de la dosis de sulfato de aluminio en la DQO de aguas residuales. La suma de cuadrados de la regresión es 260731,083, lo que indica la dispersión interpretada por el modelo. Con 2 gl, la media cuadrática de la regresión es 130365,541. El valor F de 1505,664 es extremadamente alto, y el valor de significancia (Sig.) de 0,000 indica que el modelo es altamente significativo. Esto apunta a que la dosis de sulfato de aluminio tiene un gran peso y estadísticamente significativo sobre la DQO. La suma de cuadrados del residuo es 432,917 con 5 gl, resultando en una media cuadrática de 86,583. La suma total de cuadrados es 261164,000 con 7 gl, representando la variabilidad total en los datos. En resumen, estos resultados demuestran que la dosis de sulfato de aluminio es un predictor significativo y eficaz para reducir la DQO en aguas contaminadas, con un modelo que explica casi toda la variabilidad observada.

**Tabla 19**

*Coefficientes de la ecuación de regresión cuadrática para la DQO en función de la dosis de sulfato de aluminio*

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
	B	Desv. Error	Beta	t	Sig.
Dosis de sulfato de aluminio	-2757,914	82,224	-5,105	-33,542	0,000
Dosis de sulfato de aluminio <sup>2</sup>	1070,332	38,083	4,278	28,105	0,000
(Constante)	1861,738	40,422		46,058	0,000

La tabla 19 proporciona los coeficientes de una regresión cuadrática para modelar la DQO en función de la dosis de sulfato de aluminio. La ecuación resultante es la siguiente:

$$DQO = 1861,738 - 2757,914X + 1070,332X^2$$

Donde **X** es la dosis de sulfato de aluminio.

Interpretación:

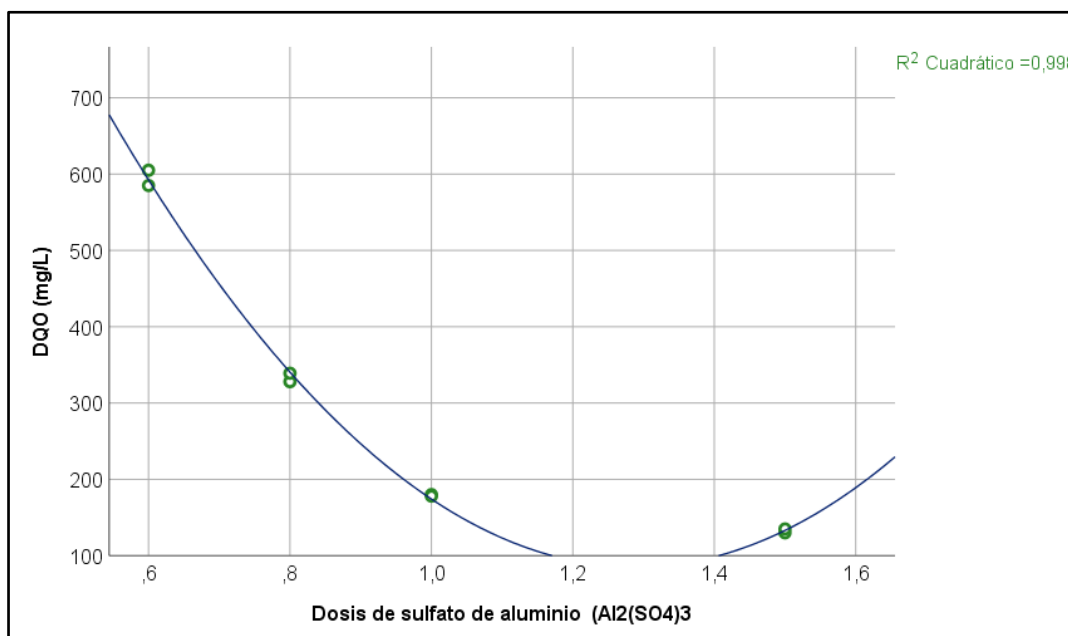
- El término constante (1861,738) representa la DQO cuando la dosis de sulfato de aluminio es cero.
- El coeficiente lineal (-2757,914) indica que, en dosis bajas, un incremento en la cantidad de sulfato de aluminio reduce significativamente la DQO. El valor t de -33,542 y la significancia (0,000) sugieren que este efecto es altamente significativo.
- El coeficiente cuadrático positivo (1070,332) señala que, a dosis más altas, la DQO comienza a aumentar, lo que implica una relación no lineal, en la que después de un punto, la dosis de sulfato de aluminio tiene un efecto inverso.

Este término cuadrático también es muy significativo ( $p = 0,000$ ), con un valor  $t$  de **28,105**.

En resumen, la DQO primero disminuye con el aumento de la dosis de sulfato de aluminio, pero luego empieza a crecer nuevamente a medida que las dosis se incrementan.

**Figura 14**

*Relación entre la dosis de coagulante y la DQO*



La figura 14, gráfico muestra una clara relación entre la dosis de sulfato de aluminio, un agente coagulante frecuentemente empleados en la depuración de aguas, y la DQO. Inicialmente, al aumentar la dosis el sulfato de aluminio reduce notablemente en la DQO, lo que indica que el coagulante está siendo efectivo en aglomerar y remover la materia orgánica existente en el agua. No obstante, a partir de cierta dosis, la DQO comienza a aumentar nuevamente, sugiriendo que un exceso de sulfato de aluminio.

#### 4.2. Discusión

En caracterización inicial de los parámetros evaluados con un pH promedio de 7.75, con la temperatura de 14.4. la DBO5 con concentración de 390 y 370 mg/l y DQO con



valores 750 y 723 mg/l que sobrepasan los LMP. Como Guzmán (2023) realizó las características del agua de desecho de las casas en la PTAR "María Reich" del distrito de Miraflores. Dando a conocer los dos parámetros evaluados de la DQO y la DBO con concentraciones de 397.74 y 210.8 mg/l excediendo la norma establecida.

En mi investigación se trabajó con la temperatura de 14.4 °C y 7.5 de pH, está dentro de los LMP, la muestra inicial de DBO dio un valor 380 mg/l y DQO teniendo el valor 736.5 mg/l, lo cual sobrepasan la norma técnica establecida. De igual manera se realizó el test de jarras 4, con promedios de (261, 177.5, 92.5 y 119) mg/l de la DBO y (595, 333.5, 175 y 132.5) mg/l que no cumplen LMP. La investigación fue respaldada por Janampa & Quiroz (2021) en su investigación indica que el coagulante sulfato de aluminio  $Al_2(SO_4)_3$  le resulto eficaz en su tratamiento de aguas depuradas domésticas, porque realizó su objetivo principal y los objetivos específicos con el resultado excelente en la eliminación de los indicadores fisicoquímicos y pudo hallar dosis óptima del coagulante. Trabajando a una temperatura de 13.74 °C, cosa que, alcanzo los mejores resultados de lo que esperaban. Teniendo en cuenta que se dieron con el valor inicial de DBO5 con 254.33 (mg/l), consiguiendo con el respectivo tratamiento de la prueba de jarras dieron el valor del ensayo1, 132.33 ml/l y 117.67; ensayo2 107 mg/l y 96.33 que sobrepasan los límites máximos permisibles; por último, ensayo3, 82.00 mg/l y 66.67.

La degradación de la materia orgánica (DBO y DQO) utilizando 1g y 1.5g. de sulfato de aluminio ( $Al_2(SO_4)_3$ ) dio como resultado una tasa de eliminación de la DBO del 75.7% y demanda química de oxígeno del 82.01%. En su publicación de Huamán (2023) trabajo con manifestaciones de sulfato de aluminio del 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5%, considerando que la dosis es de 50 ml obteniendo como resultado de remoción más eficiente de concentración al 1% dio el 85.7 % de la DQO y correspondientemente el más eficiente fue 87.9 % con la misma concentración para la DBO.



## CONCLUSIONES

**Conclusión 1:** Con respecto al primer objetivo la concentración inicial del agua cruda se tuvieron los resultados obtenidos correspondientes, los niveles de pH, temperatura, se sitúan en los LMP con un registro de 7.75 y 14.4 °C mientras tanto las concentraciones del DBO DQO registraron cifras de 380 mg/l y 736.5 mg/l correspondientemente sobrepasando los límites máximos permisibles.

**Conclusión 2:** En correspondiente al segundo objetivo planteado se dio el respectivo tratamiento basada en sulfato de aluminio con dosis de 0.6g, 0.8g, 1.0g y 1.5g obteniendo las concentraciones residuales de DBO (261mg/l, 177.5 mg/l, 92.5mg/l y 119 mg/l) y DQO con (595mg/l, 333.5 mg/l, 175 mg/l y 132.5 mg/l), en el orden dado, en donde se nota que la tercera test se ha alcanzado a 92.5 mg/l de DBO y la cuarta test consiguiendo 175mg/l y 132.5mg/l para la DQO que cumplieron los límites máximos permisibles.

**Conclusión 3:** Según el tercer objetivo, llegando a la conclusión de que las efectividades en la eliminación de la sustancia orgánica mejoran con la optimización del sulfato de aluminio con diferentes dosis ya mencionadas, dado que el parámetro de la DBO dio una remoción de 75.7 % con dosis de 1g, y para DQO como resultado obtuvo el más alto remoción de 82.01% al 1.5 g de dosis óptima.



## RECOMENDACIONES

- Se sugiere realizar la evaluación de todos los parámetros físico - químicos y microbiológicos para su caracterización como, por ejemplo: coliformes fecales, escherichia coli, etc. Con el fin de mitigar los niveles de la carga orgánica y la contaminación en las aguas depuradas de la planta de tratamiento Macari.
- Se recomienda realizar tratamientos con coagulantes orgánicos o naturales, analizando cual es la mejor opción de eliminación en agua residuales domésticas.
- La eliminación de contaminantes físicos y químicos en sistemas de coagulación y floculación, de aguas depuradas y ser comparadas de diferentes tipos de coagulantes, de tal modo, que se pueda ver a qué porcentaje de remoción se liga.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amoroch, M. F. (2010). *Optimización de la aglutinación - floculación en la instalación de tratamiento de agua potable de la sede recreativa Campoalegre - Cajasan*. Cajasan: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Báez, L. F. (2012). *Determinación de la eficacia de las propiedades coagulantes y floculantes del tropaeolum tuberosum en el tratamiento del agua sin tratar de la instalación de Puengasí de la Epmaps*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.
- Cadillo, M. C. (2017). *"Remoción de compuestos orgánicos empleando chrysopogon zizanioides en el proceso secundario de depuración de aguas desechadas domésticas con citrato r"*. Villa El Salvador: Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur.
- Carbajal, Y. N. (2024). *Análisis del impacto de los coagulantes sulfato de aluminio y cloruro férrico en la reducción de la opacidad del río Shullcas, Huancayo, 2022*. Huancayo: Universidad Continental.
- Carpio, O. H. (2016). *"Evaluación de la utilización de microorganismos eficaces en el proceso de tratamiento de aguas depuradas domésticas en el distrito de Pátapo "*. Lambayeque: Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo".
- Chávez, L. S. (2023). *Sulfato de aluminio en la eliminación de materia orgánica de las aguas depuradas en el matadero municipal de Cajamarca*. Cajamarca: Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo.
- Choque, Y. J., & Quispe, M. L. (2021). *Remoción de aguas sucias de residuos orgánicos domésticos utilizando el método de coagulación con sulfato de aluminio en la localidad de Agua de Vichi - Santa Ana - Huancavelica*. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.



- Cornejo, L. A. (2014). *Evaluación del sistema de depuración fisicoquímica de la Planta de Aguas Depuradas Domésticas de Unión Andina de Cementos S.A.A.* Callao: Universidad Nacional del Callao.
- Cortines, A. R. (2018). *Desarrollo de estrategias de monitoreo de las contribuciones determinadas a nivel nacional en la mitigación de gases que calientan el planeta (G y CEI) en el sector de aguas residuales de México..* México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- Cuba, G. D. (2022). *Determinación de los mejores ajustes para la coagulación química utilizando alumbre convencional, en las aguas residuales de lavanderías de prendas de vestir en la urbe de Oxapampa.* Cerro de Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
- Cuenca, E. D. (2012). El tratamiento aguas depuradas domésticas en pro de la sostenibilidad local: el ejemplo de la metodología del sistema integrado para el tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SITRANE) en San Miguel Almaya, Mexico. *Quivera Universidad Autónoma del Estado de México*, 79.
- Delgado, G. H. (2021). *"Ensayo de coagulación-floculación utilizando extracto de Opuntia macbridei Britton & Rose para hacer el agua más limpia"*. Chota: Universidad Nacional Autónoma de Chota.
- Flórez, J. M. (2010). *Clarificación de aguas mediante coagulantes polimerizados: estudio del hidroxiclorigenato de aluminio o.* Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Franco, R. O. (2014). Analisis de la situación de abastecimiento de agua segura para beber y condiciones sanitarias en la ciudad de Puno o . *Revista Investigación Altoandina*, 5.
- González, L. P. (2017). *Reporte 7, Prueba de Jarras* . Managua: Universidad Nacional de Ingeniería .



- Huaripata, L. M. (2020). *"Optimización de las etapas de coagulación y floculación en los sistemas de las plantas de potabilización de agua, 2010.2020. Una revisión sistematica"*. Cajamarca : Universidad Privada del Norte.
- Jaime, M. D. (2023). *Eficiencia de la Cáscara de Naranja "Citrus sinensis" se compara con el sulfato de aluminio en la eliminación de la materia orgánica presente en las aguas residuales de viviendas de la PTAR Taboada, Callao*. Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Larios-Meño, J. F. (2015). Las aguas servidas y sus repercusiones en el Perú. *Revista Universidad San Ignacio de Loyola*, 10.
- Laurente, D. H. (2024). *Remoción de aguas depuradas domésticas con coagulación-floculación y adsorción en laboratorio*. Huancayo: Universidad Continental.
- Lecca, E. R., & Lizama, E. R. (2014). Caracterización de las aguas servidas y la necesidad de oxígeno en forma bioquímica. *Industrial Data*, 76.
- Leones, M. M. (2018). Evaluación de la capacidad coagulante del sulfato de aluminio y las semillas de moringa oleífera en el proceso de purificación del agua de la ciénaga de Malambro-Atlántico. *UIS Ingenierías*, 4.
- López, A. M. (2017). Remoción de agentes contaminantes orgánicos en aguas residuales domésticas a través de un modelo experimental a pequeña escala. Universidad Politécnica de Salesiana. 5.
- Massella, L. A. (2014). *Comparación de la eficiencia del sulfato de aluminio y el sulfato ferroso en la remoción de sólidos en suspensión en aguas residuales de tipo ordinario*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Mayorga, J. C. (2017). *Optimización de la planta de tratamiento de efluentes en el proceso operativo del patio de alimentos del Centro Comercial "Maltería Plaza" cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi*. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi.



- Mojica, G. F. (2017). *Evaluación de sales de aluminio y hierro en la remoción química de materia orgánica y sedimentos presentes en aguas residuales domésticas*. Valledupar, Colombia: Revista Caribeña de Ciencias Solciales.
- Morales, J. C., & Ccapira, E. M. (2020). *Optimización del proceso de tratamiento de aguas servidas mediante las lagunas de oxidación/estabilización en la localidad de Mukuraya, provincia de Moho, Región de Puno*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Núñez, R. S. (2018). *"Optimización del compuesto coagulante sulfato de aluminio en la purificación del agua en la planta de Chota-Cajamarca"*. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Pacheco, M. B. (2022). *Optimización de la etapa de coagulación-floculación al tratar el agua residual originada en la cuba de decapado de la compañía Galvánica Cía. LTDA. del cantón Cuenca*. Cuenca: UCUENCA.
- Pérez, A. R. (2005). *Determinación de coagulante y el floculante, junto con su cantidad ideal, para purificar aguas residuales de poblaciones urbanas mediante el proceso de Coagulación, Floculación y Sedimentación en la ciudad de Torreón, Coahuila*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna.
- Quispe, P. D. (2020). *Evaluación de aguas depuradas tratadas a diversas temperaturas a través de Coagulación - floculación con semillas de Durazmo (Prunus pérsica). Tuna (Opuntia Ficus Indica) y Cáscara de papa (Solanum tuberosum) del río Jllusaya*. Universidad Mayor de San Andrés, 1840.
- Ricardo, S. G. (2024). *Eficacia y rediseño de la planta de tratamiento de aguas depuradas en Macari, Melgar-2023*. Puno: Universidad Privada San Carlos.
- Rivas, G. R. (2010). *Problemas ambientales y propuesta para la descontaminación de la ciudad de Puno*. *Ingeotec*, 3-11. Obtenido de Ingeotec: <https://n9.cl/leohb>



- Romero, R. M. (2022). *"Estudio comparativo del rendimiento de la electrocoagulación y la coagulación/floculación en la remoción de contaminantes de aguas residuales del camal Conchucos, Lima, 2021"*. Lima: Universidad Privada del Norte.
- Salgado, J. J., & Rodriguez, D. C. (2022). Optimización de un sistema de tratamiento a través de pruebas de viabilidad para eliminar la materia orgánica en aguas residuales altamente complejas. *Ingenierias USBMed*, 50.
- Sánchez, L. E. (2020). *Cinética de eliminación de contaminantes en humedales artificiales de flujo libre y superficial con vegetación *Claudiun Jamaicense**. Villahermosa: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco División de Ciencias Biológicas.
- Santamaría, L. A. (2018). *"Sistema de coagulación-floculación a escala laboratorio y su eficiencia en el tratamiento de aguas residuales provenientes del proceso de preparación de pega para la elaboración de zapatos de cuero"*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Sauñe, L. M. (2018). *Remoción de partículas en suspensión y materia orgánica de las aguas residuales domésticas a través de semillas de níspero en la zona urbana de Coayllo-Lima*. Lima: Universidad César Vallejo.
- Torres, P. (2012). Perspectivas sobre el uso del tratamiento anaerobio para purificar aguas residuales de hogares en naciones en vías de desarrollo. *Escuela de Ingeniería de Antioquia*, 117.
- User, A. E. (2013). *Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua*.  
<https://n9.cl/zkq9p>
- Vega, F. M. (2016). *"Remoción de compuestos orgánicos en aguas residuales industriales utilizando la desestabilización de la capa hidrofílica."*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.



Zavala, I. M. (2019). *optimizacion de parámetros para la eliminación de la turbidez, DBO5 y DQO a través de la coagulación/floculación de aguas depuradas domésticas utilizando organoarcilla*. Lima: Universidad Peruana Unión.



# ANEXOS



Anexo 1

Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicador	Unidad
<p>Problema general</p> <p>¿Cómo será la optimización del sulfato de aluminio para la remoción de materia orgánica en aguas residuales domesticas de la PTAR de Macari?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Optimizar el sulfato de aluminio para la remoción de materia orgánica en aguas residuales domesticas de la PTAR de Macari</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>el sulfato de aluminio permitirá optimizar la remoción de la materia orgánica en aguas residuales domesticas de la PTAR</p>	<p>Variable independiente</p> <p>Optimización del sulfato de aluminio</p>	Dosis	0.6, 0.8, 1 y 1.5	g.
<p>problemas específicos</p> <p>¿Cuál será la concentración de la materia orgánica que contiene el agua residual doméstica de la PTAR de Macari?</p> <p>¿Qué dosis optima del sulfato de aluminio removerá la materia orgánica de aguas residuales domesticas en la PTAR de Macari?</p> <p>¿Qué porcentaje de remoción presentara la materia orgánica de aguas residuales domesticas de la PTAR de Macari?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>Evaluar la concentración de la materia orgánica de aguas residuales domesticas de la PTAR de Macari.</p> <p>Determinar la dosis optima del sulfato de aluminio para la remoción de la materia orgánica de aguas residuales domesticas de la PTAR de Macari.</p> <p>Evaluar el porcentaje de remoción de la materia orgánica de aguas residuales domesticas de la PTAR de Macari.</p>	<p>Hipótesis Específicos</p> <p>La materia orgánica que contiene el agua residual doméstica de la PTAR de Macari se encuentra con concentraciones elevadas. La dosis optima de sulfato de aluminio ayudara notablemente en la remoción de la materia orgánica de las aguas residuales domesticas en la PTAR de Macari. El porcentaje de remoción de la materia orgánica de agua residual domestica de la PTAR de Macari será mayor al 50%.</p>	<p>Variable dependiente</p> <p>Remoción de la materia orgánica</p>	Parámetro	DBO y DQO	mg/L

## Anexo 2:

### Punto de muestreo del agua residual de la planta tratamiento



### Punto de la toma de muestra 1 y 2



## Anexo 3

## Resultados de laboratorio

	UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL																				
<b>RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS</b>																					
<b>INFORME N° LCA057 - 2024</b>																					
<b>I. DATOS DEL SERVICIO</b>																					
1.1. Solicitante	: HEBERTH AMADOR CCAHUANA ALANOCCA																				
1.2. Proyecto	: OPTIMIZACIÓN DEL SULFATO DE ALUMINIO PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE MACARI																				
<b>II. DATOS DEL ENSAYO</b>																					
2.1. Producto	: Aguas																				
2.2. Numero de muestras	: 02																				
2.3. Muestreado por	: Heberth Amador Ccahuana Alanocca																				
2.4. Fecha de ensayo	: 23/06/2024																				
2.5. Departamento	: Puno																				
2.6. Provincia	: Melgar																				
2.7. Distrito	: Macari																				
2.8. Código, ubicación, fecha y hora de muestreo																					
	<table border="1"><thead><tr><th>Código</th><th>Coordenadas</th><th>Fecha</th><th>Hora</th></tr></thead><tbody><tr><td>P - 1</td><td>N: 8366.493 E: 296217.1</td><td>23/06/2024</td><td>10:45</td></tr><tr><td>P - 2</td><td>N: 8366.494 E: 296311.2</td><td>23/06/2024</td><td>11:10</td></tr></tbody></table>	Código	Coordenadas	Fecha	Hora	P - 1	N: 8366.493 E: 296217.1	23/06/2024	10:45	P - 2	N: 8366.494 E: 296311.2	23/06/2024	11:10								
Código	Coordenadas	Fecha	Hora																		
P - 1	N: 8366.493 E: 296217.1	23/06/2024	10:45																		
P - 2	N: 8366.494 E: 296311.2	23/06/2024	11:10																		
<b>III. RESULTADOS</b>																					
	<table border="1"><thead><tr><th>Parámetro</th><th>Unidad</th><th>P - 1</th><th>P - 2</th></tr></thead><tbody><tr><td>Temperatura en laboratorio</td><td>°C</td><td>14.3</td><td>14.5</td></tr><tr><td>pH</td><td></td><td>7.7</td><td>7.8</td></tr><tr><td>Demanda química de oxígeno</td><td>mg/L</td><td>750</td><td>723</td></tr><tr><td>Demanda bioquímica de oxígeno</td><td>mg/L</td><td>390</td><td>370</td></tr></tbody></table>	Parámetro	Unidad	P - 1	P - 2	Temperatura en laboratorio	°C	14.3	14.5	pH		7.7	7.8	Demanda química de oxígeno	mg/L	750	723	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	390	370
Parámetro	Unidad	P - 1	P - 2																		
Temperatura en laboratorio	°C	14.3	14.5																		
pH		7.7	7.8																		
Demanda química de oxígeno	mg/L	750	723																		
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	390	370																		
<b>IV. MÉTODO DE ENSAYO</b>																					
Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005																					
	Juliaca, 09 de julio del 2024																				
	 UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" Mgt. Ing. Milton Quispe Huanca CIP. 47790 JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP																				
	N°B.E.: 00295719 1																				



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

### RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LCA058 - 2024

#### I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. Solicitante : HEBERTH AMADOR CCAHUANA ALANOCCA
- 1.2. Proyecto : OPTIMIZACIÓN DEL SULFATO DE ALUMINIO PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE MACARI

#### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto : Aguas
- 2.2. Numero de muestras : 04
- 2.3. Muestreado por : Heberth Amador Ccahuana Alanocca
- 2.4. Fecha de ensayo : 02/07/2024
- 2.5. Departamento : Puno
- 2.6. Provincia : San Román
- 2.7. Distrito : Juliaca
- 2.8. Código, ubicación, fecha y hora de muestreo

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
P - 1	N: 8282296.3 E: 380115.8	01/07/2024	10:05

#### III. RESULTADOS

Parámetro	Unidad	T - 1	T - 2	T - 3	T - 4
Temperatura en laboratorio	°C	15.2	15.3	15.5	15.3
pH		8.1	8.3	8.5	9.7
Demanda química de oxígeno	mg/L	585	328	180	130
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	258	172	95	115

#### IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"



Mgtr. Ing. Milton Quispe Huanca  
CIP. 47790  
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

Juliaca, 09 de julio del 2024

N°B.E.: 00295719

2



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

## RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LCA059 - 2024

### I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : HEBERTH AMADOR CCAHUANA ALANOCCA  
1.2. **Proyecto** : OPTIMIZACIÓN DEL SULFATO DE ALUMINIO PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE MACARI

### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Aguas  
2.2. **Numero de muestras** : 04  
2.3. **Muestreado por** : Heberth Amador Ccahuana Alanocca  
2.4. **Fecha de ensayo** : 02/07/2024  
2.5. **Departamento** : Puno  
2.6. **Provincia** : San Román  
2.7. **Distrito** : Juliaca  
2.8. **Código, ubicación, fecha y hora de muestreo**

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
P - 1	N: 8282296.3 E: 380115.8	01/07/2024	16:00

### III. RESULTADOS

Parámetro	Unidad	RT - 1	RT - 2	RT - 3	RT - 4
Temperatura en laboratorio	°C	14.5	14.4	14.3	14.4
pH		8.0	8.4	8.5	9.5
Demanda química de oxígeno	mg/L	605	339	178	135
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	264	183	90	123

### IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

Juliaca, 09 de julio del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
Mgt. Ing. Milton Quispe Huanca  
CIP. 47790  
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

N°B.E.: 00295719

3



Anexo 4

Límites Máximos Permisibles D. S. N° 003-2010-MINAM

<p>El Peruano Lima, miércoles 17 de marzo de 2010</p>	<p><b>NORMAS LEGALES</b> <span style="float: right;">415675</span></p>
<p>de impuestos o de derechos aduaneros de ninguna clase o denominación. <b>Artículo 5°.-</b> La presente Resolución Suprema será refrendada por el Presidente del Consejo de Ministros.</p> <p>Regístrese, comuníquese y publíquese.</p> <p><b>ALAN GARCÍA PÉREZ</b> Presidente Constitucional de la República</p> <p><b>JAVIER VELASQUEZ QUESQUÉN</b> Presidente del Consejo de Ministros</p> <p>469446-6</p>	<p>implica necesariamente y según corresponda, la actualización de los planes originalmente aprobados al emitirse la Certificación Ambiental; De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8) del artículo 118° de la Constitución Política del Perú, y el numeral 3 del artículo 11° de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;</p> <p>DECRETA:</p> <p><b>Artículo 1°.- Aprobación de Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas o Municipales (PTAR)</b> Aprobar los Límites Máximos Permisibles para efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, los que en Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo y que son aplicables en el ámbito nacional.</p> <p><b>Artículo 2°.- Definiciones</b> Para la aplicación del presente Decreto Supremo se utilizarán los siguientes términos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR):</b> Infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales Domésticas o Municipales.</li> <li>- <b>Límite Máximo Permisible (LMP):</b> Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental.</li> <li>- <b>Protocolo de Monitoreo.-</b> Procedimientos y metodologías establecidas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en coordinación con el MINAM y que deben cumplirse en la ejecución de los Programas de Monitoreo.</li> </ul> <p><b>Artículo 3°.- Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles de Efluentes de PTAR</b></p> <p>3.1 Los LMP de efluentes de PTAR que se establecen en la presente norma entran en vigencia y son de cumplimiento obligatorio a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.</p> <p>3.2 Los LMP aprobados mediante el presente Decreto Supremo, no serán de aplicación a las PTAR con tratamiento preliminar avanzado o tratamiento primario que cuenten con disposición final mediante emisario subterráneo.</p> <p>3.3. Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que no cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento su Programa de Adecuación y Manejo Ambiental; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.</p> <p>3.4 Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de tres (03) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, la actualización de los Planes de Manejo Ambiental de los Estudios Ambientales; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.</p> <p><b>Artículo 4°.- Programa de Monitoreo</b></p> <p>4.1 Los titulares de las PTAR están obligados a realizar el monitoreo de sus efluentes, de conformidad con el Programa de Monitoreo aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. El Programa de Monitoreo especificará la ubicación de los puntos de control, métodos y técnicas adecuadas; así como los parámetros y frecuencia de muestreo para cada uno de ellos.</p>
<p style="text-align: center;"><b>AMBIENTE</b></p> <p><b>Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales</b></p> <p style="text-align: center;"><b>DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM</b></p> <p>EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA</p> <p>CONSIDERANDO:</p> <p>Que, el artículo 3° de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, dispone que el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha ley.</p> <p>Que, el numeral 32.1 del artículo 32° de la Ley General del Ambiente define al Límite Máximo Permisible - LMP, como la medida de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio;</p> <p>Que, el numeral 33.4 del artículo 33° de la Ley N° 28611 en mención dispone que, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplique el principio de la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;</p> <p>Que, el literal d) del artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente - MINAM, establece como función específica de dicho Ministerio, elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), de acuerdo con los planes respectivos. Deben contar con la opinión del sector correspondiente, debiendo ser aprobados mediante Decreto Supremo;</p> <p>Que, mediante Resolución Ministerial N° 121-2009-MINAM, se aprobó el Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el año fiscal 2009 que contiene dentro de su anexo la elaboración del Límite Máximo Permisible para los efluentes de Plantas de Tratamiento de fuentes domésticas;</p> <p>Que el artículo 14° del Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) aprobado mediante Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, establece que el proceso de evaluación de impacto ambiental comprende medidas que aseguren, entre otros, el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental, los Límites Máximos Permisibles y otros parámetros y requerimientos aprobados de acuerdo a la legislación ambiental vigente; del mismo modo, en su artículo 28° el citado reglamento señala que, la modificación del estudio ambiental o la aprobación de instrumentos de gestión ambiental complementarios,</p>	



4.2 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento podrá disponer el monitoreo de otros parámetros que no estén regulados en el presente Decreto Supremo, cuando existan indicios razonables de riesgo a la salud humana o al ambiente.

4.3 Sólo será considerado válido el monitoreo conforme al Protocolo de Monitoreo establecido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, realizado por Laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Defensa del Consumidor y de la Propiedad Intelectual - INDECOPI.

### Artículo 5°.- Resultados de monitoreo

5.1 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento es responsable de la administración de la base de datos del monitoreo de los efluentes de las PTAR, por lo que los titulares de las actividades están obligados a reportar periódicamente los resultados del monitoreo de los parámetros regulados en el Anexo de la presente norma, de conformidad con los procedimientos establecidos en el Protocolo de Monitoreo aprobado por dicho Sector.

5.2 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento deberá elaborar y remitir al Ministerio del Ambiente dentro de los primeros noventa (90) días de cada año, un informe estadístico a partir de los datos de monitoreo presentados por los Titulares de las PTAR, durante el año anterior, lo cual será de acceso público a través del portal institucional de ambas entidades.

### Artículo 6°.- Fiscalización y Sanción

La fiscalización del cumplimiento de los LMP y otras disposiciones aprobadas en el presente Decreto Supremo estará a cargo de la autoridad competente de fiscalización, según corresponda.

### Artículo 7°.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente y por el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

### DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA FINAL

Única.- El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, en coordinación con el MINAM, aprobará el Protocolo de Monitoreo de Efluentes de PTAR en un plazo no mayor a doce (12) meses contados a partir de la vigencia del presente dispositivo.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los dieciséis días del mes de marzo del año dos mil diez.

ALAN GARCÍA PÉREZ  
Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG  
Ministro del Ambiente

JUAN SARMIENTO SOTO  
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

### ANEXO

#### LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PTAR

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Acetles y grasas	mg/L	20
Coliformos Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales Suspensión	en mL/L	150
Temperatura	°C	<35

469446-2

Designar responsable de brindar información pública y del contenido del portal de internet institucional del Ministerio

### RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 036-2010-MINAM

Lima, 16 de marzo de 2010

#### CONSIDERANDO:

Que, mediante Decreto Legislativo N° 1013, se aprobó la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente;

Que, la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, cuyo Texto Único Ordenado fue aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM, tiene por finalidad promover la transparencia de los actos del Estado y regular el derecho fundamental del acceso a la información consagrado en el numeral 5 del artículo 2° de la Constitución Política del Perú;

Que, el artículo 3° de la citada Ley, señala que el Estado tiene la obligación de entregar la información que demanden las personas en aplicación del principio de publicidad, para cuyo efecto se designa al funcionario responsable de entregar la información solicitada;

Que, asimismo, de acuerdo a lo previsto en el artículo 5° de la mencionada Ley, las Entidades Públicas deben identificar al funcionario responsable de la elaboración de los Portales de Internet;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 070-2008-MINAM, se designó a la señorita Cristina Miranda Beas, como funcionaria responsable de brindar información que demanden las personas, y responsable del contenido de la información ofrecida en el Portal de Internet del Ministerio del Ambiente;

Que, por razones de servicio y considerando la renuncia al cargo que desempeñaba en el Ministerio del Ambiente la servidora citada en el considerando precedente, resulta necesario designar al personal responsable de brindar información en el marco de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública y responsable del Portal de Internet Institucional;

Con el visado de la Secretaría General y de la Oficina de Asesoría Jurídica; y

De conformidad con lo establecido en el Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente; el Texto Único Ordenado de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM; y el Decreto Supremo N° 007-2008-MINAM que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente;

#### SE RESUELVE:

**Artículo 1°.-** Designar al abogado Hugo Milko Ortega Polar como Responsable de brindar la información pública del Ministerio del Ambiente y Responsable del contenido de la información ofrecida en el Portal de Internet Institucional, de conformidad con el Texto Único Ordenado de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM.

**Artículo 2°.-** Todos los órganos del Ministerio del Ambiente, bajo responsabilidad, deberán facilitar la información y/o documentación que les sea solicitada como consecuencia de lo dispuesto en el artículo precedente, dentro de los plazos establecidos en la normatividad vigente.

**Artículo 3°.-** Disponer que la presente Resolución se publique en el Diario Oficial El Peruano y en Portal de Internet del Ministerio del Ambiente.

**Artículo 4°.-** Notificar la presente Resolución a todos los órganos del Ministerio del Ambiente, al Órgano de Control Institucional y al responsable designado.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG  
Ministro del Ambiente

469445-1

### Anexo 5

#### Panel fotográfico tratamiento en el laboratorio





ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS  
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN  
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 30/10/2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: HEBERTH AHADOR CCAHUANA ALANOCCA

Dirección: JR. SANTA CATALINA # 494

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 71793653

Teléfono: 994386080 email: ccahuanaheberth@gmail.com

Nombres y Apellidos:

Dirección:

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:

Teléfono: email:

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Título o Grado Académico a optar: TITULO DE INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

Asesor: DR. ARNALDO YANIA TORRES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: OPTIMIZACIÓN DEL SULFATO DE ALUMINIO PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE HACARI

Palabras claves, (3 a 5 términos): AGUA RESIDUAL, MATERIA ORGANICA, OPTIMIZACIÓN, SULFATO DE ALUMINIO

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV <sup>1, 2</sup>?

2

<sup>1</sup> Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

<sup>2</sup> Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

Bachiller  Título  2da Especialidad  Maestría  Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.  
 Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): \_\_\_\_\_  
 No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

Sí autorizo  
 No autorizo



**Jurisdicción de su Licencia**

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: SANEAMIENTO AMBIENTAL - P23



Firma de Autor



huella digital

30 DE OCTUBRE DEL 2024

Fecha