



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



**EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES  
ORGÁNICOS EMPLEANDO UN FILTRO LENTO DE  
ARENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DE  
LA CIUDAD DE AYAVIRI, 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

**Bach. SHEYLA MIREL ALVARO CCALLATA**

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

JULIACA – PERÚ

2024



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL**

**EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES  
ORGÁNICOS EMPLEANDO UN FILTRO LENTO DE  
ARENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DE  
LA CIUDAD DE AYAVIRI, 2024**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. SHEYLA MIREL ALVARO CCALLATA**

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

**APROBADA POR EL JURADO REVISOR:**

**PRESIDENTE**

:

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

**PRIMER MIEMBRO**

:

Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

**SEGUNDO MIEMBRO**

:

Mgr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

**ASESOR DE TESIS**

:

M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : SANEAMIENTO AMBIENTAL – P22**



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1697-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 06 de diciembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024- 17832 presentado por el (la) Bachiller: **SHEYLA MIREL ALVARO CCALLATA** 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. **SHEYLA MIREL ALVARO CCALLATA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS EMPLEANDO UN FILTRO LENTO DE ARENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE AYAVIRI, 2024**, 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 mérito 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. MILTHON QUISPE HUANCA
- \* **1er Miembro** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- \* **2do Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

**ARTICULO SEGUNDO.** - **RECONOCER** como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

**ARTICULO TERCERO . - APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **SHEYLA MIREL ALVARO CCALLATA**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS EMPLEANDO UN FILTRO LENTO DE ARENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE AYAVIRI, 2024** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**. de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : viernes 13 de diciembre del 2024
- \* **HORA** : 9:00 a.m.
- \* **LUGAR** : Aula 306 - Pabellón de Hidraulica

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



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS  
MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIR. 47790

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
Dr. Efraín Parillo Rosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
interesado (s)



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1508-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 15 de noviembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 14939 por el señor (a): SHEYLA MIREL ALVARO CCALLATA quien solicita REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis), el PROVEIDO - N° 1230- 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS) formato N° 093 - 2024 del integrante del comité de investigación EPISA de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): SHEYLA MIREL ALVARO CCALLATA, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS EMPLEANDO UN FILTRO LENTO DE ARENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE AYAVIRI, 2024, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 093 - 2024 aprobando el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS EMPLEANDO UN FILTRO LENTO DE ARENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE AYAVIRI, 2024, Correspondiente a la línea de investigación SANEAMIENTO AMBIENTAL.

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS), para la REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN, presentado por el señor (a): SHEYLA MIREL ALVARO CCALLATA, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS EMPLEANDO UN FILTRO LENTO DE ARENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE AYAVIRI, 2024 correspondiente a la línea de investigación SANEAMIENTO AMBIENTAL, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como ASESOR DE INVESTIGACIÓN al (a) la), M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA.

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. MILTON QUISEP HUANCA DECANO CIP. 47790



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

Dr. Efraín Parillo Sosa DIRECTOR UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc. Archivo interesado (a)



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 718-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 01 de agosto del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU-6391, presentado el señor (a) **SHEYLA MIREL ALVARO CCALLATA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 443 -2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 084 -2024 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el señor (a): **SHEYLA MIREL ALVARO CCALLATA** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS EMPLEANDO UN FILTRO LENTO DE ARENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE AYAVIRI, 2024**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 084 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS EMPLEANDO UN FILTRO LENTO DE ARENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE AYAVIRI, 2024**.

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

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

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **SHEYLA MIREL ALVARO CCALLATA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, con el Tema Titulado: **EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS EMPLEANDO UN FILTRO LENTO DE ARENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE AYAVIRI, 2024** 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 **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

**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. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
Dr. Efraín Perillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo 2024  
Interesado (a)



## EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS EMPLEANDO UN FILTRO LENTO DE ARENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE AYAVIRI, 2024

### INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

9%

PUBLICACIONES

19%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

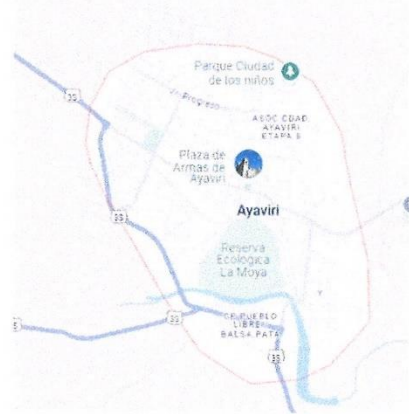
1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	17%
2	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="https://repositorio.lamolina.edu.pe">repositorio.lamolina.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="https://repositorio.unh.edu.pe">repositorio.unh.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://repositorio.uancv.edu.pe">repositorio.uancv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
6	<a href="https://apirepositorio.unh.edu.pe">apirepositorio.unh.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="https://repositorio.continental.edu.pe">repositorio.continental.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Macquarie University Trabajo del estudiante	<1%



### Metadatos complementarios

<b>Título de la Tesis</b>	
<b>EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS EMPLEANDO UN FILTRO LENTO DE ARENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE AYAVIRI, 2024</b>	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	SHEYLA MIREL ALVARO CCALLATA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	75342556
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0000-0143-0983">https://orcid.org/0009-0000-0143-0983</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	01323821
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0003-4595-7589">https://orcid.org/0000-0003-4595-7589</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876



<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	Saneamiento Ambiental - P22
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	<p><b>País:</b> Perú  <b>Departamento:</b> Puno  <b>Provincia:</b> Melgar  <b>Distrito:</b> Ayaviri  <b>Coordenadas:</b>  <b>Latitud:</b> -14.8846941  <b>Longitud:</b> -70.5894329  <b>URL Maps:</b>  <a href="https://maps.app.goo.gl/UwbADF9UyZDfKMuj9">https://maps.app.goo.gl/UwbADF9UyZDfKMuj9</a></p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Agosto 2024 – Diciembre 2024
URL de disciplinas OCDE <a href="https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html">https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html</a> Librería	<p><b>Ingeniería ambiental</b>  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00</a></p> <p><b>Ciencias del medio ambiente</b>  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08</a></p>


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

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo SHEYLA MIREL ALVARO CCALLATA, identificado con DNI  
Nro. 75342556, 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:

EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS EMPLEANDO UN FILTRO  
LENTO DE ARENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE AYAVIRI, 2024

Asesorado por: M.SC JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Es un tema original.

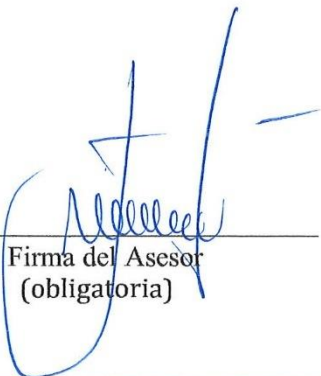
Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, 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 23 de DICIEMBRE del 2024

  
Firma del Asesor  
(obligatoria)

  
Firma del Estudiante  
(obligatoria)

  
Huella



## DEDICATORIA

Encomiendo este trabajo predominantemente a Dios, por permitirme llegar a este segundo significativo en mi preparación experta. A mi papá, que me sostiene en cada una de mis decisiones y me muestra su ayuda. A mi madre, que generalmente me da la ayuda que realmente quiero para seguir adelante a pesar de los obstáculos en cada fase de mi preparación académica. A mi hermana por su constante consideración.



## AGRADECIMIENTO

A DIOS, A mi papá que me ha ayudado en cada una de las desgracias de la vida. A mi mamá a quien amo y venero por su extraordinario esfuerzo conjunto en tanto tiempo de mi vida y que poco a poco me ha brindado su adoración, confianza y cariño. A mi hermana por su constante consideración y cariño. A mi colega Kattia por su constante euforia y compasión. A todo el personal de la PTAR Ayaviri que me ayudó a fabricar mis objetivos de revisión.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

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

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática.....	1
1.2. Planteamiento del problema .....	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problemas Específicos.....	2
1.3. Objetivos de la investigación .....	3
1.3.1. Objetivo general .....	3
1.3.2. Objetivos específicos .....	3
1.4. Justificación de la investigación.....	3
1.5. Hipótesis de la investigación .....	5



- 1.5.1. Hipótesis alterna ..... 5
- 1.5.2. Hipótesis nula..... 5
- 1.6. Variables..... 5
  - 1.6.1. Variable independiente ..... 5
  - 1.6.2. Variable dependiente ..... 5
- 1.7. Operacionalización de variables ..... 5

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEORICO**

- 2.1. Antecedentes de la investigación ..... 7
  - 2.1.1. Antecedentes Internacional..... 7
  - 2.1.2. Antecedentes nacionales ..... 9
  - 2.1.3. Antecedentes locales ..... 11
- 2.2. Marco teórico ..... 12
  - 2.2.1. Contaminación del agua ..... 12
  - 2.2.2. Aguas residuales..... 13
  - 2.2.3. Filtro lento de arena ..... 15
- 2.3. Marco conceptual ..... 18

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

- 3.1. Diseño de la investigación ..... 20
- 3.2. Tipo de la investigación ..... 20



3.3. Enfoque de la investigación .....	20
3.4. Población y muestra .....	20
3.4.1. Población .....	20
3.4.2. Muestra .....	21
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	21
3.5.1. Técnicas.....	21
3.5.2. Instrumentos .....	21
3.6. Materiales y equipos.....	21
3.7. Ubicación de la zona en estudio .....	22
3.8. Procedimiento metodológico .....	23
3.9. Análisis estadístico .....	27

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Resultados.....	28
4.1.1. Determinar la concentración inicial de contaminantes orgánicos de las aguas residuales de la ciudad de Ayaviri, 2024 .....	28
4.1.2. Determinar la influencia del espesor del sustrato, y tiempo de contacto en la remoción de contaminantes orgánicos de las aguas residuales de la ciudad de Ayaviri, 2024.....	29
4.1.3. Determinar el porcentaje de remoción de los contaminantes orgánicos empleando un filtro lento de arena de las aguas residuales de la ciudad de Ayaviri, 2024.....	43



4.2. Prueba estadística .....	46
4.2.1. Prueba de normalidad .....	46
4.2.2. Prueba estadística .....	47
4.3. Discusión .....	49
CONCLUSIONES .....	51
RECOMENDACIONES .....	52
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	53
ANEXOS .....	59
Anexo 1. Matriz de Consistencia .....	79
Anexo 2. Análisis de parámetros en laboratorio .....	80
Anexo 3. Panel fotográfico .....	84



## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1</b> Operacionalización de variables.....	6
<b>Tabla 2</b> Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR.....	13
<b>Tabla 3</b> Parámetros a analizar .....	24
<b>Tabla 4</b> Concentración inicial de contaminantes orgánicos.....	28
<b>Tabla 5</b> Remoción de contaminantes a un tiempo de contacto de 12 horas – T1 .....	29
<b>Tabla 6</b> Remoción de contaminantes a un tiempo de contacto de 24 horas – T1 .....	30
<b>Tabla 7</b> Remoción de contaminantes a un tiempo de contacto de 48 horas – T1 .....	30
<b>Tabla 8</b> Remoción de contaminantes a un tiempo de contacto de 12 horas – T2 .....	36
<b>Tabla 9</b> Remoción de contaminantes a un tiempo de contacto de 24 horas – T2 .....	37
<b>Tabla 10</b> Remoción de contaminantes a un tiempo de contacto de 48 horas – T2 .....	37
<b>Tabla 11</b> Porcentaje de remoción de contaminantes en el primer filtro lento de arena – T1 .....	43
<b>Tabla 12</b> Porcentaje de remoción de contaminantes en el segundo filtro lento de arena – T2 .....	45
<b>Tabla 13</b> Prueba de normalidad Shapiro – Wilk .....	47
<b>Tabla 14</b> Análisis de la Variancia (ANOVA) .....	48



**Tabla 15** Prueba estadística ANOVA (remoción de contaminantes vs. filtros lentos de arena) ..... 49



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1</b> Filtro lento de arena en un tanque .....	16
<b>Figura 2</b> Ubicación del área en estudio .....	22
<b>Figura 3</b> Imagen referencial para el diseño de un filtro lento de arena .....	25
<b>Figura 4</b> Tratamiento a considerar .....	26
<b>Figura 5</b> Temperatura del agua residual tratada – T1 .....	31
<b>Figura 6</b> pH del agua residual tratada – T1 .....	32
<b>Figura 7</b> Concentración de solidos totales en suspensión del agua residual tratada – T1 .....	33
<b>Figura 8</b> Concentración de la demanda química de oxígeno del agua residual tratada – T1 .....	33
<b>Figura 9</b> Concentración de la demanda bioquímica de oxígeno del agua residual tratada – T1 .....	34
<b>Figura 9</b> Concentración de aceites y grasas del agua residual tratada – T135	
<b>Figura 11</b> Concentración de coliformes termotolerantes del agua residual tratada – T1 .....	35
<b>Figura 12</b> Temperatura del agua residual tratada – T2 .....	38
<b>Figura 13</b> pH del agua residual tratada – T2 .....	39
<b>Figura 14</b> Concentración de solidos totales en suspensión del agua residual tratada – T2 .....	39
<b>Figura 15</b> Concentración de la demanda química de oxígeno del agua residual tratada – T2 .....	40



<b>Figura 16</b>	Concentración de la demanda bioquímica de oxígeno del agua residual tratada – T2 .....	41
<b>Figura 17</b>	Concentración de aceites y grasas del agua residual tratada – T242	
<b>Figura 18</b>	Concentración de coliformes termotolerantes del agua residual tratada – T2.....	42
<b>Figura 19</b>	Porcentaje de remoción del primer filtro lento de arena – T1.....	44
<b>Figura 20</b>	Porcentaje de remoción del segundo filtro lento de arena – T2 ....	46



## RESUMEN

La investigación se efectuó a razón de que la PTAR de Ayaviri se exhibe deficiente, vertiéndose sin un tratamiento adecuado hacia el cuerpo receptor, por ende, se plantea el objetivo de determinar la eficiencia de remoción de contaminantes orgánicos empleando un filtro lento de arena de las aguas residuales de la ciudad de Ayaviri, 2024. Con método de recopilación de datos mediante la compilación de muestras en el afluente de la actual PTAR de la localidad de Ayaviri para el análisis de los contaminantes orgánicos (sólidos totales en suspensión "SST", "DQO" y "DBO5"), y muestras mayores para desarrollar el experimento, el cual está conformado de 2 filtros, a variados espesores del sustrato filtrante; (i) 10cm de arena fina, 5cm de arena gruesa, 5cm de grava y 5cm de carbón activado; (ii) 20cm de arena fina, 10cm de arena gruesa, 10cm de grava, 5cm de carbón activado, vertiendo agua, para estimar la influencia del espesor del sustrato y tiempo (12horas, 24horas y 48horas) en la remoción de contaminantes orgánicos. Siendo resultante un contenido inicial de 813.85 mg/L de SST, 951.2 mg/L de DQO, 434.54 mg/L de DBO5; así mismo se encontró que a mayor espesor del sustrato y mayor tiempo de contacto (48horas), existe una mejor remoción de contaminantes orgánicos con porcentajes de 80.17% de SST, 62.31% de DQO, 56.61% de DBO5, 29.07%. Concluyendo que el filtro lento de arena logra remover los contaminantes orgánicos (SST, DQO y DBO5), de las aguas servidas de Ayaviri

**Palabras clave:** aguas residuales, contaminantes orgánicos, sustrato, tiempo de contacto, porcentaje de remoción



## ABSTRACT

The research was carried out because the Ayaviri WWTP is deficient, discharging without adequate treatment to the receiving body, therefore, the objective is to determine the removal efficiency of organic pollutants using a slow sand filter of wastewater from the city of Ayaviri, 2024. With data collection method through the compilation of samples in the influent of the current WWTP of the town of Ayaviri for the analysis of organic pollutants (total suspended solids "TSS", "COD" and "BOD5"), and larger samples to develop the experiment, which is composed of 2 filters, at various thicknesses of the filtering substrate; (i) 10cm of fine sand, 5cm of coarse sand, 5cm of gravel and 5cm of activated carbon; (ii) 20cm of fine sand, 10cm of coarse sand, 10cm of gravel, 5cm of activated carbon, pouring water, to estimate the influence of substrate thickness and time (12h, 24h and 48h) in the removal of organic pollutants. The result was an initial content of 813.85 mg/L of TSS, 951.2 mg/L of COD, 434.54 mg/L of BOD5; it was also found that the thicker the substrate and the longer the contact time (48 hours), the better the removal of organic contaminants with percentages of 80.17% of TSS, 62.31% of COD, 56.61% of BOD5, and 29.07% of COD and 29.07% of BOD5. In conclusion, the slow sand filter is able to remove organic pollutants (TSS, COD and BOD5) from Ayaviri's wastewater.

**Keywords:** wastewater, organic pollutants, substrate, contact time, percentage of removal



## INTRODUCCIÓN

Ciertas propiedades que se analizan para corroborar la calidad de las aguas, que en su mayoría presentan elevados valores de DQO, DBO5, nitrógeno y metales pesados (Castillo, 2021); se considera que las aguas servidas urbanas, que están compuestas por aguas negras y grises, han cambiado su carácter debido a la interferencia de las actividades antropogénicas diarias (Condori & Guillen, 2018); así mismo la SUNASS (2015), alude que solo el 31,27% de las aguas servidas tiende a ser tratada y el 68.27% no recibe ninguna depuración; lo que pone en evidencia la limitada depuración y transforma a los perjuicios de sanidad del Perú en el primordial problema de la nación (Saboya, 2018).

Esto conlleva al desarrollo de unos variados métodos para la depuración efectivo de los componentes, como la coagulación-floculación, recolección por solventes, intercambio iónico, técnica de membranas y ósmosis inversa (Bolaños, Cordero, & Segura, 2017); Debido a que estos métodos son costosos y presentan desafíos para la futura gestión de residuos, es un reto implementar muchos de ellos a gran escala (Carbonel, 2020).

Además, se emplean diferentes métodos y estrategias para tratar las aguas servidas según el nivel de contaminación (Espinosa, 2019); Uno de los principales métodos es la infiltración, que se refiere en hacer pasar el agua contaminada mediante múltiples capas de materiales filtrantes que reducen los contaminantes y producen un agua depurada con adecuadas caracteres fisicoquímicos y bacteriológicas que la original (Diaz & Quispe, 2021), reduce la



cantidad de agua bebible utilizada de la red comunal y las descargas a la red colectora, lo que tiene varias ventajas financieras (Mamani B. , 2018).

En ese contexto se efectúa el desarrollo de la presente investigación titulado, eficiencia de remoción de contaminantes orgánicos aplicando un filtro lento de arena de las aguas servidas de la ciudad de Ayaviri, 2024; el cual contempla cuatro capítulos que se mencionan:

El tema objeto de estudio, los objetivos, la justificación y las hipótesis se establecen en el Capítulo I. De forma similar al Capítulo II, en el que se exhibe el marco teórico, el marco conceptual y las referencias bibliográficas (antecedentes), en el Capítulo III se describe el diseño y tipo de estudio, la población y la muestra, las técnicas e instrumentos, el método y el diseño estadístico. El Capítulo IV describe lo resultante obtenidos, junto con la prueba estadística correspondiente y la discusión, y concluye con las conclusiones y sugerencias formuladas.



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Análisis de la situación problemática

Actualmente a nivel del mundo las aguas residuales generadas en las urbes, parcialmente tratadas y no tratadas son vertidas directamente hacia cuerpos receptores como las aguas lenticas, damnificando a la biota que habita en estos ecosistemas (Mélendez, 2020); así mismo según la UNESCO (2020), avisa que el 80% de aguas servidas generadas, se derivan al medio ambiente sin tratamiento, lo cual ha conllevado a la muerte de ochocientos mil personas en el año 2020 en todo el globo por causa de ingesta de agua contaminada.

Sólo el 69,65% de la población urbana de Perú cuenta con accesibilidad al servicio colector (EPS), y las aguas servidas sin depuración son vertidas las masas receptoras de agua o utilizadas para irrigas de cultivos. Esto contamina las masas de agua naturales, que también contaminan las aguas freáticas por infiltración en el subsuelo, convirtiéndolos en áreas infecciosas para la flora y fauna del área, así también para la salud de la población (OEFA, 2019). Además, según Tucto & Oscco (2023), las aguas servidas orgánicas domésticas son la



principal fuente de contaminantes ENDBO, DQO, partículas suspendidas totales y nitratos, ETC.

De igual forma en la región de Puno, principalmente la LOCALIDAD de Ayaviri, presenta la misma problemática; debido a que la actual estructura de depuración de aguas residuales se encuentra deteriorada; y a su vez ya supero su vida útil de diseño; todo ello repercutiendo en las características de las aguas servidas, conllevando a que sobrepasen los LMP para los efluentes de PTAR; así también estas aguas residuales sin un tratamiento adecuado se vierten directamente hacia el rio Ayaviri; generando una severa contaminación hacia el ecosistema acuático (Mamani & Chavez, 2018); ahondando esta situación el mal tratamiento de las aguas servidas de la actual laguna de oxidación está conllevando a que se generen vectores como; moscas y ratas lo cual propicia la propagación de enfermedades como: Alergias, hepatitis, enfermedades gastrointestinales y diarreicas principalmente en la población (Valdez, 2016).

## **1.2. Planteamiento del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuánto es la eficiencia de remoción de contaminantes orgánicos empleando un filtro lento de arena de las aguas residuales de la ciudad de Ayaviri, 2024?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- ✓ ¿Cuánto es la concentración de inicial de contaminantes orgánicos de las aguas residuales de la ciudad de Ayaviri, 2024?



- ✓ ¿Cuál será la influencia del espesor del sustrato, y tiempo de contacto en la remoción de contaminantes orgánicos de las aguas residuales de la ciudad de Ayaviri, 2024?
- ✓ ¿Cuánto es el porcentaje de remoción de los contaminantes orgánicos empleando un filtro lento de arena de las aguas residuales de la ciudad de Ayaviri, 2024?

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

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

Determinar la eficiencia de remoción de contaminantes orgánicos empleando un filtro lento de arena de las aguas residuales de la ciudad de Ayaviri, 2024

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- ✓ Determinar la concentración de inicial de contaminantes orgánicos de las aguas residuales de la ciudad de Ayaviri, 2024
- ✓ Determinar la influencia del espesor del sustrato, y tiempo de contacto en la remoción de contaminantes orgánicos de las aguas residuales de la ciudad de Ayaviri, 2024
- ✓ Determinar el porcentaje de remoción de los contaminantes orgánicos empleando un filtro lento de arena de las aguas residuales de la ciudad de Ayaviri, 2024

### **1.4. Justificación de la investigación**

El presente estudio se justifica porque la depuradora de aguas servidas de Ayaviri ya ha colmado el final de su utilidad de diseño y ya no es eficaz para eliminar los contaminantes como se pretendía porque se encuentra en muy mal



estado de conservación. Este es un problema que debe preocupar mucho porque, a medida que crece la población de la ciudad, se producen más aguas residuales domésticas, lo que imposibilita que el río absorba y neutralice esta carga contaminante, haciendo que el agua pierda sus contextos naturales y su potencial de mantener la vida acuática.

Ante ello, se Justifica su desarrollo, donde se experimentará la eficacia de reducción de contaminantes orgánicos (DBO, y DQO) empleando un filtro de arena.

### **Justificación Social**

Favorecerá a las personas de la ciudad de Ayaviri y autoridades competentes; para que tomen como referencia el presente estudio y la puedan aplicar en la minimización de los contaminante generadas por las aguas servidas.

### **Justificación Técnica**

Este estudio se efectuó para estimar la eficacia del filtro lento de arena en la eliminación de DBO5 y DQO, y los resultados se utilizarán como instrumento técnico para fundamentar la capacidad de remediación.

### **Justificación Económica**

Desde una perspectiva económica, esta tecnología es barata y sencilla de utilizar. Sus resultados informarán las decisiones y acciones relativas a la eliminación de contaminantes de las aguas servidas, evitando gastos innecesarios cuando se implanten estructuras de tratamiento más costosas.



### **Justificación ambiental**

Dado que lo resultante se empleará como cimiento para la toma de medidas requeridas para eliminar los contaminantes de aguas servidas y optimizar su calidad, el vertido continuo de contaminantes al río a través de las aguas residuales es ecológicamente aceptable.

### **1.5. Hipótesis de la investigación**

#### **1.5.1. Hipótesis alterna**

La eficiencia de remoción de contaminantes orgánicos empleando un filtro lento de arena de las aguas residuales de la ciudad de Ayaviri, superara el 50%

#### **1.5.2. Hipótesis nula**

La eficiencia de remoción de contaminantes orgánicos empleando un filtro lento de arena de las aguas residuales de la ciudad de Ayaviri, no superara el 50%

### **1.6. Variables**

#### **1.6.1. Variable independiente**

- ✓ Filtro lento de arena

#### **1.6.2. Variable dependiente**

- ✓ Remoción de contaminantes orgánicos

### **1.7. Operacionalización de variables**

**Tabla 1**

*Operacionalización de variables*

<u>VARIABLES</u>	<u>DIMENSIONES</u>	<u>INDICADOR</u>	<u>UND</u>	<u>METODOLOGIA</u>	
<b><u>Independiente</u></b>  Filtro lento de arena	Espesor de los sustratos del primer filtro	Arena fina-20 Arena gruesa-10	cm cm	<b><u>Diseño de investigación</u></b>  Experimental	
	lento de arena	Grava-10	cm		
	Espesor de los sustratos del segundo filtro	Arena fina-10 Arena gruesa-5	cm cm		
	lento de arena	Grava-5	cm		
	Tamaño de partícula del filtro lento de arena	Arena fina-2 Arena gruesa-5	mm mm		
		Grava-25	mm		
<b><u>Dependiente</u></b>  Remoción de contaminantes orgánicos	Concentración inicial de contaminantes orgánicos	DBO5 DQO	mg/L mg/L	<b><u>Tipo de investigación</u></b> Explicativo	
	Tiempo de contacto	12 24 48	horas horas horas		
	Porcentaje de remoción de contaminantes orgánicos empleando el primer filtro lento de arena	DBO5 DQO	% %		
	Porcentaje de remoción de contaminantes orgánicos empleando el segundo filtro lento de arena	DBO5 DQO	% %		



## CAPÍTULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. *Antecedentes Internacional*

Mendoza & Roca (2021), evaluó la capacidad de un filtro de arena para eliminar la materia orgánica del matadero de Calceta. En su desarrollo se siguieron tres pasos 1) Describir el efluente del matadero de Calceta; 2) Examinar la eficacia y posibilidad técnico-económico del filtro para eliminar la carga orgánica del efluente del matadero. En los planteamientos cuantitativos se utilizaron monitoreos de caudal y examen cuantitativos de factores que muestran la calidad de las aguas servidas antes y después de la depuración. En la determinación se examinó un flujo medio de aguas servidas de 9,15 m<sup>3</sup> diarios, siendo los días 5 y 12 (viernes) los de mayor producción. A excepción del pH (7,06), la mayor parte de los parámetros no cumplen los LMP. En comparación con los valores originales, el proceso de depuración de aguas servidas mediante un filtro percolador reveló una mejora de la calidad y un ajuste a los requisitos de calidad hídrica incluidos en la legislación medioambiental. El filtro percolador



consiguió una elevada eficacia de eliminación de la carga orgánica (91,35% para la DQO y 78,30% para la DBO5). También, el tratamiento de 1 m<sup>3</sup> de aguas residuales supone pocos gastos financieros. Se coincide en la necesidad de defender el estudio, manifestando que el filtro es factible tanto técnica como monetariamente para tratar las aguas servidas del procedentes del matadero.

Zuluaga, Sánchez, & Aponte (2019), analizaron las series de filtración, compararon las eliminaciones conseguidas con las normas actuales de reusó de aguas servidas y evaluaron el impacto de cambiar tres cargas orgánicas (COS) y 2 alturas del lecho del filtro de arena. Lo resultante exhiben que la COS incide en la utilización de la filtración lenta como método de depuración terciario. En términos de propiedades fisicoquímicas y microbiológicas, los máximos índices de filtración y eficiencia de eliminación se alcanzan con una carga orgánica menor cuando el COS se sitúa entre 5,2 y 8,1 g DBO5 /m<sup>2</sup>.d. La altura del lecho tiene un mayor impacto sobre los huevos de helmintos. Dado que el nivel de E. coli y coliformes fecales detectado limita la reutilización de los influentes de los filtros para la elaboración piscícola, animal y agrícola, su uso estaría supeditado a la instalación de barreras de protección adicionales.

Muñoz & Perez (2019), examinó la eficacia de la exclusión de nutrientes, material orgánico y otros elementos insalubres de un biofiltro de arena en tres fases con tiempos de pausa variables: 24, 48 y 72 horas. Para ello, se utilizó sacarosa con una relación C/N de 2,5 en el filtro como origen externo de carbono y donante de elementos. Independientemente del tiempo de parada, la eficiencia de eliminación de N y material orgánico fue de casi el 80%. Dado que el agua DEPURADA superaba marginalmente los límites de contenido de agua



potabilizada de 4 mg NO<sub>2</sub>-/L y 1,6 mg F-/L, no cumplía los criterios de la OMS. Esto hace necesario un estudio más profundo para mejorar el sistema en uso.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

López (2023), realizó una evaluación sistemática de la eficacia de los filtros lentos intermitentes de arena (FLAI) y los filtros bioarenosos (FBA) en la minimización de patógenos del agua potabilizado en la CC San Antonio de Pedregal II, en la región de Lima. Se construyeron 40 filtros (FBA) y 3 filtros comunales (FLAI) que fueron distribuidos justamente en las A.H. Los Girasoles y Los Frutales como parte de la metodología, que también incluyó un minucioso análisis geodésico de la región y la compilación de muestras hídricas para la investigación de CF. Según los resultados preliminares, el agua de la comunidad no es adecuada para la ingesta humana, principalmente porque el 100% de las pruebas presentaban contaminación fecal. Cabe destacar que se encontró hasta un 98% menos de coliformes termotolerantes cuando se instalaron los sistemas de filtrado FBA y FLAI. Estos resultados ponen de manifiesto una opinión general favorable sobre las ventajas sanitarias de la comunidad y demuestran la gran eficacia de estas técnicas de filtrado para eliminar patógenos.

Aliaga & Canchari (2022), En la localidad de Huaylacucho-Huancavelica se evaluó la efectividad de la remoción de material orgánico por medio un filtro de arena intermitente en la depuración secundaria de agua con desechos domiciliarios.. Con un flujo afluente de 1.060 L/s y un flujo efluente de 0,565 L/s, se instalaron tres depósitos de agua con un filtro intermitente que añadía elementos granulados coloreados (16 cm de grava, 60 cm de arena gruesa y 20 cm de arena fina). En el metodo se recogieron diez muestras y se



cumplimentaron las investigaciones de cada zona de control (nota de data de campo, rotulado de las muestras de aguas servidas). Se tuvo presente el proceso de control de calidad hidrica servidas de la depuradora con desechos domésticos, R. M. n° 273-2013-VIVIENDA. Por último, se extrajeron los parámetros por medio del análisis de muestras. De esta manera se obtuvo una eficacia de reducción de 34,07% para DQO, 59,56% para DBO5 y 71,75% para SST. En cuanto a las características fisicoquímicas del efluente de la PTAR Huaylacucho, los rangos de DBO5 y DQO se exhiben fuera del valor de los LMP determinados por el D.S. N° 003-2010-MINAN. Se considera que el filtro de arena intermitente es una opción factible para la depuración de las aguas servidas.

Soto & Aranda (2019), evaluó la eficacia de *Argopecten purpuratus* en la eliminación de características fisicoquímicas y microbiológicas de efluentes de piscifactorías utilizando filtros lentos de arena. Para ello se construyeron tres filtros: i) Filtro lento tradicional ii) Filtro de conchas trituradas; iii) Filtro de conchas fundidas. El pH fue de 7,4 y en post 7,2, 7,5, y 13,2, la CE fue de 800 us/cm y en post 715, 741, y 7225 us/cm, la DBO5 fue de 23 mg/L y en post 16 53. 3, 6 mg/L, turbidez era 76 UNT y en post 54.5, 31, 3.4 UNT, OD era 1.6 ppm y en post 4.53, 2.87, y 4.04 ppm, y coliformes fecales estaban en pre 2400 NMP/100 mL y en post 2400, 3400, y 1700 NMP/100 mL. Concluyendo, cuando se compara con la D.S. 004-2017 MINAN cat. 3 de agua para irrigar sin restricciones, el filtro más efectivo es el calcinado con parámetros DB05 de 97%, en oxígeno disuelto con 2.8%, turbidez con 95.6%, y coliformes con 85%. Sin embargo, la conductividad y el pH solicitan una segunda depuración para cumplir la norma.



Meza (2018), sugiere utilizar un filtro de arena intermitente para depurar las aguas servidas domésticas con el fin de reducir su vertido al medio biótico y alcanzar un grado de tratamiento que satisfaga la Norma de Calidad Medioambiental que pueda utilizarse para su reusó en la irrigación de carreteras y áreas verdes. Además, eliminar el nivel de contaminantes parasitológicos y microbiológicos para proteger a los empleados de enfermedades. El proceso de investigación comienza con la compilación y evaluación de data, a lo que sigue el proceso de datos y el cálculo de dimensiones durante la fase de diseño. Sobre esta base, la tesis se clasificó como método mixto (cualitativa cuantitativa). De acuerdo con el estudio, el Filtro Discontinuo de Arena elimina contaminantes siendo la DBO5, SS, nitrógeno, fósforo y CF, produciendo un efluente que puede ser utilizado nuevamente para irrigación. La principal métrica que se eliminará es la de coliformes totales, ya que esta medida es señal de posibles enfermedades. Por último, los caminos de accesibilidad y las áreas verdes se regarán con el 60% de las aguas servidas tratadas. Se determina que el suelo tiene suficiente permeabilidad para la infiltración del efluente previamente tratado y que el efluente tratado es apto para su uso, y que el sistema de depuración sugerido es suficiente para la descomposición de los edificadores encontrados en las aguas servidas caseras.

### **2.1.3. Antecedentes locales**

Contreras (2024), evaluó la eficacia de reducción de DBO5 utilizando un filtro lento de arena (Juliana, 2023). Los datos se obtuvieron recogiendo muestras en el área donde la casa genera una mejor combinación de aguas grises para evaluación de DBO5 y muestras más altas para la unidad



experimental, que consistió en 2 filtros con desiguales espesores del elemento filtrante: (1) 10 cm de arena fina, 5 cm de arena gruesa y 5 cm de grava; (2) 20 cm de arena fina, 10 cm de arena gruesa y 10 cm de grava. Se vertió agua gris en cada uno de ellos con el fin de encontrar el mejor TRH para la eliminación de DBO5 y calcular la comisión de eliminación. Mostrando un contenido inicial de 86,90 mg/L de DBO5 de las aguas grises, superior a la ECA-Cat.3, se llevó a cabo el procedimiento experimental, encontrándose un TRH de 240 minutos, durante el cual se produce la mejor eliminación de DBO5 para los filtros de arena. También, se exhibió un porcentaje de eliminación de DBO5 del 81,06% para el primer filtro de arena y del 82,42% para el segundo filtro de arena. En comparación con el primer filtro de arena, se determinó que el segundo filtro, que contenía el material filtrante más grueso (20 cm de arena fina, 10 cm de arena y 10 cm de grava), tenía una mayor eficacia de eliminación de DBO5.

## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1. Contaminación del agua**

Unos niveles excesivos de las peculiaridades físicas, químicos y biológicas que definen un suministro de agua pueden dañar el ecosistema y la salud humana. El ministerio garante vela por su observancia (MINAM, 2016).

La calidad del agua debe cumplir una variedad de exigencias, entre ellos estar por debajo de los niveles máximos permitidos especificados por las normativas nacionales de calidad hídrica y cumplir las normas físicas, químicas y microbiológicas (Cama & Huasco, 2019).

**Tabla 2***Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR*

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas</b>
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	10,000
DBO	mg/L	100
SST	mL/L	150
DQO	mg/L	200

*Nota.* Obtenido del D.S N° 003-2010-MINAM (2010)

### 2.2.2. Aguas residuales

Las aguas servidas se definen como aguas que han visto alteradas sus cualidades naturales por la actividad humana y que luego son vertidas a un cuerpo de masa natural. A razón de la alta concentración de contaminantes, las aguas residuales inicial deben ser tratadas para preservar su calidad (ANA, 2014).

El OEFA (2014), describe las aguas servidas cuya calidad ha sido alterada por las actividades humanas cotidianas. Este tipo de aguas servidas deben ser efectivamente depuradas precedentemente de que logren ser reutilizadas, vertidas al sistema de alcantarillado o liberadas en las masas de agua.

Según Gallegos (2019), describe las aguas servidas como el resultado de la mezcla de los siguientes elementos:

#### 2.2.2.1. Aguas residuales domesticas – ARD

Descargas provenientes de inodoros y servicios sanitarios, sistemas de aseo, zonas de cocina y cocineta, piletas de lavado para limpieza de compendios

y lavado de paredes y pisos, y lavandería (excluyendo las provenientes de servicios de lavandería industrial) son ejemplo de ellas. También proceden de viviendas y establecimientos donde se desarrollan en industrias, comercios u servicios.

#### 2.2.2.2. Aguas Residuales no Domésticas - ARnD:

Son las que proceden de operaciones productivos, industriales o de servicios que no entran en la categoría de aguas servidas domésticas (ARD).

#### 2.2.2.3. Características del agua residual

El grupo de factores que conscientemente ser forzosos para el monitoreo del sistema de depuración de aguas servidas se conoce como características de las aguas servidas. Según Castro (2019) a continuación se narran las primordiales métricas utilizadas para evaluar la eficacia de los procedimientos de las EDAR:

- **Temperatura:** Inspeccionar es decisivo porque afecta a los procesos vivo de depuración (nitrificación y desintegración de la materia orgánica). Estos técnicos se ralentizan cuando baja la temperatura.
- **pH:** determina cuántos iones de hidrógeno hay concurrencias en el agua. Un pH bajo denota una alcalinización del medio debido a una alta concentración de iones H<sup>+</sup>. Por otro lado, un pH bajo sugiere que el medio se ha vuelto más ácido (Sanchez & Carrasco, 2010). Las aguas servidas urbanas presentan un pH de 6,5 y 8,5 si no hay derivaciones industriales existentes, sin interceptar en los ordenamientos de depuración. En regiones donde se manejan descargas industriales, éstas deben ser monitoreadas a la entrada de la zona en tal caso que se solicite un ajuste de pH debido a que los procesos biológicos sufren fuera de este rango.



- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):** el contenido de oxígeno requerido para que el material orgánico se biodegrade (sea descompuesta por los microbios) es de 25 mg/l (ppm). En la actualidad, consiente conocer la carga hídrica en material putrescible y su potencial de autodepuración; esto permite determinar la carga máxima admisible (Castro, 2019)
- **Demanda química de Oxígeno (DQO):** Es la cantidad de oxígeno que los cuerpos reductores hídricos servidas emplean por sí solos, sin apoyo de los seres vivos. Como se logren oxidar químicamente más elementos químicos que microbiológicos, la DQO de las aguas servidas suele ser superior al DBO (es unas tres veces mayor en los efluentes urbanos).

### 2.2.3. Filtro lento de arena

Este depósito de agua crea un filtro de arena lento llenándolo con una capa de arena de 2 a 2,5 mts de profundidad y apoyado sobre grava de 0,25 a 0,40 mts de grosor. A través de un sistema de conductos de drenaje de junta abierta espaciados de 3 a 6 metros de centro a centro, el agua filtrada se entrega al área final, donde un dispositivo controla la fase de filtración (Mamani B. , 2018).

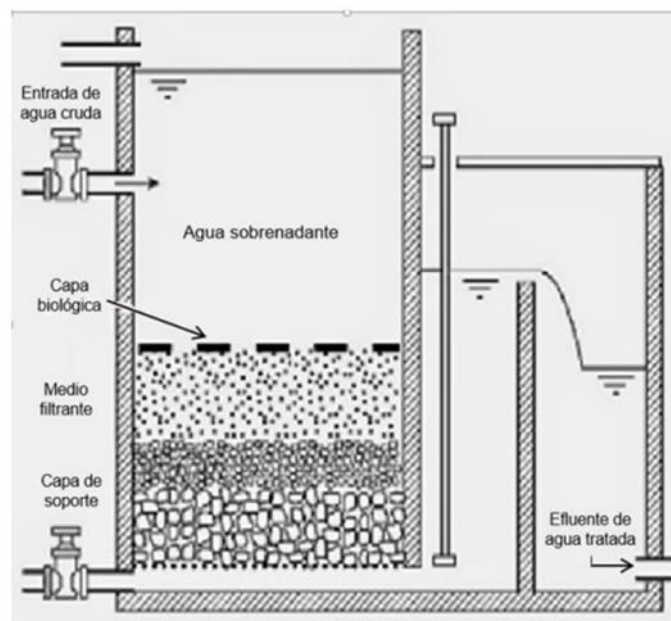
Los filtros de arena lentos (SSF) funcionan a bajas velocidades de filtración (0,1-0,5 m/h). Exigen bajos niveles de turbidez del afluente (por debajo de 20 UNT, idealmente por debajo de 10 UNT). Para los filtros de grava gruesa, esto puede incluir algún pretratamiento para reducir el SS con el fin de evitar que el medio filtrante se obstruya demasiado pronto. Los niveles de turbidez de 100 a 200 NTU en el agua bruta sólo logran conservar durante un breve tiempo. Con turbiedad de 50 NTU pueden transcurrir sólo unos días (Montgomery, 1985). Si el agua de origen tiene niveles de turbidez elevados (> 50 NTU), podrían

utilizarse prefiltros con grava gruesa y triturada. La prefiltración es un proceso físico que reduce la turbidez y elimina las partículas en suspensión relativamente grandes (Posadas, 2015).

De forma similar Armas (2015), el agua se purifica utilizando un filtro de arena cuando fluye a través de una sustrato de arena de 60-80 cm de grosor, que suele ser más fina que los filtros de arena rápidos. Esto ocurre sin ningún tratamiento previo. Un sistema de drenaje recoge el agua filtrada y el sustrato bloqueado se cambia para purificar el filtro. Su baja fase de infiltración, que varía entre 29 y 57 m<sup>3</sup> diarios y por ha. de area infiltrante, es lo que lo distingue.

## Figura 1

*Filtro lento de arena en un tanque*



*Nota: (Pupuche & Rivera, 2021)*

### 2.2.3.1. Lecho filtrante

Debe tener componentes granulares fuertes e inertes. Suelen utilizarse arcilla y arena sin componentes orgánicos. Al eliminar los granos más pequeños,



el prelavado de la arena acrecentará el grosor medio de los aserrines de arena y disminuirá el coeficiente de homogeneidad. No debe contener a un 2% de MnC y calcio para sortear cavitaciones en el sustrato filtrante cuando estos elementos son mezquinos por aguas con alto contenido en CO<sub>2</sub>.

El diámetro idóneo de la arena debe ser preferiblemente lo más pequeño viable para producir un efluente de elevada calidad y sortear que los materiales orgánicos se impregnen tan profundamente que no puedan eliminarse raspando la superficie. El diámetro óptimo oscila entre 0,15 y 0,35 mm. La gama óptima de diámetros para tratar agua con un alto contenido bacteriano es de 0,10 a 33 mm. Sin embargo, para aguas muy turbias, se recomienda un diámetro de 0,40 mm.

Se aconseja un coeficiente de uniformidad (CU) inferior a tres para garantizar una regularidad de poros adecuada. Entre 1,8 y 2,0 es el rango de diseño ideal, que suele ser 1,5. El espesor mínimo del lecho filtrante debe ser de 0,60 m (1 pie). Se aconseja que la altura de diseño esté entre 1,20 y 1,40 metros (4 y 5 pies).

### **2.2.3.2. Ventajas de los filtros lentos**

Ofrece una serie de ventajas, entre ellas

- Mejora simultánea de los aspectos fisicoquímicos y bioquímicos de la calidad hídrica, junto con beneficios específicos para las naciones en desarrollo como la nuestra. eficacia en la reducción de todas las bacterias.
- Pueden ser operados y mantenidos por trabajadores semicualificados, y no se necesitan componentes químicos.



- El principal mecanismo de filtración es la gravedad.
- La gestión de los lodos no es un problema debido a su contenido relativamente alto en materia seca y a sus cantidades moderadas.

### 2.3. Marco conceptual

- a) Aguas residuales domesticas-**. Son las aguas servidas que proceden de fregaderos, inodoros, bañeras y duchas. Constituyen entre el 60 y el 70 por ciento de todas las aguas servidas que se eliminan en las viviendas (Egochea, 2018).
- b) Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5)-**. Es el viento que necesitan las bacterias para cambiar la materia orgánica del fluido. Este tipo de prueba, que se realiza a 20°C durante cinco a tres días, se denomina DBO o DBO5 (Umasi, 2020).
- c) Demanda Química de Oxígeno (DQO)-**. Calcula cuánto oxígeno se necesita pa oxidar químicamente los materiales orgánicos y algunas sustancias inorgánicas en una muestra de agua (Mendoza & Roca, 2021).
- d) Filtro lento de arena-**. La técnica de filtración gradual por arena separa los residuos en suspensión del agua dejándola fluir a través de un material poroso, generalmente arena (Valera, 2017).
- e) Tiempo de contacto-**. Es la cantidad de tiempo que el agua tarda en circular por el recipiente antes de ser liberada o examinada (Gonzales & Quispe, 2020).
- f) Eficiencia de remoción-**. Eficacia de reducción es el grado de reducción de contaminantes durante un procedimiento de depuración destinado a remover



y/o disminuir contaminantes antes de que sean liberados en un cuerpo receptor (SUNASS, 2015).

- g) LMP-** La cantidad o concentración de componentes, materiales o propiedades físico químicas y biológicas que precisan un efluente o, cuando se exceden, dañan la salubridad humana, el medio biótico o ambos. Una LMP se mide en los lugares de emisión y descarga (D.S N° 003-2010-MINAM, 2010).



## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION

#### 3.1. Diseño de la investigación

Debido al manejo intencional de la variable independiente, el diseño del presente estudio es de carácter EXPERIMENTAL (Hernandez & Fernandez, 2018).

#### 3.2. Tipo de la investigación

El diseño de estudio del presente estudio es de carácter EXPLICATIVO ya que se enfoca en detectar las orígenes y muebles de los eventos; su objetivo primordial es revelar las relaciones causales entre las variables involucradas en un fenómeno dado para explicar por qué y cómo ocurre (Hernandez & Fernández, 2018).

#### 3.3. Enfoque de la investigación

Es **CUANTITATIVO**, como se analizarán eventos cuantificables y se utilizara la estadística.

#### 3.4. Población y muestra

##### 3.4.1. Población

La población estará exhibida por las aguas servidas producidas por Ayaviri.



### 3.4.2. Muestra

Ante ello la muestra estará dada a juicio del investigador; por ende, se ha escogido tomar en consideración 50 Litros de aguas servidas derivadas por la ciudad de Ayaviri.

### 3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.5.1. Técnicas

- ✓ Investigación bibliográfica
- ✓ Observacional

#### 3.5.2. Instrumentos

- ✓ Microsoft Word
- ✓ Microsoft Excel
- ✓ Laboratorio para el análisis
- ✓ Normativa vigente

### 3.6. Materiales y equipos

#### a) Materiales

- ✓ Caja de Tecnopor
- ✓ Cadena de custodia.
- ✓ Tuvo PVC de 4 pulgadas para el filtro
- ✓ Guantes de latex.
- ✓ Chaleco.
- ✓ Envases para muestreo
- ✓ Cooler
- ✓ Arena fina y gruesa
- ✓ Lapicero.
- ✓ Plumón indeleble.

✓ Bota impermeable.

✓ Valdés

✓ Grava

#### b) Equipos

✓ Cutter

✓ Equipos de laboratorio (análisis de parámetros)

✓ Termómetro

✓ Laptop

✓ Metro

✓ Cámara digital

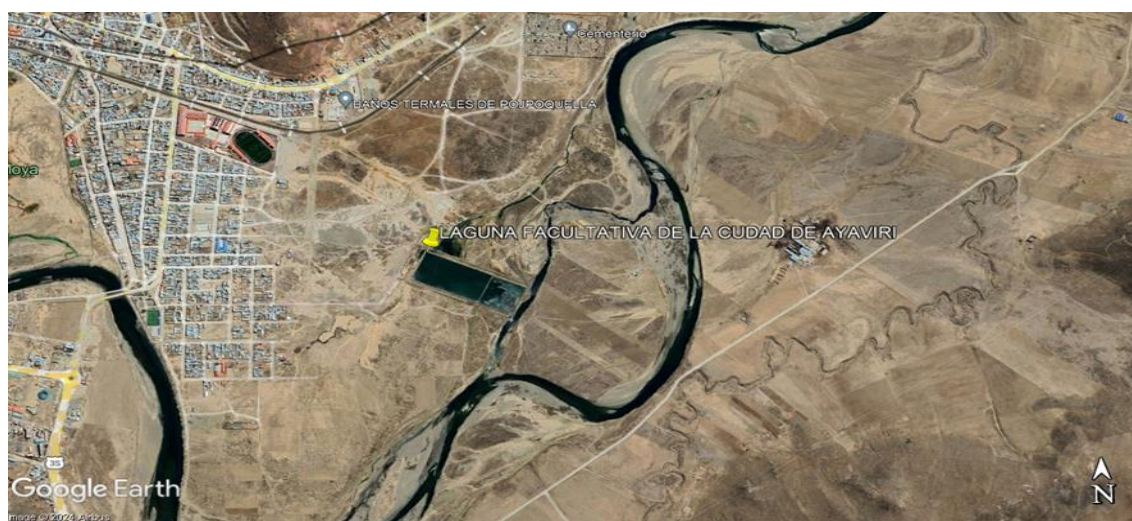
✓ Tijera

### 3.7. Ubicación de la zona en estudio

La zona a estudiar está ubicada en la laguna facultativa de la ciudad de Ayaviri – Melgar - Puno; ubicada en las coordenadas geográficas latitud:  $14^{\circ}53'33.46''$ , Longitud  $70^{\circ}34'34.08''$ O a una altitud de 3898 m.s.n.m.

#### Figura 2

*Ubicación del área en estudio*



*Nota. Obtenido de Google Earth*



### 3.8. Procedimiento metodológico

#### 3.8.1. *Determinar la concentración de inicial de contaminantes orgánicos de las aguas residuales de la ciudad de Ayaviri, 2024*

##### a) Muestreo, preservación, rotulado y transporte de agua residual

El muestreo de agua servida se efectuará en la Laguna de oxidación de la ciudad de Ayaviri.

Para evitar las interferencias derivadas del inestabilidad del sistema carbonatado provocado por la elevada actividad fotosintética que tiene lugar durante las horas de enorme irradiación solar, se tendrán en cuenta los siguientes procedimientos, recogidos en el «Protocolo de Seguimiento de la Calidad de los Efluentes de las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales Domésticas o Municipales», entre las 10:00 y las 11:00 horas para garantizar la calidad de compilación de muestras para el análisis de aguas servidas:

- ✓ El dispositivo con mayor representatividad de aguas servidas de la EDAR tendrá un punto de muestreo.
- ✓ Durante todo el proceso de muestreo se evitarán elementos grandes, limo y/o restos flotantes que se hayan acopiado en el punto de monitoreo. En caso de que la recogida de muestras no sea factible tras el procedimiento de cribado, deberá evitarse la recogida de sólidos de gran tamaño.
- ✓ Colocar inmediatamente el frasco bajo el agua servida, sin abandonar plaza de aire, además se conserva el tapón en la mano.

- ✓ Los envases de las muestras analíticas deberán estar hermético cerrados y justamente acompañados de la cadena, tanto para transportar como para la evaluación.

Durante el muestreo de aguas residuales, se recogerán muestras en cantidades de un litro para el análisis y unos diez litros para el desarrollo experimental. Dado que los reactivos de conservación son materiales peligrosos, se manipularán con precaución. Para conservar las muestras se utilizará el equipo de seguridad forzoso, como guantes descartables, mascarilla, calzado de seguridad.

#### b) Determinación de la concentración de contaminantes orgánicos

Los parámetros orgánicos a considerar serán la SST, DBO5 y DQO; las cuales serán analizados en el laboratorio de la EPISA.

**Tabla 3**

*Parámetros a analizar*

Parámetros	Unidad	LMP – AGUA RESIDUAL	METODO DE ANALISIS
pH	Und	6.5-8.5	Multiparámetro in situ
SST	mg/L	150	AWWA 2012 (ex situ)
(DBO5)	mg/L	100	AWWA 2012 (ex situ)
(DQO)	mg/L	200	AWWA 2012 (ex situ)

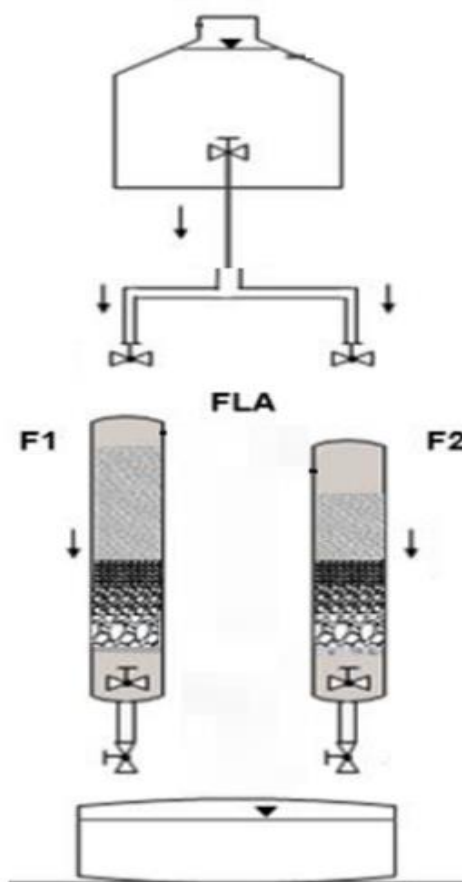
### 3.8.2. Determinar la influencia del espesor del sustrato, y tiempo de contacto en la remoción de contaminantes orgánicos de las aguas residuales de la ciudad de Ayaviri, 2024

Se usará 2 filtros lentos de arena tituladas T1 y T2; con 10 réplicas; prosiguiendo el siguiente proceso:

- a) **Diseño del filtro lento de arena-**. Se utilizará el planteamiento de (2021); que prevé la edificación de 2 filtros de arena con una elevación de 60 cm y un cuerpo de 10 cm fabricados con tubos de PVC sanitario de 4», tal y como se muestra:

**Figura 3**

*Imagen referencial para el diseño de un filtro lento de arena*

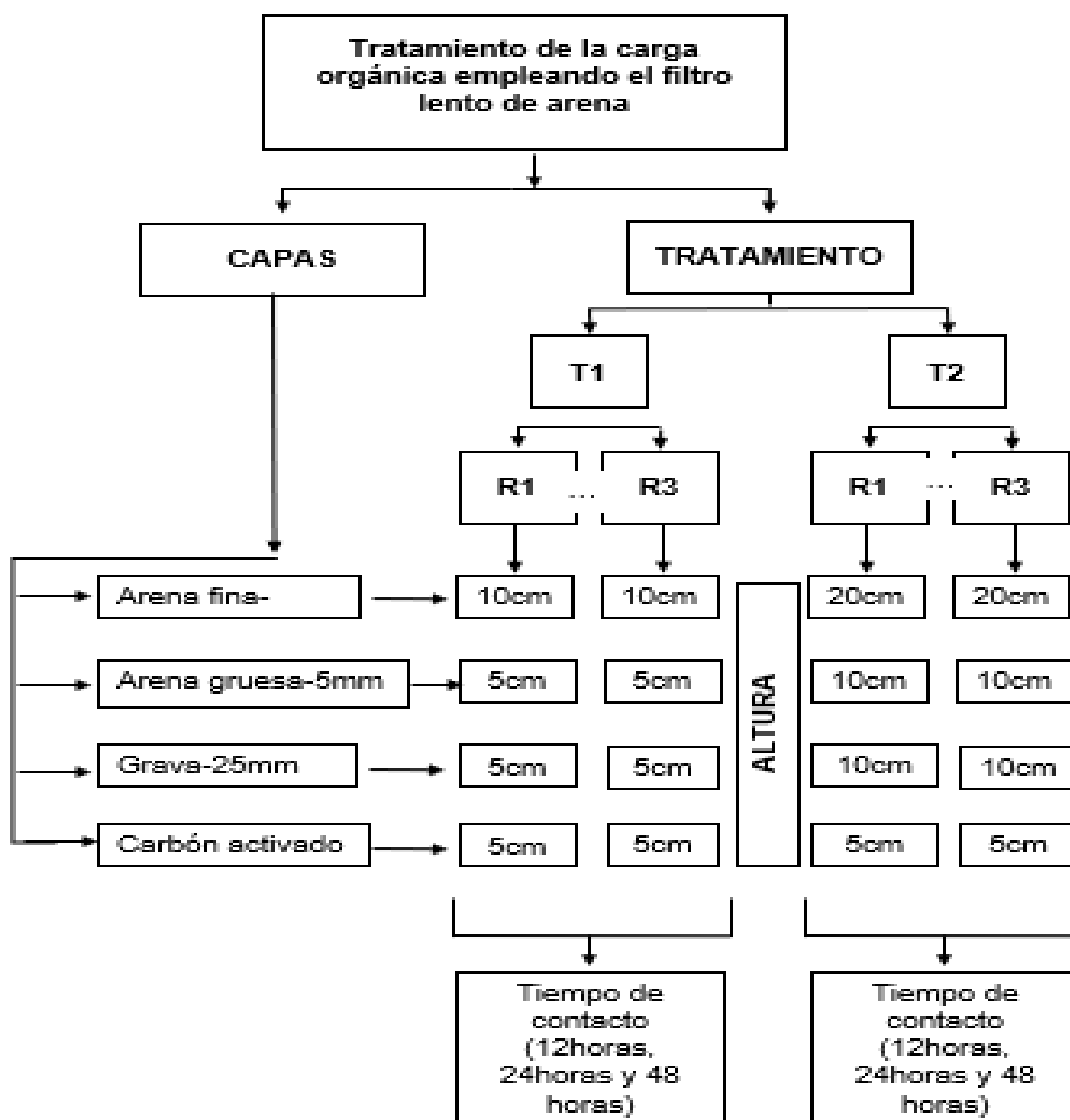


*Nota:* Obtenido de (Carcausto, 2017)

**b) Espesor del sustrato-** También el sustrato filtrante se realizará en: i) arena fina, ii) arena gruesa, iii) grava y iv) carbón activado, tal como se exhibe en la figura 4; razón la altura para el primer tratamiento de i) 20cm ii) 10cm iii) 10cm iv) 5cm; y para el segundo tratamiento de i) 10cm ii) 5cm iii) 5cm iv) 5cm; cada una de ellas con 3 repeticiones.

**Figura 4**

*Tratamiento a considerar*



Para finalmente conocer si el espesor del sustrato, y tiempo de contacto inciden en la reducción de contaminantes orgánicos (DBO5 y DQO) de las aguas servidas de la ciudad de Ayaviri

### **3.8.3. Determinar la influencia del espesor del sustrato, y tiempo de contacto en la remoción de contaminantes orgánicos de las aguas residuales de la ciudad de Ayaviri, 2024**

Finalmente se determinará el porcentaje de reducción de los contaminantes orgánicos (DBO5 y DQO) utilizando un filtro lento de arena de las aguas servidas de Ayaviri aplicando la siguiente formula.

$$\% \text{ remocion} = \frac{C_f - C_i}{C_f} * 100$$

**Donde:**

$C_i$  = Contenido inicial

$C_f$  = Contenido final

### **3.9. Análisis estadístico**

Para evaluar los datos se utilizará una prueba de normalidad de Shapiro-Wilks, que se emplea para muestras temporales de menos de 50 unidades y permite estimar si las variables presentan una distribución normal o anormal.

Para determinar si los parámetros investigados han disminuido, se realizará una prueba estadística ANOVA de un factor. El valor p, que sirve de prueba de decisión en este análisis, debe ser inferior a 0,05 para demostrar la presencia de una variación significativa entre los periodos anterior y posterior al tratamiento.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### 4.1. Resultados

##### 4.1.1. Determinar la concentración inicial de contaminantes orgánicos de las aguas residuales de la ciudad de Ayaviri, 2024

En la tabla 4, se aprecia el contenido inicial de contaminantes orgánicos de las aguas servidas de la ciudad de Ayaviri, indicando que exhibe una temperatura de 13.1°C; con un pH de 7.01, 813.85 mg/L de SST, 951.2 mg/L de DQO, 434.54 mg/L de DBO, 2.5 mg/L de aceites y grasas y 24000000NMP/100mL de CT.

**Tabla 4**

*Concentración inicial de contaminantes orgánicos*

N°	Parámetro	Unidad	M1
1	Temperatura	°C	13.1
2	pH	und.	7.01
3	SST	mg/L	813.85
4	DQO	mg/L	951.2
5	DBO	mg/L	434.54
6	Aceites y grasas	mg/L	2.5
7	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	24000000

Dichos resultados como es el caso de los SST, DQO, DBO5, aceites y grasas, coliformes termotolerantes superan el LMP de efluentes de PTAR;

mientras que el pH y temperatura, no la superan; por ende, se requiere de una depuración efectivo para disminuir la carga de contaminantes generada por las aguas servidas de la ciudad de Ayaviri, respetivamente.

#### 4.1.2. Determinar la influencia del espesor del sustrato, y tiempo de contacto en la remoción de contaminantes orgánicos de las aguas residuales de la ciudad de Ayaviri, 2024

##### a) Primer filtro lento de arena

En la tabla 5, se aprecia la remoción de contaminantes a un tiempo de contacto de 12 horas en el primer filtro lento de arena con proporciones de material filtrante de: i) arena fina (10cm), ii) arena gruesa (5cm) y iii) grava (5cm), indicando que exhibe una temperatura de 12.74°C, 7.26 de pH, 56.28 de SST, 406.86mg/L de "DQO", 260.78mg/L de "DBO", 2.03mg/L de aceites y grasas y 4300000 NMP/100mL de coliformes Termotolerantes.

**Tabla 5**

*Remoción de contaminantes a un tiempo de contacto de 12 horas – T1*

N°	Parámetro	Unid.	Muestra inicial	Repeticiones			Media
				R1	R2	R3	
1	Temperatura	°C	13.10	12.60	12.90	12.73	12.74
2	pH	und.	7.01	7.18	7.31	7.28	7.26
3	Solidos totales en suspensión	mg/L	813.85	46.92	67.57	54.36	56.28
4	Demanda química de oxígeno	mg/L	951.20	385.20	424.80	410.58	406.86
5	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	434.54	170.92	254.67	356.74	260.78
6	Aceites y grasas	mg/L	2.50	2.10	2.00	2.00	2.03
7	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2400000	460000	400000	430000	<b>430000</b> <b>0</b>

En la tabla 6, se exhibe la remoción de contaminantes a un tiempo de contacto de 24 horas en el primer filtro lento de arena con proporciones de

material filtrante de: i) arena fina (10cm), ii) arena gruesa (5cm) y iii) grava (5cm), indicando que exhibe una temperatura de 12.90°C, 7.31 de pH, 31.24 de SST, 387.50mg/L de "DQO", 234.31mg/L de "DBO", 2.00mg/L de aceites y grasas y 150000 NMP/100mL de coliformes Termotolerantes.

**Tabla 6**

*Remoción de contaminantes a un tiempo de contacto de 24 horas – T1*

N°	Parámetro	Unid.	Muestra inicial	Repeticiones			Media
				R1	R2	R3	
1	Temperatura	°C	12.90	12.70	12.68	12.76	12.90
2	pH	und.	7.31	7.71	7.54	7.52	7.31
3	Solidos totales en suspensión	mg/L	31.24	70.12	40.23	47.20	31.24
4	Demanda química de oxígeno	mg/L	387.50	512.50	313.24	404.41	387.50
5	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	234.31	309.90	225.34	256.52	234.31
6	Aceites y grasas	mg/L	2.00	2.10	1.80	1.97	2.00
7	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	150000	110000	130000	130000.00	150000

En la tabla 7, se exhibe la remoción de contaminantes a un tiempo de contacto de 48 horas en el primer filtro lento de arena con proporciones de material filtrante de: i) arena fina (10cm), ii) arena gruesa (5cm) y iii) grava (5cm), indicando que presenta una temperatura de 13.10°C, 7.45 de pH, 68.40 de SST, 354.30mg/L de "DQO", 193.80mg/L de "DBO", 1.80mg/L de aceites y grasas y 230000 NMP/100mL de coliformes Termotolerantes.

**Tabla 7**

*Remoción de contaminantes a un tiempo de contacto de 48 horas – T1*

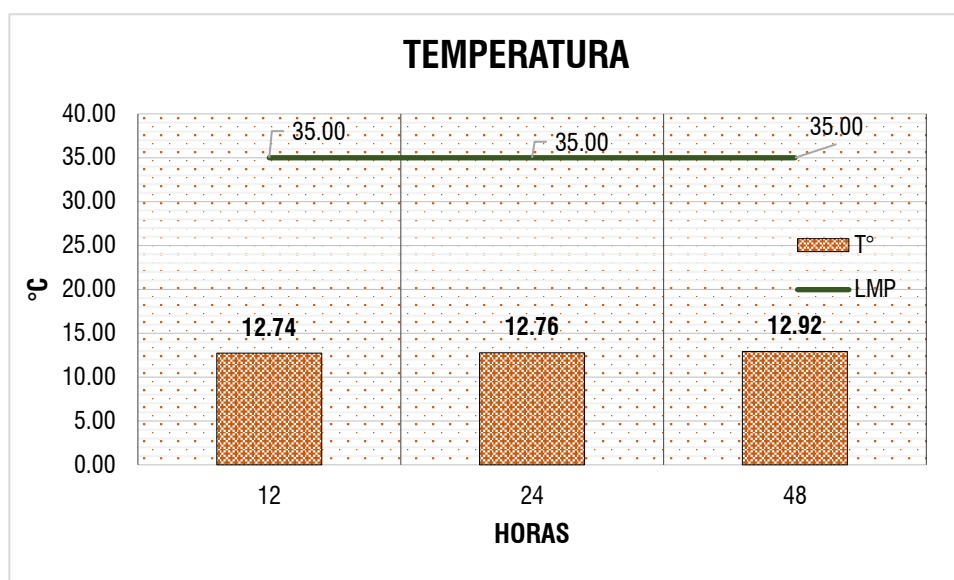
N°	Parámetro	Unid.	Muestra inicial	Repeticiones			Media
				R1	R2	R3	
1	Temperatura	°C	13.10	13.00	12.65	12.92	13.10
2	pH	und.	7.45	7.34	7.33	7.37	7.45

3	Sólidos totales en suspensión	mg/L	68.40	101.12	67.23	78.92	68.40
4	Demanda química de oxígeno	mg/L	354.30	405.70	323.54	361.18	354.30
5	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	193.80	210.00	185.21	196.34	193.80
6	Aceites y grasas	mg/L	1.80	2.00	1.70	1.83	1.80
7	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	230000	430000	250000	303333	230000

En la figura 5, se aprecia la temperatura del agua residual tratada mediante el primer filtro lento de arena, declarando que a un tiempo de contacto de 12 horas la temperatura es en promedio 12.74°C, así mismo a un tiempo de contacto de 24 horas la temperatura es de 12.76°C, y finalmente a un tiempo de contacto de 48 horas la temperatura es de 12.92°C; todos ellos no sobrepasan el LMP que es de 35°C.

### Figura 5

*Temperatura del agua residual tratada – T1*

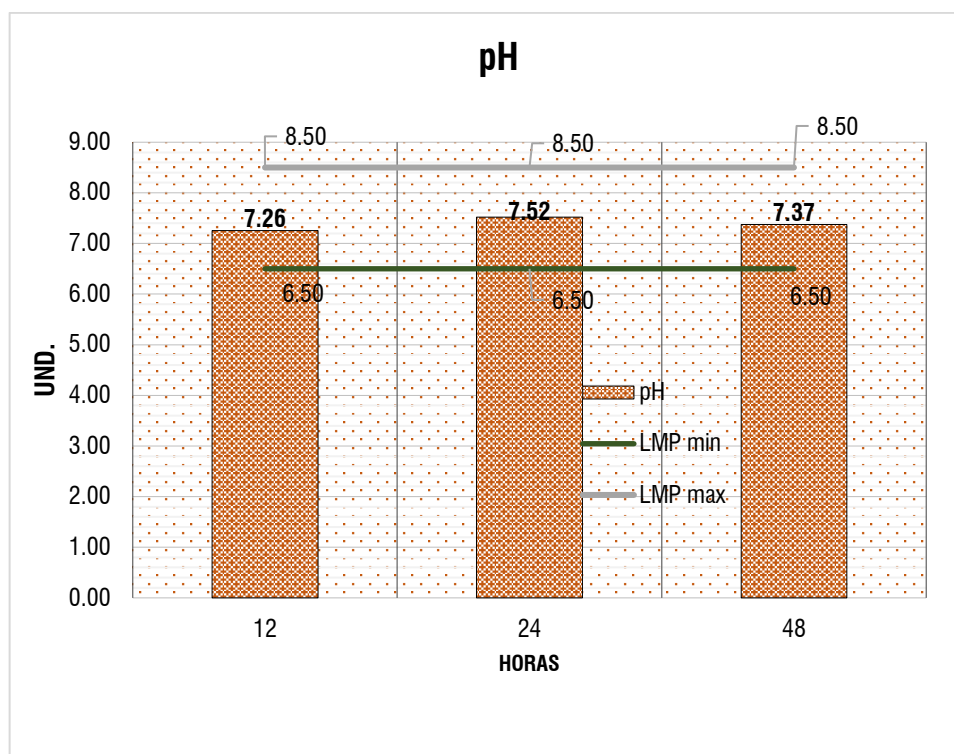


En la figura 6, se aprecia el pH del agua residual tratada mediante el primer filtro lento de arena, indicando que a un tiempo de contacto de 12 horas el

pH es en promedio 7.26, así mismo a un tiempo de contacto de 24horas el pH es de 7.52, y finalmente a un tiempo de contacto de 48horas el pH es de 7.37; todos ellos no sobrepasan el LMP que se encuentran en el rango de 6.50 a 8.50, respectivamente.

**Figura 6**

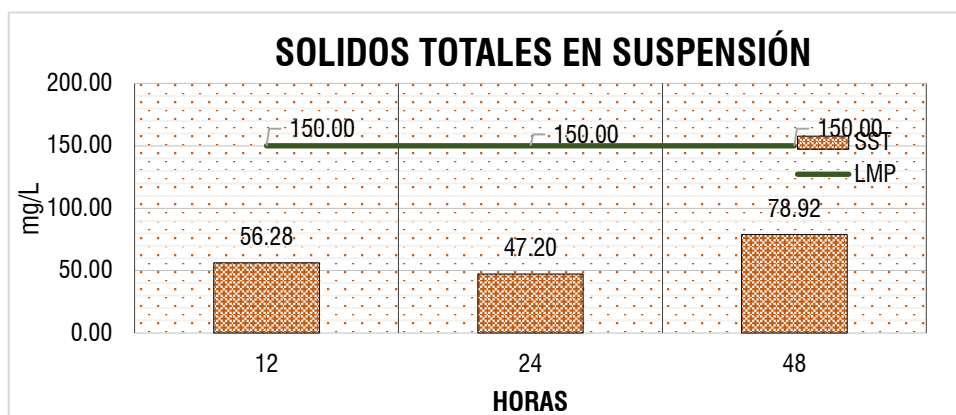
*pH del agua residual tratada – T1*



En la figura 7, se exhibe el contenido de SST del agua residual tratada mediante el primer filtro lento de arena, declarando que a un tiempo de contacto de 12horas el contenido de "SST" es en promedio 56.28mg/L, así mismo a un tiempo de contacto de 24horas la concentración de SST es de 47.20mg/L, y finalmente a un tiempo de contacto de 48horas la concentración de SST es de 78.92mg/L; todos ellos no sobrepasan el LMP que es de 150mg/L, respectivamente.

**Figura 7**

*Concentración de solidos totales en suspensión del agua residual tratada – T1*

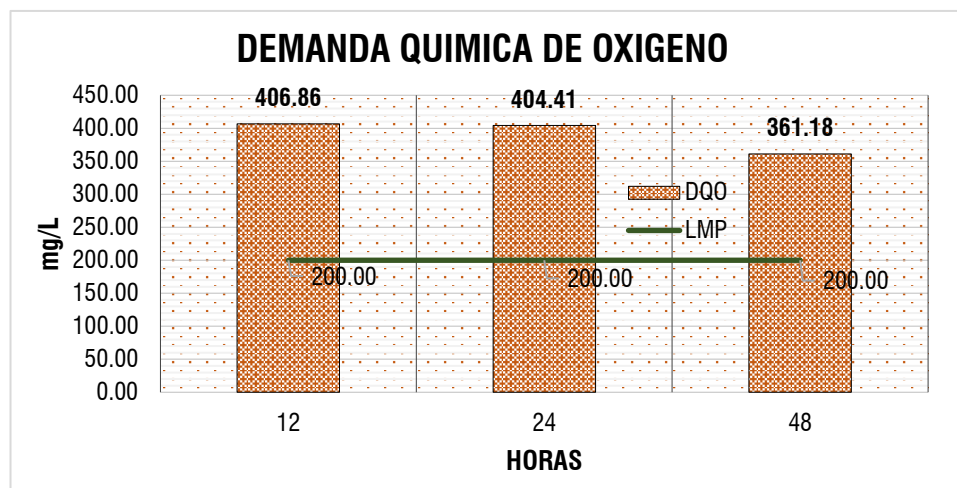


En la figura 8, se exhibe la concentración de la demanda química de oxígeno del agua residual tratada mediante el primer filtro lento de arena, declarando que a un tiempo de contacto de 12horas el contenido de la “DQO” es en promedio 406.86mg/L, así mismo a un tiempo de contacto de 24horas la concentración de DQO es de 404.41mg/L, y finalmente a un tiempo de contacto de 48horas la concentración de DQO es de 361.18mg/L; todos ellos sobrepasan el LMP que es de 200mg/L, respectivamente.

**Figura 8**

*Concentración de la demanda química de oxígeno del agua residual tratada –*

*T1*

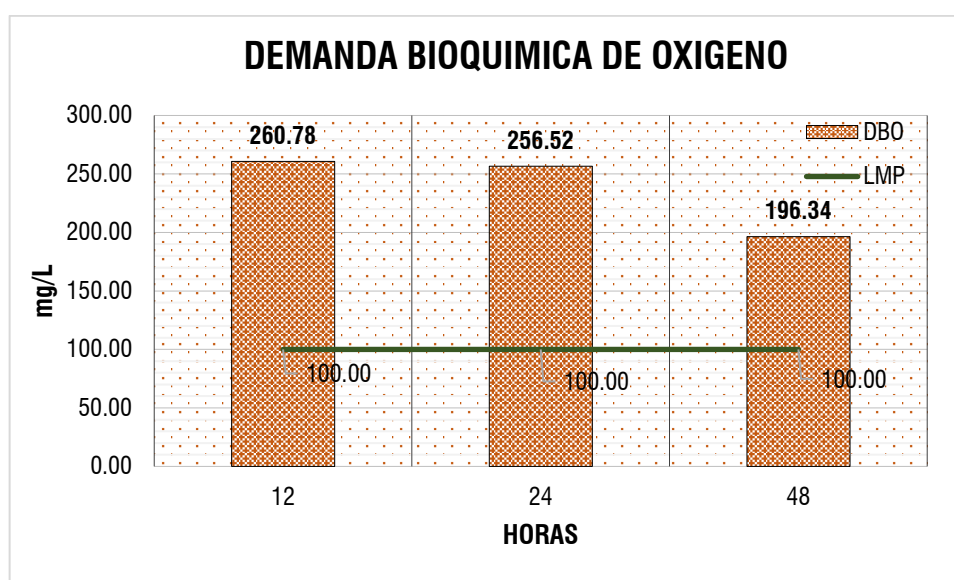


En la figura 9, se exhibe el contenido de DBO del agua residual tratada mediante el primer filtro lento de arena, mostrando que a un tiempo de contacto de 12 horas la concentración de "DBO" es en promedio 260.78mg/L, así mismo a un tiempo de contacto de 24 horas la concentración de DBO es de 256.52mg/L, y finalmente a un tiempo de contacto de 48 horas la concentración de DBO es de 196.34mg/L; todos ellos sobrepasan el LMP que es de 100mg/L, respectivamente.

### Figura 9

*Concentración de la demanda bioquímica de oxígeno del agua residual tratada*

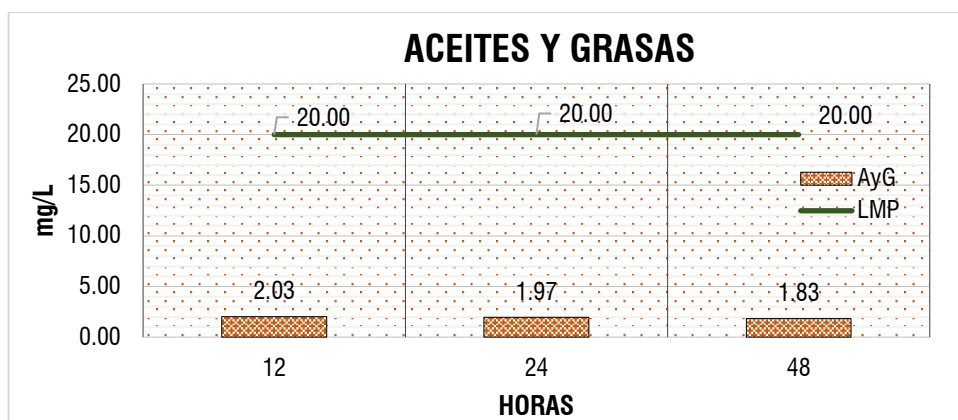
– T1



En la figura 10, se aprecia la concentración de aceites y grasas del agua residual tratada mediante el primer filtro lento de arena, manifestando que a un tiempo de contacto de 12 horas el contenido de aceites y grasas "AyG" es en promedio 2.03mg/L, así mismo a un tiempo de contacto de 24 horas la concentración de AyG es de 1.97mg/L, y finalmente a un tiempo de contacto de 48 horas la concentración de AyG es de 1.83mg/L; todos ellos no sobrepasan el LMP que es de 20mg/L, respectivamente.

**Figura 10**

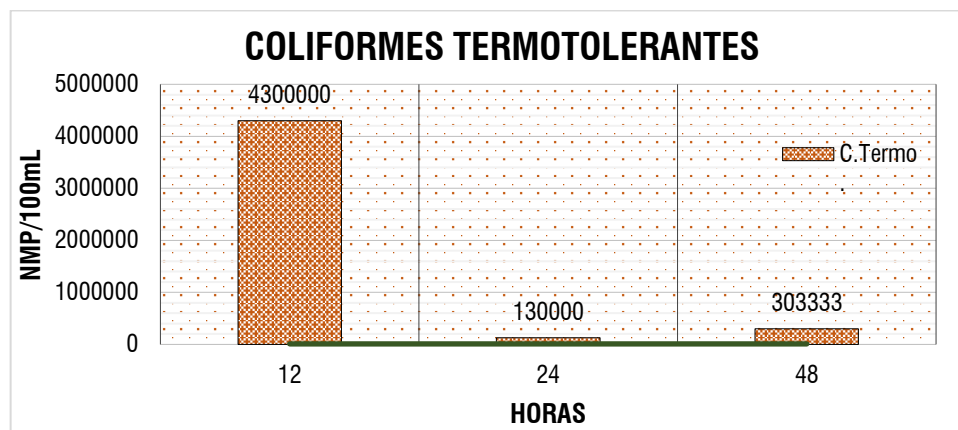
*Concentración de aceites y grasas del agua residual tratada – T1*



En la figura 11, se exhibe el contenido de coliformes termotolerantes del agua residual tratada mediante el primer filtro lento de arena, declarando que a un tiempo de contacto de 12 horas la concentración de coliformes termotolerantes es en promedio 4300000 NMP/100ml, así mismo a un tiempo de contacto de 24 horas el contenido de coliformes termotolerantes es de 130000 NMP/100ml, y finalmente a un tiempo de contacto de 48 horas el contenido de coliformes termotolerantes es de 303333 NMP/100ml; todos ellos sobrepasan el LMP que es de 10000mg/L, respectivamente.

**Figura 11**

*Concentración de coliformes termotolerantes del agua residual tratada – T1*



**b) Segundo filtro lento de arena**

En la tabla 8, se exhibe la remoción de contaminantes a un tiempo de contacto de 12 horas en el segundo filtro lento de arena con proporciones de material filtrante de: i) arena fina (20cm), ii) arena gruesa (10cm) y iii) grava (10cm), indicando que exhibe una temperatura de 12.77°C, 7.21 de pH, 53.78 de SST, 383.98mg/L de "DQO", 205.77mg/L de "DBO", 1.93mg/L de aceites y grasas y 4066666 NMP/100mL de coliformes Termotolerantes.

**Tabla 8***Remoción de contaminantes a un tiempo de contacto de 12 horas – T2*

N°	Parámetro	Unid.	Muestra inicial	Repeticiones			Media
				R1	R2	R3	
1	Temperatura	°C	13.2	13.20	13.00	12.10	12.77
2	pH	und.	7.23	7.23	7.26	7.15	7.21
3	Sólidos totales en suspensión	mg/L	44.42	44.42	63.50	53.42	53.78
4	Demanda química de oxígeno	mg/L	372.5	372.50	417.30	362.15	383.98
5	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	178.4	178.40	263.60	175.32	205.77
6	Aceites y grasas	mg/L	1.9	1.90	2.10	1.80	1.93
7	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	4300000	430000	400000	390000	4066666

En la tabla 9, se exhibe la remoción de contaminantes a un tiempo de contacto de 24 horas en el segundo filtro lento de arena con proporciones de material filtrante de: i) arena fina (20cm), ii) arena gruesa (10cm) y iii) grava (10cm), indicando que exhibe una temperatura de 13.20°C, 7.25 de pH, 26.80 de SST, 379.50mg/L de "DQO", 218.50mg/L de "DBO", 1.80mg/L de aceites y grasas y 230000 NMP/100mL de coliformes Termotolerantes.

**Tabla 9***Remoción de contaminantes a un tiempo de contacto de 24 horas – T2*

N°	Parámetro	Unid.	Muestra inicial	Repeticiones			Media
				R1	R2	R3	
1	Temperatura	°C	13.20	13.30	13.10	13.20	13.20
2	pH	und.	7.25	7.65	7.52	7.47	7.25
3	Sólidos totales en suspensión	mg/L	26.80	72.90	54.23	51.31	26.80
4	Demanda química de oxígeno	mg/L	379.50	522.20	248.85	383.52	379.50
5	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	218.50	238.50	152.50	203.17	218.50
6	Aceites y grasas	mg/L	1.80	1.90	1.70	1.80	1.80
7	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	230000	150000	190000	190000	230000

En la tabla 10, se exhibe la remoción de contaminantes a un tiempo de contacto de 48 horas en el segundo filtro lento de arena con proporciones de material filtrante de: i) arena fina (20cm), ii) arena gruesa (10cm) y iii) grava (10cm), indicando que presenta una temperatura de 13.54°C, 6.31 de pH, 80.02 de SST, 358.52mg/L de DQO "DQO", 188.57mg/L "DBO", 1.77mg/L de aceites y grasas y 126666 NMP/100mL de coliformes Termotolerantes.

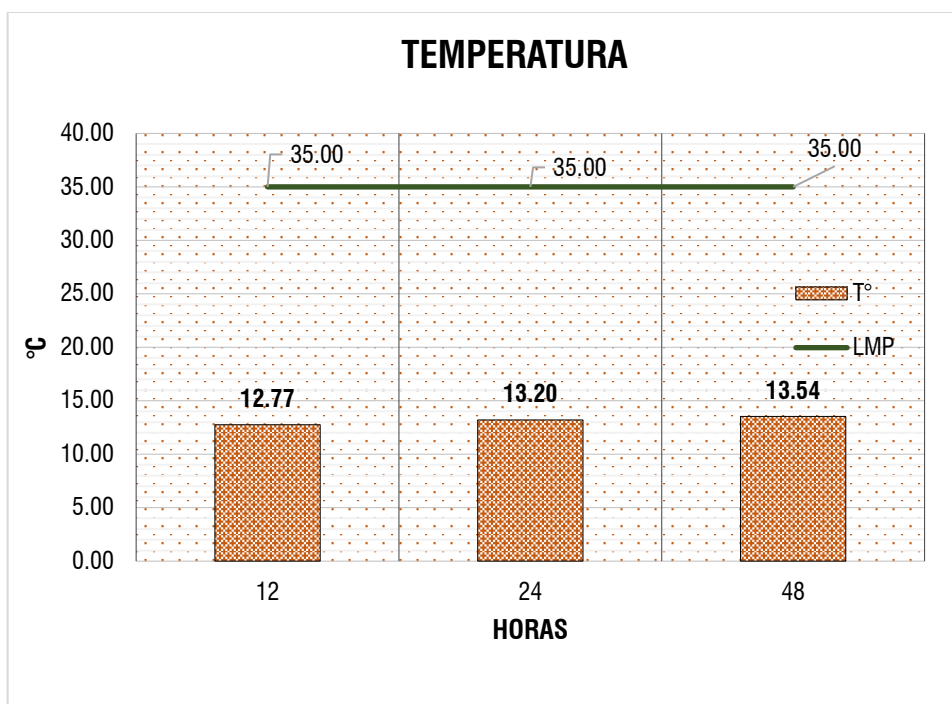
**Tabla 10***Remoción de contaminantes a un tiempo de contacto de 48 horas – T2*

N°	Parámetro	Unid.	Muestra inicial	Repeticiones			Media
				R1	R2	R3	
1	Temperatura	°C	13.10	13.5	13.7	13.42	13.54
2	pH	und.	7.45	7.37	7.24	4.32	6.31
3	Sólidos totales en suspensión	mg/L	68.40	63.2	98.5	78.35	80.02
4	Demanda química de oxígeno	mg/L	354.30	327.2	395.6	352.75	358.52
5	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	193.80	175.3	228.1	162.3	188.57
6	Aceites y grasas	mg/L	1.80	1.9	2.1	1.32	1.77
7	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	230000	150000	110000	120000	126666

En la figura 12, se exhibe la temperatura del agua residual tratada mediante el 2do filtro lento de arena, indicando que a un tiempo de contacto de 12 horas la temperatura es en promedio  $12.77^{\circ}\text{C}$ , así mismo a un tiempo de contacto de 24 horas la temperatura es de  $13.20^{\circ}\text{C}$ , y finalmente a un tiempo de contacto de 48 horas la temperatura es de  $13.54^{\circ}\text{C}$ ; todos ellos no sobrepasan el LMP que es de  $35^{\circ}\text{C}$ .

**Figura 12**

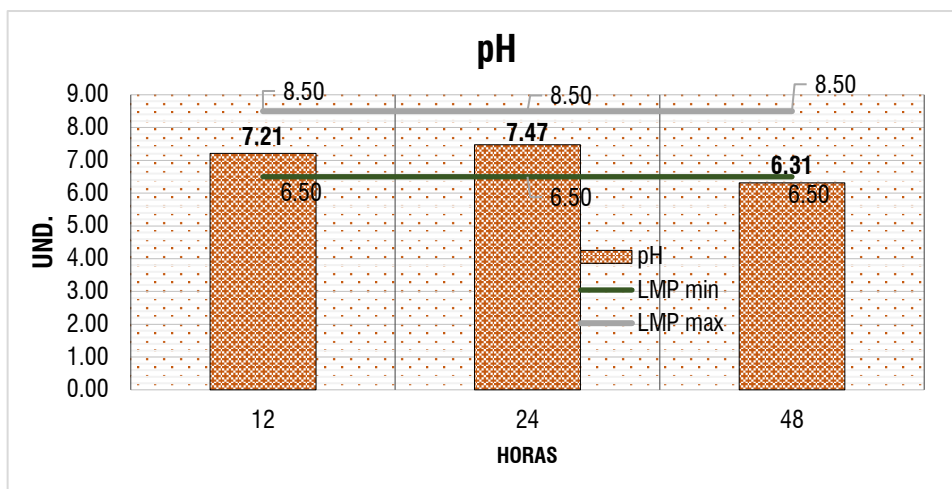
*Temperatura del agua residual tratada – T2*



En la figura 13, se aprecia el pH del agua residual tratada mediante el 2do filtro lento de arena, indicando que a un tiempo de contacto de 12 horas el pH es en promedio 7.21, así mismo a un tiempo de contacto de 24 horas el pH es de 7.47, y finalmente a un tiempo de contacto de 48 horas el pH es de 6.35; todos ellos no sobrepasan el LMP que se encuentran en el rango de 6.50 a 8.50, respectivamente.

**Figura 13**

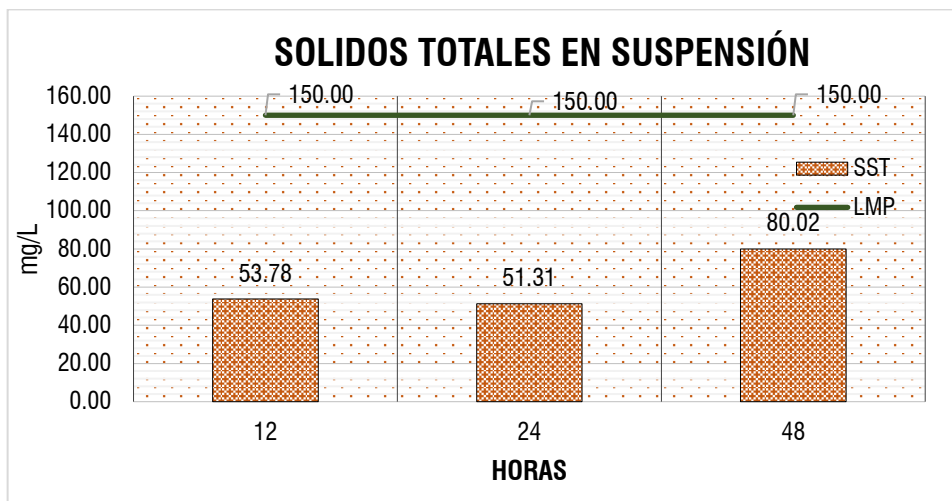
*pH del agua residual tratada – T2*



En la figura 14, se aprecia el contenido de SST del agua residual tratada mediante el segundo filtro lento de arena, indicando que a un tiempo de contacto de 12 horas el contenido de "SST" es en promedio 53.78mg/L, así mismo a un tiempo de contacto de 24 horas la concentración de SST es de 51.31mg/L, y finalmente a un tiempo de contacto de 48 horas la concentración de SST es de 80.02mg/L; todos ellos no sobrepasan el LMP que es de 150mg/L, respectivamente.

**Figura 14**

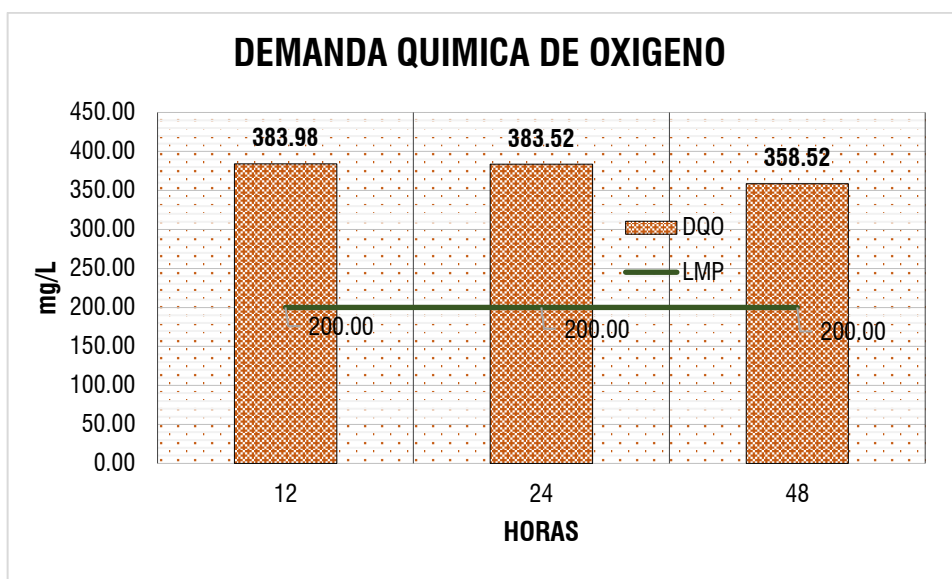
*Concentración de solidos totales en suspensión del agua residual tratada – T2*



En la figura 15, se aprecia la concentración de la DQO del agua residual tratada mediante el segundo filtro lento de arena, indicando que a un tiempo de contacto de 12 horas el contenido de la "DQO" es en promedio 383.98mg/L, así mismo a un tiempo de contacto de 24 horas la concentración de DQO es de 383.52mg/L, y finalmente a un tiempo de contacto de 48 horas la concentración de DQO es de 358.52mg/L; todos ellos sobrepasan el LMP que es de 200mg/L, respectivamente.

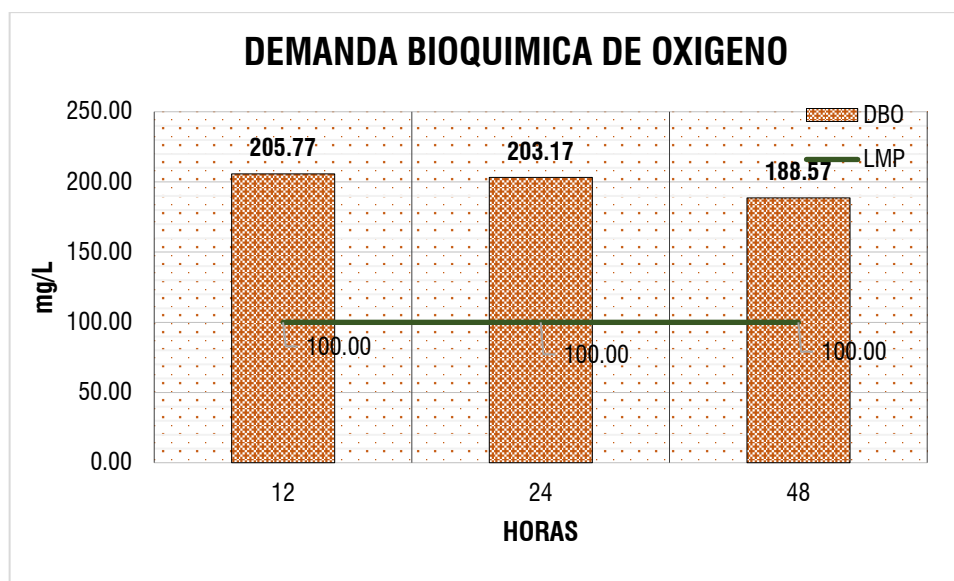
**Figura 15**

*Concentración de la demanda química de oxígeno del agua residual tratada – T2*



En la figura 16, se aprecia la concentración de la DBO del agua residual tratada mediante el segundo filtro lento de arena, indicando que a un tiempo de contacto de 12 horas la concentración de la "DBO" es en promedio 205.77mg/L, así mismo a un tiempo de contacto de 24 horas la concentración de DBO es de 203.17mg/L, y finalmente a un tiempo de contacto de 48 horas la concentración de DBO es de 188.17mg/L; todos ellos sobrepasan el LMP que es de 100mg/L, respectivamente.

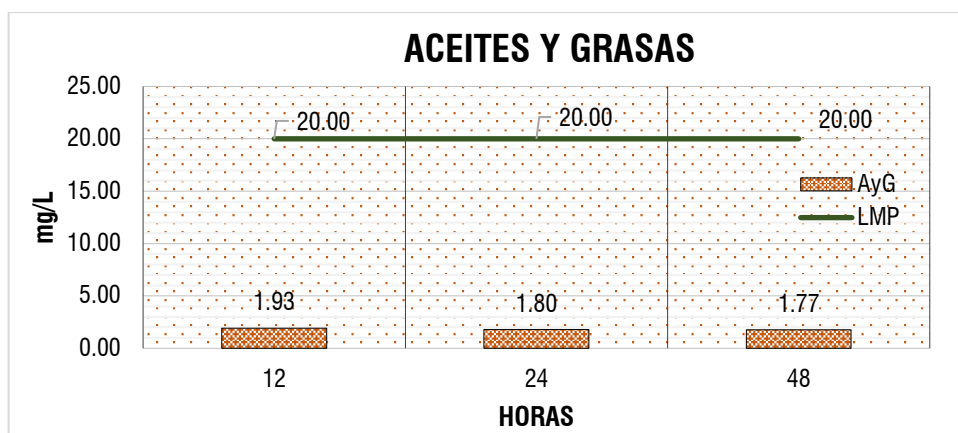
**Figura 16** Concentración de la demanda bioquímica de oxígeno del agua residual tratada – T2



En la figura 17, se aprecia el contenido de aceites y grasas del agua residual tratada mediante el 2do filtro lento de arena, indicando que a un tiempo de contacto de 12horas el contenido de aceites y grasas “AyG” es en promedio 1.93mg/L, así mismo a un tiempo de contacto de 24horas la concentración de AyG es de 1.80mg/L, y finalmente a un tiempo de contacto de 48horas la concentración de AyG es de 1.77mg/L; todos ellos no sobrepasan el LMP que es de 20mg/L, respectivamente.

**Figura 17**

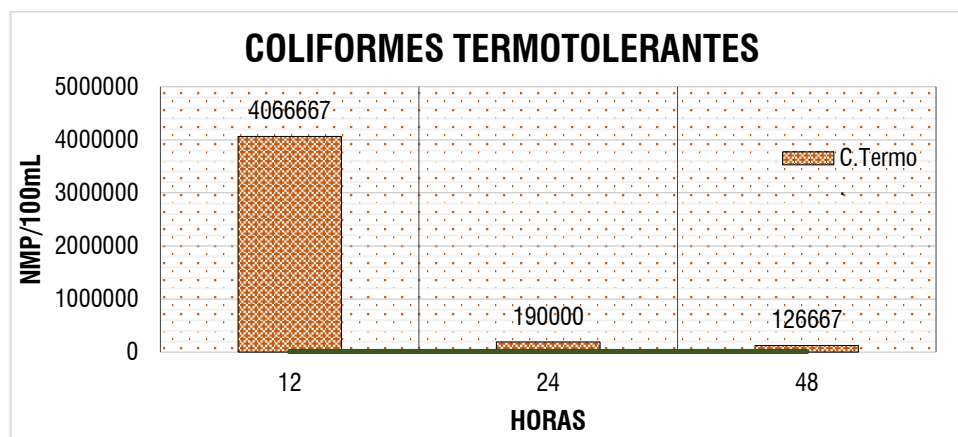
*Concentración de aceites y grasas del agua residual tratada – T2*



En la figura 18, se exhibe el contenido de coliformes termotolerantes del agua residual tratada mediante el 2do filtro lento de arena, indicando que a un tiempo de contacto de 12 horas la concentración de coliformes termotolerantes es en promedio 4066667 NMP/100ml, así mismo a un tiempo de contacto de 24 horas el contenido de coliformes termotolerantes es de 190000 NMP/100ml, y finalmente a un tiempo de contacto de 48 horas el contenido de coliformes termotolerantes es de 126667 NMP/100ml; todos ellos sobrepasan el LMP que es de 10000mg/L, respectivamente.

**Figura 18**

*Concentración de coliformes termotolerantes del agua residual tratada – T2*



#### 4.1.3. Determinar el porcentaje de remoción de los contaminantes orgánicos empleando un filtro lento de arena de las aguas residuales de la ciudad de Ayaviri, 2024

##### c) Primer filtro lento de arena

En la tabla 11, se exhibe el porcentaje de remoción de contaminantes en el primer filtro lento de arena – T1, manifestando que el porcentaje de reducción a un tiempo de contacto de 12 horas para los parámetros evaluados es de 93.08% de SST, 57.23% de DQO, 39.99% de DBO5, 18.67% de Aceites y grasas y 82.08% de coliformes Termotolerantes; así mismo a un tiempo de contacto de 24 horas presenta un porcentaje de remoción de 94.20% de SST, 57.48% de DQO, 40.97% de DBO5, 21.33% de Aceites y grasas y 99.46% de coliformes Termotolerantes y a un tiempo de contacto de 48 horas presenta un porcentaje de remoción de 90.30% de SST, 62.03% de DQO, 54.82% de DBO5, 26.67% de Aceites y grasas y 98.74% de coliformes Termotolerantes

**Tabla 11**

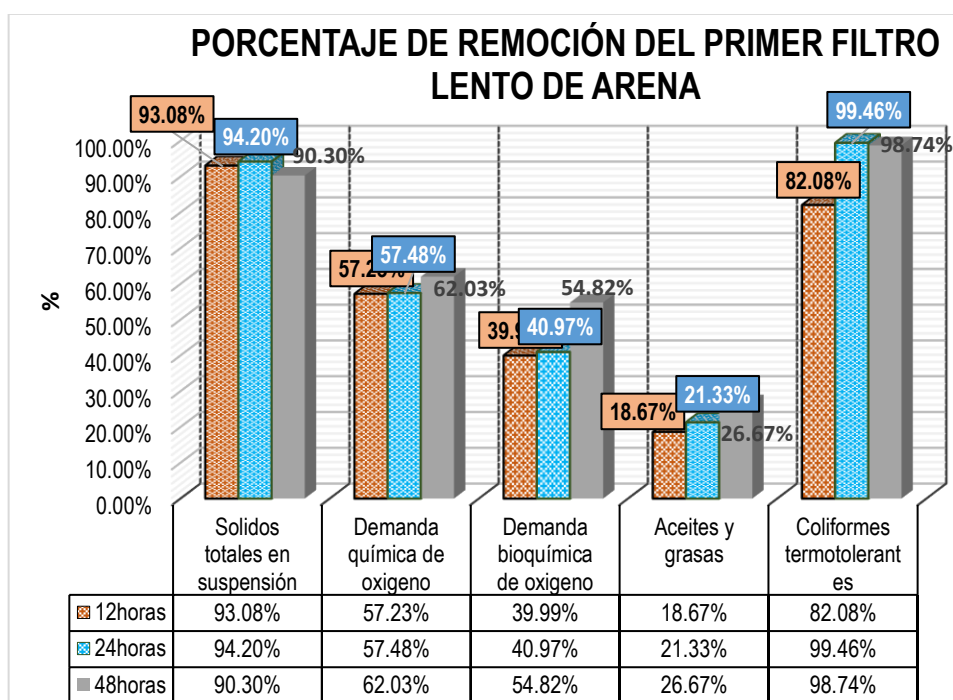
*Porcentaje de remoción de contaminantes en el primer filtro lento de arena – T1*

N°	Parámetro	Unid.	Tiempo de contacto		
			12horas	24horas	48horas
1	Temperatura		-	-	-
2	pH		-	-	-
3	Sólidos totales en suspensión	%	93.08%	94.20%	90.30%
4	Demanda química de oxígeno	%	57.23%	57.48%	62.03%
5	Demanda bioquímica de oxígeno	%	39.99%	40.97%	54.82%
6	Aceites y grasas	%	18.67%	21.33%	26.67%
7	Coliformes Termotolerantes	%	82.08%	99.46%	98.74%

En la figura 19, se aprecia el porcentaje de reducción de contaminantes en el primer filtro lento de arena – T1, indicando que a medida que existe mayor tiempo de contacto mayor será la remoción de la DQO, al igual que demanda bioquímica de oxígeno y también los aceites y grasas; mientras que los sólidos suspendidos y CT el tiempo óptimo donde ocurre el mayor porcentaje de remoción es de 24 horas, respectivamente

**Figura 19**

*Porcentaje de remoción del primer filtro lento de arena – T1*



**d) Segundo filtro lento de arena**

En la tabla 12, se exhibe el porcentaje de remoción de contaminantes en el 2do filtro lento de arena – T2, manifestando que el porcentaje de reducción a un tiempo de contacto de 12 horas para los parámetros evaluados es de 93.39% de SST, 59.63% de DQO, 52.65% de DBO5, 22.67% de Aceites y grasas y

83.06% de coliformes Termotolerantes; así mismo a un tiempo de contacto de 24horas presenta un porcentaje de remoción de 93.70% de SST, 59.68% de DQO, 53.25% de DBO5, 28.00% de Aceites y grasas y 99.21% de coliformes Termotolerantes y a un tiempo de contacto de 48horas presenta un porcentaje de remoción de 80.17% de SST, 62.31% de DQO, 56.61% de DBO5, 29.07% de Aceites y grasas y 99.47% de coliformes Termotolerantes

**Tabla 12**

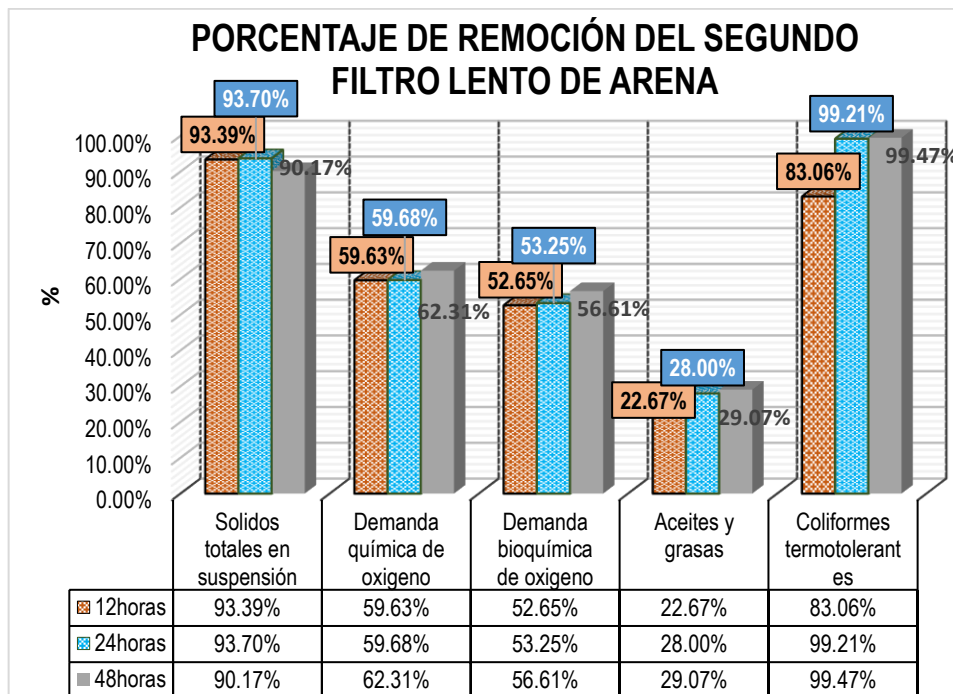
*Porcentaje de remoción de contaminantes en el segundo filtro lento de arena – T2*

N°	Parámetro	Unid.	Tiempo de contacto		
			12horas	24horas	48horas
1	Temperatura		-	-	-
2	pH		-	-	-
3	Solidos totales en suspensión	%	93.39%	93.70%	90.17%
4	Demanda química de oxígeno	%	59.63%	59.68%	62.31%
5	Demanda bioquímica de oxígeno	%	52.65%	53.25%	56.61%
6	Aceites y grasas	%	22.67%	28.00%	29.07%
7	Coliformes Termotolerantes	%	83.06%	99.21%	99.47%

En la figura 20, se aprecia el porcentaje de reducción de contaminantes en el 2do filtro lento de arena – T1, indicando que a medida que existe mayor tiempo de contacto mayor será la remoción de la DQO, al igual que DBO, también los aceites y grasas y además los coliformes termotolerantes; mientras que los sólidos suspendidos el tiempo óptimo donde ocurre el mayor porcentaje de remoción es de 24 horas, respectivamente

**Figura 20**

*Porcentaje de remoción del segundo filtro lento de arena – T2*



**4.2. Prueba estadística**

**4.2.1. Prueba de normalidad**

- Nivel de confianza = 95 %
- Nivel de error = 5 %
- Prueba de normalidad: Shapiro- Wilk
- Estimador:

Si P valor => 0.05, = exhibe distribución normal de la data

Si P valor < 0.05, = no exhibe distribución normal de la data

En la tabla 13, se exhibe la prueba de normalidad de Shapiro – Wilk sobre la remoción de contaminantes de aguas residuales a diferentes espesores del material filtrante y a diferentes tiempos de contacto, manifestando que se ha

obtenido un P-Valor superior al valor alfa ( $\alpha > 0.05$ ), presentando una distribución normal; y con ello se puede aplicar el análisis estadístico ANOVA.

**Tabla 13** Prueba de normalidad Shapiro – Wilk

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
<b>Contaminantes orgánicos</b>	,946	4	,689

Indicando que se ha aplicado la **prueba de normalidad de Shapiro – Wilk**, debido a que la data es inferior a 50.

#### 4.2.2. Prueba estadística

- Nivel de confianza al 95%
- Error 5%
- Análisis estadístico: Análisis de la Variancia (ANOVA).
- Estimador:

Si  $P < 0,05$  se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

Si  $P > 0,05$  se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

En la tabla 14, se demuestra la prueba de hipótesis de análisis de la Variancia (ANOVA) para la remoción de los contaminantes empleando filtros lentos de arena, indicando que se ha obtenido un P-valor de 0.000 para todos los tiempos de contacto (12, 24 y 48 horas) y a diferentes espesores del sustrato; por ende, se puede decir que existe variación significativa de los contaminantes

orgánicos empleando filtros lentos de arena, por ende, se acepta la hipótesis planteada.

**Tabla 14**

*Análisis de la Variancia (ANOVA)*

			ANOVA				
Tiempo de contacto			Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig .
12 horas	Primer filtro	Entre grupos	1,254	7	,483	.	,000
		Dentro de grupos	,000	0	.		
		Total	1,248	7			
	Segundo filtro	Entre grupos	,023	7	,011	.	,000
		Dentro de grupos	,000	0	.		
		Total	,023	7			
24 horas	Primer filtro	Entre grupos	2,143	7	,323	.	,000
		Dentro de grupos	,000	0	.		
		Total	2,453	7			
	Segundo filtro	Entre grupos	,025	7	,113	.	,000
		Dentro de grupos	,000	0	.		
		Total	,427	7			
48 horas	Primer filtro	Entre grupos	1,157	7	,156	.	,000
		Dentro de grupos	,000	0	.		
		Total	1,134	7			
	Segundo filtro	Entre grupos	,035	7	,011	.	,000
		Dentro de grupos	,000	0	.		
		Total	,035	7			

En la tabla 15, se aprecia la prueba estadística ANOVA para conocer la correlación de remoción de contaminantes vs. filtros lentos de arena; escogiendo dicho método debido a que los datos presentan una distribución normal

(paramétrico), indicando que el p-valor fue 0,017 comparados con el alfa que es de 0,05, es sin duda menor; lo cual nos da a entender que la aplicación de filtros lentos de arena se relaciona con la remoción de los contaminantes de las aguas servidas de la ciudad de Ayaviri; donde se puede decir que la correlación es estadísticamente significativa.

**Tabla 15**

*Prueba estadística ANOVA (remoción de contaminantes vs. filtros lentos de arena)*

		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
		s		a		
<i>remoción de contaminantes vs. filtros lentos de arena</i>	Entre grupos	4,356	2	3,210	.	,017
	Dentro de grupos	,000	0	.		
	Total	4,345	2			
			0			

#### 4.3. Discusión

Dichos resultados con respecto a Mendoza & Roca (2021), presentan cierta similitud, encontrando que al emplear un filtro lento de arena en un efluente de faenamiento, una remoción de carga orgánica de 90,40% para DQO y 79,40% para DBO5; manifestando que el filtro es viable tanto técnica como financieramente para tratar el efluente del matadero de Calceta.; así mismo con respecto a Aliaga & Canchari (2022), Según las conclusiones del estudio, el filtro lento es viable tanto técnica como monetariamente para tratar las aguas servidas del centro de sacrificio de Calceta. Esta instalación utiliza un filtro de arena, y las mejores eliminaciones en este caso son 72,73% de SST, 58,55% de DBO5 y



33,08% de DQO. Los tamaños de los agregados (15 cm de grava, 50 cm de arena gruesa y 15 cm de arena fina) presentan las mejores eliminaciones.

De igual forma con respecto a Soto & Aranda (2019), también presentan ciertas peculiaridades, también presentan algunas peculiaridades. Cuando se compara con la D.S. 004-2017 MINAN cat. 3 agua para irrigar sin restricciones, el filtro lento calcinado es el más eficaz, con parámetros DB05 del 97%, oxígeno disuelto del 2,8%, turbidez del 95,6%, y coliformes del 85%.; mientras que con respecto a Meza (2018), presentan cierta similitud, indicando que mediante el empleo del filtro de arena el pH y la conductividad necesitan un segundo tratamiento para alcanzar la norma, que muestra que el filtro de arena elimina los contaminantes (DBO5, SST, nitrógeno, fósforo, coliformes fecales y DBO5). Esto significa que el sistema de depuración presentado es suficiente para la degradación de contaminantes existentes en las aguas servidas domésticas, y que el suelo tiene suficiente filtración para la infiltración de los efluentes depurados.

Y finalmente con respecto a Contreras (2024), se asemejan encontrando que a mayores espesores del filtro lento de arena se logra una remoción del 81.06% de DBO5; lo cual puede ser vertido sin perjuicios hacia el medio ambiente u para el riego de vegetales.



## CONCLUSIONES

- PRIMERA:** A la vista de los resultados, se presume que la utilización de un canal de arena lenta elimina las contaminaciones naturales de las aguas residuales de la ciudad de Ayaviri.
- SEGUNDA:** Se concluye que la concentración inicial de la temperatura es de 13.1°C; con un pH de 7.01, 813.85 mg/L de Sólidos totales en suspensión, 951.2 mg/L de DQO, 434.54 mg/L de DBO, 2.5 mg/L de aceites y grasas y 24000000NMP/100mL de Coliformes Termotolerantes, indicando que todos ellos a excepción del Ph y temperatura sobrepasan el LMP.
- TERCERA:** Se concluye que a mayor espesor del sustrato del filtro lento de arena i) arena fina "20cm", ii) arena gruesa "10cm", grava "10cm", carbón activado "5cm" y a la par a mayor tiempo de contacto en este caso de 48horas existe mayor remoción de los contaminantes orgánicos de las aguas servidas
- CUARTA:** Se concluye que el porcentaje de remoción óptimo a las 48 horas de contacto en el filtro lento de arena de mayor espesor es de 80.17% de SST, 62.31% de DQO, 56.61% de DBO5, 29.07% de Aceites y grasas y 99.47% de coliformes Termotolerantes.



## RECOMENDACIONES

- Primera:** Se recomienda elegir cuidadosamente los materiales para el filtro; la arena que se va a utilizar debe limpiarse previamente para eliminar cualquier residuo de arcilla o tierra, así como cualquier materia orgánica, y después debe secarse y tamizarse para crear la capa que exige el diseño.
- Segunda:** Se recomienda fomentar las técnicas no convencionales de tratamiento de aguas servidas, siendo el filtro lento de arena el principal ejemplo de la eficacia de esta clase de tratamiento.
- Tercera:** Se recomienda verificar los vertimientos de aguas servidas de la municipalidad; debido a que se ha encontrado concentraciones de parámetros muy elevados por que no son los habituales para aguas servidas domésticas.
- Cuarta:** Finalmente se recomienda tener en cuenta el periodo de maduración del filtro para obtener los mejores resultados; según esta investigación, este periodo debería ser de entre dos y cuatro semanas.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aliaga, J., & Canchari, E. (2022). *Evaluación de la remoción de la materia orgánica mediante la implementación de un filtro intermitente de arena en el tratamiento secundario de aguas residuales del centro poblado de Huaylacucho – Huancavelica*. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.
- ANA. (2014). *Tratamiento sanitario de aguas residuales*. Lima: Autoridad Nacional del Agua. Obtenido de <http://tratamientosanitarioideaguasresiduales.com>
- Armas, M. (2015). *Estudio para la reutilización de aguas grises producidas en el hogar, como agua de regadío en la casa prototipo del barrio Chan, Cantón Latacunga, provincia Cotopaxi*. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Cama, D., & Huasco, M. (2019). *Evaluación de la calidad de agua en la planta de tratamiento de agua potable de Villa Rica-Oxapampa*. Lima: Universidad Peruana Unión.
- Carcausto, C. (2017). *Purificación de aguas subterráneas por medio de filtros lentos de arena para consumo humano en la comunidad de Thunco - Puno*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Castro, E. (2019). *Estudio de viabilidad técnica y económica de la implementación del sistema de Toha (Lombrifiltro) para el tratamiento de*



*las aguas residuales en el municipio de Tinjaca-Boyaca. Boyaca: Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas.*

Contreras, R. (2024). *Evaluación de eficiencia de remoción de la demanda biológica de oxígeno 5 empleando un filtro lento de arena Juliaca 2023.* Juliaca: Universidad Nestor Caceres Velasquez.

Córdova Baldeón, I. (2018). *"Instrumentos de investigación"*. Lima: San Marcos de Aníbal Jesús Paredes Galván.

D.S N° 003-2010-MINAM. (2010). *Aprueban límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales.* Lima. Obtenido de [https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds\\_003-2010-minam.pdf](https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_003-2010-minam.pdf)

Egochea, A. (2018). *Impacto del uso de zeolitas en el tratamiento de aguas residuales domésticas en la urbanización la Palma Grande – Ica.* Ica: Universidad Alas Peruanas.

Galdámez, M. (2021). *Sistema de reutilización de aguas grises en la descarga del inodoro en vivienda unifamiliar.* Toluca: Instituto Interamericano de Tecnología.

Gallegos, D. (2019). *Evaluación del Lombrifiltro como tratamiento primario del sistema de tratamiento de aguas residuales del proyecto Manchay Verde.* Villa el Salvador: Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Obtenido de [file:///E:/PERFIL%20RRRRRRR/BIBLIOGRAFIA%20INTERNACIONAL/Gallegos\\_Diego\\_Trabajo\\_Suficiencia\\_2019.pdf](file:///E:/PERFIL%20RRRRRRR/BIBLIOGRAFIA%20INTERNACIONAL/Gallegos_Diego_Trabajo_Suficiencia_2019.pdf)



- Gonzales, E., & Quispe, R. (2020). *Influencia de los microorganismos eficaces (EM) en el tratamiento de aguas residuales domesticas en el distrito de Huancavelica en el 2020*. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Hernandez, R., & Fernandez, C. (2018). *Metodologia de la Investigacion*. Mexico: McGrawHill Education.
- López, J. (2023). *Remoción de patógenos mediante filtros bioarena y filtros lentos de arena intermitentes, comunidad San Antonio de pedregal, Lurigancho-Chosica*. Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Mamani, B. (2018). *Uso de filtros lentos para la purificación de las aguas del rio Totorani – sistema de agua potable Paucarcolla*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Mamani, N., & Chavez, R. (2018). *Evaluación de la remoción de materia orgánica a través de un sistema aerobio con microorganismos eficientes (EM) en aguas residuales domésticas - Puno, 2018*. Juliaca: Universidad Peruana Union.
- Mélendez, W. (2020). *Diseño y evaluación de un filtro lento de arena con carbón activado en la purificación del agua para consumo humano en el distrito de Longar*. Lima: Universidad Cesar Vallejo.
- Mendoza, K., & Roca, J. (2021). *Evaluación de filtro percolador a escala piloto para la remoción de carga orgánica del efluente residual del centro de faenamiento, Calceta– Bolívar*. Calceta: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí.



- Meza, A. (2018). *Propuesta de implementación de filtro intermitente de arena para el tratamiento de las aguas residuales domésticas en la central termoeléctrica AM POWER*. Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal.
- MINAM. (2016). *Aprende a prevenir los efectos del mercurio*. Lima: Ministerio del Ambiente.
- Muñoz, R., & Perez, V. (2019). *Estudio de la eficacia de remoción de materia orgánica, nutrientes y otros compuestos en un filtro de bioarena para su implantación en países en vías en desarrollo*. Valladolid: Universidad de Valladolid.
- OEFA. (2014). *fiscalización ambiental del manejo de aguas residuales*. Lima: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. Obtenido de [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827)
- OEFA. (2019). *Tratamiento de agua residuales en el Peru*. Lima: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.
- Posadas, A. (2015). *Sistema de cosecha de agua pluvial y reutilización de aguas grises de regadera en vivienda unifamiliar*. Toluca: Universidad Autónoma del estado de Mexico.
- Pupuche, C., & Rivera, J. (2021). *Sistema de filtración como tratamiento de aguas grises para riego de áreas verdes, viviendas del A.H. Sánchez Cerro - Sullana*. Piura: Universidad César Vallejo.



- Sanchez, M., & Carrasco, F. (2010). *Control de la contaminación química y biológica de las aguas residuales Urbanas*. Andalucía: Universidad Internacional de Andalucía.
- Soto, S., & Aranda, Y. (2019). *Eficiencia del *Argopecten purpuratus* mediante filtros lentos para el tratamiento de agua de la piscicultura*. Lima: Universidad Peruana Union.
- SUNASS. (2015). *Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento*. Lima: Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. Obtenido de <https://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/ptar.pdf>
- Tucto, E., & Oscoco, G. (2023). *Tratamiento de aguas subterráneas de consumo humano mediante filtros de zeolita y arena en la v etapa de ciudad Constitución, Oxapampa, Perú*. Lima: Universidad Científica del Sur .
- Umasi, E. (2020). *Evaluación de la eficiencia de un lombrifiltro (tres capas) para el tratamiento de las aguas residuales domésticas en el distrito de Cusipata-Cusco*. 2020: Universidad Peruana Unión.
- UNESCO. (2020). *Agua y cambio climático*. Ginebra: Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020.
- Valdez, A. (2016). *Aplicación de microorganismos eficaces (EM) para el tratamiento de las aguas residuales domesticas en la localidad de Chucuito*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.



Valera, A. (2017). *Tratamiento de aguas grises para reutilizar en servicios higiénicos de una vivienda Multifamiliar del edificio Canto Bello en San Juan de Lurigancho, 2017*. Lima: Universidad Cesar Vallejo.

Zuluaga, V., Sánchez, L., & Aponte, A. (2019). *Evaluación de la filtración lenta en arena como tratamiento terciario de agua residual doméstica con fines de reúso agropecuario y piscícola*. Colombia: Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente.



# ANEXOS



### Anexo 1. Matriz de Consistencia

#### Título: EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS EMPLEANDO UN FILTRO LENTO DE ARENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE AYAVIRI, 2024

<u>PROBLEMA</u>	<u>OBJETIVO</u>	<u>HIPÓTESIS</u>	<u>VARIABLES</u>	<u>DIMENSIONES</u>	<u>INDICADOR</u>	<u>UND</u>	<u>METODOLOGÍA</u>
<p><b>General</b></p> <p>¿Cuánto es la eficiencia de remoción de contaminantes orgánicos empleando un filtro lento de arena de las aguas residuales de la ciudad de Ayaviri, 2024?</p>	<p><b>General</b></p> <p>Determinar la eficiencia de remoción de contaminantes orgánicos empleando un filtro lento de arena de las aguas residuales de la ciudad de Ayaviri, 2024</p>	<p><b>Hipótesis alterna</b></p> <p>La eficiencia de remoción de contaminantes orgánicos empleando un filtro lento de arena de las aguas residuales de la ciudad de Ayaviri, superara el 90%</p>	<p><b>Independiente</b></p> <p>Filtro lento de arena</p>	<p>Espesor de los sustratos del primer filtro lento de arena</p>	Arena fina-20	cm	<p><b>Diseño de investigación</b></p> <p>Experimental</p> <p><b>Tipo de investigación</b></p> <p>Explicativo</p>
				Arena gruesa-10	cm		
				Grava-10	cm		
				<p>Espesor de los sustratos del segundo filtro lento de arena</p>	Arena fina-10	cm	
				Arena gruesa-5	cm		
				Grava-5	cm		
				<p>Tamaño de partícula del filtro lento de arena</p>	Arena fina-2	mm	
				Arena gruesa-5	mm		
				Grava-25	mm		
				<p><b>Específicas</b></p> <p>¿Cuánto es la concentración de inicial de contaminantes orgánicos de las aguas residuales de la ciudad de Ayaviri, 2024?</p> <p>¿Cuál será la influencia del espesor del sustrato, y tiempo de contacto en la remoción de contaminantes orgánicos de las aguas residuales de la ciudad de Ayaviri, 2024?</p> <p>¿Cuánto es el porcentaje de remoción de los contaminantes orgánicos empleando un filtro lento de arena de las aguas residuales de la ciudad de Ayaviri, 2024?</p>	<p><b>Específicas</b></p> <p>Determinar la concentración de inicial de contaminantes orgánicos de las aguas residuales de la ciudad de Ayaviri, 2024</p> <p>Determinar la influencia del espesor del sustrato, y tiempo de contacto en la remoción de contaminantes orgánicos de las aguas residuales de la ciudad de Ayaviri, 2024</p> <p>Determinar el porcentaje de remoción de los contaminantes orgánicos empleando un filtro lento de arena de las aguas residuales de la ciudad de Ayaviri, 2024</p>	<p><b>Hipótesis nula</b></p> <p>La eficiencia de remoción de contaminantes orgánicos empleando un filtro lento de arena de las aguas residuales de la ciudad de Ayaviri, no superara el 90%</p>	
DQO	mg/L						
<p>Tiempo de contacto</p>	12	horas					
24	horas						
48	horas						
<p>Porcentaje de remoción de contaminantes orgánicos empleando el primer filtro lento de arena</p>	DBO5	%					
DQO	%						
<p>Porcentaje de remoción de contaminantes orgánicos empleando el segundo filtro lento de arena</p>	DBO5	%					
DQO	%						

## Anexo 2.

## Certificado de análisis de parámetros en laboratorio



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

**RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS****INFORME N° LCA102 - 2024****I. DATOS DEL SERVICIO**

- 1.1. **Solicitante** : Sheyla Mirel Alvaro Ccallata  
1.2. **Proyecto** : EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS EMPLEANDO UN FILTRO LENTO DE ARENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE AYAVIRI 2024

**II. DATOS DEL ENSAYO**

- 2.1. **Producto** : Aguas residuales  
2.2. **Numero de muestras** : 01  
2.3. **Muestreado por** : Sheyla Mirel Alvaro Ccallata  
2.4. **Fecha de ensayo** : 21/08/2024  
2.5. **Departamento** : Puno  
2.6. **Provincia** : Melgar  
2.7. **Distrito** : Ayaviri  
2.8. **Código, ubicación, fecha y hora de muestreo**

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
MI	E: 330273 N: 8353025	20/08/2024	8:30

**III. RESULTADOS**

N°	Parámetro	Unidad	MI
1	Temperatura	°C	13.1
2	pH	-	7.01
3	Sólidos totales en suspensión	mg/L	813.85
4	Demanda química de oxígeno	mg/L	951.2
5	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	434.54
6	Aceites y grasas	mg/L	2.5
7	Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	$2.4 * 10^7$

**IV. MÉTODO DE ENSAYO**

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

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
Mg. Milthon Quispe Huanca  
CIP. 47790  
LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL - FICP

Juliaca, 09 de setiembre del 2024  
N°B.: 00234826

1

## RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

### INFORME N° LCA103 - 2024

#### I. DATOS DEL SERVICIO

1.1. **Solicitante** : Sheyla Mirel Alvaro Ccallata

1.2. **Proyecto** : EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS EMPLRANDO UN FILTRO LENTO DE ARENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE AYAVIRI 2024

#### II. DATOS DEL ENSAYO

2.1. **Producto** : Aguas residuales

2.2. **Numero de muestras** : 02

2.3. **Muestreado por** : Sheyla Mirel Alvaro Ccallata

2.4. **Fecha de ensayo** : 26/08/2024

2.5. **Departamento** : Puno

2.6. **Provincia** : Melgar

2.7. **Distrito** : Ayaviri

2.8. **Código, ubicación, fecha y hora de muestreo**

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
FL12 - 1	E: 327514 N: 8354357	26/08/2024	8:30
FL12 - 2	E: 327514 N: 8354357	26/08/2024	8:30

#### III. RESULTADOS

N°	Parámetro	Unidad	FL12 - 1	FL12 - 2	RFL12 - 1	RFL12 - 2
1	Temperatura	°C	12.6	12.9	13.2	13.0
2	pH	-	7.18	7.31	7.23	7.26
3	Solidos totales en suspensión	mg/L	46.92	67.57	44.42	63.50
4	Demanda química de oxígeno	mg/L	385.2	424.8	372.5	417.3
5	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	170.92	254.67	178.4	263.6
6	Aceites y grasas	mg/L	2.1	2.0	1.9	2.1
7	Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	$4.6 * 10^6$	$4.0 * 10^6$	$4.3 * 10^6$	$4.0 * 10^6$

#### IV. MÉTODO DE ENSAYO

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

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

Juliaca, 09 de setiembre del 2024

N°B.: 00234826

2

## RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LCA104 - 2024

### I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : Sheyla Mirel Alvaro Ccallata  
1.2. **Proyecto** : EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS EMPLEANDO UN FILTRO LENTO DE ARENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE AYAVIRI 2024

### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Aguas residuales  
2.2. **Numero de muestras** : 02  
2.3. **Muestreado por** : Sheyla Mirel Alvaro Ccallata  
2.4. **Fecha de ensayo** : 27/08/2024  
2.5. **Departamento** : Puno  
2.6. **Provincia** : Melgar  
2.7. **Distrito** : Ayaviri  
2.8. **Código, ubicación, fecha y hora de muestreo**

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
FL24 - 1	E: 327514 N: 8354357	27/08/2024	8:30
FL24 - 2	E: 327514 N: 8354357	27/08/2024	8:30

### III. RESULTADOS

N°	Parámetro	Unidad	FL24 - 1	FL24 - 2	RFL24 - 1	RFL24 - 2
1	Temperatura	°C	12.9	12.7	13.2	13.3
2	pH	-	7.31	7.71	7.25	7.65
3	Solidos totales en suspensión	mg/L	31.24	70.12	26.8	72.9
4	Demanda química de oxígeno	mg/L	387.5	512.5	379.5	522.2
5	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	234.31	309.9	218.5	238.5
6	Aceites y grasas	mg/L	2.0	2.1	1.8	1.9
7	Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	$1.5 * 10^5$	$1.1 * 10^5$	$2.3 * 10^5$	$1.5 * 10^5$

### IV. MÉTODO DE ENSAYO

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

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

Juliaca, 09 de setiembre del 2024

N°B.: 00234826  
3

## RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

### INFORME N° LCA105 - 2024

#### I. DATOS DEL SERVICIO

1.1. **Solicitante** : Sheyla Mirel Alvaro Ccallata

1.2. **Proyecto** : EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS EMPLEANDO UN FILTRO LENTO DE ARENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE AYAVIRI 2024

#### II. DATOS DEL ENSAYO

2.1. **Producto** : Aguas residuales

2.2. **Numero de muestras** : 02

2.3. **Muestreado por** : Sheyla Mirel Alvaro Ccallata

2.4. **Fecha de ensayo** : 29/08/2024

2.5. **Departamento** : Puno

2.6. **Provincia** : Melgar

2.7. **Distrito** : Ayaviri

2.8. **Código, ubicación, fecha y hora de muestreo**

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
FL48 - 1	E: 327514 N: 8354357	29/08/2024	8:30
FL48 - 2	E: 327514 N: 8354357	29/08/2024	8:30

#### III. RESULTADOS

N°	Parámetro	Unidad	FL48 - 1	FL48 - 2	RFL48 - 1	RFL48 - 2
1	Temperatura	°C	13.1	13.0	13.5	13.7
2	pH	-	7.45	7.34	7.37	7.24
3	Solidos totales en suspensión	mg/L	68.4	101.12	63.2	98.5
4	Demanda química de oxígeno	mg/L	354.3	405.7	327.2	395.6
5	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	193.8	240	175.3	228.1
6	Aceites y grasas	mg/L	1.8	2.0	1.9	2.1
7	Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	$2.3 * 10^5$	$4.3 * 10^5$	$1.5 * 10^5$	$1.1 * 10^5$

#### IV. MÉTODO DE ENSAYO

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

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

Mgr. Ing. Milthon Quispe Huanca  
CIP. 47790  
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

Juliaca, 09 de setiembre del 2024

N°B.: 00234826

4

Anexo 3. Panel fotográfico



*Nota.* Muestreo de agua residual



*Nota.* Construcción del prototipo de los filtros lentos de arena



*Nota.* Análisis de los parámetros



ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 23/12/2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: SHEYLA MIREL ALVARO CCALLATA  
Dirección: AYAVIRI -MELGAR - PUNO  
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 75342556  
Teléfono: 947687750 email: sheylamacc@gmail.com

Nombres y Apellidos: \_\_\_\_\_  
Dirección: \_\_\_\_\_  
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: \_\_\_\_\_  
Teléfono: \_\_\_\_\_ email: \_\_\_\_\_

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL  
Título o Grado Académico a optar: INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL  
Asesor: M.SC JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:  
Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS EMPLEANDO UN FILTRO LENTO DE ARENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE AYAVIRI, 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): AGUAS RESIDUALES, CONTAMINANTES ORGÁNICOS, SUSTRATO.

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

<sup>1</sup> Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.  
<sup>2</sup> Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



**2. Referencia de tesis:**

Bachiller  Título  2da Especialidad  Maestría  Doctorado

**3. Licencias:**

**a) Licencia estándar:**

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

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

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

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

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

**Autorizo su publicación (marque con una X)**

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

**b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:**

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

**¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?**

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

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

- Sí autorizo
- No autorizo



**Jurisdicción de su Licencia**

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

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

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

Internacional

Nacional

Línea de investigación: SANEAMIENTO AMBIENTAL -P22

Firma de Autor



huella digital

23 DE DICIEMBRE DEL 2024

Fecha