

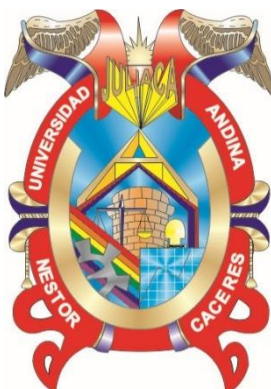


UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



**IMPACTO DEL SULFATO DE ALUMINIO EN LA REMOCIÓN
DE TURBIDEZ Y MATERIA ORGÁNICA DE LAS
AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL
MUNICIPAL DE AYAVIRI 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JUAN NOEL HUAQUISTO HUAQUISTO

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

JULIACA – PERÚ

2026



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

**IMPACTO DEL SULFATO DE ALUMINIO EN LA REMOCIÓN
DE TURBIDEZ Y MATERIA ORGÁNICA DE LAS
AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL
MUNICIPAL DE AYAVIRI 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JUAN NOEL HUAQUISTO HUAQUISTO

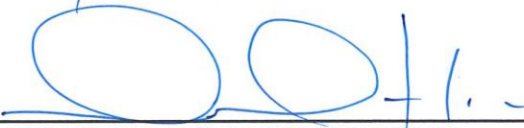
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

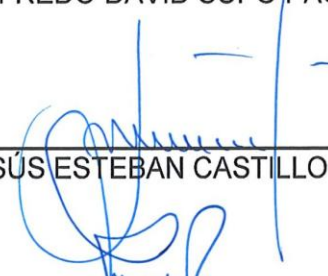
PRESIDENTE

: 
Dr. ARNALDO YANA TORRES

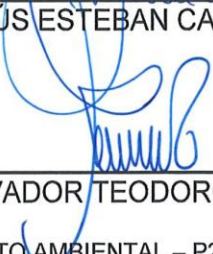
PRIMER MIEMBRO

: 
Mgtr. WILFREDO DAVID SUÑO PACORI

SEGUNDO MIEMBRO

: 
M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ASESOR DE TESIS

: 
Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CÁRDENAS

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : SANEAMIENTO AMBIENTAL – P22



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 0039-2026-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 15 de enero del 2026

VISTO: El expediente N° 2026-CU-000047 presentado por el (la) Bachiller: **JUAN NOEL HUAQUISTO HUAQUISTO** 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. **JUAN NOEL HUAQUISTO HUAQUISTO**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **IMPACTO DEL SULFATO DE ALUMINIO EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE AYAVIRI 2025**, 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. ARNALDO YANA TORRES
- * **1er Miembro** : Mgtr. WILFREDO DAVID SUPO PACORI
- * **2do Miembro** : M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**.

ARTÍCULO TERCERO.- APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **JUAN NOEL HUAQUISTO HUAQUISTO**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **IMPACTO DEL SULFATO DE ALUMINIO EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE AYAVIRI 2025** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : miércoles 21 de enero del 2026
- * **HORA** : 09:30 horas
- * **LUGAR** : Aula 406 - FICP

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.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



Dr. Donald Madera Perán
DECANO (e)
CIP: 66975



Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2026
Intervenido (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1703-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 12 de diciembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU-12185 por el señor (a): **JUAN NOEL HUAQUISTO HUAQUISTO** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 1167-2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 085 - 2025 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): **JUAN NOEL HUAQUISTO HUAQUISTO**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulada: **IMPACTO DEL SULFATO DE ALUMINIO EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE AYAVIRI 2025**, 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 **M.Sc. Jesús Esteban Castillo Machaca** 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° 085 - 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **IMPACTO DEL SULFATO DE ALUMINIO EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE AYAVIRI 2025**, 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 por 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): **JUAN NOEL HUAQUISTO HUAQUISTO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulada: **IMPACTO DEL SULFATO DE ALUMINIO EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE AYAVIRI 2025** correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) **Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**.

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. OSCAR V. V. MONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730



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

Dr. Cesar G. Camargo Najay
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



TESIS UANCV



UNIVERSIDAD ANDINA



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 900-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 23 de agosto del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 6224, presentado por el señor (a) JUAN NOEL HUAQUISTO HUAQUISTO solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 676-2025-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 053-2025 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): JUAN NOEL HUAQUISTO HUAQUISTO ha presentado su propuesta de investigación Titulada: **IMPACTO DEL SULFATO DE ALUMINIO EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE AYAVIRI 2025**, 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 MSc. Jesus Esteban Castillo Machaca 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° 053-2025- aprobando la propuesta de investigación titulada: **IMPACTO DEL SULFATO DE ALUMINIO EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE AYAVIRI 2025**.

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 mérito 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 señor (a): JUAN NOEL HUAQUISTO HUAQUISTO, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulada: **IMPACTO DEL SULFATO DE ALUMINIO EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE AYAVIRI 2025** 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. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS.

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 CIENCIAS PURAS

Dr. OSCAR V. VILLAMONTA CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. PABLO WILLY MAMANI APAZA
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2025
Interesado (a)



JUAN NOEL HUAQUISTO HUAQUISTO

IMPACTO DEL SULFATO DE ALUMINIO EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUAL...

 TESIS DE PREGRADO

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::13016:585358682

Fecha de entrega

1 may 2026, 13:53 GMT-5

Fecha de descarga

1 may 2026, 14:51 GMT-5

Nombre del archivo

T036_70312934_T.docx

Tamaño del archivo

21.8 MB

116 páginas

17.915 palabras

98.620 caracteres



TESIS UANCV

18% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 12%  Fuentes de Internet
- 5%  Publicaciones
- 15%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Metadatos complementarios - UANCV



IMPACTO DEL SULFATO DE ALUMINIO EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE AYAVIRI 2025	
Datos de autor	
Nombres y Apellidos	JUAN NOEL HUAQUISTO HUAQUISTO
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70312934
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0001-8855-7502
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	SALVADOR TEODORO VALDIVIA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02383061
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0008-8660-8733
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres Y Apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
Miembro del jurado 1	
Nombres Y Apellidos	WILFREDO DAVID SUPO PACORI
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02428673
Miembro del jurado 2	
Nombres Y Apellidos	JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01323821



Nombres Y Apellidos	JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01323821
Datos de investigación	
Línea de investigación	SANEAMIENTO AMBIENTAL - P22
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	Dirección: CAMAL MUNICIPAL DE AYAVIRI País: PERÚ Departamento: PUNO Provincia: AYAVIRI Distrito: AYAVIRI Coordenadas: -14.87508, -70.60792 https://maps.app.goo.gl/gMyMupsK47fXVexY9 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	AGOSTO 2025 - ENERO 2026
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Ingeniería ambiental https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00 Ciencias del medio ambiente https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08



UNIVERSIDAD ANDINA "MESTRER CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PUNO
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo JUAN NOEL HUAQUISTO HUAQUISTO, identificado con DNI
Nro. 70312934 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:

IMPACTO DEL SULFATO DE ALUMINIO EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y MATERIA
ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE AYAVIRI 2025

Asesorado por: Mgtr.. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENA

Es un tema original.

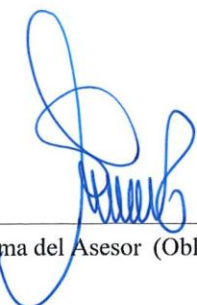
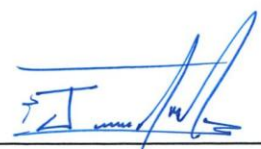
Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, 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 20 de MARZO del 2026


Firma del Asesor (Obligatoria)
Firma (Obligatoria)
Huella



DEDICATORIA

A mis padres Emilio Huaquisto Paja y Teodora Huaquisto Anco, porque la persona que ahora soy es gracias a ellos, quienes me criaron correctamente y con mucho amor.

A mis tíos Edgar Huaquisto y Francisca Mendoza por El apoyo incondicional que me brindaron, a mi hermana, Por tanto, cariño y alegría, y a mi familia en general por darme el ejemplo y motivarme para seguir adelante.

Juan Noel Huaquisto Huaquisto



AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la fortaleza y la oportunidad de cumplir uno de los sueños más importantes de mi vida

Quiero agradecerme a mí mismo por la dedicación, constancia y el esfuerzo invertido durante todo este proceso. A lo largo de este trabajo aprendí a superar mis propios límites, a mantener la motivación incluso en los momentos difíciles y a confiar en mis capacidades para alcanzar los objetivos propuestos.

A mis padres y familia, por su amor incondicional, apoyo constante y confianza en mí. Su ejemplo y sus palabras de aliento fueron mi mayor motivación en los momentos más difíciles de este camino académico.

Manifiesto mi gratitud a mi docente ingeniera Karen Kelly Quispe Quispe, por su orientación, compromiso y valiosos aportes durante el desarrollo de esta investigación. Su guía académica fue fundamental para la correcta ejecución y culminación del presente estudio.

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que contribuyeron de manera significativa a la realización de la presente tesis, la cual constituye un requisito para optar el título profesional de ingeniero Sanitario y Ambiental En la universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.

Juan Noel Huaquisto Huaquisto



ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática.....	14
1.2. Planteamiento del problema.....	16
1.2.1. Problema general	16
1.2.2. Problemas específicos	16
1.3. Objetivo de la investigación	16
1.3.1. Objetivo general	16
1.3.2. Objetivos específicos.....	17
1.4. Justificación	17
1.5. Hipótesis.....	18
1.5.1. Hipótesis general.....	18
1.5.2. Hipótesis específica.....	18
1.6. Variables.....	19



1.6.1.	Variable independiente.....	19
1.6.2.	Variable dependiente.....	19
1.7.	Operacionalización de variables.....	19

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de la investigación	23
2.1.1.	Antecedentes internacionales	23
2.1.2.	Antecedentes nacionales	26
2.1.3.	Antecedentes regionales	29
2.2.	Marco teórico.....	30
2.2.1.	Aguas cloacales	30
2.2.2.	Clasificación de aguas cloacales.....	31
2.2.3.	Características del agua residual	32
2.2.4.	Aguas residuales de camales o mataderos.....	34
2.2.5.	Contaminación de aguas superficiales por aguas residuales de camal	34
2.2.6.	Proceso de sacrificio y procesamiento de animales	35
2.2.7.	Aguas residuales generadas por sacrificio de animales.....	36
2.2.8.	Tratamiento de aguas residuales	37
2.2.9.	Tratamiento de aguas residuales en camales o mataderos	38
2.2.10.	Importancia de tratamiento en la industria cárnica	38
2.2.11.	Normativas de cumplimiento ambiental.....	39
2.2.12.	Características fisicoquímicas de las aguas residuales en camales	40
2.2.13.	Tratamiento de aguas residuales de camal con coagulantes.....	40



2.2.14.	Coagulación	41
2.2.15.	Floculación	42
2.2.16.	Mecanismo de acción de los coagulantes	42
2.2.17.	Sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$	42
2.2.18.	Reacción de coagulación de sulfato de aluminio en aguas residuales de camal	43
2.2.19.	Reacción química del sulfato de aluminio	43
2.2.20.	Tes de jarras	44
2.3.	Marco conceptual	46
2.3.1.	Camal Municipal	46
2.3.2.	Coagulación - Floculación	46
2.3.3.	DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días)	46
2.3.4.	DQO (Demanda Química de Oxígeno)	46
2.3.5.	Materia Orgánica	46
2.3.6.	Sulfato de Aluminio (SA)	46
2.3.7.	Turbidez	47

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación	48
3.2.	Nivel de investigación	48
3.2.	Enfoque de la investigación	48
3.3.	Diseño de investigación	47
3.4.	Técnicas e instrumentos	47



3.4.1.	Técnicas	47
3.4.2.	Instrumentos	47
3.4.3.	Ubicación de la zona de investigación.....	47
3.4.4.	Población y muestra	49
3.4.4.1.	Población.....	49
3.4.4.2.	Muestra	49
3.4.5.	Materiales y equipos.....	49
3.4.5.1.	Materiales.....	49
3.4.5.2.	Equipos	50
3.4.6.	Procedimiento metodológico	50

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1.	Resultados.....	47
4.2.	Discusiones	81
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		84
CONCLUSIONES.....		84
RECOMENDACIONES		86
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		87
ANEXOS		64



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	19
Tabla 2 Coordenadas de la ubicación de la toma de muestra	48
Tabla 3 Métodos de ensayo	53
Tabla 4 Dosis de tratamiento	55
Tabla 5 Códigos de las repeticiones de los Tratamientos.....	56
Tabla 6 Condiciones de agitación y sedimentación en la prueba de jarras	57
Tabla 7 Resultados iniciales de las aguas residuales del camal.....	47
Tabla 8 Resultados iniciales frente a la normativa vigente	65
Tabla 9 Resultados de tratamiento de la turbidez del primer tratamiento	68
Tabla 10 Resultados de tratamiento de la turbidez del segundo tratamiento	69
Tabla 11 Resultados de tratamiento de la turbidez del tercer tratamiento	70
Tabla 12 Promedio de tratamiento de turbidez	71
Tabla 13 Resultados de tratamiento de la materia orgánica del primer tratamiento	73
Tabla 14 Resultados de tratamiento de la materia orgánica del segundo tratamiento..	74
Tabla 15 Resultados de tratamiento de la materia orgánica del tercer tratamiento	74
Tabla 16 Promedio de tratamiento de la materia orgánica	75
Tabla 17 Porcentaje de remoción de turbidez y materia orgánica con sulfato de aluminio en aguas residuales de camal.....	77



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Contaminación del Rio Llallimayo - Ayaviri.....	35
Figura 2 Proceso de faena	36
Figura 3 Valores Máximos Admisibles (VMA).....	40
Figura 4 Aspecto del agua antes y después del tratamiento	41
Figura 5 Tratamiento de aguas proceso de coagulación y floculación	42
Figura 6 Tes de jarras para tratamiento de aguas residuales.....	45
Figura 7 Ubicación de la zona de estudio.....	48
Figura 8 Punto de muestreo	51
Figura 9 Toma de muestras iniciales.....	53
Figura 10 Ajuste de pH con cal.....	54
Figura 11 Pesado del sulfato de aluminio para aplicar al tratamiento	55
Figura 12 Preparación de muestras	56
Figura 13 Tratamiento de aguas residuales de camal en prueba de jarras	57
Figura 14 Muestras de aguas residuales de camal despues del tratamiento	58
Figura 15 Determinación de la DBO	60
Figura 16 Determinación de la DQO	61
Figura 17 Comparación de parámetros de aguas residuales del camal con los limites normativos.....	66
Figura 18 Reducción de turbidez con sulfato de aluminio y comparación con el límite normativo.....	72
Figura 19 Comparación de DBO y DQO con los valores maximos admisibles	76



Figura 20 Remoción de turbidez, DBO y DQO con diferentes dosis de sulfato de aluminio

..... 80



RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación fue determinar el impacto del sulfato de aluminio en la remoción de turbidez y materia orgánica en las aguas residuales del Camal Municipal de Ayaviri, 2025. La problemática radica en la alta carga contaminante de las aguas cloacales de este camal, con concentraciones de turbidez (1500 NTU) y materia orgánica (DBO 2690 mg/L, DQO 5280 mg/L) que exceden los valores máximos admisibles. Se aplicaron diferentes dosis de sulfato de aluminio (0.3 g, 0.5 g, 1.0 g y 1.2 g) en las muestras, ajustando el pH a valores cercanos a la neutralidad con cal. Los resultados mostraron una mejora significativa en la remoción de turbidez, alcanzando una remoción máxima de 95.7% con 1.2 g de sulfato de aluminio. Para materia orgánica, la remoción fue de 81% en DBO y 80.6% en DQO con la misma dosis. Sin embargo, los valores de DQO y DBO aún superan los límites normativos, indicando que se requiere un ajuste en las dosis o tratamiento adicional. En conclusión, el sulfato de aluminio es un tratamiento eficaz para la remoción de turbidez y materia orgánica en las aguas cloacales del camal, sin embargo, no alcanzo a los límites normativos. Se recomienda optimizar las dosis y considerar tratamientos complementarios para lograr una remoción total de los contaminantes y cumplir con los estándares de calidad del agua.

Palabras claves: Camal, coagulación, sulfato de aluminio, remoción, turbidez



ABSTRACT

The main objective of this research was to determine the impact of aluminum sulfate on the removal of turbidity and organic matter in the wastewater of the Municipal Slaughterhouse of Ayaviri, 2025. The problem lies in the high contaminant load of the wastewater from this slaughterhouse, with concentrations of turbidity (1500 NTU) and organic matter (DBO 2690 mg/L, DQO 5280 mg/L) exceeding the maximum allowable limits. Different doses of aluminum sulfate (0.3 g, 0.5 g, 1.0 g, and 1.2 g) were applied to the samples, adjusting the pH to neutral values using lime. The results showed significant improvement in turbidity removal, with a maximum removal of 95.7% using 1.2 g of aluminum sulfate. For organic matter, the removal was 81% for DBO and 80.6% for DQO with the same dose. However, the DQO and DBO values still exceed the regulatory limits, indicating that dose adjustments or additional treatment are required. In conclusion, aluminum sulfate is an effective treatment for the removal of turbidity and organic matter in wastewater from the slaughterhouse, but it does not fully meet the regulatory limits. It is recommended to optimize the doses and consider complementary treatments to achieve total removal of contaminants and meet water quality standards.

Keywords: Slaughterhouse, Coagulation, Aluminum sulfate, Removal, Turbidity



INTRODUCCIÓN

La creciente inquietud por la contaminación hídrica y manejo de aguas cloacales se ha transformado en uno de los mayores desafíos ambientales a nivel local, nacional e internacional. Asimismo, la industria química, particularmente la de los camales, constituye una fuente significativa de contaminantes en este entorno debido a que sus aguas cloacales presentan elevados niveles de turbidez, materia orgánica y nutrientes. Se ha reconocido que la eliminación de materia orgánica y turbidez es un paso crucial para optimizar la calidad del agua y reducir los impactos negativos en los ecosistemas acuáticos y la salud pública.

El tratamiento de aguas cloacales industriales continúa siendo un desafío global, aun cuando existen normas internacionales que fijan restricciones de turbidez y materia orgánica en los efluentes. En numerosos países, la aplicación de tecnologías de tratamiento eficientes, como los coagulantes, se ve restringida por cuestiones de costo y operatividad. En Perú, la depuración de aguas servidas en mataderos y otras actividades industriales continúa siendo un desafío que requiere atención. Esto es particularmente evidente en localidades como Puno, donde el Municipio de Ayaviri Camal enfrenta dificultades para adherirse a los estándares nacionales de calidad del agua.

Este sulfato de aluminio ha demostrado ser un coagulante eficaz con el propósito de remover la turbidez y la materia orgánica en las aguas cloacales; no obstante, su eficacia y rentabilidad necesitan una evaluación más detallada. El propósito fundamental de la presente investigación es examinar el impacto del sulfato de aluminio sobre la concentración de materia orgánica y turbidez en los efluentes municipales de la cama,



Ayaviri. El objetivo es identificar una alternativa viable que optimice la calidad del agua y se adhiera a las normativas ambientales de la región.

El enfoque metodológico de esta investigación se centra en analizar el impacto de diversa cantidad de sulfato de aluminio en los parámetros de turbidez, DBO y DQO, lo que permitirá obtener resultados que optimicen el procesamiento de aguas cloacales en vertederos y otras instalaciones industriales en el Perú. Este estudio tiene como objetivo optimizar la gestión del agua en la región Puno y aportar al desarrollo de soluciones sustentables contribuir al desarrollo de soluciones residuos industriales a nivel nacional.

El presente estudio se estructura en los capítulos siguientes: Capítulo I: Introducción, en el cual presenta el contexto general, los objetivos y el alcance de la investigación; Capítulo II, que examina el problema, abarcando su formulación, los propósitos de la investigación y la justificación del estudio, así como los antecedentes, los fundamentos teóricos y las variables esenciales; Capítulo III: Metodología, que especifica el diseño y el enfoque metodológico empleados para la recopilación y el análisis de datos; Capítulo IV: Resultados y Discusión, que expone los hallazgos y los examina en relación con estudios anteriores; Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones, que sintetiza los hallazgos fundamentales y propone sugerencias fundamentadas en estos. Finalmente, el trabajo culmina con las fuentes bibliográficas y los Apéndices pertinentes.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática

La administración de las aguas cloacales industriales representa uno de los principales retos ambientales a nivel global, particularmente in sectores altamente contaminantes, como la industria cárnica Pereira et al., 2024). Las aguas servidas de mataderos y camales presentan alta turbidez, materia orgánica y nutrientes. Esto puede provocar una considerable contaminación in los cuerpos de agua receptores, esto que impacta tanto la salud pública como la biodiversidad acuática (Brichi et al., 2025). Pese a la existencia de normativas internacionales, como las establecidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y demás grupos ecologistas, numerosos países continúan enfrentando dificultades para implementar tecnologías de tratamiento efectivas y asequibles (JMDesign, 2023). La utilización de coagulantes, como el sulfato de aluminio, ha sido identificada como una de las soluciones más efectivas con el fin de reducir la turbidez y la materia orgánica; no obstante, los costos, la eficiencia y el impacto ambiental de estos tratamientos aún necesitan una evaluación más detallada (Pérez et al., 2020). En el entorno peruano, la problemática de las aguas cloacales provenientes de la industria es sumamente grave debido a la insuficiencia de infraestructura para su tratamiento, particularmente en áreas rurales y regiones con alta actividad ganadera (Yantas, 2018). El Camal Municipal Ayaviri, al igual que otros mataderos en el país,



requiere urgentemente la optimización de sus sistemas de depuración de aguas cloacales con el fin de cumplir con las normas de calidad del agua estipulados por la Ley General de Aguas y el Ministerio del Ambiente (MINAM). Asimismo, los efluentes de mataderos presentan una alta carga de materia orgánica y presentan turbidez, esto que puede comprometer la salud de las comunidades circundantes y los recursos hídricos locales (Yantas, 2018). En este contexto, la eliminación de la turbidez y la materia orgánica representa un desafío considerable que afecta la calidad del agua a nivel nacional y el estado de sus ecosistemas acuáticos (Ccarita & Quispe, 2020).

La creciente presión para acatar las normas nacionales sobre la calidad del agua (Choque y Quispe, 2021). Las aguas servidas generadas por este matadero exhiben elevados niveles de turbidez y compuestos orgánicos, eso que afecta negativamente al entorno ambiental y para la población cercana y dependen de estos cuerpos de agua. La capacidad restringida del Camal Municipal de Ayaviri para la implementación de tecnologías de tratamiento adecuadas, junto con la carencia de conciencia ambiental y recursos financieros, dificulta el manejo adecuado de las aguas cloacales. Pese a la existencia de regulaciones ambientales como el Reglamento de Calidad del Aire y del Agua del MINAM, el matadero continúa enfrentando dificultades con el propósito de reducir la carga contaminante de sus efluentes. Investigar la aplicación de sulfato de aluminio con el propósito de optimizar la reducción de turbidez y materia orgánica podría constituir una solución factible, aunque es crucial evaluar su eficacia y viabilidad a largo plazo en el contexto local.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. *Problema general*

¿Cuál es el impacto del sulfato de aluminio en la remoción de turbidez y materia orgánica de las aguas cloacales del camal municipal de Ayaviri, 2025?

1.2.2. *Problemas específicos*

- ¿Cuáles son las concentraciones iniciales de materia orgánica y turbidez en las aguas cloacales del camal municipal de Ayaviri antes de la aplicación del tratamiento con sulfato de aluminio?
- ¿Cómo afecta la aplicación de diferentes dosis de sulfato de aluminio a la remoción de turbidez en las aguas residuales del camal municipal de Ayaviri?
- ¿Qué impacto tienen las distintas dosis de sulfato de aluminio en la eliminación de materia orgánica de las aguas residuales del camal municipal de Ayaviri?
- ¿Cuál es el porcentaje de remoción de turbidez y materia orgánica en las aguas residuales del camal municipal de Ayaviri en función de las dosis de sulfato de aluminio aplicadas?

1.3. Objetivo de la investigación

1.3.1. *Objetivo general*

Determinar el impacto del sulfato de aluminio en la remoción de turbidez y materia orgánica de las aguas residuales del camal municipal de Ayaviri, 2025.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las concentraciones iniciales de la materia orgánica y la turbidez de las aguas residuales del camal municipal de Ayaviri antes de la aplicación del tratamiento con sulfato de aluminio.
- Evaluar el efecto de diferentes dosis de sulfato de aluminio en la remoción de turbidez de las aguas residuales del camal municipal de Ayaviri.
- Examinar el impacto de las distintas dosis de sulfato de aluminio en la eliminación de materia orgánica de las aguas residuales del camal municipal de Ayaviri.
- Calcular el porcentaje de remoción de turbidez y materia orgánica en función de las dosis de sulfato de aluminio aplicadas.

1.4. Justificación

La remoción de la turbidez y la materia orgánica en las aguas residuales constituye un procedimiento crucial para optimizar el estado del agua y reducir el efecto ambiental particularmente en regiones con escasos recursos para la depuración del agua. El canal municipal de Ayaviri representa una fuente significativa de aguas cloacales y, si no se administra de manera adecuada, sus elevados niveles de turbidez y materia orgánica pueden afectar negativamente al entorno y a la salud pública. El sulfato de aluminio, un coagulante habitual, tiene demostrado ser efectivo en los sistemas de tratamiento de aguas; no obstante, se requieren más investigaciones para establecer su aplicación en este ámbito.

La finalidad del presente estudio es establecer el impacto del sulfato de aluminio en la depuración de sustancia orgánica y turbidez en las aguas servidas de Ayaviri. Esto

contribuirá en optimizar la administración de las aguas cloacales en el ámbito regional. Los resultados también facilitarán la identificación de los parámetros óptimos de dosificación, lo que proporcionará una alternativa simple y eficiente con el fin de optimizar la calidad del agua y reducir la contaminación, beneficiando directamente a la comunidad local y al ecosistema circundante.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

El sulfato de aluminio tiene un impacto significativo en la remoción de turbidez y materia orgánica de las aguas residuales del camal municipal de Ayaviri, 2025.

1.5.2. Hipótesis específica

- Las concentraciones iniciales de materia orgánica y turbidez son altas en el efluente del sistema municipal de tratamiento de aguas residuales de Ayaviri.
- La aplicación de diversas dosis de sulfato de aluminio genera una reducción considerable de la turbidez in las aguas residuales del sistema municipal de tratamiento de Ayaviri.
- La aplicación de diversas dosis de sulfato de aluminio genera una notable reducción de materia orgánica in las aguas residuales del sistema municipal de tratamiento de Ayaviri.
- La cantidad de sulfato de aluminio aplicada influye en el incremento del porcentaje de turbidez y materia orgánica en el efluente del sistema municipal de tratamiento de aguas residuales de Ayaviri.

1.6. Variables

1.6.1. Variable independiente

- **Dosis de sulfato de aluminio:** Hace referencia a la cantidad de sulfato de aluminio empleada en la depuración de aguas residuales. Esta variable se ajusta para analizar el impacto de la eliminación de materia orgánica y turbidez.

1.6.2. Variable dependiente

- **Remoción de turbidez:** Esta es la cuantificación de disminución de la turbidez en las aguas cloacales después del tratamiento con sulfato de aluminio.
- **Remoción de materia orgánica:** valuación de la disminución de la carga orgánica (por ejemplo, in términos de DBO o DQO) en las aguas cloacales tras la aplicación de sulfato de aluminio.

1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicadores	Unidad de medida	Tipo	Instrumento
(Vi) Dosis de sulfato de aluminio	Cantidad de sulfato aplicado	mg/L	mg/L	Cuantitativa	Balanza analítica, prueba de jarras
(Vd) Remoción de turbidez	Reducción de turbidez	Concentración de turbidez	NTU	Cuantitativa	Turbidímetro
(Vd) Remoción de materia orgánica	Reducción de materia orgánica	Concentración de materia orgánica	mg/L	Cuantitativa	Incubadora, digestor, bureta.

Nota: (Vi) Variable independiente (Vd) Variable dependiente



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Pereira et al. (2024) enfatizan que el volumen sustancial de aguas cloacales de los mataderos plantea un riesgo para el medio ambiente y la salud pública, particularmente cuando se eliminan sin control en ciertos países en desarrollo, lo que podría provocar enfermedades. Es esencial examinar la composición y el efluente final para valorar la efectividad de las tecnologías de tratamiento y el cumplimiento de los estándares de calidad. Se requieren tecnologías avanzadas para obtener agua reutilizable de calidad. Esta revisión analiza las tecnologías empleadas, sus beneficios y desventajas, los desafíos que afrontan los países en la gestión de estos efluentes y los objetivos de las entidades reguladoras.

Hmane et al. (2024) examinaron la capacidad de dos coagulantes para tratar aguas cloacales de almazara (OMW): sulfato de aluminio y cloruro polialumínico (PAC). A pesar de que WAC se emplea para el tratamiento de agua, nunca se había utilizado previamente en OMW. Se evidencia que los compuestos tóxicos de la AMO impactan la germinación y el crecimiento de las semillas, siendo las raíces las más perjudicadas. No obstante, tras el tratamiento del OMW con WAC, la toxicidad disminuye



considerablemente, alcanzando una inhibición del 80% en el crecimiento. Las semillas irrigadas con OMW tratado con WAC exhibieron los índices de germinación más elevados. La fitotoxicidad se disminuye mediante la dilución, particularmente con el tratamiento WAC (5-60%). Los resultados indican que la dilución y el tratamiento con WAC son imprescindibles para reducir la fitotoxicidad del OMW.

De acuerdo con Zabala (2024), los resultados indican que las descargas de efluentes del camal municipal del cantón Morona presentan elevados niveles de materia orgánica, esto que genera contaminación y compromete la salud de los residentes cercanos. El objetivo de la investigación es desarrollar un sistema de tratamiento para purificar el río Jurumbaino. Se realizaron a cabo análisis físicos, químicos y microbiológicos, y se desarrollaron que los siguientes niveles no cumplían con los estándares presentando valores de DQO (4260 mg/L), DBO (2930 mg/L), nitrógeno total (140 mg/L), fósforo total (95 mg/L) y aceites y grasas (84 mg/L). Se propuso implementar un tratamiento preliminar utilizando infraestructuras como el sistema de ingreso, las rejillas, el tanque desarenador, la trampa de grasas y tanque de sedimentación para optimizar las aguas cloacales.

Brichi et al. (2025) mencionan en este estudio cómo el riego con efluentes de matadero influye en la calidad del suelo. Los estudios revisados indican que el riego con estos efluentes impacta principalmente las características químicas del suelo, tales como el nitrógeno, fósforo y potasio, lo que mejora su calidad en estos aspectos. No obstante, los indicadores físicos y biológicos del suelo han recibido menos atención, por lo que se recomienda profundizar en estas áreas para entender mejor los efectos del riego con efluentes sobre la salud del suelo.



Zanol et al. (2024) destacan que, en Minas Gerais, uno de los mayores productores de proteínas animales de Brasil, los efluentes de los mataderos, con elevado contenido de compuestos orgánicos, requieren tratamiento para prevenir la contaminación. El estudio evidencia que estas aguas presentan una relación DBO5/DQO superior a 0,4, lo que indica que son susceptibles de tratamiento biológico. En términos generales, el agua industrial satisface los estándares regulatorios, con una tasa de eliminación de DQO y DBO5 que supera el 70% y 75%, respectivamente. Las plantas de tratamiento utilizan pretratamientos y procesos biológicos; Sin embargo, en ciertas instalaciones carecen de un proceso aeróbico, lo que resulta en una elevada concentración de nitrógeno amoniacal y sólidos suspendidos. La fertirrigación con aguas tratadas también es común en el estado.

Zamani et al. (2019) según los hallazgos investigaron un proceso híbrido anaeróbico y de coagulación y floculación en el tratamiento de aguas cloacales de mataderos. El tratamiento anaeróbico inicial redujo DQO, sólidos en suspensión totales (TSS) y turbidez. Posteriormente, el proceso de coagulación y floculación mediante sulfato de aluminio (110 mg/L) redujo TSS (71%), turbidez (41%), DQO (76%), sólidos totales disueltos (TDS) (49%) y conductividad eléctrica (EC) (52%). El sulfato de aluminio fue más eficaz que otros coagulantes como el cloruro férrico y el óxido de calcio. Sin embargo, la adición de coagulante aumentó TDS y EC. El proceso híbrido no cumplió con los estándares ambientales y requirió tratamiento adicional.

Pérez et al. (2020) realizaron un estudio sobre el uso de almidón de yuca y almidón de yuca acetilado como coadyuvantes en la etapa de coagulación mediante sulfato de aluminio (AS) en aguas cloacales tratadas en la planta piloto universitaria Autónoma



Metropolitana, Ciudad de México. Se empleó el 25% de almidón de yuca (25 g por cada 100 g de yuca) y se administró 4 L de hidróxido de sodio al 3% para la acetilación por cada 5 g de almidón. El pH óptimo del SA fue de 5 unidades, y la cantidad de SA empleada varió entre 83 mg/L y 168 mg/L, conforme a las características del agua. A un pH de 5 y una concentración de 92 mg/L de SA, se logró la eliminación del 92% de la turbidez y del 94% del total de sólidos suspendidos (SST). La utilización de almidón de yuca como aditivo mejoró la remoción de la turbidez y los sólidos suspendidos totales (SST) en función de la dosis de SA: con concentraciones de 47 mg/L de sulfato de aluminio (SA) y 87 mg/L de almidón, la eliminación fue del 80% y 82%, en tanto que con 80 mg/L de sulfato de aluminio y 53 mg/L de almidón, la eliminación alcanzó el 89% y 90%. Se ha observado un comportamiento análogo con el almidón acetilado de yuca, esto que indica que es posible reducir la cantidad de SA utilizada durante el proceso de coagulación.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Gutiérrez et al. (2024) afirman que las actividades de los mataderos generan efluentes complejos con niveles elevados de materia orgánica, principalmente proteínas y aceites y grasas, lo que los transforma en una fuente significativa de contaminación. Para identificar soluciones para el procesamiento de estas aguas cloacales, es crucial analizar diversos factores y clasificar las descargas de conformidad con los parámetros fundamentales respecto a la calidad del agua. La finalidad de este estudio fue caracterizar los efluentes de seis mataderos en Trujillo mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, que incluyen pH, DQO, DBO5, nitratos, coliformes y la detección de Salmonella. los resultados indicaron que los niveles de DQO,



DBO5, aceites, sólidos disueltos, coliformes y Salmonella eran elevados, esto que implica que los efluentes contienen una cantidad considerable de contaminantes. Se establece que la materia orgánica presente es susceptible de biodegradación y puede ser descompuesta mediante acción bacteriana y oxigenación adecuada.

Azabache et al. (2020) llevaron a cabo un estudio para evaluar el desempeño de los procesos de coagulación y floculación en el tratamiento de aguas cloacales de un matadero. Se emplearon muestras de 500 ml, incorporando 1% de sulfato de aluminio y 1% de cloruro férrico como coagulantes, además de 1% de polímero catiónico como agente floculante. Se emplearon velocidades "altas (150–300 r.p.m.) y bajas (37–75 r.p.m.) para la mezcla. Los niveles iniciales de contaminantes fueron: pH (6.98–6.97), turbidez (436–537 NTU), sólidos suspendidos (430.6–228.8 ppm), oxígeno disuelto (1.17–2.11 mg/L) y nitratos (0–7.5 mg/L). Los hallazgos óptimos se alcanzaron al incorporar 6 ml de sulfato de aluminio y 1 ml de polímero catiónico, agitando a 200 r.p.m. durante 25 minutos, seguido de un reposo adicional de 25 minutos. Esto redujo la turbidez a 4,85 NTU, el oxígeno disuelto alcanzó 9,16 mg/L y los sólidos suspendidos llegaron a 333,6 ppm. Utilizando 2 ml de cloruro férrico y 0,75 ml de polímero catiónico y una velocidad de agitación de 300 rpm durante 35 tiempo de sedimentación, se obtuvieron los siguientes resultados: 15,46 NTU, un oxígeno disuelto de 9,45 mg/L y sólidos suspendidos de 224,7 ppm y nitratos a 6 mg/L.

Choque & Quispe (2021) sostienen que el el sulfato de aluminio resulta eficaz en la eliminación de la carga orgánica en aguas cloacales de origen doméstico en Agua de Vichi, Santa Ana, Huancavelica, donde el agua es descargada al río Ichu sin tratamiento. A través de un ensayo de jarras, se demostró que las dosis más efectivas eran 100 mg/L



y 120 mg/L. Los hallazgos indicaron que la turbidez disminuyó en un 71,16%, el DBO5 se redujo en un 73,79% y el DQO disminuyó en un 66,26%. El valor promedio de la temperatura fue de 14°C y el pH se registró en 7,5.

Pérez y Romero (2024) afirman la efectividad en la la eliminación de la turbidez y la materia orgánica (pH, DBO5, DQO y SST) de las aguas cloacales del canal Santo Domingo de Guzmán – Sicaya, utilizando sulfato de aluminio y nopal (*Opuntia ficus-indica*). Los resultados indicaron que el el sulfato de aluminio disminuyó la turbidez de 45 a 72 NTU, el DBO5 de 160,90 a 231,60 mg/L, el DQO de 299 a 446 mg/L y el SST de 398 a 472 mg/L. Por otro lado, *Opuntia ficus-indica* redujo la turbidez entre 37 y 55 NTU, la DBO5 entre 83,34 y 92,56 mg/L, la DQO entre 185 y 253 mg/L y la SST entre 46,50 y 87,96 mg/L. Ambos coagulantes alcanzaron una eliminación significativa, aunque los resultados fluctuaron, particularmente en relación con la turbidez y el pH.

Huamán (2023) analizó la calidad hídrica del río Ichu, impactada por los vertimientos del Camal Municipal de Huancavelica, mediante 36 muestras recolectadas en 6 puntos de monitoreo durante las temporadas seca y lluviosa. Los indicadores fisicoquímicos evaluados comprenden el pH, el oxígeno disuelto y la conductividad eléctrica, así como los contenidos de aceites y grasas y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO). Los hallazgos indicaron que el pH oscilaba entre 7.33 ± 0.499 unidades en condiciones de estiaje y 7.37 ± 0.403 en época de avenidas; el oxígeno disuelto fluctuaba entre 7.51 ± 0.026 mg/L y 7.12 ± 0.036 mg/L; la conductividad eléctrica oscilaba de $1044 \pm 1,249$ μ S/cm a $1284,37 \pm 0,171$ μ S/cm; los aceites y grasas aumentaron de $0,035 \pm 0,006$ mg/L a $0,51 \pm 0,036$ mg/L; la BQO se redujo de $19,07 \pm 0,279$ mg/L a $15,2 \pm 0,456$ mg/L; y la DBO disminuyó de 12.83



± 1.153 mg/L a 7.5 ± 0.955 mg/L. Todos los parámetros se alinearon con los valores límite estipulados por la normativa ECA-Agua, categoría 3. Se registraron únicamente modificaciones menores ($<20\%$), y se determinó que las aguas del río Ichu cumplen con los estándares de calidad, lo que evidencia la necesidad de reforzar las políticas ambientales para salvar el ecosistema acuático.

Fabián y Salazar (2025) analizan la remoción de materia orgánica en las aguas cloacales provenientes del Camal Municipal de Sapallanga, 2024, mediante la aplicación de cáscara de maca y sulfato de aluminio. Se realizaron ensayos en jarras para determinar las dosis óptimas y evaluar su impacto en variables como pH, turbidez, DQO y DBO. El sulfato de aluminio disminuyó la turbidez en un 95,02%, los sólidos suspendidos en un 81,91% y los aceites y grasas en un 91,9%. Con una dosis de 10 g, la cáscara de maca redujo el DQO en un 93,32% (de 496 mg/L a 38,18 mg/L) y el DBO en un 96,82% (de 243 mg/L a 15,78 mg/L). Ambos coagulantes mejoraron la calidad del agua sin alterar de manera significativa el pH ni los niveles de oxígeno disuelto, y se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). La combinación de estos coagulantes se estima una alternativa eficaz y sostenible para el procesamiento de aguas cloacales con elevada carga orgánica.

2.1.3. Antecedentes regionales

Ccallo (2021) llevó a cabo su investigación en el Matadero Municipal de Ilave, situado en el distrito de Ilave, provincia de El Collao, donde las operaciones del matadero impactan negativamente en la calidad hídrica del río Ilave, el medio ambiente y la comunidad. El propósito era analizar los riesgos para la salud y el entorno ambiental asociados con el matadero. Se recolectaron muestras de agua en tres ubicaciones: en



la parte alta y baja del río Llave, así como en el punto de descarga del canal. Se evaluaron los riesgos conforme a los criterios de las normas de calidad ambiental (ECA), examinando la contaminación en los sitios de muestreo. Los resultados indican un "riesgo significativo", esto lo que conlleva la necesidad de aplicar medidas para salvar el medio ambiente y desarrollar planes de emergencia. Se propone elaborar un Plan de Gestión Ambiental y un programa de formación en prácticas de higiene y salud para mitigar los impactos ambientales.

Pacca (2018) La descarga directa de efluentes del Matadero Municipal de Llave (CMI) al río Llave está deteriorando la calidad del agua. La investigación tuvo como finalidad establecer los niveles de DBO5, SST, pH y coliformes termo tolerantes en los efluentes del CMI y en el río. Llave se encuentra a 100 a 200 metros de la desembocadura del río, y propongo un enfoque alternativo para abordarlo. Los resultados indicaron que los efluentes excedieron los límites estipulados por las normativas. Se identificaron tecnologías como los lodos activados y la fitorremediación, que demostraron ser las más apropiadas para la región. Se establece que el río Llave está siendo contaminado por los efluentes del CMI y que estas tecnologías son las más idóneas para su tratamiento.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Aguas cloacales

Las aguas cloacales derivan de actividades humanas, incluyendo el uso doméstico, industrial, comercial y agrícola, y han sido contaminadas por agentes químicos, biológicos o físicos. Estas aguas presentan una diversidad de contaminantes, entre ellos compuestos orgánicos y nutrientes, material en suspensión y metales pesados, bacterias y otros patógenos. Es fundamental tratar adecuadamente estas

aguas antes de desecharlas o reutilizarlas (Hua coto, 2022). Esto contribuirá a salvar la salud pública y el entorno natural.

2.2.2. Clasificación de aguas cloacales

Las aguas cloacales se categorizan en diferentes tipos según su origen. A continuación, se presenta las más comunes

- a. Aguas cloacales domésticas:** Derivadas de actividades como el baño, la lavandería, la cocina y la limpieza del hogar. Principalmente, poseen materia orgánica, detergentes, aceites, grasas y nutrientes biodegradables (Rivera et al., 2021).
- b. Aguas cloacales industriales:** Este tipo de agua se origina de actividades industriales como la producción, procesamiento y fabricación de productos. Estas aguas pueden contener diversos contaminantes, tales como metales pesados, productos químicos, aceites industriales, disolventes y residuos tóxicos (Cirujeda, 2019).
- c. Aguas residuales comerciales:** Este tipo de agua se origina en establecimientos como tiendas, restaurantes y oficinas. Su composición fluctúa según la actividad, pero generalmente abarca detergentes, residuos alimentarios, aceites y grasas (Cirujeda, 2019).
- d. Aguas residuales pluviales:** Se originan de la escorrentía superficial durante lluvias o tormentas, transportando contaminantes de calles, techos y otras superficies urbanas. Estas aguas pueden contener sólidos en suspensión, aceites, metales pesados y demás contaminantes (Carmona, 2019).

- e. **Aguas residuales agrícolas:** Derivados de actividades agrícolas, tales como el riego, la limpieza de equipos, y la aplicación de fertilizantes y pesticidas. Estas aguas pueden presentar altas concentraciones de nutrientes, pesticidas y diversos compuestos químicos (JMDesign, 2023).

2.2.3. Características del agua residual

2.2.3.1. Características físicas

- **Temperatura:** El agua residual puede tener una temperatura superior a la del agua natural, especialmente si se origina de procesos industriales, actividades de calefacción y uso doméstico. Esto puede influir sobre la eficacia de los procesos de tratamiento, dado que las bacterias y otros organismos son susceptibles a variaciones de temperatura (Gamarra et al., 2019).
- **Sólidos Suspendidos:** Se trata de sólidos en suspensión en el agua y que no se pueden quitar fácilmente por sedimentación. Estos sólidos pueden ser orgánicos (como restos de comida) o inorgánicos (como tierra, polvo, etc.) (Cirujeda, 2019).

2.2.3.2. Características químicas

- **pH:** El pH de los efluentes puede variar según su origen. Los efluentes domésticos tienden a ser ligeramente alcalinas (pH alrededor de 7), mientras que las aguas cloacales industriales pueden ser ácidas o básicas, según los productos químicos empleados en el proceso industrial. Un pH que se encuentre fuera del intervalo de 6 a 9 puede



influir sobre la actividad de los microorganismos en el tratamiento biológico (Rivera et al., 2021).

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):** La DBO representa la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para descomponer compuestos orgánicos en el agua. Un elevado nivel de DBO indica la presencia significativa de materia orgánica biodegradable (Brichi et al., 2025).
- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** La DQO es un indicador de la cantidad total de oxígeno necesario para llevar a cabo la oxidación de los compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en el agua, independientemente de su capacidad de descomposición. Es un indicador más general que el DBO e indica la cantidad total de contaminación en el agua (Brichi et al., 2025).
- **Aceites y grasas:** Son compuestos orgánicos, predominantemente triglicéridos, que provienen de diversas fuentes, como hogares, comercios e industrias, especialmente de la industria alimentaria y los mataderos. Estos lípidos, que se encuentran en estado líquido (aceites) o sólido (grasas) a temperatura ambiente, frecuentemente contaminan las aguas cloacales al formar capas flotantes en la superficie del agua. Esto provoca que el agua sea menos transparente, algo que dificulta su tratamiento y filtración. Asimismo, if no se gestionan de manera adecuada, su presencia en grandes

cantidades podría obstruir los sistemas de tratamiento y exacerbar la contaminación ambiental (Cirujeda, 2019).

2.2.3.3. Características biológicas

- **Microorganismos patógenos:** Los efluentes domésticos y de mataderos pueden albergar microorganismos dañinos, como agentes infecciosos, parásitos y protozoos, que implican un peligro para la salud pública en caso de una gestión inadecuada. Algunos ejemplos son *Escherichia coli* (*E. coli*), *Salmonella*, Hepatitis A y diversas enfermedades acuáticas (Agro formación, 2014).

2.2.4. Aguas residuales de camales o mataderos

Las aguas residuales de los camales son aquellas que se producen durante el sacrificio y procesamiento de animales en instalaciones como los mataderos municipales o industriales. Estas aguas presentan una elevada concentración de contaminantes orgánicos e inorgánicos, incluyendo sangre, grasas, proteínas, detergentes, excrementos y otros desechos biológicos. La alta carga orgánica y la turbidez son características predominantes de estas aguas, lo que las convierte en un desafío para el tratamiento, ya que su disposición inadecuada puede generar efectos adversos en la calidad del agua y en el entorno ecológico circundante (Larrea & Ordóñez, 2024).

2.2.5. Contaminación de aguas superficiales por aguas residuales de camal

Se alude a la polución generada por los efluentes líquidos del sacrificio y procesamiento de animales, que muestran elevadas concentraciones de materia orgánica, sólidos suspendidos, grasas y aceites y otros contaminantes (Gutiérrez et al.,

2024). Si no se gestionan adecuadamente, estas aguas, que contienen una considerable cantidad de materia orgánica, sólidos en suspensión, proteínas, grasa animal, sangre y detergentes, pueden perjudicar gravemente el estado del agua y el medio ambiente. Verter estas aguas directamente in cuerpos acuáticos son el tratamiento adecuado puede ocasionar problemas como eutrofización, reducción del oxígeno disuelto, turbidez y proliferación de patógenos, esto que resulta perjudicial para la salud pública y los ecosistemas acuáticos circundantes (Levano, 2018).

Figura 1

Contaminación del Rio Llallimayo - Ayaviri



Nota: Extraído de la publicación de radio Azángaro – 2025

2.2.6. Proceso de sacrificio y procesamiento de animales

El método de sacrificio y procesamiento de animales se refiere a las etapas y procedimientos llevados a cabo en un matadero para la obtención de carne destinada al consumo humano. Este procedimiento consta de múltiples fases. El primer paso es recibir y aturdir a los animales para garantizar que el sacrificio sea humanitario. La segunda es el sacrificio, que implica la incisión de las arterias principales para desangrar

a los animales. A continuación, se lleva a cabo la evisceración, que consiste en extraer los órganos internos, y la despellejada, que implica la remoción de la piel o pelaje del animal. A continuación, se realiza el despiece, que consiste en cortar la carne en secciones específicas para su comercialización. Este proceso genera subproductos tales como sangre, vísceras y residuos grasos. Estos deben ser administrados de manera adecuada para prevenir la contaminación ambiental, particularmente en las aguas cloacales producidas por dichos procedimientos.

Figura 2

Proceso de faena



Nota: imagen extraída de (Agro Global, 2023)

2.2.7. Aguas residuales generadas por sacrificio de animales

a. Generación de aguas residuales

A lo largo del sacrificio y la etapa de procesamiento animal, se generan volúmenes considerables de desechos, principalmente sangre, grasa animal, restos viscerales, detergentes, productos químicos de limpieza y materiales orgánicos derivados del procesamiento de animales. La elevada concentración

de materia orgánica en estas aguas las convierte en altamente contaminantes (Levano, 2018).

b. Características de las aguas residuales del camal

Estas aguas muestran alta turbidez, considerable materia orgánica biodegradable (DBO), sólidos en suspensión y nitrógeno, esto que complica su tratamiento. Asimismo, pueden albergar microorganismos patógenos (como bacterias y virus) que constituyen riesgos para la salud pública (Huamán, 2023).

c. Impacto ambiental de las aguas residuales no tratadas

La disposición de estas aguas sin tratamiento adecuado puede ocasionar daños significativos al ecosistema acuático. La elevada concentración de sustancias orgánicas puede disminuir las concentraciones de oxígeno disuelto en los cuerpos acuáticos, esto que causa eutrofización, afectando a la fauna acuática. Los contaminantes químicos y biológicos pueden diseminarse vía los sistemas hídricos, comprometiendo la calidad del agua y la salud de las comunidades adyacentes (Huamán, 2023).

2.2.8. Tratamiento de aguas residuales

Las aguas cloacales son aquellas que han sido empleadas en procesos industriales, domésticas o comerciales y presentan contaminantes tales como sólidos suspendidos, sustancia orgánica, nutrientes y metales pesados, entre otros. Es fundamental tratar estas aguas para preservar el medio ambiente y salvaguardar la salud pública. Existen tres categorías principales de tratamiento: primario, secundario y

terciario. El tratamiento depende de la severidad y la naturaleza de contaminación (Ccarita & Quispe, 2020).

2.2.9. Tratamiento de aguas residuales en camales o mataderos

El procesamiento de aguas cloacales en mataderos y frigoríficos implica la purificación y eliminación de contaminantes del agua generada durante el sacrificio, procesamiento y almacenamiento de productos cárnicos. Estas corrientes de aguas cloacales poseen una elevada cantidad de sustancias orgánicas, grasas, aceites, sólidos en suspensión, sangre, restos viscerales y productos químicos de limpieza. Debido a su elevado grado de contaminación, es imperativo emplear métodos de tratamiento apropiados, tales como coagulación-floculación, sedimentación, filtración, oxidación química y tratamientos biológicos, para reducir la turbidez, los contaminantes de origen orgánico y los agentes patógenos. El objetivo es mitigar los impactos ambientales, erradicar la contaminación de los recursos hídricos cercanos y garantizar que el agua tratada satisfaga los estándares de calidad para su disposición o reutilización. Flowen (2025) afirma que el manejo El manejo adecuado de estas aguas es esencial para la protección del medio ambiente y la salud pública.

2.2.10. Importancia de tratamiento en la industria cárnica

El tratamiento de efluentes en el ámbito industrial cárnica es esencial, ya que una gestión inadecuada puede acarrear repercusiones adversas para la salvaguarda de la salud pública y el entorno (Flowen, 2025).

- a. Protección del medio ambiente:** La gestión adecuada de las aguas cloacales previene la contaminación de ríos, lagos y acuíferos adyacentes. Las aguas no tratadas pueden incrementar la turbidez, disminuir el oxígeno disuelto y

provocar eutrofización, eso que impacta negativamente la fauna y flora acuática (Viridiana, 2023).

- b. Cumplimiento de normativas ambientales:** Las regulaciones locales e internacionales imponen límites a los contaminantes contenidos en las aguas cloacales de la industria cárnica. Seguir estas reglas evita que usted tenga problemas con la ley y ayuda a mantener las operaciones industriales en funcionamiento (Flowen, 2025).
- c. Responsabilidad social y reputación empresarial:** La implementación de tecnologías apropiadas para el tratamiento de aguas cloacales evidencia el compromiso de la empresa con el medio ambiente y la sostenibilidad, mejorando su percepción ante la comunidad, los clientes y las autoridades (Huaman, 2023).

2.2.11. Normativas de cumplimiento ambiental

En el Perú, los vertimientos las aguas cloacales industriales deben ajustarse a los límites fijados en la normativa vigente, de acuerdo con el punto de descarga:

- **D.S. N.º 003-2010-MINAM:** Valores máximos permitidos para los efluentes de PTAR domésticas o municipales.
- **D.S. N.º 004-2017-MINAM:** Normas de calidad ambiental para vertimientos en cuerpos naturales de agua.
- **D.S. N.º 010-2019-VIVIENDA:** Valores máximos permitidos para descargas al sistema de alcantarillado público.

La mayoría de los camales y frigoríficos descargan sus efluentes en el sistema de alcantarillado sanitario, por lo que deben cumplir con los valores máximos permitidos establecidos en el D.S. 010-2019-VIVIENDA, a fin de evitar sanciones y cargos tarifarios.

Figura 3

Valores Máximos Admisibles (VMA)

PARÁMETRO	UNIDAD	SIMBOLOGÍA	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	DBO ₅	500
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	DQO	1000
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	S.S.T.	500
Aceites y Grasas	mg/l	A y G	100

Nota: Extraída de D.S. N.º 010-2019-VIVIENDA

2.2.12. Características fisicoquímicas de las aguas residuales en camales

El diseño de una planta de tratamiento de aguas cloacales en camales comienza con la caracterización del efluente, donde se establecen los parámetros de contaminación y sus variaciones.

En este sector se generan principalmente dos clases de aguas cloacales:

- **Aguas rojas:** Derivadas del sacrificio, con elevada carga de sangre (Flowen, 2025).
- **Aguas verdes:** Provenientes del proceso de lavado de órganos internos y tracto intestinal, con una alta concentración de sólidos decantables y grasas (Flowen, 2025).

2.2.13. Tratamiento de aguas residuales de camal con coagulantes

Se compone de un proceso químico utilizado para remover los contaminantes presentes en el agua generados durante el sacrificio y procesamiento de animales

(Zabala, 2024). Este tratamiento supone la incorporación de coagulantes, tales como sulfato de aluminio o cloruro férrico, al agua residual, facilitando la aglomeración de partículas en suspensión, tales como sangre, grasas, proteínas y sólidos orgánicos (Pérez et al., 2020). Al neutralizar las cargas eléctricas de las partículas, los coagulantes favorecen la formación de flóculos. Estos pueden ser eliminados posteriormente a través de sedimentación o filtración, esto que disminuye la turbidez, la carga de sustancias orgánicas y la presencia de patógenos (Zamani et al., 2019). Este método optimiza la calidad del agua residual, facilitando su disposición adecuada o reutilización en diversas aplicaciones, y reduciendo los efectos ambientales y los peligros para la salud pública (Díaz, 2022).

Figura 4

Aspecto del agua antes y después del tratamiento



Nota: Imagen representada de (Flowen, 2025)

2.2.14. Coagulación

Este es el primer paso, en el que se incorporan coagulantes, como el sulfato de aluminio, al agua para anular las cargas eléctricas de las partículas en suspensión. Esto facilita la aglomeración en flóculos de mayor tamaño. Este proceso contribuye a disminuir la turbidez y facilita la remoción de sólidos y otras impurezas del agua (Hmane et al., 2024).

2.2.15. Floculación

Es la fase siguiente a la coagulación, donde los flóculos formados en la coagulación se aglutinan aún más mediante un proceso de agitación lenta. Durante la floculación, los flóculos se hacen más grandes y pesados, lo que favorece su remoción mediante sedimentación o filtración (Hmane et al., 2024).

2.2.16. Mecanismo de acción de los coagulantes

Los coagulantes neutralizan las cargas negativas de las partículas en suspensión en el agua, favoreciendo su aglomeración. Este proceso de neutralización provoca que las partículas se aglutinen y formen flóculos, los cuales pueden ser eliminados más eficientemente del agua a través de sedimentación o filtración (Hmane et al., 2024).

Figura 5

Tratamiento de aguas proceso de coagulación y floculación



Nota: Imagen extraída de (Agua, 2024)

2.2.17. Sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$

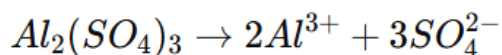
Es un compuesto químico, comúnmente conocido como alumbre, que desempeña un rol fundamental en el tratamiento de agua y aguas cloacales (Agua, 2024).

2.2.18. Reacción de coagulación de sulfato de aluminio en aguas residuales de camal

El sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) es uno de los coagulantes más empleados en el tratamiento de aguas cloacales, especialmente en procesos que requieren la eliminación de turbidez y contenido orgánico, como las aguas cloacales de mataderos. Al añadirse a las aguas cloacales, el sulfato de aluminio provoca una reacción química que ayuda a que las partículas en suspensión se aglutinen, facilitando su eliminación mediante sedimentación o filtración.

2.2.19. Reacción química del sulfato de aluminio

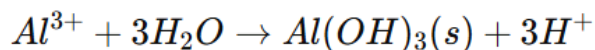
Cuando el sulfato de aluminio se disuelve en agua, se disocia en iones de aluminio (Al^{3+}) y iones de sulfato (SO_4^{2-})



Los iones Al^{3+} poseen una carga positiva elevada, lo que les permite neutralizar las cargas negativas de las partículas en estado coloidal existentes en el agua, tales como grasas, restos de sangre, proteínas y sólidos orgánicos en las aguas cloacales de mataderos. Estas partículas se aglutinan para formar flóculos, que son conglomerados significativos de partículas que posteriormente pueden ser eliminados a través de sedimentación.

Formación de flóculos

La coagulación en aguas cloacales de mataderos puede implicar la formación de flóculos. Al^{3+} interactúa con iones de hidrógeno (H^+) en agua y partículas suspendidas para producir hidróxido de aluminio ($Al(OH)_3$), un flóculo similar a un gel que captura contaminantes:



Este hidróxido de aluminio ($Al(OH)_3$) es insoluble y forma flóculos que se agrupan con las partículas suspendidas en el agua, favoreciendo su remoción mediante sedimentación o filtración.

El sulfato de aluminio se utiliza como coagulante en el tratamiento de aguas cloacales de mataderos, interactuando con los contaminantes para generar escalas de hidróxido de aluminio ($Al(OH)_3$). Este proceso provoca que las partículas en suspensión, como sangre, grasas y proteínas, se aglutinen, facilitando su posterior eliminación mediante sedimentación o filtración. Esta reacción química purifica el agua y disminuye su contaminación, facilitando su eliminación y reutilización.

2.2.20. Tes de jarras

La prueba de jarras constituye un ensayo de laboratorio utilizado para evaluar la eficiencia de los coagulantes en el tratamiento de aguas cloacales y establecer la dosis óptima de productos químicos, como sulfato de aluminio u otros coagulantes, para eliminar la materia orgánica y la turbidez. en esta prueba, se replican las condiciones de un tratamiento de agua a pequeña escala mediante la mezcla de diversas concentraciones de coagulantes con aguas cloacales en múltiples jarras o botellas.

Figura 6

Tes de jarras para tratamiento de aguas cloacales



Nota: imagen extraída de (Chemical, 2025)

2.2.20.1. Proceso de la prueba de jarras

- a. **Preparación de las muestras:** Se coloca una cantidad determinada de agua residual (generalmente 1 a 2 litros) en varios frascos o jarras.
- b. **Adición de coagulantes:** Se añaden diferentes dosis del coagulante (como sulfato de aluminio) a cada jarra.
- c. **Agitación rápida:** Las muestras se agitan rápidamente durante un corto período (generalmente entre 1 y 2 minutos) para permitir que el coagulante se mezcle con las partículas suspendidas en el agua.
- d. **Agitación lenta:** Luego, las muestras se agitan lentamente durante unos 10 a 15 minutos, lo que favorece la formación de flóculos (agregados de partículas).
- e. **Sedimentación:** Después de la agitación, se deja reposar las jarras para permitir que los flóculos se asienten en el fondo del frasco.
- f. **Evaluación:** Se mide los parámetros considerados después de la sedimentación para establecer la dosis adecuada de coagulante.



2.3. Marco conceptual

2.3.1. Camal Municipal

Instalación especializada en el sacrificio y procesamiento de animales, cuyos efluentes generan aguas cloacales con una elevada carga de contaminantes, tales como compuestos orgánicos y sólidos suspendidos.

2.3.2. Coagulación - Floculación

Método combinado que emplea coagulantes (como sulfato de aluminio o mucílago de atún) para aglomerar partículas en flóculos, facilitando su remoción del agua.

2.3.3. DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días)

indicador que indica la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos para descomponer la materia orgánica en el agua durante cinco días.

2.3.4. DQO (Demanda Química de Oxígeno)

Cuantificación de los compuestos orgánicos presentes en el agua, basada en la magnitud de de oxígeno necesaria para su oxidación mediante un agente potente.

2.3.5. Materia Orgánica

Una porción del agua derivada de desechos biológicos, tales como residuos alimentarios, excrementos animales o humanos, que contaminan el agua.

2.3.6. Sulfato de Aluminio (SA)

Compuesto químico empleado como coagulante en el tratamiento de aguas cloacales, lo que contribuye a la eliminación de la turbidez y la materia orgánica a través de la formación de flóculos.



2.3.7. Turbidez

Indicador de la transparencia del agua, influenciada por la presencia de partículas suspendidas, y refleja el grado de contaminación en los cuerpos acuáticos.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Este tipo de investigaciones se emplean para determinar el impacto del sulfato de aluminio en la depuración de las aguas cloacales del matadero municipal de Ayaviri. Su objetivo es resolver un problema práctico mediante la optimización de la calidad de las aguas cloacales y la mitigación de su impacto ambiental, mediante la implementación de un proceso específico para la eliminación de turbidez y materia orgánica.

3.2. Nivel de investigación

La investigación se enmarca en un enfoque de carácter correlacional. Esto se debe a su interés en investigar la relación entre la utilización de sulfato de aluminio y la eliminación de turbidez y materia orgánica en las aguas cloacales del matadero municipal de Ayaviri.

3.2. Enfoque de la investigación

La investigación se sitúa dentro de un enfoque cuantitativo, debido a que se orienta a la medición y el análisis de variables numéricas, tales como los niveles de turbidez y contenido orgánico en las aguas cloacales en su estado inicial y final con sulfato de aluminio.



3.3. Diseño de investigación

El estudio adopta un diseño cuasi experimental, puesto que se aplica el tratamiento con sulfato de aluminio en diferentes dosis sobre las aguas cloacales del camal municipal de Ayaviri para determinar su efectividad en la remoción de turbidez y materia orgánica.

3.4. Técnicas e instrumentos

3.4.1. Técnicas

- Observación directa
- Prueba de jarras
- Análisis en laboratorio
- Comparación de resultados
- Análisis estadísticos

3.4.2. Instrumentos

- Cadena custodia
- Protocolos de toma de muestra
- Equipos de campo
- Equipos de laboratorio

3.4.3. Ubicación de la zona de investigación

Este estudio se desarrolló en el Camal Municipal de Ayaviri, situado en la provincia de Melgar, departamento de Puno, Perú. Las muestras de aguas cloacales fueron obtenidas en dos puntos específicos denominados "Aguas Rojas Ingreso (AR I)" y "Aguas Rojas Salida (AR – S)". Las coordenadas UTM relevantes (Sistema de Proyección Transversal Universal Mercator, WGS 84) son:

Tabla 2

Coordenadas de la ubicación de la toma de muestra

Código	Ubicación	Coordenada
AR – I	Ayaviri/Melgar/Puno	E: 327 124.75 N: 8 354 844.43
AR – S	Ayaviri/Melgar/Puno	E: 327 103.78 N: 8 354 769.11

Nota: Coordenadas de los puntos de toma de muestra en el Camal Municipal de Ayaviri, Puno, en el sistema UTM (WGS 84).

Figura 7

Ubicación de la zona de estudio



Nota: Extraído de (Google Earth)

3.4.4. Población y muestra

3.4.4.1. Población

La población de investigación se compone de las aguas cloacales producidas por el Camal Municipal de Ayaviri, situado en la provincia de Melgar, Puno. Se realizarán muestreos de los efluentes en dos ubicaciones específicas: la entrada (AR-I) y la salida (AR-S).

3.4.4.2. Muestra

La muestra de estudio se compone de aguas cloacales recolectadas del Camal Municipal de Ayaviri, específicamente en los accesos (AR-I) y salida (AR-S) del proceso de tratamiento. Se identificaron muestras representativas de cada punto en diversos momentos para evaluar el efecto del tratamiento con sulfato de aluminio en la eliminación de turbidez y materia orgánica. La muestra fue recolectada conforme a los lineamientos de los protocolos establecidos; se tomaron 20 litros en recipientes suministrados por el laboratorio LAQUAMEQ E.I. R.L. para su análisis. El muestreo se llevó a cabo el 1 de septiembre de 2026, entre las 10:00 y las 11:00 horas.

3.4.5. Materiales y equipos

3.4.5.1. Materiales

- Frascos de PVC de 1000 y 500 mL
- Frascos winkler de 300mL
- Cooler
- Frasco lavador
- Tubos de digestión de 10 mL
- Vasos precipitados de 2000mL, 1000mL y 250mL en clase A

- Probeta de 1000mL en clase A
- Espátula
- Guantes
- Mandil
- Barbijos

3.4.5.2. Equipos

- Prueba de jarras marca BIRD
- Agitador magnético marca ROCKER
- Multiparámetro marca HQ2200
- Turbidímetro marca EZODO
- Balanza analítica de precisión 0.0001g marca ADAM
- Digestor marca ROCKER
- Incubadora marca RAYPA
- GPS marca GARMIN

3.4.5.3. Reactivos

- Sulfato de aluminio
- Sales de dilución
- Ácidos para digestión
- Agua destilada

3.4.6. Procedimiento metodológico

Objetivo específico 1: Establecer las mediciones valores iniciales de materia orgánica y turbidez en las aguas residuales del centro municipal de Ayaviri, antes de su tratamiento con sulfato de aluminio.

a. Selección de los puntos de muestreo

Se seleccionaron dos puntos de toma de muestra en el Camal Municipal de Ayaviri: uno en el ingreso de las aguas cloacales (AR-I) y otro en la salida (AR-S) del proceso de tratamiento. Estos puntos corresponden a las coordenadas proporcionadas en la sección de ubicación. La muestra fue seleccionada para abarcar todos los distintos tipos de aguas cloacales generadas.

Figura 8

Punto de muestreo



Nota: Camal municipal de Ayaviri - Melgar

b. Procedimiento de muestreo

Las muestras fueron identificadas en el matadero municipal en condiciones estándar, de acuerdo con de los efluentes puede variar según su origen. Los efluentes (OMA, 2010).

- Las muestras fueron recolectadas en ubicaciones específicas del Camal Municipal de Ayaviri, previamente seleccionadas: el punto de entrada (AR-I) y el punto de salida (AR-S) de las aguas cloacales.
- El protocolo establece que los puntos de muestreo deben estar claramente señalizados y que el acceso debe ser seguro y sencillo.



- Emplear viales estériles adecuados para cada parámetro analizado (pH, turbidez, DBO, etc.).
- Elaboramos documentos de registro, cuentos como hojas de campo, cadena de custodia y etiqueta.
- **Aguas residuales crudas (afluentes):** Se tomo las muestras de un punto representativo del flujo, a un tercio de la profundidad del agua desde la superficie para evitar influencias de partículas grandes.
- **Aguas residuales tratadas (efluentes):** Se tomo las muestras del punto de salida, siguiendo el mismo principio para asegurar que se obtenga una muestra representativa.
- Las muestras se deben refrigerar a 4°C si es necesario y ser transportadas en cajas térmicas para mantener su integridad hasta el laboratorio, para ello se utilizó culer.
- Cada frasco se etiqueto con la información a continuación: identificación del sitio de muestreo, fecha y hora de muestreo, parámetro a analizar
- Se completo el registro del registro de trazabilidad de las muestras, que garantiza el seguimiento y control de la muestra desde su recolección hasta su análisis.
- Los análisis se realizaron en el laboratorio LAQUAMEQ E.I.R.L. Laboratorio de Análisis Químico Ambiental, laboratorio que está ubicado en el distrito de Juliaca.

Figura 9

Toma de muestras iniciales



Nota: Muestreo iniciales antes del tratamiento

c. Métodos de ensayo

Tabla 3

Métodos de ensayo

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO
1	Temperatura	°C	SM – 2250 B Método de laboratorio de campo
2	Potencial de hidrogeno	Unid. de pH	SM 4500 - H
3	Turbidez	NTU	SM - 2130 Método nefelométrico
4	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	SM 5210 B Prueba de DBO de 5 días
5	Demanda química de oxígeno	mg/L	SM 5220 C Reflujo cerrado, método titulométrico

Nota: (APHA, 2017)

La Tabla 3 presenta los métodos de ensayo empleados para evaluar los parámetros de las aguas cloacales del Camal Municipal de Ayaviri previo al tratamiento con sulfato de aluminio, conforme a las directrices del APHA (2017).

Objetivo específico 2: Analizar el efecto de diferentes dosis de sulfato de aluminio en la remoción de turbidez de las aguas residuales municipales de Ayaviri.

Con el fin de lograr el objetivo mencionado, se procedió de la siguiente manera

a. Control de condiciones experimentales

- Para el proceso del tratamiento inicialmente se realizó una modificación de pH para que haya eficacia del coagulante
- Para optimizar la acción del coagulante, se utilizó 0.5 g de cal (óxido de calcio) para elevar el pH a un valor de 8, que es más adecuado para maximizar la formación de flóculos durante el proceso de coagulación-floculación.
- Este ajuste del pH es un paso esencial, ya que permite mejorar la eficacia del sulfato de aluminio en la eliminación de turbidez y materia orgánica, como lo evidencian estudios previos que demuestran su alta efectividad en un rango de pH alcalino (generalmente entre 6.5 y 8.5).

Figura 10*Ajuste de pH con cal***Nota:** Modificación de pH ácido a pH alcalino**b. Selección de las dosis de sulfato de aluminio**

- Se definieron diferentes dosis de sulfato de aluminio para ver el efecto sobre la eliminación de la turbidez. Las dosis consideradas fueron:

Tabla 4*Dosis de tratamiento*

N°	Código	Cal (g)	Sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) (g)
1	T1	0.5	0.3
2	T2	0.5	0.5
3	T3	0.5	1.0
4	T4	0.5	1.2

Nota: Dosis de cal y sulfato de aluminio aplicadas para evaluar su efecto en la eliminación de turbidez.

Figura 11*Pesado del sulfato de aluminio para aplicar al tratamiento*

Nota: Cal y sulfato de aluminio para el tratamiento de aguas cloacales.

c. Preparación de las muestras

- Se obtuvieron muestras de aguas cloacales del depósito municipal de Ayaviri en los puntos de entrada (AR-I), de manera similar al objetivo 1.

- Las muestras fueron recolectadas antes de la administración del tratamiento, garantizando una mezcla adecuada para que los resultados fueran representativos de la totalidad del cuerpo de agua.
- Se elaboraron triplicados de las muestras para cada dosis de coagulante con el fin de asegurar la confiabilidad y reproducibilidad de los resultados; se utilizaron los siguientes códigos.

Tabla 5

Códigos de las repeticiones de los Tratamientos

N°	Código		
	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
1	T1(1)	T2(1)	T3(1)
2	T1(2)	T2(2)	T3(2)
3	T1(3)	T2(3)	T3(3)
4	T1(4)	T2(4)	T3(4)

Nota: Se realizaron 3 repeticiones por tratamiento para asegurar la confiabilidad de los resultados.

Figura 12

Preparación de muestras



Nota: Tratamiento realizado en un litro de muestra de aguas cloacales de camal

d. Procedimiento de la prueba de jarras

- Se añadió cada dosis de sulfato de aluminio a las muestras de aguas cloacales en vasos imprudentes de 1 litro
- El tiempo de agitación rápida, lenta y el tiempo de sedimentación se dieron de la siguiente manera

Tabla 6

Condiciones de agitación y sedimentación en la prueba de jarras

Agitación	Tiempo (min)	RPM
Rápida	3	150
Lenta	30	60
Tiempo de sedimentación: 40 minutos		

Nota: Los tiempos de agitación y sedimentación se establecieron según las condiciones ideales para el tratamiento en la experiencia de jarras

Figura 13

Tratamiento de aguas cloacales de camal en prueba de jarras



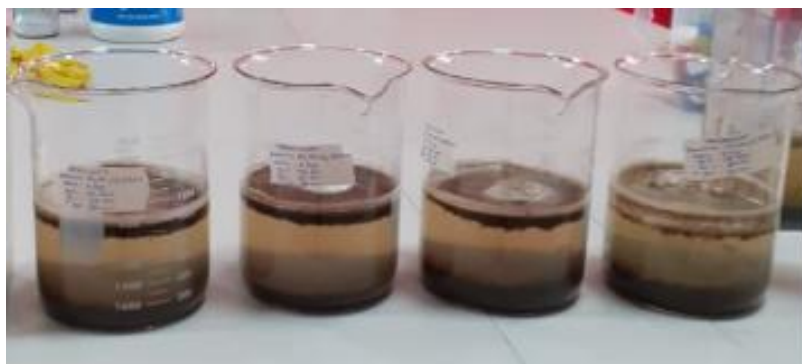
- Después del tiempo de sedimentación, se tomaron las muestras para realizar los análisis correspondientes

e. Medición de la turbidez

- La turbidez de las ejemplares tratadas se medirá utilizando un turbidímetro, siguiendo el método descrito en el SM – 2130 (Método nefelométrico).
- La turbidez se medirá en Mecanismos Nefelométricas de Turbidez (NTU) y se realizarán mediciones en los diversos puntos de muestras postratamiento.
- Se calculará la reducción de turbidez en función de los valores obtenidos antes y posterior al tratamiento con sulfato de aluminio.

Figura 14

Muestras de aguas cloacales de camal después del tratamiento



f. Análisis de resultados

- Se llevará a cabo un estudio de los datos para determinar cómo la concentración de sulfato de aluminio influye en la reducción de la turbidez.
- Basado en los resultados, se establecerá la cantidad insuperable de sulfato de aluminio en emplear para clarificar el agua turbia in las aguas cloacales del camal.

g. Registro y almacenamiento de datos

- Los datos finales se organizarán y analizarán mediante software estadístico adecuado para realizar las comparaciones y determinar la dosis más eficiente.

Objetivo específico 3: Analizar el impacto de diversas dosis de sulfato de aluminio en la eliminación de materia de la materia orgánica de las aguas residuales del matadero municipal de Ayaviri.

a. Selección de las dosis de sulfato de aluminio

Conforme con el Objetivo Específico 2, se eligieron las dosis de sulfato de aluminio para analizar su efectividad en la eliminación de materia orgánica en las aguas cloacales. Las dosis aplicadas se muestran en la Tabla 5. Cada dosis fue adicionada a las muestras de aguas servidas de forma controlada, con el fin de evaluar su efecto en la reducción de la sustancias orgánicas.

b. Preparación de las muestras

Las muestras de aguas cloacales se recolectarán en el punto de ingreso (AR-I) del Camal Municipal de Ayaviri, conforme a lo estipulado en los objetivos previos. Obtendremos las muestras en vasos de precipitados de un litro y las combinaremos para garantizar su representatividad.

c. Ajuste de pH

Como se menciona en el Objetivo Específico 2, el pH de las muestras de efluentes se ajustará antes de la adición de sulfato de aluminio. Incrementaremos el pH a 8-9 mediante la adición de cal (óxido de calcio) para optimizar la eficacia del coagulante, tal como se detalla en la metodología del objetivo anterior.

d. Procedimiento de la prueba de jarras

Empleamos la tentativa del frasco para analizar el efecto de distintas concentraciones de sulfato de aluminio en la remoción de materia orgánica. Como se señala en la tabla 7 del objetivo 2.

e. Medición de la materia orgánica (DBO y DQO)

Se emplearán los métodos más comunes para cuantificar la concentración de materia orgánica que ha sido eliminada:

- El método SM 5210 B será empleado para la medición del DBO. Este método cuantifica el oxígeno que los microorganismos consumen para degradar la contenido orgánico a lo largo de un periodo determinado de cinco días. Las mediciones se realizarán antes y después del tratamiento.

Figura 15

Determinación de la DBO



- La DQO se medirá utilizando el método SM 5220 C, que evalúa la demanda total de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica e inorgánica de la muestra.

Figura 16*Determinación de la DQO***f. Registro de datos**

Se documentarán minuciosamente todas las condiciones experimentales, incluyendo las dosis empleadas, los parámetros de agitación y sedimentación, así como los resultados de las pruebas de DBO y DQO.

g. Análisis de resultados

Los datos que recolectemos nos permitirán establecer si existen diferencias significativas entre las dosis y cuál es la más eficaz.

Objetivo específico 4: Establecer el porcentaje de disminución de la turbidez y la materia orgánica en función de las dosis de sulfato de aluminio empleadas.

a. Procedimiento de tratamiento con tiosulfato de aluminio

Analizaremos las muestras de efluentes del municipio de Ayaviri utilizando distintas cantidades de sulfato de aluminio especificadas en los objetivos anteriores. Las dosis se administrarán según el método marcado en los objetivos anteriores (ajuste de pH, prueba de envases, etc.).

b. Medición de la turbidez

- Tras el tratamiento con sulfato de aluminio, se utilizará un turbidímetro para medir la turbidez de las muestras. Asimismo, se evaluará la turbidez inicial de las muestras antes del tratamiento para cuantificar la cantidad eliminada.
- La turbidez se cuantificará en NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez), conforme al método estándar (SM 2130).

c. Medición de la materia orgánica

- valuación del contenido orgánico se evaluará mediante el requerimiento bioquímico de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO) de las muestras tratadas, conforme a lo estipulado en los objetivos anteriores.
- La DBO se medirá utilizando el Método SM 5210 B y la DQO con el Método SM 5220 C.

d. Cálculo del porcentaje de remoción

- Porcentaje de eliminación de turbidez

$$\text{Porcentaje de remoción de turbidez} = \left(\frac{\text{Turbidez inicial} - \text{Turbidez final}}{\text{Turbidez inicial}} \right) \times 100$$

- Porcentaje de eliminación de materia orgánica (DBO y DQO)

$$\text{Porcentaje de remoción de materia orgánica} = \left(\frac{\text{Materia orgánica inicial} - \text{Materia orgánica final}}{\text{Materia orgánica inicial}} \right) \times 100$$

a. Registro y almacenamiento de datos

Los datos fueron almacenados de manera organizada para su posterior análisis y comparación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Resultados

Objetivo específico 1: Determinar las mediciones iniciales de materia orgánica y turbidez en las aguas residuales del camal municipal de Ayaviri antes de la aplicación del tratamiento con sulfato de aluminio.

Se identificaron muestras de aguas cloacales en dos ubicaciones específicas del Camal Municipal de Ayaviri: el punto de ingreso (AR-I) y el punto de salida (AR-S). Los resultados de los parámetros de temperatura, turbidez, pH, demanda química de oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO) se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 7

Resultados iniciales de las aguas residuales del camal

Nº	PARÁMETROS	UNIDAD	AR – I	AR – S
1	Temperatura	°C	16.5	17.0
2	Turbidez	NTU	1500.0	1300.0
3	Potencial de hidrogeno	Unid de pH	6.6	6.4
4	Demanda química de oxígeno	mg/L	5280.0	3350.0
5	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	2690.0	1885.0

Nota: Concentraciones iniciales de los parámetros considerados antes del tratamiento

a. Temperatura

En el punto de ingreso (AR-I), la temperatura fue de 16.5°C, mientras que en el punto de salida (AR-S) fue de 17.0°C. La ligera diferencia en la temperatura entre ambos puntos no es significativa y se encuentra dentro del rango esperado para aguas cloacales industriales, lo cual indica que la temperatura no debería afectar de forma significativa la eficacia del tratamiento posterior con sulfato de aluminio.

b. Turbidez

La turbidez en el punto de entrada (AR-I) fue de 1500 NTU, mientras que la turbidez en el punto de salida (AR-S) fue de 1300 NTU. Esto indica que la turbidez disminuye ligeramente durante el proceso de tratamiento del agua, aunque permanece elevada. Estos valores iniciales corroboran la escasez de un procedimiento eficiente para reducir la turbidez y mejorar la eficacia del agua.

c. Potencial de hidrogeno (pH)

El pH en el punto de entrada (AR-I) fue de 6,6, mientras que en el punto de salida (AR-S) fue de 6,4. Ambos valores se sitúan en el espectro de acidez, lo cual es habitual en aguas cloacales derivadas de procesos biológicos y orgánicos. Es imperativo modificar el pH antes de la aplicación de sulfato de aluminio, ya que el tratamiento es más eficaz cuando el pH se acerca a la neutralidad (pH7).

d. Demanda química de oxígeno

La DQO en el sitio de ingreso (AR-I) fue de 5280 mg/L y en el sitio de salida (AR-S) fue de 3350 mg/L. Esta disminución en los niveles de DQO indica que una fracción la materia orgánica fue removida en la fase inicial del tratamiento. No obstante, los niveles permanecen elevados y requieren un tratamiento adicional con coagulantes para su eliminación más eficaz.

e. Demanda bioquímica de oxígeno

La DBO en el sitio de entrada (AR-I) fue de 2690 mg/L, y en el sitio de salida (AR-S) fue de 1885 mg/L. La disminución de los niveles de DBO indica que una porción de la materia orgánica biodegradable ha sido descompuesta por microorganismos a lo largo del proceso de tratamiento. Los niveles de DBO permanecen elevados, lo que evidencia la escasez de un procedimiento adicional para reducir aún más la cantidad de materia orgánica.

Según los resultados que se ha obtenido de los análisis iniciales a comparación de la normativa vigente

Tabla 8

Resultados iniciales frente a la normativa vigente

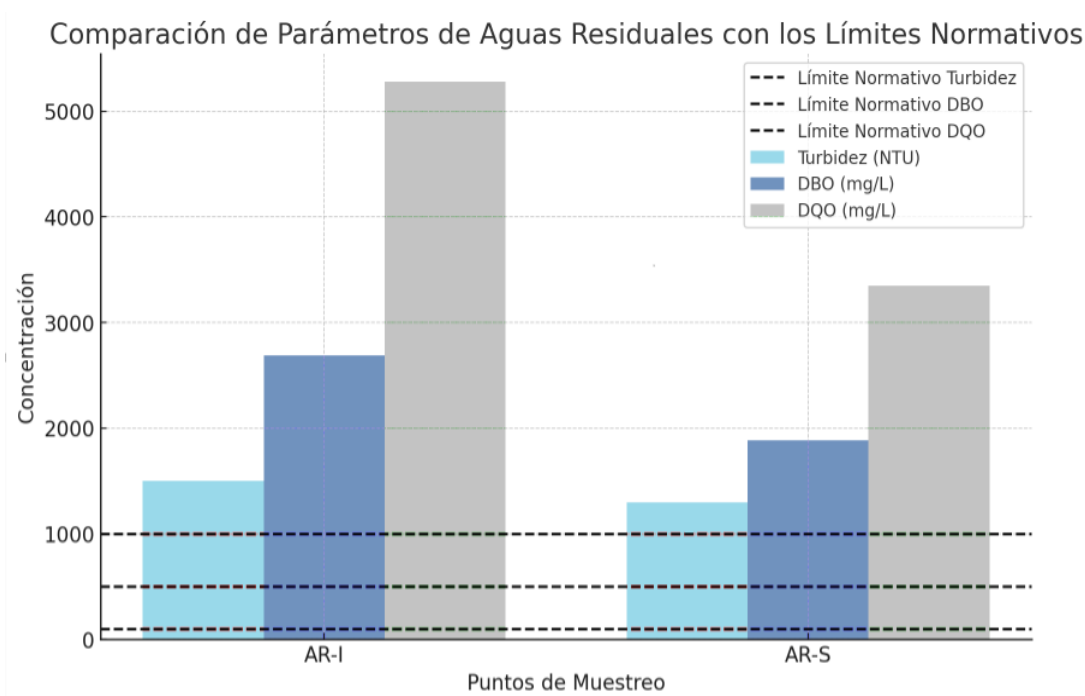
N°	PARÁMETROS	UNIDAD	AR – I	AR – S	VMA
1	Temperatura	°C	16.5	17.0	-
2	Turbidez	NTU	1500.0	1300.0	-
3	Potencial de hidrogeno	Unid de pH	6.6	6.4	-
4	Demanda química de oxígeno	mg/L	5280.0	3350.0	1000
5	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	2690.0	1885.0	500

Nota: VMA (valores máximos admisibles)

Los resultados de DBO, DQO y turbidez de las aguas cloacales del Camal Municipal de Ayaviri exceden significativamente los valores máximos permitidos (VMA) permitidos para las descargas al sistema de alcantarillado. La DBO en el punto de entrada era de 2690 mg/L, en cambio, en el punto de salida era de 1885 mg/L. Ambos valores excedieron el límite de 500 mg/L. Los valores de DQO eran 5280 mg/L en la entrada y 3350 mg/L en la salida, superando el límite de 1000 mg/L. La turbidez fue considerablemente elevada, alcanzando 1500 NTU en la entrada y 1300 NTU en la salida. Estos niveles superan significativamente los 100 NTU recomendados para aguas superficiales destinadas a actividades recreativas. Los resultados señalan que las aguas cloacales del matadero muestran un alto contenido de contaminantes y requieren un tratamiento adecuado para reducir estos niveles y cumplir con las normativas ambientales.

Figura 17

Comparación de parámetros de aguas residuales del camal con los límites normativos



Nota: Los niveles de DBO, DQO y turbidez exceden los límites normativos.

El gráfico presenta una comparación de los niveles de turbidez, DBO y DQO en los efluentes del Camal Municipal de Ayaviri en los puntos de entrada (AR-I) y salida (AR-S), en relación a los límites regulatorios. los resultados para estos parámetros superan significativamente los límites reglamentarios. Esto implica que las aguas excedentes muestran una alta carga contaminante y requieren un tratamiento adecuado para satisfacer los patrones de calidad del agua.

Objetivo específico 2: Ajustar el impacto de diversas dosis de sulfato de aluminio en la reducción de la turbidez de las aguas residuales municipales de Ayaviri.

Para lograr este propósito, se empleó la muestra AR-I debido a las altas concentraciones de materia orgánica y turbidez.

El objetivo de este estudio es examinar el efecto de diversas concentraciones de sulfato de aluminio en la efectividad de la reducción de turbidez en los efluentes del Camal Municipal de Ayaviri. La tabla muestra los resultados de las dosis de sulfato de aluminio (0,3 g, 0,5 g, 1,0 g y 1,2 g) y su impacto sobre la temperatura, la turbidez y el pH. A A continuación, se presenta una exposición minuciosa de los resultados.

Las temperaturas de las muestras tratadas fueron notablemente estables, lo cual es aceptable y no impacta significativamente el proceso de coagulación, dado que las temperaturas son consistentes y se sitúan dentro del rango habitual para aguas cloacales. Las mínimas variaciones en la temperatura no deberían comprometer la eficacia del tratamiento.

Los valores de pH fluctúan entre 7.8 y 8.7, un rango propicio para el tratamiento con sulfato de aluminio, dado que la coagulación es más eficiente en niveles próximos a

la neutralidad. El ajuste del pH con cal (0,5 g) fue exitoso, lo que facilitó una mejor eliminación de la turbidez en todas las dosis.

Tabla 9

Resultados de tratamiento de la turbidez del primer tratamiento

PARÁMETROS	UNIDAD	T1 (1)	T1(2)	T1(3)	T1(4)
Temperatura	°C	14.4	14.2	14.5	14.4
Turbidez	NTU	507.0	307.0	128.0	65.0
Potencial de hidrogeno	Unid de pH	7.8	8.2	8.5	8.0

Nota: Resultados de las 4 dosis del primer procedimiento con sulfato de aluminio

a. Turbidez

- **T1(1)** (dosis de 0.3 g): La turbidez medida fue de 507 NTU, lo que indica que esta dosis fue ineficaz para reducir significativamente la turbidez, ya que el valor se mantuvo bastante elevado.
- **T1(2)** (dosis de 0.5 g): La turbidez disminuyó a 307 NTU, lo que indica una eliminación superior en comparación con la dosis de 0.3 g. Sin embargo, se considera elevada, algo que implica que dosis superiores podrían ser más efectivas.
- **T1(3)** (dosis de 1.0 g): La turbidez disminuyó a 128 NTU, lo que indica una reducción significativa de la turbidez. Esto indica que dosis superiores son más eficaces para remover las partículas en suspensión del agua.
- **T1(4)** (dosis de 1.2 g): La turbidez alcanzó 65 NTU, lo que indica que esta dosis tuvo el mayor impacto en la eliminación, acercándose a los niveles recomendados para el agua tratada. Esto evidencia que la dosis de 1,2 g fue la más efectiva para disminuir la opacidad de las aguas cloacales.

Tabla 10

Resultados de procedimiento de la turbidez del segundo tratamiento

PARÁMETROS	UNIDAD	T2 (1)	T2(2)	T2(3)	T2(4)
Temperatura	°C	15.3	15.0	15.2	15.5
Turbidez	NTU	611.0	339.0	166.0	73.0
Potencial de hidrogeno	Unid de pH	7.8	8.0	7.9	8.2

Nota: Resultados de las 4 dosis del segundo tratamiento químico mediante sulfato de aluminio

a. Turbidez

- **T2(1) (dosis de 0.3 g):** La turbidez inicial fue de 611 NTU, lo que indica que la dosificación de 0,3 g de sulfato de aluminio fue insuficiente para reducirla significativamente, ya que el valor se mantiene elevado.
- **T2(2) (dosis de 0.5 g):** La turbidez disminuyó a 339 NTU, lo que evidencia una mejora significativa respecto a la dosis anterior; sin embargo, se mantiene por encima de los niveles aceptables para el agua tratada.
- **T2(3) (dosis de 1.0 g):** La turbidez disminuyó a 166 NTU, lo que indica una eliminación más efectiva de la turbidez. Aunque el valor deseado aún no se ha alcanzado, esta dosis parece ejercer un efecto beneficioso en la condición del agua.
- **T2(4) (dosis de 1.2 g):** La turbidez final fue de 73 NTU, lo que evidencia una disminución considerable y se aproxima a los valores óptimos para el procesamiento de aguas cloacales. Esta dosis demostró ser la más eficaz para eliminar la turbidez, lo que indica que la depuración de aguas cloacales con 1,2 g de sulfato de aluminio es altamente efectivo para reducir la turbidez.

Tabla 11*Resultados de tratamiento de la turbidez del tercer tratamiento*

PARÁMETROS	UNIDAD	T3 (1)	T3(2)	T3(3)	T3(4)
Temperatura	°C	16.0	15.8	15.9	15.8
Turbidez	NTU	480.0	295.0	115.0	55.0
Potencial de hidrogeno	Unid de pH	8.4	8.5	8.7	8.6

Nota: Resultados de las 4 dosis del tercer coagulación con sulfato de aluminio**a. Turbidez**

- **T3(1) (dosis de 0.3 g):** La turbidez inicial fue de 480 NTU, lo que sugiere que la dosis de 0.3 g no fue suficiente para lograr una remoción efectiva de turbidez, aunque muestra cierta disminución respecto a las muestras sin tratamiento.
- **T3(2) (dosis de 0.5 g):** La turbidez se redujo a 295 NTU, lo que indica una mejora notable en la remoción de turbidez. Sin embargo, aún se mantiene un elevado nivel de turbidez, lo que evidencia que dosis más altas podrían ser necesarias para una mayor remoción.
- **T3(3) (dosis de 1.0 g):** la turbidez se redujo a 115 NTU, mostrando una eliminación más eficiente en comparación con las dosis menores. Este valor es significativamente inferior, lo que indica que la dosis de 1.0 g está logrando un tratamiento más eficaz para la reducción de turbidez.
- **T3(4) (dosis de 1.2 g):** La turbidez alcanzó 55 NTU, representando la mayor remoción de turbidez entre todas las dosis probadas. Este valor indica que la dosis de 1.2 g fue la más eficaz para reducir la turbidez a niveles significativamente más bajos, acercándose a los valores ideales para aguas tratadas.

De los tratamientos realizados se tiene el siguiente promedio frente a la normativa como se observa en la siguiente tabla

Tabla 12

Promedio de tratamiento de la turbidez

PARÁMETROS	UNIDAD	T1 (1)	T1(2)	T1(3)	T1(4)	ECA
Temperatura	°C	15.2	15.0	15.2	15.2	-
Turbidez	NTU	532.7	313.7	136.3	64.3	100
Potencial de hidrogeno	Unid de pH	8.0	8.2	8.4	8.3	6.5 – 8.5

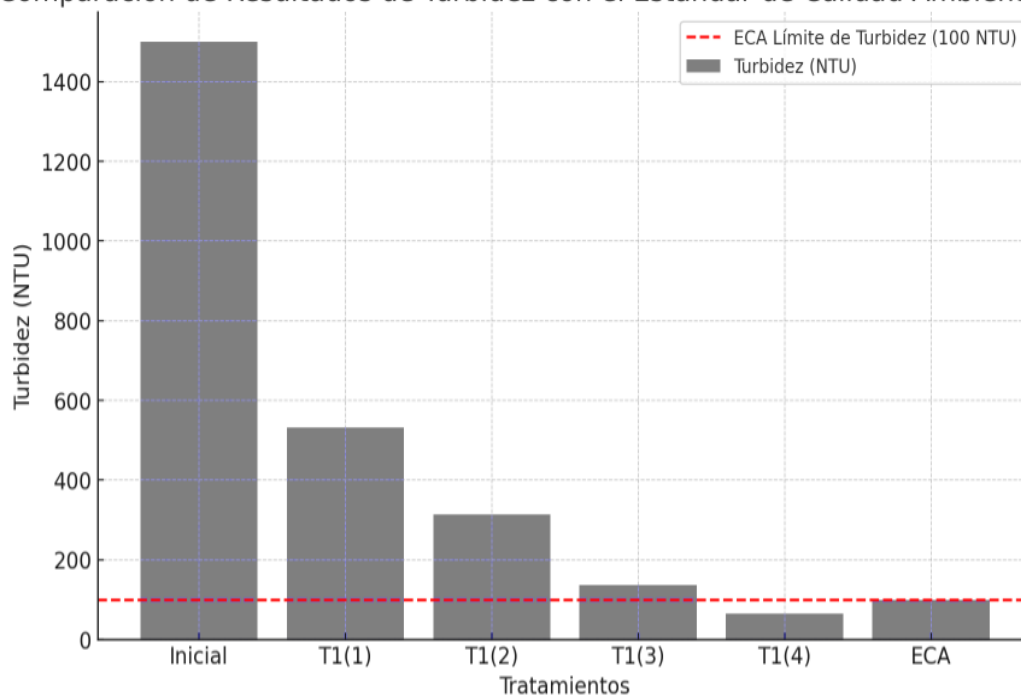
Nota: Resultados del promedio de los 3 tratamientos realizados

Antes del tratamiento, la concentración inicial de turbidez era de 1500 NTU. Esto significa que las aguas servidas del Camal Municipal de Ayaviri contienen múltiples partículas en suspensión. La aplicación de diversas dosis de sulfato de aluminio ha demostrado una disminución progresiva de la turbidez, alcanzando un valor de 64.3 NTU con una dosis de 1.2 g (T1(4)), lo que indica una mejora significativa y se encuentra dentro del límite definido por la norma de Calidad Ambiental (ECA) de 100 NTU para aguas superficiales recreativas. Esto significa que el procedimiento con sulfato de aluminio ha sido efectivo en la descenso de la turbidez, ubicando los niveles de turbidez dentro de los límites establecidos.

Figura 18

Reducción de turbidez con sulfato de aluminio y comparación con el límite normativo

Comparación de Resultados de Turbidez con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA)



Nota: La turbidez se redujo significativamente con las dosis de sulfato de aluminio, alcanzando niveles por debajo del límite normativo

El gráfico representa la disminución de la turbidez in las aguas cloacales del Camal Municipal de Ayaviri a lo largo del tiempo tras la incorporación de distintas dosis de sulfato de aluminio. A medida que aumentan las dosis, se evidencia una disminución significativa de la turbidez, alcanzando los valores mínimos con una dosis de 1,2 g (T1(4)). Este tratamiento cumple con el umbral normativo de turbidez de 100 NTU para aguas superficiales destinadas en actividades recreativas, demostrando la eficacia del coagulante en el progreso de la calidad del agua.

Objetivo específico 3: Examinar el impacto de las distintas dosis del sulfato de aluminio en la eliminación de materia orgánica de los efluentes del camal municipal de Ayaviri.

Tabla 13

Resultados de tratamiento de la materia orgánica del primer tratamiento

PARÁMETROS	UNIDAD	T1 (1)	T1(2)	T1(3)	T1(4)
Temperatura	°C	14.4	14.2	14.5	14.4
Potencial de hidrogeno	Unid de pH	7.8	8.2	8.5	8.0
Demanda química de oxígeno	mg/L	3705.0	2450.0	1835.0	1100.0
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	2070.0	1520.0	970.0	540

Nota: Resultados de las 4 dosis del primer tratamiento con sulfato de aluminio

a. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Se observa una reducción progresiva de DBO con el incremento de la dosis del sulfato de aluminio, lo que sugiere que el tratamiento es eficaz para eliminar la materia orgánica biodegradable. La dosis de 1,2 g (T1(4)) mostró la máxima eliminación, reduciendo el DBO a 540 mg/L. Esto señala un mejoramiento notable en la calidad del agua, aunque aún supera el límite normativo de 500 mg/L para efluentes.

b. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Al igual que la DBO, la DQO disminuye significativamente a medida que aumentan las dosificaciones de sulfato de aluminio. Una dosis de 1,2 g (T1(4)) produce una concentración de 1100 mg/L, demostrando una mejora significativa en la eliminación de materia biodegradable y no biodegradable. No obstante, este valor sigue superando el límite legal de 1000 mg/L.

Tabla 14*Resultados de tratamiento de la materia orgánica del segundo tratamiento*

PARÁMETROS	UNIDAD	T2 (1)	T2(2)	T2(3)	T2(4)
Temperatura	°C	15.3	15.0	15.2	15.5
Potencial de hidrogeno	Unid de pH	7.8	8.0	7.9	8.2
Demanda química de oxígeno	mg/L	3250.0	2108.0	1790.0	976.0
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	1865.0	950.0	740.0	490

Nota: Resultados de las 4 dosis del segundo tratamiento con sulfato de aluminio**a. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

Se observa una disminución significativa de la DBO a medida que aumenta la dosificación de sulfato de aluminio de 1,2 g (T2(4)) mostró la máxima eliminación, reduciendo el DBO a 490 mg/L, lo que indica una mejora notable en la calidad del agua, aunque aún supera el límite de 500 mg/L establecido para los efluentes.

b. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Se observa una reducción progresiva en la DQO a medida que se incrementa la dosis de sulfato de aluminio, siendo la eliminación más eficaz en dosis elevadas. La dosis de 1,2 g (T2(4)) presenta la máxima eficacia en la eliminación, reduciendo la DQO a 976 mg/L, aunque todavía excede el límite establecido por la norma de 1000 mg/L. Esto significa que el tratamiento con sulfato de aluminio es eficaz, aunque se requieren dosis más elevadas o un tratamiento adicional para lograr resultados óptimos.

Tabla 15*Resultados de tratamiento de la materia orgánica del tercer tratamiento*

PARÁMETROS	UNIDAD	T3 (1)	T3(2)	T3(3)	T3(4)
Temperatura	°C	16.0	15.8	15.9	15.8
Potencial de hidrogeno	Unid de pH	8.4	8.5	8.7	8.6
Demanda química de oxígeno	mg/L	3060.0	2000.0	1507.0	990.0
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	1630.0	880.0	620.0	505

Nota: Resultados de las 4 dosis del tercer tratamiento con sulfato de aluminio

a. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

La DBO se reduce significativamente con las dosis de sulfato de aluminio, alcanzando 505 mg/L con una dosis de 1.2 g (T3(4)), lo que sugiere una eliminación eficaz de la materia orgánica degradable. Este valor está por debajo del umbral regulatorio de 500 mg/L, lo que indica que el tratamiento ha cumplido de acuerdo con los criterios de calidad del agua.

b. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La DQO sigue reduciéndose con el incremento de la dosificación de sulfato de aluminio. La dosis de 1,2 g (T3(4)) demostró ser la más efectiva, reduciendo la DQO a 990 mg/L, algo que se acerca al límite normativo de 1000 mg/L para efluentes, indicando que el tratamiento ha sido altamente efectivo en la eliminación de materia orgánica.

Tabla 16

Promedio de tratamiento de la materia orgánica

PARÁMETROS	UNIDAD	T3 (1)	T3(2)	T3(3)	T3(4)	VMA
Temperatura	°C	15.2	15.0	15.2	15.2	-
Potencial de hidrogeno	Unid de pH	8.0	8.2	8.4	8.3	-
Demanda química de oxígeno	mg/L	3338.3	2186.0	1710.7	1022.0	1000.0
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	1855.0	1116.7	776.7	511.7	500.0

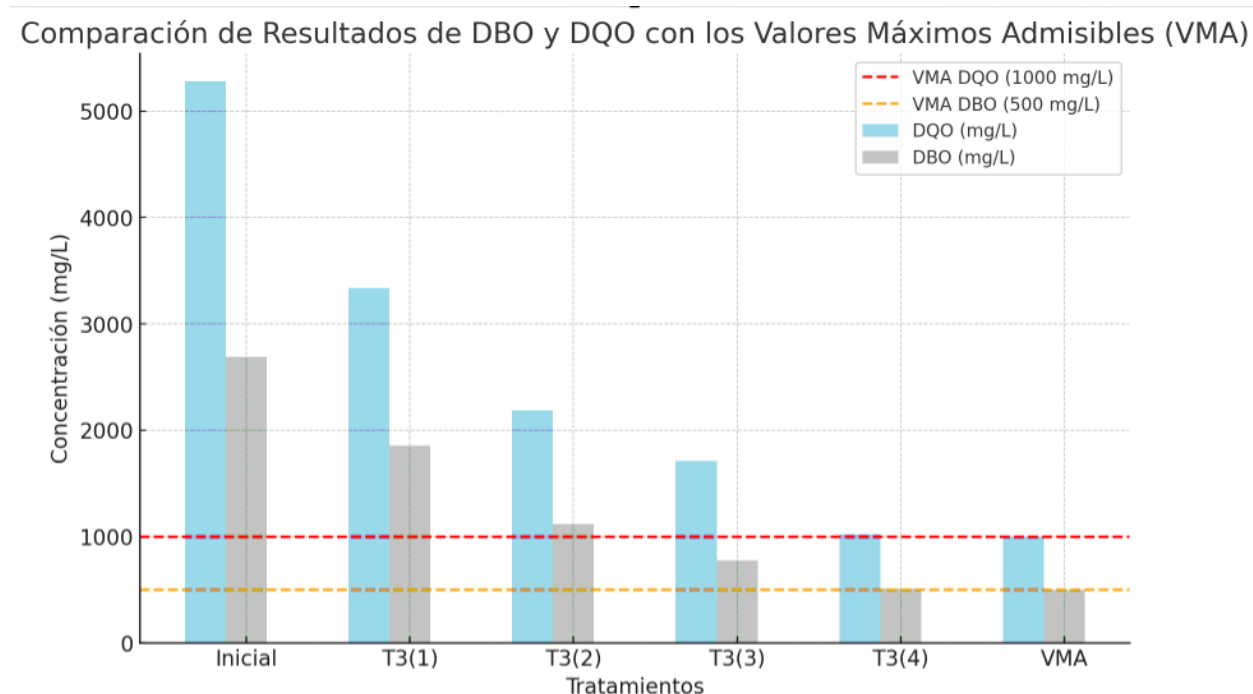
Nota: Resultados del promedio de los 3 tratamientos realizados

Los resultados promedio del tercer tratamiento indican una reducción significativa en la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) con el incremento de la dosis de sulfato de aluminio, siendo la dosis de 1,2 g (T3(4)) la que obtuvo los resultados más favorables. El DQO disminuyó a 1022 mg/L, que excede el valor máximo aceptable (VMA) de 1000 mg/L. La DBO se redujo a 511,7 mg/L, que

corresponde al valor mínimo aceptable (VMA) de 500 mg/L. Los niveles de DBO y DQO en las dosis más bajas (T3(1) y T3(2)) siguen superando los límites establecidos. Los resultados sugieren que el sulfato de aluminio optimiza la calidad del agua, aunque es imperativo calibrar las dosis para cumplir de acuerdo con los esquemas de calidad ambiental para efluentes.

Figura 19

Comparación de DBO y DQO con los valores máximos admisibles



Nota: El gráfico muestra la reducción de la DBO y DQO en las aguas cloacales del Camal Municipal de Ayaviri con sulfato de aluminio, comparado con los VMA. La dosis de 1.2 g (T3(4)) logró los mejores resultados.

El gráfico representa la reducción del DBO y el DQO en los efluentes del Camal Municipal de Ayaviri tras el desarrollo con sulfato de aluminio. Los resultados se comparan con los valores máximos permitidos (VMP). A medida que aumenta la dosis,

los parámetros disminuyen progresivamente, siendo la dosis de 1,2 g (T3(4)) la más eficaz, acercándose a los límites normativos.

Objetivo específico 4: Determinar el porcentaje de turbidez y la disminución de materia orgánica in relación con las dosis de sulfato de aluminio empleadas.

Tabla 17

Porcentaje de eliminación de turbidez y materia orgánica con sulfato de aluminio en aguas residuales de camal

PARÁMETROS	UNIDAD	T (1)	T (2)	T (3)	T (4)
Turbidez	%	64.5	79.1	90.9	95.7
Demanda química de oxígeno	%	36.8	58.6	67.6	80.6
Demanda bioquímica de oxígeno	%	31.0	58.5	71.1	81.0

Nota: Resultados significativos del tratamiento con sulfato de aluminio

los resultados presentados en la tabla 17 muestran el porcentaje de disminución de turbidez y materia orgánica (evaluada mediante la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)) en las aguas cloacales del Municipio de Ayaviri tras la adición de diferentes dosis de sulfato de aluminio. A continuación, examinaremos estos resultados minuciosamente:

a. Remoción de turbidez

- **T1(1)** (dosis de 0,3 g): La eliminación de turbidez fue del 64,5%, lo que indica que una dosis de 0,3 g de sulfato de aluminio muestra un efecto moderado en la disminución de la turbidez, pero no es del todo efectiva.
- **T1(2)** (dosis de 0,5 g): El porcentaje de eliminación aumentó a 79,1%, lo que indica que dosis más altas de sulfato de aluminio mejoran significativamente la reducción de la turbidez, ya que el coagulante comienza a agregar más partículas suspendidas.

- **T1(3)** (dosis de 1.0 g): La eliminación de turbidez fue del 90.9%, lo que indica que la dosis de 1.0 g fue altamente efectiva, resultando en una reducción significativa de la turbidez debido a una mayor floculación.
- **T1(4)** (dosis de 1.2 g): La tasa de eliminación más alta, 95.7%, se logró con la dosis de 1.2 g, lo que indica que dosis más altas de sulfato de aluminio mejoran significativamente la eficiencia de disminución de turbidez. Esto se debe a que el sulfato de aluminio actúa como un coagulante, neutralizando las cargas eléctricas de las partículas en suspensión en el agua y fomentando su agregación en flóculos, que posteriormente se sedimentan por gravedad.

b. **Remoción de Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

- **T1(1)** (dosis de 0.3 g): La eliminación de DQO fue del 36.8%, lo que indica que esta dosis no es altamente efectiva para reducir la materia orgánica, ya que posee un poder de coagulación adecuado para tratar moléculas orgánicas pequeñas o disueltas.
- **T1(2)** (dosis de 0.5 g): Con una dosis de 0.5 g, la eliminación de DQO aumentó al 58.6%, lo que evidencia una mejora notable en la eliminación de materia orgánica, particularmente para compuestos orgánicos más solubles que aquellos que el sulfato de aluminio puede adsorber o neutralizar.
- **T1(3)** (dosis de 1.0 g): La eliminación de DQO fue del 67.6%, lo que indica que dosis más altas de sulfato de aluminio no solo aumentan la turbidez, sino que también eliminan materia orgánica al facilitar una coagulación más efectiva de los compuestos orgánicos que incrementan la demanda química de oxígeno.

- **T1(4)** (dosis de 1,2 g): La eliminación máxima de DQO fue del 80.6%, lo que demuestra la eficacia de esta dosis en la disminución de sustancia orgánica disuelta. El sulfato de aluminio produce un incremento en la cantidad de flóculos a dosis elevadas. Estos flóculos no solo capturan partículas en suspensión, sino también compuestos orgánicos disueltos, algo que mejora significativamente la pureza del agua.

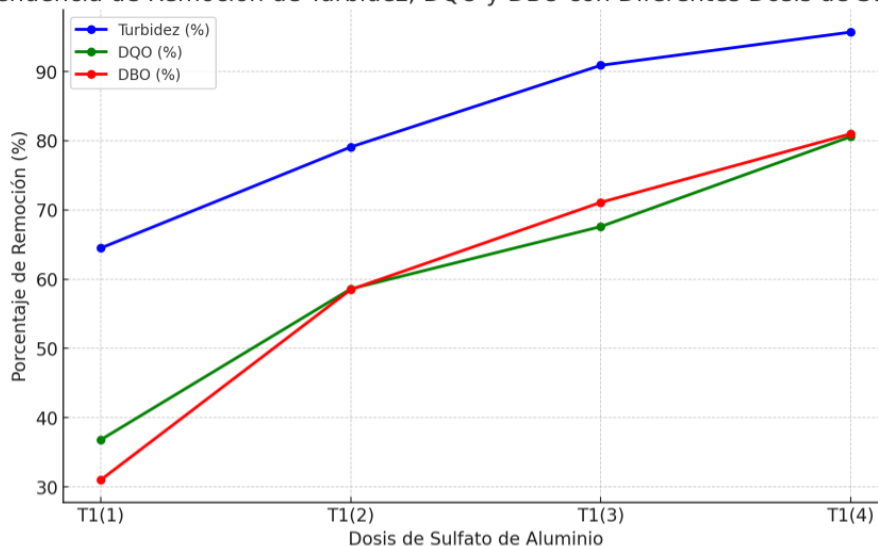
c. Remoción de demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

- **T1(1)** (dosis de 0,3 g): La eliminación de DBO fue del 31,0%, lo que indica que la dosis baja tiene una capacidad limitada para eliminar la materia orgánica biodegradable, ya que es insuficiente para agregar compuestos orgánicos fácilmente biodegradables.
- **T1(2)** (dosis de 0,5 g): La eliminación de DBO aumentó al 58,5%, lo que indica un mejor rendimiento del coagulante en la eliminación de materia orgánica biodegradable. Esta dosis mejora la adsorción de compuestos biodegradables y la calidad del agua.
- **T1(3)** (dosis de 1,0 g): La eliminación de DBO fue del 71,1%, lo que indica que una dosis de 1,0 g de sulfato de aluminio es altamente efectiva para eliminar la materia orgánica biodegradable, que es capturada más fácilmente por los flóculos.
- **T1(4)** (dosis de 1,2 g): La eliminación de DBO alcanzó el 81,0%, lo que indica una reducción significativa de compuestos orgánicos biodegradables. La dosis de 1,2 g es la más eficaz para optimizar la eliminación de turbidez y de materia orgánica biodegradable.

Figura 20

Remoción de turbidez, DBO y DQO con diferentes dosis de sulfato de aluminio

Líneas de Tendencia de Remoción de Turbidez, DQO y DBO con Diferentes Dosis de Sulfato de Aluminio



Nota: El gráfico ilustra la disminución de los niveles de turbidez, DQO y DBO en las aguas cloacales del Camal Municipal de Ayaviri a medida que se incorporaron diversas cantidades de sulfato de aluminio a lo largo del tiempo. La dosis de 1,2 g (T1(4)) logró los resultados más favorables en la eliminación de estos parámetros, aproximándose a los valores óptimos.

Este gráfico ilustra la función del sulfato de aluminio como coagulante al disminuir la turbidez y la materia orgánica (tanto DQO como DBO) en el agua tratada. Con el incremento de la dosis de sulfato de aluminio, se optimiza la eliminación de contaminantes, particularmente con la dosis máxima (1,2 g).

4.2. Discusiones

Los resultados de este estudio demuestran que el sulfato de aluminio impacta significativamente en la eliminación de la turbidez y la compuestos orgánicos presentes en los efluentes del Camal Municipal de Ayaviri, logrando una reducción máxima de turbidez del 95.7% con una dosis de 1.2 g. Estos hallazgos son congruentes con investigaciones anteriores, como las de Zama ni et al. (2019), que evidenciaron la efectividad del sulfato de aluminio en la reducción de la turbidez y de la materia orgánica en efluentes de mataderos, logrando una reducción del 41% en turbidez y del 76% en DQO con dosis de 110 mg/L. El estudio de Pereira et al. (2024) subrayan que la coagulación-floculación es crucial para disminuir la turbidez y la carga orgánica en las aguas residuales, sugiriendo la evaluación de las dosis de coagulante como un componente esencial del proceso de tratamiento.

los valores de partida de turbidez (1500 NTU), DBO (2690 mg/L) y DQO (5280 mg/L) fueron significativamente altos, lo cual concuerda con las investigaciones de Zabala (2024), quien documentó niveles de DBO y DQO en efluentes de mataderos que superan los límites regulatorios establecidos. Esto subraya la necesidad crítica de tratamientos efectivos con el propósito de cumplir los estándares de calidad del agua y reducir los efectos contaminantes en los cuerpos de agua receptores.

Al comparar los resultados alcanzados mediante los valores normativos de turbidez (100 NTU), los tratamientos con sulfato de aluminio lograron una eliminación considerable. La dosis de 1,2 g (T1(4)) demostró ser la más efectiva, alcanzando una reducción de turbidez del 95,7%, lo que confirma la efectividad del sulfato de aluminio como coagulante, en concordancia de acuerdo con estudios anteriores como los de

Zanol et al. (2024), que reportaron una reducción de turbidez superior al 70% en mataderos en Brasil mediante la utilización de sulfato de aluminio.

La eliminación de materia orgánica también fue considerable. Para DBO, la disminución máxima fue del 81% y para DQO, del 80,6% con una dosis de 1,2 g (T1(4)). Estos resultados concuerdan con los de Zama ni et al. (2019), quienes lograron la eliminación del 76% de DQO mediante la utilización de sulfato de aluminio. Sin embargo, a pesar de la mejora en la eliminación, los valores finales de DBO y DQO aún superaron los límites normativos, lo que evidencia la necesidad de ajustar las dosis o implementar un tratamiento adicional, como sugiere Pérez et al. (2020) en su investigación sobre el uso de coadyuvantes para optimizar la eficacia del sulfato de aluminio.

El análisis de la evaluación entre el porcentaje de eliminación y las dosis de sulfato de aluminio indicó que las dosis más elevadas eran las más efectivas. La dosis de 1,2 g (T1(4)) redujo el 95,7 % de la turbidez, el 81 % de la DBO y el 80,6 % de la DQO. Esto concuerda con los estudios de Merino (2019), que demostraron que el procedimiento de tratamiento con sulfato de aluminio es eficaz para eliminar la turbidez y la materia orgánica. Este comportamiento también fue registrado en estudios previos, como el de Ruiz y Uzquiano (2024), donde la disminución de la turbidez alcanzó el 94,4 % con una dosis de coagulante similar.

Los hallazgos de este estudio indican que el sulfato de aluminio es un tratamiento eficaz para la eliminación de turbidez y materia orgánica en las aguas cloacales del Municipio de Ayaviri, logrando resultados óptimos con una dosis de 1,2 g. A pesar de la constatación de una mejora, los niveles de DBO y DQO continúan superando los límites legales. Esto exige un tratamiento más intensivo o la alteración de las dosis para eliminar



completamente los contaminantes. Estas conclusiones concuerdan con investigaciones previas que respaldan el utilización de sulfato de aluminio en la depuración de aguas cloacales industriales, al tiempo que indican la necesidad de investigar la utilización combinada de coagulantes o procesos complementarios para optimizar la calidad del agua tratada.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Primera: El tratamiento de las aguas cloacales del municipio de Ayaviri mediante sulfato de aluminio resultó eficaz en la eliminación de turbidez y sustancia orgánica (tanto DBO como DQO), aunque no logró alcanzar los valores óptimos establecidos por los valores máximos permisibles (VMA) para todos los parámetros. La dosis de 1,2 g de sulfato de aluminio (T1(4)) mostró los resultados más favorables en la disminución de turbidez (95,7 %) y sustancia orgánica, con una disminución del 81 % en DBO y del 80,6 % en DQO. No obstante, los niveles de DQO y DBO tras el tratamiento siguen superando los límites normativos de 1000 mg/L para DQO y 500 mg/L para DBO. Esto implica que es necesario modificar las dosis o instalar un tratamiento adicional para satisfacer completamente las normas de calidad del agua.

Segunda: Antes de la implementación del proceso de tratamiento, los resultados preliminares mostraron que las aguas cloacales del Camal Municipal de Ayaviri presentaban altos niveles de turbidez (1500 NTU), DBO (2690 mg/L) y DQO (5280 mg/L). Estos valores iniciales evidencian la imperiosa necesidad de un tratamiento para reducir tanto la turbidez como la materia orgánica, dado que dichos parámetros exceden notables los límites normativos para efluentes industriales.

Tercera: El sulfato de aluminio demuestra ser efectivo en la descenso de la turbidez. La dosis de 1,2 g (T1(4)) demostró ser la más efectiva, logrando una disminución de turbidez del 95,7%. Las dosis más bajas (0,3 g y 0,5 g) mostraron reducciones menores en la turbidez, con un 64,5% y un 79,1%, respectivamente. Esto indica que dosis mayores de sulfato de aluminio son más eficaces para disminuir la turbidez de las aguas cloacales.

Cuarta: El sulfato de aluminio ejerció un impacto importante en la eliminación de materia orgánica. La dosis de 1,2 g (T1(4)) demostró ser la más efectiva para la DBO, logrando una reducción del 81%, disminuyendo la DBO de 2690 mg/L a 540 mg/L. Para el DQO, la dosis de 1,2 g (T1(4)) evidenció la máxima eliminación (80,6%), reduciendo el DQO de 5280 mg/L a 1100 mg/L. Esto demuestra que el sulfato de aluminio resulta eficiente en la eliminación de materia orgánica, tanto disuelta como biodegradable.

Quinta: Turbidez: Se logró una reducción máxima del 95,7% con una dosis de 1,2 g (T1(4)), lo que evidencia que el sulfato de aluminio es sumamente eficaz en la eliminación de la turbidez. DQO: La reducción máxima de DQO fue del 80,6% con una dosis de 1,2 g (T1(4)), disminuyendo la concentración de 5280 mg/L a 1100 mg/L. DBO: La reducción máxima de DBO alcanzó el 81,0% con la misma dosis de 1,2 g (T1(4)), disminuyendo la concentración de 2690 mg/L a 540 mg/L.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Realizar investigaciones adicionales para determinar la dosis ideal para la remoción completa de la turbidez y los compuestos orgánicos. Se recomienda considerar dosis intermedias y realizar un análisis de costo-beneficio para lograr resultados más efectivos y económicos.

SEGUNDA: Se recomienda realizar investigaciones para comprender la variabilidad en la conformación de las aguas cloacales del matadero a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta factores como la carga orgánica, los tipos de desechos y las fluctuaciones en las características del agua provocadas por cambios estacionales o variaciones en los procesos del matadero. Esto permitirá una adaptación más eficiente del tratamiento.

TERCERA: Se sugiere llevar a cabo investigaciones para entender la variabilidad en la composición de los efluentes del matadero a lo largo del tiempo, considerando factores como la carga orgánica, los tipos de desechos y las fluctuaciones en las características del agua ocasionadas por cambios estacionales o variaciones en los procesos del matadero. Esto facilitará un ajuste más eficaz del tratamiento.

CUARTA: En el futuro, se recomienda realizar pruebas piloto o estudios en condiciones operativas reales para analizar la eficacia del tratamiento con sulfato de aluminio en diversos canales. Este tipo de investigaciones permitirá corroborar los resultados obtenidos en condiciones controladas y modificar los protocolos de tratamiento según las condiciones particulares de cada planta.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agroformacion. (2014, abril 8). E. coli, investigación, industria cárnica. *EFEAgro*.
<https://efeagro.com/hayan-un-metodo-rapido-y-eficaz-para-detectar-e-coli-en-carnicos/>
- AgroGlobal, E. (2023). Carne bovina: Paso a paso del proceso de faena. *AgroGlobal*.
<https://agroglobalcampus.com/carne-bovina-paso-a-paso-del-proceso-de-faena/>
- Agua, I. del. (2024, enero 18). Agentes Floculantes para Aguas Residuales: Soluciones Eficaces para su Tratamiento y Purificación. *Instituto del Agua*.
<https://institutodelagua.es/aguas-residuales/agentes-floculantes-para-aguas-residualesaguas-residuales/>
- Ancasi, J. C. (2019). *Dosificación de coagulantes y floculantes para la remoción de sedimentos del agua en el embalse cuchoquesera ,Ayacucho*.
- APHA, A. G. (2017). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales AHPA - AWWA - WPCF* (17.^a ed.). Dias de Santos.
- Azabache, Y., Murrieta, E., García Mora, P., Ayala, M., Caceres, G., & Garcia, M. (2020). Tratamiento del agua residual de un matadero: Eficiencia del proceso de coagulación - floculación. *Agroindustrial Science*, 10(1 (enero-abril)), 23-27.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8085634>
- Brichi, L., Valani, G. P., Lyra, G. P., Gomes, T. M., & Rossi, F. (2025). Slaughterhouse effluents and soil quality: A review. *Green Technologies and Sustainability*, 3(4), 100207. <https://doi.org/10.1016/j.grets.2025.100207>
- Carmona, R. P. (2019). *Diseño y construcción de alcantarillados de aguas residuales, pluvial y drenajes en carreteras—2da edición*. Ecoe Ediciones.



- Ccallo, M. L. (2021). *Evaluación de riesgos sanitario – ambiental en el camal municipal de la provincia de el Collao llave* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano].
https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/17094/Limache_Ccallo_Marisol.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ccarita, L. A. B., & Quispe, E. S. U. (2020). *Tratamiento de aguas residuales del camal la colina pedregal usando el método de reactor UASB* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Chemical. (2025). Prueba de Jarras para tratamiento de aguas y aguas residuales. *R-Chemical*. <https://www.r-chemical.com/laboratorio/prueba-de-jarras/>
- Choque, Y. J., & Quispe, M. L. Q. (2021). *Remoción de carga orgánica de aguas residuales domésticas por el método de coagulación con sulfato de aluminio en el lugar agua de Vichi – Santa Ana Huancavelica* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Huancavelica.
- Cirujeda, J. R. (2019). *Aguas residuales urbanas*. Editorial Elearning, S.L.
- Díaz, C. K. C. (2022). *Capacidad coagulante del cloruro férrico frente al coagulante sulfato férrico en las aguas residuales de una industria de alimentos, Santa María-Huaura* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional José Faustino.
- Fabian, X. X. M., & Salazar, S. N. M. (2025). Remoción de materia orgánica aplicando cascara de maca (*Lepidium meyenii*) y sulfato de aluminio en aguas residuales del camal municipal de Sapallanga, en el distrito de Sapallanga, 2024. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/18415>



- Flowen. (2025, junio 25). *Tratamiento de aguas residuales en camales y mataderos*.
<https://flowen.com.pe/blog/aguas-residuales-en-camales-mataderos/>
- Gamarra, M., Perales, M., & Cruz, P. (2019). *Evaluación de las características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales que ingresan a la PTAR de San Luis*.
- Gutiérrez, C. M., Dueñas Moreno, J., Menéndez Gutiérrez, C., & Dueñas Moreno, J. (2018). Los procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales desde una visión no convencional. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 39(3), 97-107.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1680-03382018000300097&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Gutiérrez, L. K. B., Acevedo, M. V. H., & Albuja, K. I. B. (2024). *Nivel de contaminación en los efluentes provenientes de camales de la región la Libertad*. 23-26.
https://docs.bvsalud.org/biblioref/2020/03/1052078/rcm-v7-n3-2014_pag23-26.pdf
- Hmane, A. A., Mandi, L., Ouazzani, N., Ouhammou, M., El Moussaoui, T., Ait Hammou, H., & Assabbane, A. (2024). Treatment of olive mill wastewater by coagulation–flocculation with aluminum sulphate / aluminum polyhydroxichlorosulfate and effect on phytotoxicity. *Desalination and Water Treatment*, 318, 100340.
<https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100340>
- Huacoto, C. H. Z. T. (2022). *Calidad de agua residual en la laguna de estabilización espinar – Puno 2021* [Tesis de pregrado]. Universidad Privada San Carlos.
- Huaman, W. S. (2023). *Efecto de las aguas residuales del camal municipal en la calidad del Rio Ichu, Huancavelica*. <https://hdl.handle.net/20.500.14597/5960>



- JMDesign. (2023). *Tratamiento de aguas residuales de matadero y producción de carne*.
- Sigmadaf. <https://sigmadafclarifiers.com/aguas-residuales-de-matadero/>
- Larrea, C. D. M., & Ordóñez, J. L. T. (2024). *Evaluación de la calidad del agua de los ríos Matadero, Llaviuco y Tomebamba mediante la aplicación de ICA-NSF*.
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/45712>
- Levano, D. C. L. (2018). *Camal Municipal de Chincha*.
<https://repositorio.uap.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12990/11846>
- Merino, E. A. C. (2019). *Aplicación de sulfato de aluminio y tuna (Opuntia ficus-indica) para la remoción de materia orgánica y turbidez de las aguas residuales del camal municipal Tumán 2018* [Tesis de pregrado]. Universidad Cesar Vallejo.
- OMA, O. de M. A. (2010). *Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales*.
https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siar-puno/archivos/public/docs/propuesta_de_protocolo_de_monitoreo_de_la_calidad_de_los_efluentes_de_la_palnta.pdf
- Ortiz, S. N. C. (2024). *Dosificación óptima de sulfato de aluminio para mejorar la calidad del agua para consumo humano Bagua, Amazonas*. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza.
<https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/4267>
- Pacca, J. E. (2018). *Efectos de los efluentes líquidos del camal municipal en el río llave y propuesta tecnológica ambiental para su tratamiento – 2018* [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Altiplano].



[https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/18171/Javier_Estr
ella_Pacca.pdf?sequence=1](https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/18171/Javier_Estr
ella_Pacca.pdf?sequence=1)

Pereira, A. K. dos S., Teixeira, K. C., Pereira, D. H., & Cavallini, G. S. (2024). A critical review on slaughterhouse wastewater: Treatment methods and reuse possibilities. *Journal of Water Process Engineering*, 58, 104819. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2024.104819>

Perez, A. M. T., & Romero, M. P. (2024). *Análisis de la eficiencia de remoción de turbidez y materia orgánica con el sulfato de aluminio y la opuntia ficus-indica de las aguas residuales del camal Santo Domingo de Guzmán del distrito de Sicaya, Huancayo-2023*. [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/16074>

Pérez, M. V., Margarita, B. V., Priscila, G. A. K., & Abelardo, G. A. (2020). *Coagulantes naturales como coadyuvantes en la clarificación de agua residual*.

Rivera, M. A. O., Carrillo Barahona, W. E., Negrete Costales, J. H., Llor Lavay, X. A., & Riera Guachichullca, E. J. (2021). La calidad de las aguas residuales domésticas. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, 6(3), 228-245. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7926905>

Ruiz, K. D. P., & Usquiano, C. R. V. (2024). *Reducción de la turbidez mediante el uso de taninos y sulfato de aluminio en las aguas residuales provenientes del camal municipal del porvenir, La Libertad, 2024* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/item/feb16375-d010-4be1-a702-cb40a1e2ac54>



Viridiana, Z. P. (2023). *Tratamiento de aguas residuales en México*.

<https://publications.iadb.org/es/tratamiento-de-aguas-residuales-en-mexico>

Yantas, G. G. (2018). *Determinación de la dosis óptima de sulfato de aluminio granulado tipo B en la planta de tratamiento de agua potable Yurajhuanca – EMAPA Pasco* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion.

Zabala, C. A. V. (2024). *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales del camal municipal del Cantón Morona*. [Tesis de pregrado]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Zamani, H., Golestani, H. A., Mousavi, S. M., Zhiani, R., & Hosseini, M. S. (2019). Slaughterhouse wastewater treatment using biological anaerobic and coagulation-flocculation hybrid process. *Desalination and Water Treatment*, 155, 64-71. <https://doi.org/10.5004/dwt.2019.23914>

Zanol, M. B., Lima, J. P. P., Assemany, P., & Aguiar, A. (2024). Assessment of characteristics and treatment processes of wastewater from slaughterhouses in the state of Minas Gerais, Brazil. *Journal of Environmental Management*, 358, 120862. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120862>



ANEXOS



MATRIZ DE CONSISTENCIA

IMPACTO DEL SULFATO DE ALUMINIO EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE AYAVIRI 2025

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
Problema general ¿Cuál es el impacto del sulfato de aluminio en la remoción de turbidez y materia orgánica de las aguas cloacales del camal municipal de Ayaviri, 2025? Problema específico - ¿Cuáles son las concentraciones iniciales de materia orgánica y turbidez en las aguas cloacales del camal municipal de Ayaviri antes de la aplicación del tratamiento con sulfato de aluminio? - ¿Cómo afecta la	Objetivo general Determinar el impacto del sulfato de aluminio en la remoción de turbidez y materia orgánica de las aguas residuales del camal municipal de Ayaviri, 2025. Objetivo específico - Determinar las concentraciones iniciales de la materia orgánica y la turbidez de las aguas residuales del camal municipal de Ayaviri antes de la aplicación del tratamiento con sulfato de aluminio. - Evaluar el efecto de diferentes dosis de sulfato de aluminio en la	Hipotesis general El sulfato de aluminio tiene un impacto significativo en la remoción de turbidez y materia orgánica de las aguas residuales del camal municipal de Ayaviri, 2025. Hipotesis específico - Las concentraciones iniciales de materia orgánica y turbidez son altas en el efluente del sistema municipal de tratamiento de aguas residuales de Ayaviri. - La aplicación de diversas dosis de sulfato de aluminio genera una reducción considerable de la turbidez in las aguas	Variable 1: Dosis de sulfato de aluminio Variable 2: Remoción de turbidez Remoción de materia orgánica	Técnicas: • Observación directa • Prueba de jarras • Análisis en laboratorio • Comparación de resultados • Análisis estadísticos Instrumentos: • Cadena custodia • Protocolos de toma de muestra • Equipos de campo • Equipos de laboratorio	Alcance: Correlacional Enfoque: Cuantitativo Diseño: cuasi experimental Población: aguas cloacales del canal Muestra: Aguas recolectadas en AR-I y AR-S (120 litros analizados)



aplicación de diferentes dosis de sulfato de aluminio a la remoción de turbidez en las aguas residuales del camal municipal de Ayaviri? - ¿Qué impacto tienen las distintas dosis de sulfato de aluminio en la eliminación de materia orgánica de las aguas residuales del camal municipal de Ayaviri? - ¿Cuál es el porcentaje de remoción de turbidez y materia orgánica en las aguas residuales del camal municipal de Ayaviri en función de las dosis de sulfato de aluminio aplicadas?	remoción de turbidez de las aguas residuales del camal municipal de Ayaviri. - Examinar el impacto de las distintas dosis de sulfato de aluminio en la eliminación de materia orgánica de las aguas residuales del camal municipal de Ayaviri. - Calcular el porcentaje de remoción de turbidez y materia orgánica en función de las dosis de sulfato de aluminio aplicadas.	residuales del sistema municipal de tratamiento de Ayaviri. - La aplicación de diversas dosis de sulfato de aluminio genera una notable reducción de materia orgánica in las aguas residuales del sistema municipal de tratamiento de Ayaviri. - La cantidad de sulfato de aluminio aplicada influye en el incremento del porcentaje de turbidez y materia orgánica en el efluente del sistema municipal de tratamiento de aguas residuales de Ayaviri.			
--	---	--	--	--	--



Anexo 1: Resultados



LAQUAMEQ E.I.R.L. LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AMBIENTAL

INFORME DE RESULTADOS N°: LQ – 11325A

DATOS DEL SERVICIO

SOLICITANTE : JUAN NOEL HUAQUISTO HUAQUISTO

PROYECTO : IMPACTO DEL SULFATO DE ALUMINIO EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ
Y MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL
MUNICIPAL DE AYAVIRI 2025

DATOS DEL ENSAYO

Producto : Agua residual
Numero de muestras : 02
Fecha de recepción : 02/09/2025
Fecha de análisis : 02/09/2025
Muestreado por : El cliente
Código, ubicación, fecha de muestreo:

Código	Distrito/Provincia/Departamento	Ubicación	Fecha y hora de muestreo
AR – I	Ayaviri/Melgar/Puno	E: 327 124.75 N: 8 354 844.43	01/09/2025 10:00 a.m.
AR – S	Ayaviri/Melgar/Puno	E: 327 103.78 N: 8 354 769.11	01/09/2025 10:30 a.m.

MÉTODO DE ENSAYO

N°	PARÁMETROS	UNIDAD	METODOLOGÍA
1	Temperatura en laboratorio	°C	SM - 2550 B Método de laboratorio de campo
2	Turbidez	NTU	SM - 2130 Método nefelométrico
3	Potencial de hidrogeno	Unid de pH	SM 4500 - H
4	Demanda química de oxígeno	mg/L	SM 5220 C Reflujo cerrado, método titulométrico
5	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	SM 5210 B Prueba de DBO de 5 días



Jr. Deústua N° 522 Barrio 28 de Julio. Puno – San Román – Juliaca
www.laquameq.com – Cel. 920869679 - 979265920



LAQUAMEQ E.I.R.L. LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AMBIENTAL

RESULTADOS

Nº	PARÁMETROS	UNIDAD	AR – I	AR – S
1	Temperatura	°C	16.5	17.0
2	Turbidez	NTU	1500.0	1300.0
3	Potencial de hidrogeno	Unid de pH	6.6	6.4
4	Demanda química de oxígeno	mg/L	5280.0	3350.0
5	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	2690.0	1885.0

OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió

Fecha de emisión
29 – 09 – 2025


LAQUAMEQ E.I.R.L.
LABORATORIO Y EQUIPOS
Ing. Karen Kelly Quispe Quispe
CIP. 194084
GERENTE

Jr. Deústua N° 522 Barrio 28 de Julio. Puno – San Román – Juliaca
www.laquameq.com – Cel. 920869679 - 979265920



LAQUAMEQ E.I.R.L. LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AMBIENTAL

INFORME DE RESULTADOS N°: LQ – 11325B

DATOS DEL SERVICIO

SOLICITANTE : JUAN NOEL HUAQUISTO HUAQUISTO

PROYECTO : IMPACTO DEL SULFATO DE ALUMINIO EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ
Y MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL
MUNICIPAL DE AYAVIRI 2025

DATOS DEL ENSAYO

Producto : Agua residual
Numero de muestras : 15
Fecha de recepción : 10/09/2025
Fecha de análisis : 10/09/2025
Muestreado por : El cliente
Código, ubicación, fecha de muestreo:

Código	Distrito/Provincia/Departamento	Ubicación	Fecha y hora de muestreo
T	Juliaca/San Román/Puno	E: 378874.205 N: 8285728.687	09/09/2025 11:00 a.m.

MÉTODO DE ENSAYO

N°	PARÁMETROS	UNIDAD	METODOLOGÍA
1	Temperatura en laboratorio	°C	SM - 2550 B Método de laboratorio de campo
2	Turbidez	NTU	SM - 2130 Método nefelométrico
3	Potencial de hidrogeno	Unid de pH	SM 4500 - H
4	Demanda química de oxígeno	mg/L	SM 5220 C Reflujo cerrado, método titulométrico
5	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	SM 5210 B Prueba de DBO de 5 días



Jr. Deístua N° 522 Barrio 28 de Julio. Puno – San Román – Juliaca
www.laquameq.com – Cel. 920869679 - 979265920

**LAQUAMEQ E.I.R.L.**
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AMBIENTAL**RESULTADOS**

Nº	PARÁMETROS	UNIDAD	T1 (1)	T1(2)	T1(3)	T1(4)
1	Temperatura	°C	14.4	14.2	14.5	14.4
2	Turbidez	NTU	507.0	307.0	128.0	65.0
3	Potencial de hidrogeno	Unid de pH	7.8	8.2	8.5	8.0
4	Demanda química de oxígeno	mg/L	3705.0	2450.0	1835.0	1100.0
5	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	2070.0	1520.0	970.0	540

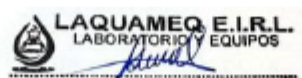
Nº	PARÁMETROS	UNIDAD	T2 (1)	T2(2)	T2(3)	T2(4)
1	Temperatura	°C	15.3	15.0	15.2	15.5
2	Turbidez	NTU	611.0	339.0	166.0	73.0
3	Potencial de hidrogeno	Unid de pH	7.8	8.0	7.9	8.2
4	Demanda química de oxígeno	mg/L	3250.0	2108.0	1790.0	976.0
5	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	1865.0	950.0	740.0	490

Nº	PARÁMETROS	UNIDAD	T3 (1)	T3(2)	T3(3)	T3(4)
1	Temperatura	°C	16.0	15.8	15.9	15.8
2	Turbidez	NTU	480.0	295.0	115.0	55.0
3	Potencial de hidrogeno	Unid de pH	8.4	8.5	8.7	8.6
4	Demanda química de oxígeno	mg/L	3060.0	2000.0	1507.0	990.0
5	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	1630.0	880.0	620.0	505

OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió

Fecha de emisión
29 – 09 – 2025


LAQUAMEQ E.I.R.L.
LABORATORIO Y EQUIPOS
Ing. Karen Kelly Quispe Quispe
CIP. 194084
GERENTE

Jr. Deístua N° 522 Barrio 28 de Julio. Puno – San Román – Juliaca
www.laquameq.com – Cel. 920869679 - 979265920

Anexo 2: panel fotográfico

Toma de muestra



Toma de muestra en el camal municipal de Ayaviri, considerado como muestra inicial antes del tratamiento

Ajuste de pH



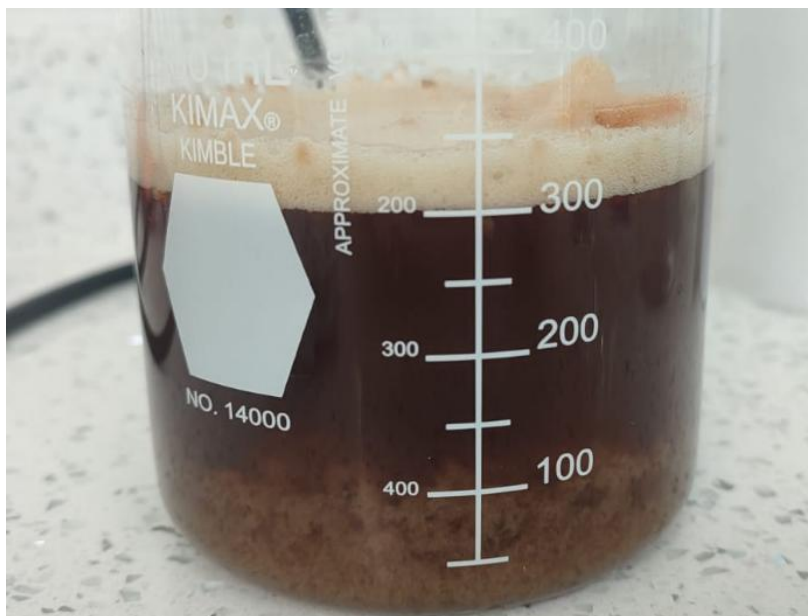
Uso de cal (CaO) para ajustar pH, seguidamente realizar el tratamiento

Tratamiento de muestras de agua residual de camal



Dosificación y aplicación al agua residual de camal para realizar el tratamiento en la prueba de jarras

Muestra tratada



Tratamiento final de la dosis adecuada

Determinación de materia orgánica



Determinación de la demanda química de oxígeno inicial antes de arealizar el tratamiento.

Valores máximos admisibles: Extraída de D.S. N.º 010-2019-VIVIENDA

PARÁMETRO	UNIDAD	SIMBOLOGÍA	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	DBO ₅	500
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	DQO	1000
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	S.S.T.	500
Aceites y Grasas	mg/l	A y G	100



Anexo 3: Certificado de calibración

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LC - 002

Registra N° LC - 002

Certificado de Calibración

CALIBRATION CERTIFICATE

Laboratorio
LaboratoryQUÍMICA
CHEMISTRYCódigo N° E1928-2800B-2024 - 17
Code N°

ISO / IEC 17025

Estos resultados están relacionados únicamente con el ítem descrito en este certificado. [These results are only related to the item described in this certificate.]

Es responsabilidad del cliente establecer la frecuencia de calibración de su instrumento, de acuerdo a sus propios usos y exigencias. [It is the customer's responsibility to establish the calibration frequency of their instrument, according to their own uses and requirements.]

LO JUSTO SAC, no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado del instrumento aquí o de este documento. [LO JUSTO S.A.C. is not responsible for any damage that may be caused by the incorrect or inappropriate use of the instrument described here or of this document.]

Este certificado se emite de manera electrónica. Si existe alguna duda, en la veracidad del presente certificado podrá consultarlo directamente a través de su dispositivo electrónico con el código.

a. Solicitante:
ApplicantLABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO
AMBIENTAL Y VENTA DE MATERIALES
EQUIPOS E INSUMOS QUÍMICOS
EMPRESA Ib. Dirección solicitante:
Applicant addressJr. Deustua Mza. E Lote 1A Urb. 28 de
Julio (3 Cdras Estadio Guillermo
Briceño N. 522); Juliaca - San Roman -
Puno.c. Instrumento de medida:
Measuring instrument

Multiparámetro - pH metro

d. Marca:
Manufacturer / Brand

HACH

e. Modelo:
Model:

HQ 2200

f. Número de serie:
Serial Number:

212882200021

g. Identificación:
Internal code

No indica

h. Lugar de calibración:
Calibration PlaceLaboratorio de Química de
LO JUSTO S.A.Ci. Fecha de calibración:
Calibration Date

2024-11-29

j. Supervisor de Laboratorio:
Laboratory SupervisorRosales Saavedra, José Luis
Supervisor de Laboratorio
Laboratory SupervisorJose Luis Rosales Saavedra
CONTROL OPERACIONES
Fecha: 2024/11/30 17:04k. Signatario autorizado:
Authorized signatory

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de LO JUSTO S.A.C.
Certificados sin firma digital carecen de validez.

FT00-INRE-Edición digital 00

Jr. Huánuco N° 204 - Semi Rural Pachacutec - Cerro Colorado - Arequipa - Perú
www.lojusto.com

Pagina 1 de 3



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LC - 002



Laboratorio QUÍMICA
Laboratory CHEMISTRY

Código N° E1928-2800B-2024 - 17
Code N°

1 Información del instrumento Instrument Information

Indicador:

Intervalo de medición: 0 pH a 14 pH

Resolución: Seleccionable: 0,001 pH, 0,01 pH y 0,1 pH.

Procedencia: U.S.

Sensor:

Marca / modelo: HACH / PHC101

Serie: 221822562703

Intervalo de Medición: 0 pH -14 pH

2 Trazabilidad :

Traceability :

Soluciones de pH patrón:

- 4,003±0,032; Sol. Hidrogenoftalato de potasio (Lote: R2-WCS896891).
- 6,967±0,013; Sol. Fosfato monobásico de potasio / Hidroxido de sodio (Lote: R2-WCS895075).
- 9,937±0,022; Sol. Bicarbonato de sodio / Carbonato de sodio (Lote: R2-WCS895749).

3 Instrumentos auxiliares :

Instruments auxiliary :

Termohigrómetro con Certificado de calibración EPI-2024-93-1.

Cronómetro con Certificado de calibración LTF-005-2024.

Termómetro con Certificado de calibración INTERNO-2021-91.

Baño Termostático con Certificado de calibración EPI-2024-26-2.

4 Procedimiento de calibración:

Calibration procedure:

Procedimiento QU-003 Procedimiento para la calibración de pHmetros digitales, Edición 1 "CEM España". - (Método de comparación directa con material de referencia certificado)

5 Condiciones Ambientales

Environmental conditions

-Temperatura Ambiente promedio : 20,3 °C

-Humedad Relativa promedio : 52 %HR

6 Resultados de Calibración

Results of Calibration

Temperatura MRC °C	Material de Referencia Certificado pH (25 °C)	Indicación del Equipo * pH	Corrección pH	INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN U(pH)
25 ± 0,1	4,003	3,99	0,013	0,033
25 ± 0,1	6,967	7,04	-0,073	0,018
25 ± 0,1	9,937	9,98	-0,043	0,026

* Promedios de mediciones no consecutivas.



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LC - 002



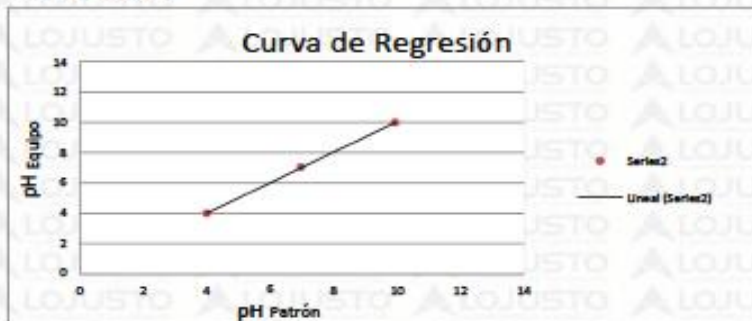
Laboratorio
Laboratory

QUÍMICA
CHEMISTRY

Código N°
Code N°

E1928-2800B-2024 - 17

Diagrama de Resultados:
Results Diagram



7Notas y aclaraciones:

Notes and clarifications:

- La incertidumbre combinada se ha calculado considerando las contribuciones de los patrones, del procedimiento de calibración y del propio instrumento calibrado. La incertidumbre expandida de medida figura en la página 2, valor que corresponde a la incertidumbre combinada multiplicada por un factor de cobertura $k=2$ para un nivel de confianza de aproximadamente el 95%.
- El tiempo de respuesta de la lectura del pH, después de mantener constante la temperatura oscila entre 1 a 2 min.
- Se ha empleado 3 soluciones de referencia, cubriendo el rango de pH requerido por el solicitante.
- Se ha colocado al indicador etiquetas de color blanco plateado con N° 98470 y N° 019493 en señal de haber sido calibrado.

8Observaciones y comentarios:

Observations and comments

Sin comentarios.

** FIN DEL DOCUMENTO **



Certificado de Calibración

CALIBRATION CERTIFICATE

Laboratorio
LaboratoryQUÍMICA
chemistry

Código N°

E1928-2800B-2024-16

ISO / IEC 17025

Estos resultados están relacionados únicamente con el ítem descrito en este certificado. [These results are only related to the item described in this certificate.]

Es responsabilidad del cliente establecer la frecuencia de calibración de su instrumento, de acuerdo a sus propios usos y exigencias. [It is the customer's responsibility to establish the calibration frequency of their instrument, according to their own uses and requirements.]

responsable por los ocasionar el uso incorrecto o inadecuado del instrumento aquí descrito o de este documento. [LO JUSTO S.A.C. is not responsible for any damage that may be caused by the incorrect or inappropriate use of the instrument described here or of this document.]

manera electrónica. Si existe alguna duda, en la veracidad del presente certificado, por favor escribir a: consultacertificados@lojusto.sac.com (es imprescindible adjuntar una imagen del

is issued electronically. If there is any doubt, in the veracity of this certificate, please write to: consultacertificados@lojusto.sac.com (It is essential to attach an image of the certificate).]

a. Solicitante:
ApplicantLABORATORIO DE ANÁLISIS
QUÍMICO AMBIENTAL Y VENTA DE
MATERIALES EQUIPOS E INSUMOS
QUÍMICOS EMPRESA Ib. Dirección solicitante:
Applicant addressJr. Deustua Mza. E Lote 1A Urb. 28 de
Julio (3 Cdras. Estadio Guillermo
Briceño N. 522); Juliaca - San Roman -
Puno.c. Instrumento de medida:
Measuring instrument

Turbidímetro

d. Marca:
Manufacturer / Brand

EZODO

e. Modelo:
Model:

TUB-430

f. Número de serie:
Serial Number:

5002520

g. Identificación:
Internal code

No indica

h. Lugar de calibración:
Calibration PlaceLaboratorio de Volumen de
LO JUSTO S.A.Ci. Fecha de calibración:
Calibration Date

2024-09-27

j. Supervisor de Laboratorio:
Laboratory SupervisorJosé Luis Rosales Saavedra
Supervisor de Laboratorio
Laboratory Supervisork. Signatario autorizado:
Authorized signatoryJosé Luis Rosales Saavedra
CONTROL
OPERACIONES

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de LO JUSTO S.A.C.
Certificados sin firma digital carecen de validez.

FT00-INRE-Edition digital 00

ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN**AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV**Formato digital ☒Fecha de entrega: 20/03/2026**1. Datos del autor (es):**Nombres y Apellidos: JUAN NOEL HUAQUISTO HUAQUISTODirección: JR. CUYOCUYODNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70312934Teléfono: 999 456 721 email: huaquistojuannoel44@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍA Y CIENCIAS PURASEscuela Profesional o Mención: INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTALTítulo o Grado Académico a optar: INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTALAsesor: Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación ☐ Tesis ☒ Trabajo de Suficiencia Profesional ☐ Trabajo Académico ☐Título: IMPACTO DEL SULFATO DE ALUMINIO EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE AYAVIRI 2025Palabras claves, (3 a 5 términos): Camal, coagulación, sulfato de aluminio, remoción, turbidez¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2}?2¹ 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.² 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 - P22

Firma de Autor



huella digital

20 DE MARZO DEL 2026

Fecha