



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRÍCOLA**



**REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA DE CONTAMINANTES EN  
EL TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS EMPLEANDO  
FILTRO BIOLÓGICO DE ORURILLO – MELGAR 2024**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. RUBÉN DARÍO ATAMARI HUALLPA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÍCOLA**

**PUNO - PERÚ**

**2024**



NOMBRE DEL TRABAJO

REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA DE CO  
NTAMINANTES EN EL TRATAMIENTO D  
E AGUAS SERVIDAS EMPLEANDO FILTR  
O BIOLÓGICO DE ORURILLO – MELGAR 2  
024

AUTOR

RUBÉN DARÍO ATAMARI HUALLPA

RECuento DE PALABRAS

23480 Words

RECuento DE CARACTERES

130650 Characters

RECuento DE PÁGINAS

144 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

11.0MB

FECHA DE ENTREGA

Oct 21, 2024 11:51 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Oct 21, 2024 11:53 AM GMT-5

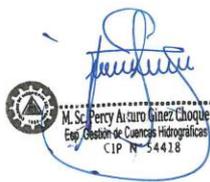
● 12% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 11% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)



M. Sc. Percy Asturo Ginez Choque  
Exp. Creación de Cuentas Hidrográficas  
CIP N° 54418



Resumen



## DEDICATORIA

A Dios por cada día de vida que me concede y por el placer de tener la compañía de personas maravillosas a mi alrededor.

Dedicado con todo cariño a mi familia: A mis padres Pedro y Crescencia, a mi hermana Yessica, gracias por estar al lado mío, ayudándome, comprendiéndome y cuidándome. Siempre serán el motor de mi vida.

A todos ellos les estaré eternamente agradecido.

**Rubén Darío Atamari Hualpa**



## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Agrícola, Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, por la formación profesional brindada.

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a quienes me ofrecieron su respaldo durante la realización de esta tesis y en cada etapa del proceso que la antecedió.

A mi director de tesis, jurados y a los ingenieros de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, por su paciencia y orientación durante este extenso proceso, así como por compartir generosamente sus conocimientos durante mi formación profesional.

A mis amigos, quienes siempre han estado ahí para mí en todo momento, les agradezco profundamente su amistad y los innumerables momentos felices y afligidos compartidos juntos.

**Rubén Darío Atamari Huallpa**



# ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	
<b>ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN .....</b>	<b>17</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>18</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>20</b>
<b>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>22</b>
1.2.1. Problema General .....	22
1.2.2. Problemas específicos.....	22
<b>1.3. HIPÓTESIS .....</b>	<b>23</b>
1.3.1. Hipótesis general.....	23
1.3.2. Hipótesis específicas.....	23
<b>1.4. JUSTIFICACION .....</b>	<b>23</b>
<b>1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.....</b>	<b>24</b>
1.5.1. Objetivo General.....	24
1.5.2. Objetivos Específicos .....	25



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

<b>2.1.</b>	<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>26</b>
2.1.1.	Internacional. ....	26
2.1.2.	Nacional .....	29
2.1.3.	Regional .....	31
<b>2.2.</b>	<b>MARCO TEORICO .....</b>	<b>34</b>
2.2.1.	Principio de funcionamiento de lechos bacterianos.....	34
2.2.2.	Aguas servidas .....	35
2.2.3.	Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR).....	36
2.2.4.	Tratamientos en una PTAR.....	36
2.2.5.	Clasificación de aguas residuales .....	38
2.2.5.1.	Aguas residuales domésticas.....	38
2.2.5.2.	Aguas residuales municipales .....	38
2.2.5.3.	Aguas residuales industriales .....	38
2.2.6.	Características físicas de aguas residuales.....	38
2.2.6.1.	Sólidos suspendidos totales (SST) .....	38
2.2.6.2.	Turbidez .....	39
2.2.6.3.	Temperatura .....	40
2.2.6.4.	Conductividad eléctrica.....	40
2.2.6.5.	Potencial de hidrógeno (pH) .....	40
2.2.7.	Características químicas de las aguas residuales .....	41
2.2.7.1.	Demanda bioquímica de oxígeno DBO <sub>5</sub> .....	41
2.2.7.2.	Demanda química de oxígeno DQO .....	42
2.2.7.3.	Aceites y grasas.....	43



2.2.8. Características biológicas del agua residual .....	43
2.2.8.1. Coliformes totales (CT) .....	44
2.2.8.2. Coliformes termotolerantes (CT) .....	44
2.2.9. Tratamiento de aguas residuales .....	45
2.2.9.1. Línea de tratamiento de agua residual.....	45
2.2.9.2. Pretratamiento o tratamiento preliminar .....	46
2.2.9.3. Tratamiento primario .....	47
2.2.9.4. Tratamiento secundario.....	48
2.2.9.5. Tratamiento terciario.....	49
2.2.9.6. Tratamientos biológicos.....	50
2.2.10. Procesos biológicos .....	50
2.2.10.1. Proceso aerobio .....	51
2.2.10.2. Procesos anaerobios .....	51
2.2.10.3. Procesos anóxicos .....	52
2.2.10.4. Filtro biológico.....	52
2.2.10.5. Tipos de filtros biológicos - percoladores.....	53
2.2.11. Ley N° 29338 Ley de Recursos Hídricos.....	54
2.2.12. Ley N° 28611 Ley General del Ambiente.....	54
2.2.13. Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM .....	55

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

<b>3.1. ZONA DE ESTUDIO.....</b>	<b>56</b>
3.1.1. Ubicación del área de estudio .....	56
3.1.2. Límites de la localidad de estudio.....	57



3.1.3. Componentes existentes y sus características que presentan la PTAR	
Orurillo .....	57
3.1.3.1. Línea de tratamiento de la PTAR de Orurillo .....	58
3.1.3.2. Cámara de rejás .....	59
3.1.3.3. Cámara de bombeo.....	59
3.1.3.4. Disipador de energía y desarenador .....	61
3.1.3.5. Medidor parshall .....	62
3.1.3.6. Sedimentador Horizontal .....	62
3.1.3.7. Filtro Biológico .....	63
3.1.3.8. Caseta de cloración .....	64
<b>3.2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>65</b>
3.2.1. Tipo de Investigación.....	65
3.2.2. Nivel de Investigación .....	65
3.2.3. Diseño de Investigación.....	66
3.2.4. Población y muestra.....	66
3.2.5. Materiales y equipos .....	66
3.2.5.1. Materiales para toma de muestras.....	66
3.2.5.2. Documentación .....	67
3.2.5.3. Equipos de tecnología .....	67
3.2.5.4. Seguridad e Indumentaria .....	67
<b>3.3. METODOLOGÍA POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>67</b>
3.3.1. Metodología para evaluar la concentración de los parámetros DBO <sub>5</sub> , DQO, sólidos suspendidos totales, coliformes termotolerantes y aceites y grasas en la remoción de la planta de tratamiento de aguas residuales Orurillo-Melgar .....	67



3.3.1.1. Determinación del (pH) .....	70
3.3.1.2. Determinación de sólidos suspendidos totales (SST) .....	70
3.3.1.3. Determinación de coliformes termotolerantes: .....	71
3.3.1.4. Determinación de aceites y grasas: .....	72
3.3.1.5. Determinación de demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) .....	73
3.3.1.6. Determinación de la demanda química de oxígeno (DQO) .....	73
3.3.2. Metodología para evaluar la remoción de contaminantes en las unidades de proceso de tratamiento (sedimentador horizontal y filtro biológico) de la planta de tratamiento de aguas residuales de Orurillo-Melgar .....	74
3.3.3. Diseño estadístico para análisis de tendencia .....	75
3.3.3.1. Prueba Kendall-Mann (no paramétrica).....	75
3.3.3.2. Método de autocorrelación (Prueba paramétrica).....	76
<b>3.4. DIAGRAMA DE FLUJO .....</b>	<b>76</b>

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1. CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS DBO<sub>5</sub>, DQO, SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES, COLIFORMES TERMOTOLERANTES Y ACEITES Y GRASAS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES DE ORURILLO- MELGAR.....</b>	<b>78</b>
4.1.1. Contrastar los resultados del análisis de DBO <sub>5</sub> , DQO, solidos suspendidos totales, coliformes termotolerantes, aceites y grasas, y	





<b>4.3. DISCUSIÓN .....</b>	<b>104</b>
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>108</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>109</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>110</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>116</b>

**Área** : Ingeniería y tecnología.

**Tema** : Tratamiento de aguas residuales.

**Línea** : Recursos hídricos.

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 24 de octubre de 2024



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> Parámetros establecidos como límites máximos permisibles.....	55
<b>Tabla 2</b> Datos generales de la PTAR Orurillo.....	57
<b>Tabla 3</b> Cuadro de coordenadas de puntos de muestreo .....	68
<b>Tabla 4</b> Monitoreo de aguas residuales.....	78
<b>Tabla 5</b> Tabla comparativa con los límites máximos permisible.....	79
<b>Tabla 6</b> Análisis de tendencia de pH.....	91
<b>Tabla 7</b> Análisis de tendencia de SST.....	94
<b>Tabla 8</b> Análisis de tendencia de aceites y grasas.....	96
<b>Tabla 9</b> Análisis de tendencia de Coliformes Termo tolerantes .....	98
<b>Tabla 10</b> Análisis de tendencia de DBO <sub>5</sub> .....	100
<b>Tabla 11</b> Tabla estadística en unidades de tratamiento de DQO.....	102



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> Línea de tratamiento del agua residual .....	46
<b>Figura 2</b> Esquema del filtro percolador o biológico.....	54
<b>Figura 3</b> Ubicación de la Planta de tratamiento de aguas residuales Orurillo.....	56
<b>Figura 4</b> Esquema de los componentes existente de la PTAR Orurillo. ....	58
<b>Figura 5</b> Cámara de rejas de la PTAR Orurillo. ....	59
<b>Figura 6</b> Cámara de bombeo de la PTAR Orurillo.....	60
<b>Figura 7</b> Disipador de energía de la PTAR Orurillo .....	61
<b>Figura 8</b> Medidor Parshall de la PTAR Orurillo. ....	62
<b>Figura 9</b> Sedimentador horizontal de la PTAR Orurillo. ....	63
<b>Figura 10</b> Filtro Biológico de la PTAR Orurillo. ....	64
<b>Figura 11</b> Caseta de cloración de la PTAR Orurillo. ....	64
<b>Figura 12</b> Puntos de monitoreo del agua residual en la PTAR Orurillo.....	69
<b>Figura 13</b> Imagen satelital donde se aprecia los puntos de monitoreo. ....	69
<b>Figura 14</b> Diagrama de flujo de la investigación .....	77
<b>Figura 15</b> Variación del pH en la PTAR Orurillo con los LMP.....	80
<b>Figura 16</b> Variación de SST en la PTAR Orurillo en comparación con los LMP. ....	81
<b>Figura 17</b> Variación del DBO <sub>5</sub> en la PTAR en comparación con los LMP .....	82
<b>Figura 18</b> Variación del DQO en la PTAR en comparación con los LMP .....	83
<b>Figura 19</b> Variación de aceites y grasas en la PTAR en comparación con los LMP. ...	84
<b>Figura 20</b> Variación de coliformes termotolerantes en la PTAR en comparación con los LMP .....	85
<b>Figura 21</b> Remoción de parámetros físico-químicos y microbiológicos en los puntos MC-01 – MC-02. ....	87



<b>Figura 22</b>	Remoción de parámetros físico-químicos y microbiológicos en los puntos MC-02 – MC-03 .....	88
<b>Figura 23</b>	Remoción de parámetros físico-químicos y microbiológicos en los puntos MC03 – MC04 .....	89
<b>Figura 24</b>	Remoción de parámetros físico-químicos y microbiológicos en los puntos MC04 – MC05 .....	90
<b>Figura 25</b>	Remoción de parámetros físico-químicos y microbiológicos en los puntos MC01 – MC05 .....	91
<b>Figura 26</b>	Evaluación del pH, tratamiento en las unidades de tratamiento. ....	93
<b>Figura 27</b>	Evaluación de SST en las unidades de tratamiento de agua residual en la PTAR Orurillo. ....	95
<b>Figura 28</b>	Evaluación de AG en las unidades de tratamiento de agua residual en la PTAR Orurillo.....	97
<b>Figura 29</b>	Evaluación de CT en las unidades de tratamiento de agua residual en la PTAR Orurillo.....	99
<b>Figura 30</b>	Características de DBO <sub>5</sub> en las unidades de tratamiento en la PTAR Orurillo. ....	101
<b>Figura 31</b>	Características de DQO en las unidades de tratamiento en la PTAR Orurillo. ....	103



## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO 1:</b> Verificación del funcionamiento de la PTAR Orurillo, en los meses de abril y junio.....	117
<b>ANEXO 2:</b> Medición del caudal en el ingreso de la (PTAR) Orurillo.....	120
<b>ANEXO 3:</b> Límites máximos permisibles D.S. N° 003 -2010 – MINAM.....	121
<b>ANEXO 4:</b> Matriz de Consistencia .....	123
<b>ANEXO 5:</b> Resultados de pruebas de laboratorio, en la PTAR Orurillo, punto MC01 .....	124
<b>ANEXO 6:</b> Cadena de Custodia. ....	139
<b>ANEXO 7:</b> Panel Fotográfico.....	140



## ACRÓNIMOS

PTAR:	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
DBO <sub>5</sub> :	Demanda Bioquímica de Oxígeno (en 5 días)
DQO:	Demanda Química de Oxígeno
SST:	Sólidos Suspendidos Totales
AG:	Aceites y Grasas
CT:	Coliformes Termotolerantes
LMP:	Límites Máximos Permisibles
ANA:	Autoridad Nacional del Agua
UIT:	Unidades Impositivas Tributarias
ASUSAP:	Asociación de Usuarios del Sistema de Agua Potable Orurillo
INACAL:	Instituto Nacional de Calidad
MVCS:	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento



## RESUMEN

En el altiplano de la región de Puno, la remoción de carga orgánica en los sistemas de tratamiento de aguas servidas no es monitoreada adecuadamente por los responsables de saneamiento y agua potable. El presente trabajo tiene como objetivo determinar la remoción de carga orgánica mediante la utilización de filtros biológicos, implementado en el distrito de Orurillo-Melgar, asimismo, para obtención de las muestras se aplicó con el protocolo de monitoreo de la calidad de efluentes de las PTAR domésticas, para evaluar las propiedades físico-químicos y microbiológicos incluyó el análisis de los siguientes parámetros: demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ), demanda química de oxígeno (DQO), aceites y grasas (AG), coliformes termotolerantes (CT) y sólidos suspendidos totales (SST), obteniendo una remoción por unidad de tratamiento los siguientes valores: en el sedimentador horizontal del 31.29 % para  $DBO_5$ , 33.29% para DQO, 30.43% para CT, 53.39% para AG y 66.49% para SST; en los filtros biológicos se obtuvo de 59.42% para  $DBO_5$ , el 31.08% para DQO, el 6.26% para CT, el 58.33% para SST y el 14.55% para AG, por otro lado, para el análisis de los datos, se aplicaron pruebas de tendencia paramétricas y no paramétricas, con probabilidades entre 0.01 y 0.05. Finalmente, como el porcentaje de remoción general de la planta de tratamiento de aguas residuales se aprecia un 72.88% en  $DBO_5$ , 56.27% en DQO, 90.63% en CT, 91.81% en SST y 29.85% en AG, podemos decir que la planta de tratamiento de aguas residuales trabaja en condiciones normales.

**Palabras clave:** Aguas servidas,  $DBO_5$  y DQO, Filtro biológico, Remoción de contaminantes.



## ABSTRACT

In the highlands of the Puno region, the removal of organic load in wastewater treatment systems is not adequately monitored by those responsible for sanitation and drinking water. The present work aims to determine the removal of organic load through the use of biological filters, implemented in the district of Orurillo-Melgar, also, to obtain the samples, the protocol for monitoring the quality of effluents from domestic WWTPs was applied, to evaluate the physical-chemical and microbiological properties included the analysis of the following parameters: biochemical oxygen demand (BOD<sub>5</sub>), chemical oxygen demand (COD), oils and fats (AG), thermotolerant coliforms (CT) and total suspended solids (TSS), obtaining a removal per treatment unit the following values: in the horizontal settler of 31.29% for BOD<sub>5</sub>, 33.29% for COD, 30.43% for CT, 53.39% for AG and 66.49% for TSS; In the biological filters, 59.42% were obtained for BOD<sub>5</sub>, 31.08% for COD, 6.26% for CT, 58.33% for TSS and 14.55% for AG. On the other hand, for the analysis of the data, parametric and non-parametric trend tests were applied, with probabilities between 0.01 and 0.05. Finally, as the general removal percentage of the wastewater treatment plant is seen at 72.88% in BOD<sub>5</sub>, 56.27% in COD, 90.63% in CT, 91.81% in TSS and 29.85% in AG, we can say that the wastewater treatment plant works under normal conditions.

**Keywords:** Wastewater, BOD<sub>5</sub> and COD, Biological filter, Pollutant removal.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

En el altiplano de la región de Puno, la gestión de las aguas residuales ha presentado un desafío importante, a pesar de la recolección, entre el 30% y el 40% de estas aguas recibe tratamiento adecuado. Esta deficiencia en el tratamiento tiene graves consecuencias, tanto para la salud de la población como para el entorno natural, ya que el agua sin tratar contamina ríos, lagos y mares, propagando enfermedades y dañando los ecosistemas (Banco Mundial, 2020).

En el año 2022, al menos 1.700 millones de personas en el mundo consumían agua contaminada con materia fecal, lo que representa un riesgo significativo para la salud pública. Además, la contaminación del agua por agentes químicos, lo agrava la situación, la falta de acceso a agua salubre contribuye a la propagación de enfermedades y a la mortalidad (OMS, 2023).

La depuración biológica de aguas residuales se basa principalmente en el uso de bacterias para eliminar componentes solubles del agua. Estos microorganismos se alimentan de materia orgánica y nutrientes presentes en el agua, multiplicándose y formando flóculos que pueden separarse fácilmente, este método es ampliamente utilizado debido a la sencillez y bajo costo. Los microorganismos utilizan la materia orgánica como fuente de energía y carbono, y requieren nutrientes como nitrógeno y fósforo, así como oxígeno disuelto.

El filtro Biológico es una técnica avanzada y altamente eficiente en el tratamiento de aguas residuales, siendo crucial para eliminar las sustancias contaminantes mediante procesos bioquímicos.



## 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua como recurso imprescindible para la vida en el planeta, se manifiesta clave para la supervivencia, el desarrollo y bienestar de los seres vivos como los ecosistemas. (Fernandez, 2012). La escasez de agua es un problema inexorablemente exacerbado por las condiciones de cambio climático y el acelerado crecimiento demográfico (FAO, 2023).

La SUNASS, (2022) evaluó el estado actual de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en Perú para identificar deficiencias y proponer mejoras, se recopiló información sobre infraestructura, operación, mantenimiento y eficiencia del tratamiento a través de formatos enviados por las empresas prestadoras entre 2020 y 2021. Además, se realizaron visitas de campo para verificar 175 PTAR y 27 PTAR de forma remota, en 36 empresas prestadoras. Los resultados muestran que de las 202 PTAR reportadas, 171 estaban operativas, 27 paralizadas y 4 en construcción. Además, se identificaron 89 localidades administradas por EPS sin PTAR y se evidenciaron desafíos en el marco normativo, diseño, construcción, operación y mantenimiento de las PTAR.

El lago Titicaca enfrenta una grave contaminación (Ocola & Laqui, 2017), identificaron 840 fuentes contaminantes, incluyendo 562 pasivos ambientales mineros (áreas afectadas por la minería) y 119 vertimientos de aguas residuales municipales. La minería ilegal e informal, la agricultura y la ganadería también contribuyen a la contaminación. La falta de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) agrava el problema, con 23.690.229,90 m<sup>3</sup> de aguas residuales y 132.654 toneladas de basura sin tratamiento que son vertidas anualmente por los centros urbanos.

Entonces, el tratamiento inadecuado de las aguas residuales puede provocar enfermedades y causar problemas ambientales, ya que estas aguas transportan patógenos.



En la actualidad, la PTAR de Orurillo no realiza monitoreos de mediciones de contaminantes desde que inició su operación. La infraestructura existente evidencia problemas como falta de mantenimiento en las unidades de tratamiento, enfrentando ante la salud de la población y el deterioro del ecosistema. Aunque esta tecnología es prometedora, aún existen lagunas en el conocimiento sobre cómo maximizar su rendimiento bajo diferentes condiciones operativas y frente a diversos tipos de contaminantes.

El problema de investigación se enfoca en la remoción de carga orgánica de contaminantes en la PTAR Orurillo mediante la medición de parámetros físico-químicos, orgánicos y microbiológicos, como el estado de funcionamiento de la PTAR Orurillo. Estos parámetros servirán como indicadores clave para determinar la efectividad de las unidades de tratamiento en la remoción de diferentes tipos de contaminantes, lo cual es fundamental para optimizar el funcionamiento de la PTAR y garantizar el cumplimiento de las normativas ambientales vigentes. Los resultados llenaran un vacío del conocimiento en el porcentaje de remoción de contaminantes, permitiendo optimizar el tratamiento en filtros biológicos a más eficientes y sostenibles, contribuyendo a mejorar la calidad del agua y a mitigar los impactos ambientales.

En el año 2015, se puso en funcionamiento la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en el distrito de Orurillo, basada en tratamiento biológicos y encargado de la operación y mantenimiento a la asociación de usuarios del sistema de agua potable Orurillo (ASUSAP), mediante un convenio con la municipalidad distrital de Orurillo, con el propósito de mejorar el tratamiento de aguas residuales, prevenir así enfermedades y contaminación ambiental. A años anteriores, el tratamiento de agua residual se realizaba mediante lagunas de oxidación, pero la Autoridad Nacional del Agua (ANA), a través de la R.D. N°567-2015-ANA-AAA.TIT, sancionó a la municipalidad de



Orurillo con una multa de 10.1 unidades impositivas tributarias (UIT) por vertimiento de aguas residuales sin tratamiento a la laguna Orurillo, incumpliendo la Ley de Recursos Hídricos.

En ese sentido, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y las directrices de la organización para la cooperación y el desarrollo económicos (OCDE) impulsando el uso de la economía circular para tratar el agua residual como un recurso valioso y reducir la contaminación. Este enfoque incluye la financiación de plantas de tratamiento avanzadas y sostenibles en países en desarrollo. Estas plantas no solo tienen como objetivo mejorar la salud pública y reducir la pobreza, sino también promover un desarrollo económico responsable mediante la recuperación de nutrientes y energía del agua residual (ONU, 2021).

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema General**

¿Cuál es la remoción de carga orgánica de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas servidas con la utilización del filtro biológico de Orurillo – Melgar 2024?

### **1.2.2. Problemas específicos**

¿Cuáles son las concentraciones de los parámetros DBO<sub>5</sub>, DQO, sólidos suspendidos totales, coliformes termotolerantes y aceites y grasas en la planta de tratamiento de aguas residuales de Orurillo-Melgar?

¿Cuál es la remoción de contaminantes en las unidades de proceso de tratamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de Orurillo-Melgar?



### **1.3. HIPÓTESIS**

#### **1.3.1. Hipótesis general**

La remoción de carga orgánica de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas servidas, presenta una remoción inferior al rango de 50 a 90% establecido en el reglamento nacional de edificaciones – Norma OS.090.

#### **1.3.2. Hipótesis específicas**

La concentración de los parámetros DBO<sub>5</sub>, DQO, sólidos suspendidos totales, coliformes termotolerantes y aceites y grasas determinan directamente en la remoción de la planta de tratamiento de aguas residuales de Orurillo se encuentran por encima de los límites máximos permisibles del D.S. N° 003-2010-MINAM.

La remoción de contaminantes en las unidades de proceso de tratamiento, tienden a ser deficientes ya que no alcanzan el porcentaje de remoción del 50% en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Orurillo-Melgar.

### **1.4. JUSTIFICACION**

El proyecto de investigación se originó debido a la falta de monitoreo en la planta de tratamiento de aguas residuales de Orurillo. Esta ausencia de control implica un desconocimiento sobre el tipo de vertidos que se realizan al cuerpo receptor, lo cual representa un riesgo tanto para la salud pública como para el medio ambiente. La planta de tratamiento de aguas residuales de Orurillo utiliza un sistema de tratamiento biológico con un sedimentador horizontal y cuatro filtros biológicos. Este tipo de tecnología, según la normativa OS. 090, debe ser



capaz de remover entre el 50% y el 90% de la materia orgánica del agua, siendo especialmente adecuada para poblaciones pequeñas. (MVCS M. , 2009)

En el ámbito social, la evaluación de la información disponible contribuye a mejorar la remoción de contaminantes en el tratamiento primario y secundario de aguas residuales de Orurillo. Esto permitirá ampliar los conocimientos sobre el tratamiento de aguas residuales con filtro biológico y tener una base de resultados del tratamiento, facilitando a las autoridades pertinentes la implementación de una gestión adecuada. Además, la investigación proporciona a la población de Orurillo información sobre la calidad del efluente al cuerpo receptor, fomentando así la participación comunitaria en la gestión de las aguas residuales.

Las aguas residuales sin tratamiento adecuado pueden dañar los cuerpos de agua y ecosistemas cercanos. Evaluar la remoción del tratamiento permite minimizar estos impactos y proteger el medio ambiente. Este estudio busca crear conciencia sobre los efectos negativos de un tratamiento inadecuado de la PTAR Orurillo, promoviendo prácticas sostenibles y contribuyendo a la planificación responsable del agua.

## **1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION**

### **1.5.1. Objetivo General**

Determinar la remoción de carga orgánica de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas servidas con la utilización del filtro biológico de Orurillo-Melgar.



### **1.5.2. Objetivos Específicos**

Evaluar la concentración de los parámetros  $DBO_5$ , DQO, sólidos suspendidos totales, coliformes termotolerantes y aceites y grasas de la planta de tratamiento de aguas residuales de Orurillo-Melgar

Evaluar la remoción de contaminantes en las unidades de proceso de tratamiento (sedimentador horizontal y filtro biológico) de la planta de tratamiento de aguas residuales de Orurillo-Melgar.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES

##### 2.1.1. Internacional.

Según Galindo et al., (2016) evaluaron la eficiencia de un filtro biológico a escala piloto que utilizaba conchas marinas (Arca zebra) como material de soporte para el tratamiento de aguas residuales municipales (ARM). El estudio se realizó en las instalaciones del Centro de Investigaciones del Agua (CIA) de la Universidad del Zulia (LUZ), en Maracaibo, Venezuela. La metodología incluyó la caracterización de las conchas marinas, la puesta en marcha del filtro biológico y la evaluación de su rendimiento bajo diferentes tiempos de retención hidráulicos (TRH). Se midieron parámetros como pH, alcalinidad, temperatura, demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), sólidos suspendidos y coliformes.

Los resultados mostraron que el filtro biológico con conchas marinas logró remociones satisfactorias de materia orgánica, sólidos suspendidos y coliformes, especialmente en TRH específicos. Las mayores eficiencias de remoción de DQO total, DQO soluble y DBO<sub>5</sub>. El estudio concluye que las conchas marinas (Arca zebra) son un material de soporte adecuado para filtros biológicos en el tratamiento de aguas residuales municipales, ofreciendo una alternativa de bajo costo y sostenible para la depuración de aguas residuales en zonas costeras

Por otro lado, Cárdenas et al., (2017) en su investigación evaluaron la diferencia en la eficiencia de remoción de materia orgánica entre un material



sintético de polipropileno y un material convencional (rocas) en términos de DBO<sub>5</sub>, DQO y sólidos volátiles. El estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Sanitaria de la Universidad Tecnológica de Panamá. La metodología empleada fue cuantitativa y cualitativa, con determinaciones de las características físicas, químicas y biológicas del agua residual tratada durante un período de 41 días. La muestra consistió en agua residual sintética dosificada a dos filtros biológicos a escala de laboratorio: uno con rocas basálticas y otro con un módulo de polipropileno. Los resultados mostraron que el material sintético de polipropileno fue más eficiente en la remoción de materia orgánica, con una eficiencia promedio de remoción de DBO<sub>5</sub> del 27.8% y de DQO del 17.1%, en comparación con las rocas, que mostraron una eficiencia del 18.1% y 10.7%, respectivamente.

Finalmente, el polipropileno es más efectivo para el tratamiento secundario de aguas residuales domésticas que las rocas, aunque la inversión inicial sea mayor, recomendándose investigaciones adicionales con otros materiales y períodos de prueba más largos.

Barría et al., (2017) en su investigación evaluaron la eficiencia de remoción de nitrato en aguas residuales mediante la utilización de un filtro biológico anóxico a escala de laboratorio compuesto por tusas de maíz. El estudio se llevó a cabo en el laboratorio de sanitaria de la Universidad Tecnológica de Panamá, desde agosto hasta octubre de 2016. Se diseñó un filtro biológico para operar en un ambiente anóxico, utilizando tres filtros con tusas de maíz de dos especies diferentes (A y B), tanto enteras como trituradas. Se recolectaron muestras de agua a la salida de cada filtro y se realizaron análisis microbiológicos, de sólidos, demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), conductividad, pH, oxígeno disuelto y nitrato. Los resultados mostraron



un comportamiento variable en los sólidos, mientras que la DQO se mantuvo estable y la DBO<sub>5</sub> fue mayor en el filtro. También presentó la mayor eficiencia de remoción de nitrato (>70%). El pH se mantuvo en un rango óptimo para la desnitrificación y los niveles de oxígeno disuelto, aunque no ideales, no afectaron la remoción de nitrato. Finalmente, el sistema demostró ser efectivo en la remoción de nitrato, especialmente en el filtro con tusas trituradas, y las tusas de maíz fueron una fuente adecuada de carbono y energía para los microorganismos responsables de la desnitrificación. Se recomienda el uso adicional de un filtro biológico de materia inerte para mejorar la eficiencia en la reducción de materia orgánica.

Fuentes & José, (2020) evaluaron la remoción de materia orgánica en el tratamiento de aguas residuales urbanas mediante un filtro biológico con lombrices californianas (*Eisenia foetida*) en un estudio de la Universidad de Pamplona, Colombia, realizado en 2019. El autor recopiló y analizó datos de múltiples estudios previos, evaluando la eficiencia de este método en la remoción de materia orgánica y otros contaminantes. Los resultados mostraron una eficiencia del 85-95% en la DQO y la DBO<sub>5</sub>, un 90-99% en coliformes fecales y totales, y un 93% en sólidos suspendidos totales y volátiles. Se concluye que el sistema de lombrifiltro es una tecnología eficiente y prometedora para el tratamiento de aguas residuales urbanas, especialmente en áreas con recursos limitados, por ser ecológico, de bajo costo y fácil de operar, lo que lo convierte en una alternativa atractiva a los métodos convencionales de tratamiento de aguas residuales.

Pilco (2023), evaluó la planta de tratamiento en aguas residuales, monitoreando con diez repeticiones en “Artezón” Cantón Píllaro - Ecuador,



obtuvo resultados muy significativos obteniendo una remoción de contaminantes de DBO<sub>5</sub> 118 mg/L y DQO 236 mg/L y coliformes termotolerantes 22166 NMP/100 mg/l. Entonces así mismo, obtuvo una eficiencia de remoción de 89% en remoción de coliformes termotolerantes. Finalmente, los parámetros evaluados en la planta de tratamiento de aguas residuales no sobrepasan lo establecido en las normativas.

### **2.1.2. Nacional**

Blas, (2018) determinó mejorar la eficiencia del sistema de tanque séptico y filtro biológico en el tratamiento de aguas residuales en la localidad de Jivia, Huánuco, Perú. El estudio se realizó en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Jivia, donde se tomaron muestras de agua en tres puntos: entrada al tanque séptico (afluente), salida del tanque séptico (efluente) y salida del filtro biológico (efluente). Se realizaron tres tomas de muestras en diferentes fechas, y en cada punto y fecha se analizaron los sólidos totales en suspensión (SST) y la demanda bioquímica de oxígeno a 5 días (DBO<sub>5</sub>).

Los resultados mostraron que, en general, hubo una disminución en la concentración de SST y DBO<sub>5</sub> a medida que el agua pasaba por el tanque séptico y el filtro biológico, indicando que el sistema de tratamiento fue efectivo en la remoción de materia orgánica. Sin embargo, se observó que la eficiencia del filtro biológico en la remoción de DBO<sub>5</sub> fue menor durante la Toma II (verano), posiblemente debido a la menor carga hidráulica y a la falta de circulación continua de agua residual. En la Toma I, la remoción de SST fue del 44.4% en el tanque séptico y del 30.8% adicional en el filtro biológico, mientras que la remoción de DBO<sub>5</sub> fue del 88.0% en el tanque séptico y del 43.2% adicional en el



filtro biológico. En la Toma II, la remoción de SST fue del 54.3% en el tanque séptico y del 33.3% adicional en el filtro biológico, mientras que la remoción de DBO<sub>5</sub> fue del 51.6% en el tanque séptico y no hubo remoción adicional en el filtro biológico. En la Toma III, la remoción de SST fue del 58.01% en el tanque séptico y del 9.9% adicional en el filtro biológico, mientras que la remoción de DBO<sub>5</sub> fue del 87.6% en el tanque séptico y del 40.7% adicional en el filtro biológico.

Jaramillo & Paredes, (2019) realizaron la evaluación de la eficiencia de un sistema de dos filtros percoladores en serie para el tratamiento de aguas residuales domésticas en la urbanización Santa Lucía, Morales, ubicada en el Distrito de Morales, San Martín. La metodología incluyó el diseño y construcción de filtros prismáticos con bases hexagonales de 0.14 m de lado y caras laterales rectangulares de 1.30 m de altura, utilizando vidrio de 6 mm en las paredes y 8 mm en la base. Se evaluaron parámetros como DBO<sub>5</sub>, DQO, temperatura, pH y SST durante un ensayo de 40 días, donde se observó una disminución significativa de DBO<sub>5</sub>, DQO y SST con coeficientes de correlación negativos de -0.87, -0.80 y -0.77, respectivamente. Al finalizar el estudio, se alcanzó una eficiencia del 98.12% para DBO<sub>5</sub>, 96.36% para DQO y 95.76% para SST, concluyendo que los filtros percoladores son efectivos para el tratamiento de aguas residuales domésticas en este contexto.

Ccente & Huallani, (2021) evaluaron la eficiencia en la remoción de filtro biológico, en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y la demanda química de oxígeno (DQO) en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) con un sistema de filtro percolador en el distrito de Paucará, Huancavelica. La metodología empleada fue de tipo aplicada, con un nivel descriptivo y un diseño no experimental. Se recolectaron un total de 42 muestras para DBO<sub>5</sub> (21 en el



afluente y 21 en el efluente) y 10 muestras para DQO (5 en el afluente y 5 en el efluente). Se determinó que la eficiencia de remoción de DBO<sub>5</sub> y DQO fue del 51.34% y 51.05%, respectivamente. Las concentraciones encontradas en el efluente fueron de 72 mg/l para DBO y 165 mg/l para DQO, con un pH de 7.3 y temperatura de 11.8°C. Estos resultados demostraron que la PTAR cumplió con los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM para DBO<sub>5</sub> y DQO, así como para pH y temperatura, indicando que el efluente es adecuado para su descarga en el cuerpo receptor.

### **2.1.3. Regional**

Apaza, (2021) evaluó la eficiencia de los tratamientos biológicos en la remoción de contaminantes de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de San José, provincia de Azángaro. La metodología empleada se basó en un enfoque no experimental y aplicativo, lo que significa que no hubo manipulación de variables y que los resultados tienen una aplicación práctica directa empleada en la toma de muestras de agua residual en diferentes puntos de la PTAR: ingreso a la cámara de rejillas (afluente de la PTAR), salida de la cámara de rejillas, salida de la trampa de grasas, salida del sedimentador primario 1, salida del sedimentador primario 2, salida de los filtros de arena y grava, salida de los filtros percoladores y salida de los humedales artificiales (efluente de la PTAR). Se realizaron análisis físico-químicos y bacteriológicos de aceites y grasas, coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), demanda química de oxígeno (DQO), potencial de hidrógeno (pH), sólidos suspendidos totales (SST) y temperatura.



Los resultados obtenidos indican que los tratamientos biológicos de la PTAR San José lograron una remoción de contaminantes del 94.4% en aceites y grasas, 34.71% en DBO<sub>5</sub>, 34.32% en DQO, 34.02% en SST y 99.11% en coliformes termotolerantes. La investigación concluye que la PTAR San José presenta una mayor eficiencia en la remoción de aceites y grasas y coliformes termotolerantes, pero una menor eficiencia en la remoción de DBO<sub>5</sub> y DQO, lo cual se atribuye principalmente al bajo rendimiento del filtro percolador, que es el componente con la eficiencia más baja de todo el sistema de tratamiento.

Castro, (2023) determino la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) del distrito de Caminaca en el año 2022. El estudio se llevó a cabo en la PTAR de Caminaca, ubicada en la provincia de Azángaro. La metodología empleada consistió en la toma de muestras de agua en diferentes puntos de la planta de tratamiento, siguiendo el “Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales” y los “Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y aguas residuales”. Se realizaron tres muestreos en los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2022.

Los resultados obtenidos mostraron una reducción significativa en las concentraciones de los parámetros analizados desde la entrada de la planta hasta la salida del efluente: la DBO<sub>5</sub> disminuyó de 565.17 mg/L a 90.63 mg/L (83.96% de eficiencia), la DQO se redujo de 966.13 mg/L a 179.10 mg/L (81.46% de eficiencia), los Coliformes Termotolerantes se redujeron drásticamente de 26,400,000 NMP/100 mL a 9.77 NMP/100 mL (99.99% de eficiencia), los Sólidos Totales en Suspensión disminuyeron de 513.33 mg/L a 43.53 mg/L (91.52% de eficiencia) y los Aceites y Grasas se redujeron de 33.60 mg/L a 2.63 mg/L



(92.16% de eficiencia). La carga patógena en la planta de tratamiento no está determinada principalmente por la cantidad de carga orgánica.

La DBO<sub>5</sub> y la DQO explican solo un 53.5% y un 49.5% de la variación en los coliformes termotolerantes, respectivamente. Sin embargo, la DBO<sub>5</sub> es un excelente predictor de la DQO en esta planta, explicando el 97.1% de su variabilidad. Finalmente, la planta de tratamiento de aguas residuales de Caminaca opera con una alta eficiencia en la remoción de carga orgánica y patógena, superando el 80% de eficiencia en la mayoría de los parámetros analizados y cumpliendo con los límites máximos permisibles establecidos por la normativa peruana.

Condori, (2023), evaluó la eficiencia del tratamiento de aguas residuales en las lagunas de oxidación facultativa del centro poblado de Sallaconi, Puno, en 2022. Se realizó un diagnóstico de la infraestructura y se evaluó la remoción de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Tipo de investigación, descriptiva, recolectando muestras sin alterar su composición para ser analizados, resultados mostraron que las lagunas se encontraban en mal estado, sin mantenimiento adecuado y con presencia de animales.

La eficiencia de remoción varió: la laguna 1 tuvo 58.3% de eficiencia en DBO y 82.95% en DQO, mientras que la laguna 2 tuvo 47.57% en DBO y 82.92% en DQO. Ambos casos no mostraron eficiencia en aceites y grasas, coliformes termotolerantes y sólidos totales en suspensión. Finalmente concluye que el sistema de tratamiento es deficiente y presenta un riesgo sanitario, destacando la necesidad de mejoras en el mantenimiento y la operación para cumplir con los límites máximos permisibles y garantizar la calidad del agua tratada.



Paucar, (2023) evaluó la eficiencia de la remoción de contaminantes en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del distrito de Ajoyani, Carabaya, en el año 2022. La metodología empleada fue cuantitativa y no experimental, analizando muestras de agua de cada proceso unitario de la PTAR. Los resultados revelaron eficiencias de remoción variables: 55.63% para sólidos totales, 49.21% para DBO, 56.88% para DQO, 11.23% para aceites y grasas, y un aumento preocupante de 110.53% en coliformes totales.

El pretratamiento, los filtros verticales y la nave de macrófitos fueron efectivos en la remoción de sólidos totales, mientras que el reactor biológico mostró mejor desempeño en la remoción de DBO y DQO. El sedimentador tuvo la menor eficiencia. A pesar de que el pH y la conductividad eléctrica cumplieron con los estándares de calidad, la PTAR no logró la eficiencia deseada en la remoción de contaminantes, incumpliendo normativas. En base a esto, se propuso una mejora en la planta que incluyó cámara de rejillas, desarenador, tanque Imhoff, filtro percolador/biológico, lagunas facultativas, cámara de contacto de cloro y lecho de secados, para cumplir con los requisitos legales y garantizar un tratamiento de aguas residuales más efectivo.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. Principio de funcionamiento de lechos bacterianos**

Los lechos bacterianos, también conocidos como filtros percoladores, filtros bacterianos o biológicos, funcionan distribuyendo agua pretratada sobre un material poroso que alberga una comunidad de microorganismos. Estos microorganismos se adhieren al material y forman una biopelícula de entre 0,1 y 2 mm de espesor (Trapote, 2011).



La materia orgánica del agua residual es degradada por estos microorganismos. En las capas externas de la biopelícula, donde hay más oxígeno, los microorganismos aeróbicos descomponen la materia orgánica. A medida que la biopelícula crece, las capas más profundas se vuelven anaeróbicas, creando un ambiente con diferentes condiciones a lo largo de su espesor (Trapote, 2011).

### **2.2.2. Aguas servidas**

Según la definición de la OMS (2024), Las aguas servidas se refiere a aquella que ha sido contaminada por el uso humano, tanto doméstico, municipal, industrial como agrícola. Esta agua puede contener una variedad de contaminantes como sólidos suspendidos, materia orgánica, nutrientes, patógenos y productos químicos.

Según Paucar & Iturregui, (2020) define a las aguas servidas domésticas como aquellas originadas en las actividades diarias humanas, provenientes de viviendas y establecimientos comerciales, así como aguas usadas en procesos domésticos e industriales de transformación y limpieza. Además, las aguas residuales, al estar contaminadas, pierden su potabilidad y aptitud para diversas actividades. El agua contaminada es aquella cuyas características químicas, físicas o biológicas han sido alteradas, impidiendo su uso para consumo o en distintas actividades.

Para la (OEFA, Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2014), las aguas residuales o servidas, son aguas que han sido alteradas por actividades humanas y que, debido a su estado, deben ser tratadas antes de poder ser reutilizadas, devueltas a un cuerpo receptor de agua natural o enviadas al sistema de alcantarillado.



### **2.2.3. Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR)**

Guevarra & Ramos, (2018) en el estudio de tratamiento de Aguas Residuales implica el uso de métodos físicos, químicos y biológicos para reducir o eliminar la contaminación en diversos tipos de agua. Las (PTAR) están diseñadas para purificar el agua, haciéndola segura para su descarga en ríos u otros cuerpos de agua, o para su reutilización en actividades que no impliquen consumo humano. En el contexto del agua urbana, el proceso de tratamiento generalmente se lleva a cabo en varias etapas: pretratamiento, tratamiento primario, secundario y terciario.

### **2.2.4. Tratamientos en una PTAR**

Guevara & Ramos, (2018) consideran el proceso de limpieza de aguas residuales en una PTAR combina métodos físicos, biológicos y químicos para eliminar la mayor cantidad posible de contaminantes, asegurando que el agua tratada cumpla con los límites Máximos Permisibles legales y pueda ser devuelta a los ríos o al medio ambiente sin causar daño. Este proceso se divide en dos partes principales: el tratamiento del agua, que aplica diferentes técnicas para reducir los contaminantes presentes en el agua residual, y el tratamiento de lodos, que gestiona los residuos sólidos (lodos) generados durante el tratamiento del agua. En obtener agua limpia y segura para el medio ambiente.

Según la SUNASS, (2022), el tratamiento de aguas residuales es esencial para mejorar el saneamiento en Perú, abordando la falta de infraestructura y los altos costos operativos que dificultan su acceso. Este tratamiento es crucial para prevenir la contaminación del agua y proteger la salud de las personas, evitando la descarga de aguas sin tratar y el riego con aguas contaminadas. Aunque las



lagunas de estabilización, tecnología común en Perú, son económicas, su mantenimiento a menudo se descuida, afectando la eficiencia. La legislación peruana promueve la reutilización del agua tratada y el aprovechamiento de subproductos como biosólidos y biogás, fomentando un modelo de economía circular. No obstante, cumplir con los (LMP) y los (ECA). Además, es fundamental mejorar la seguridad en las plantas de tratamiento, capacitando al personal y previniendo riesgos. En definitiva, el TAR es clave para un futuro sostenible en el sector de saneamiento en Perú, lo que requiere inversión, avances tecnológicos y una gestión integral de las aguas residuales.

Trapote, (2011), el tratamiento de aguas residuales busca acelerar la autodepuración natural de los cuerpos de agua receptores en un espacio y tiempo reducidos, para que el efluente final no dañe el medio ambiente. Esto implica una serie de procesos, mecanismos e instalaciones diseñados para eliminar contaminantes y proteger la calidad de las masas de agua receptoras, complementa esta definición, estableciendo que los objetivos principales del tratamiento de aguas residuales son: minimizar la carga orgánica, medida como  $DBO_5$  o DQO; remover o reducir nutrientes como nitrógeno y fósforo para evitar la eutrofización de las aguas receptoras; y eliminar o inactivar organismos patógenos, incluyendo parásitos.

SINIA, (2015) define los sistemas de tratamiento de aguas residuales como un conjunto de operaciones y procesos físicos, químicos y biológicos diseñados para purificar las aguas residuales hasta un nivel que permita su disposición final segura o su reutilización.



## **2.2.5. Clasificación de aguas residuales**

Para el OEFA, (2014) para ser adecuadamente gestionadas, las aguas residuales necesitan un tratamiento previo antes de ser reutilizadas, vertidas en un cuerpo receptor o descargadas en sistemas de alcantarillado. las aguas residuales se clasifican en:

### **2.2.5.1. Aguas residuales domésticas**

Son aguas de origen residencial y comercial que contienen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana. Requieren adecuada disposición.

### **2.2.5.2. Aguas residuales municipales**

Son aguas residuales domésticas que pueden estar mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales industriales previamente tratadas, para ser admitidas en sistemas de alcantarillado combinado.

### **2.2.5.3. Aguas residuales industriales**

Son aquellas que resultan del desarrollo de un proceso productivo, incluyendo las provenientes de actividades como la minería, agricultura, energética y agroindustrial.

## **2.2.6. Características físicas de aguas residuales**

### **2.2.6.1. Sólidos suspendidos totales (SST)**

Son partículas sólidas en suspensión en el agua residual, que pueden ser atrapadas al pasar la muestra por un filtro con un tamaño de poro específico. Estos sólidos pueden ser de origen orgánico, como restos



de alimentos y materia vegetal o animal en descomposición, o inorgánico, como arena, arcilla y minerales. Los SST son un indicador crucial de la calidad del agua residual, ya que los niveles elevados pueden señalar contaminación, afectar negativamente la vida acuática, obstruir tuberías y complicar el tratamiento del agua. La evaluación de los SST es esencial para medir la efectividad de los procesos de eliminación de sólidos y ajustar las operaciones para cumplir con los estándares de calidad del agua. Las aguas residuales con altos niveles de SST pueden tener un impacto ambiental significativo, causando turbidez y reduciendo la penetración de luz en los cuerpos de agua, lo que afecta la fotosíntesis y la vida acuática (Romero, 2016)

#### **2.2.6.2. Turbidez**

Según Guevara & Ramos, (2018) la turbidez es una medida de la opacidad del agua causada por la presencia de materiales suspendidos, desde partículas diminutas hasta más grandes. Esta característica óptica se ve afectada por diversos factores como detergentes, materia orgánica, plancton y otros organismos. La turbidez se mide en unidades nefelométricas de turbidez (NTU) y es un indicador importante en el tratamiento del agua, ya que influye en la filtración, coagulación y desinfección. Niveles altos de turbidez pueden dificultar la desinfección y favorecer el crecimiento bacteriano, especialmente en aguas residuales donde los valores pueden oscilar entre 100 y 150 NTU.



### **2.2.6.3. Temperatura**

En aguas residuales, la temperatura es un parámetro clave que influye en sus características y en el proceso de disposición final. Afecta la vida acuática, las concentraciones de oxígeno disuelto, la rapidez de las reacciones químicas y la actividad bacteriana. La temperatura óptima para la actividad bacteriana es de 25°C a 35°C (Romero, 2016)

Zhen, (2009) advierte que las descargas de agua caliente pueden dañar la vida acuática y alterar las condiciones químicas del agua y destaca la importancia de la temperatura en la medición de parámetros como la alcalinidad y la conductividad, y cómo afecta la solubilidad de sólidos y gases en el agua.

### **2.2.6.4. Conductividad eléctrica**

La conductividad eléctrica del agua, medida en micro Siemens por litro ( $\mu\text{S/L}$ ), revela la cantidad de sales disueltas, siendo un indicador indirecto de la concentración total de sólidos disueltos. Esta propiedad se determina midiendo la resistencia del agua en ohmios o megaohmios, ya que la conductividad es inversamente proporcional a la resistencia específica (Espinoza, Catillo, & Rovira, 2014).

### **2.2.6.5. Potencial de hidrógeno (pH)**

Determina su acidez o alcalinidad, depende de la actividad de los iones de hidrógeno a una temperatura específica. En ríos no contaminados, el pH suele oscilar entre 6.5 y 8.5, un rango propicio para la vida acuática y el intercambio de dióxido de carbono (Zhen, 2009).



El (pH) es una medida que indica el nivel de acidez o alcalinidad de una solución. Se expresa como el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno ( $H^+$ ). Este concepto fue introducido por el químico danés Søren Peter Lauritz Sørensen en 1909. El pH se utiliza para saber si una sustancia es ácida (pH menor a 7), neutra (pH de 7) o alcalina (pH mayor a 7). El valor de pH está determinado por la concentración de iones de hidrógeno libres, y pequeños cambios en esta concentración pueden tener efectos significativos en los procesos biológicos un pH ácido puede dificultar la degradación biológica y afectar la viabilidad de los microorganismos. (Potencial de hidrogeniones - pH, 2013)

## **2.2.7. Características químicas de las aguas residuales**

### **2.2.7.1. Demanda bioquímica de oxígeno DBO<sub>5</sub>**

Marsilli, (2005) explica que la DBO<sub>5</sub> se determina midiendo la diferencia en la concentración de oxígeno de una muestra de agua antes y después de un período de incubación de 5 días a 20°C, reflejando así el oxígeno consumido por los microorganismos para degradar la materia orgánica.

Una DBO<sub>5</sub> elevada en aguas residuales no tratadas, como indican (Lecca & Liza, 2014) puede causar graves problemas ambientales, como la pérdida de calidad del agua, aumento del pH y la desaparición de flora y fauna acuática. (Osorio & Peña, 2000) añaden que la prueba de DBO<sub>5</sub> a 5 días, se desarrolló originalmente para evaluar el impacto ambiental de

las descargas de aguas residuales en el oxígeno disuelto de los cuerpos de agua receptores.

Romero, (2016) la  $DBO_5$  es la cantidad de oxígeno que los microorganismos necesitan para descomponer la materia orgánica biodegradable en condiciones aeróbicas a  $20^{\circ}C$  durante 5 días. Este parámetro, expresado en mg/l, es esencial para evaluar la calidad del agua, diseñar sistemas de tratamiento biológico, medir su eficiencia y establecer límites de carga orgánica en cuerpos receptores.

#### **2.2.7.2. Demanda química de oxígeno DQO**

Romero, (2016) es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica presente en una muestra de agua. Este proceso se lleva a cabo utilizando un oxidante fuerte, como el dicromato de potasio, en condiciones ácidas y a alta temperatura. En algunos casos, se requiere un catalizador como el sulfato de plata para oxidar compuestos orgánicos más resistentes. La DQO es especialmente útil para evaluar la concentración de materia orgánica en aguas residuales industriales y municipales que son tóxicas para la vida biológica, y su determinación puede completarse en tan solo tres horas.

Espigares & Perez, (2002) señalan que la DQO siempre superará a la DBO, dado que existen más sustancias susceptibles de oxidación química que biológica. (Posada, Mosquera, & Villegas, 2007) comparan la DQO con el alimento para microorganismos en un tratamiento biológico, donde estos transforman la contaminación del agua en energía para su propio metabolismo. Para medir la DQO, se emplea dicromato de



potasio en condiciones ácidas para oxidar todos los compuestos oxidables. En términos técnicos, la DQO representa la cantidad de oxígeno consumido químicamente por los compuestos del agua residual mediante reacciones de oxidación-reducción (UPO, 2005)

### **2.2.7.3. Aceites y grasas.**

Los aceites y grasas, tanto de origen animal como vegetal, comparten una estructura molecular fundamental compuesta por alcoholes como la glicerina y ácidos grasos. Esta composición determina su estado físico a temperatura ambiente líquido o sólido y los convierte en componentes esenciales de muchos alimentos. Sin embargo, cuando estos compuestos se encuentran en aguas residuales, forman capas superficiales que dificultan el intercambio de gases y promueven el crecimiento de microorganismos, alterando así el equilibrio de los ecosistemas acuáticos (Molina, 2015). A pesar de su estabilidad, las grasas pueden descomponerse por acción de ácidos minerales, liberando glicerina y ácidos grasos, lo que implica un potencial impacto ambiental adicional.”

### **2.2.8. Características biológicas del agua residual**

Según Romero, (2016), el tratamiento de aguas residuales, las bacterias juegan un papel fundamental dentro del conjunto de microorganismos. Estas bacterias, capaces de manipular sustratos en solución, pueden ser clasificadas como heterótrofas o autótrofas, y en términos de su requerimiento de oxígeno, como aerobias, anaerobias o facultativas. Las aguas residuales contienen una amplia variedad de organismos vivos, lo que refleja su origen y los procesos a los



que han sido sometidas. Estas características biológicas son cruciales para evaluar la calidad del agua y los riesgos potenciales para la salud y el medio ambiente.

#### **2.2.8.1. Coliformes totales (CT)**

Lopez & Martin, (2015) indican que estas bacterias gran-negativas pertenecen a la familia Enterobacteriaceae y pueden fermentar la lactosa en 48 horas. Los géneros más destacados incluyen Klebsiella, Citrobacter, Escherichia y Enterobacter.

#### **2.2.8.2. Coliformes termotolerantes (CT)**

Romero, (2016), son un subgrupo de bacterias dentro de la familia de los coliformes totales. Se caracterizan por su capacidad de fermentar la lactosa a temperaturas elevadas, siendo su principal representante la Escherichiacoli. Esta bacteria, proveniente de materia fecal, ingresa a las aguas residuales a través de las heces (Lopez & Martin, 2015).

La detección de coliformes termotolerantes en el agua indica contaminación fecal, porque, aunque los patógenos son difíciles de aislar, los coliformes se detectan con mayor facilidad y su presencia puede señalar la posible existencia de patógenos (Romero, 2016)

Romero, (2016), indica que las bacterias coliformes son microorganismos en forma de bastón, gram-negativos, capaces de desarrollarse en ambientes con o sin oxígeno. Estos no producen esporas y pueden descomponer la lactosa, generando gas en un periodo de 48 horas a temperaturas de 35 a 37°C. Dentro de este grupo, Escherichia coli y el



grupo coli-aerogenes, que comprende *Escherichia* y *Aerobacter*, son los indicadores más frecuentes de contaminación fecal.

### **2.2.9. Tratamiento de aguas residuales**

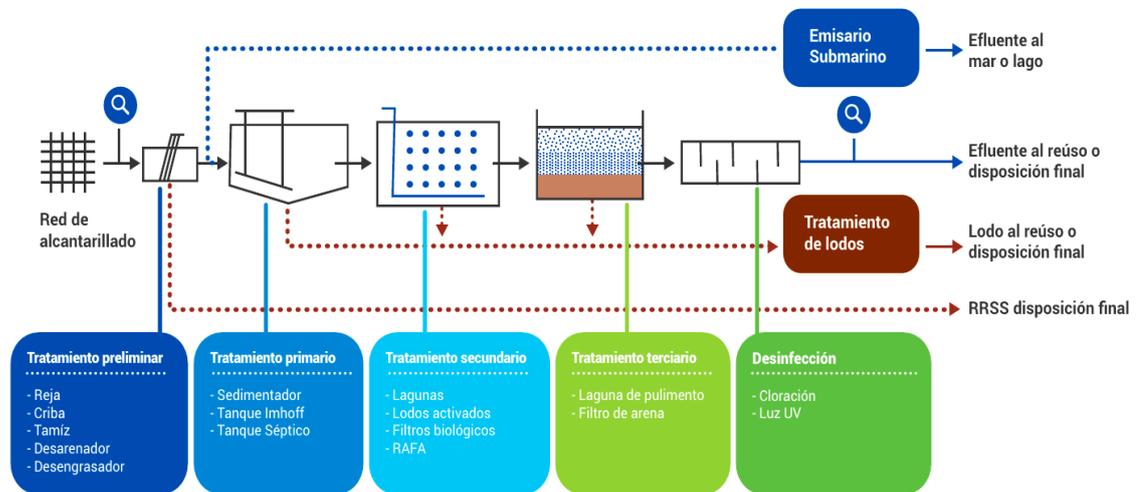
Según la SUNASS, (2022) evaluar las (PTAR) es un proceso crucial para asegurar su correcto funcionamiento y eficiencia en la remoción de contaminantes. La evaluación muestra desafíos significativos en cuanto al cumplimiento normativo, la infraestructura, tecnología, operación y mantenimiento. Algunas PTAR operan sin autorización, incumplen las normas de calidad del agua y utilizan tecnologías inadecuadas. Además, la operación y el mantenimiento se ven obstaculizados por la falta de personal capacitado. Sin embargo. El diagnóstico indica una necesidad de mejorar la infraestructura, la tecnología, la operación y el mantenimiento, para garantizar un tratamiento efectivo y proteger la salud pública y el medio ambiente.

#### **2.2.9.1. Línea de tratamiento de agua residual**

SUNASS, (2022) define la línea de agua de una PTAR como el conjunto de unidades por las que atraviesa el agua residual, desde su entrada en la planta, pasando por diversos tratamientos, hasta su descarga final en el cuerpo receptor. El sistema de tratamiento depende del uso que se le dará al efluente. Existen diversos procesos y operaciones para el tratamiento de aguas residuales, pueden clasificarse de la siguiente forma: pretratamiento, tratamiento primario, secundario, terciario o avanzado y desinfección.

**Figura 1**

*Línea de tratamiento del agua residual*



Nota: Esquema de tratamientos de aguas residuales en el Perú, SUNASS 2022

### 2.2.9.2. Pretratamiento o tratamiento preliminar

El pretratamiento busca acondicionar las aguas residuales para los procesos posteriores, protegiendo de erosiones y obstrucciones (Ricardo, 2010) Usualmente se utilizan métodos mecánicos, aunque a veces se combinan con químicos (Buenaño, 2015), Los equipos empleados incluyen rejas, tamices, desarenadores y desengrasadores.

El desbaste, que elimina sólidos grandes arrastrados por el agua, se realiza con rejas de barras metálicas espaciadas limpiadas mecánicamente (Fuentes & Betancourt, 2012)

El tamizado reduce sólidos en suspensión mediante filtración, existen tamices estáticos auto limpiantes barras horizontales de acero inoxidable, rotativos enrejado cilíndrico y deslizantes verticales y continuos. (Domínguez, 2015)



Prieto & Rodriguez, (2015) el cribado retiene sólidos con rejillas de aberturas uniformes, usualmente de hierro. Estas pueden ser de limpieza manual para caudales menores a 0.05 m<sup>3</sup>/s o mecánica para caudales mayores o iguales.

### **2.2.9.3. Tratamiento primario**

SINIA, (2015) indica en que el tratamiento primario de aguas residuales se enfoca en la separación física de sólidos suspendidos sedimentables, excluyendo coloides y sustancias disueltas. (Trapote, 2011) este proceso, comúnmente utilizado en zonas rurales (tanques sépticos) y localidades medianas (tanques Imhoff), logra remover entre el 60-70% de sólidos suspendidos totales y hasta un 30% de la DBO<sub>5</sub>.

Trapote, (2011) destaca que este tratamiento es especialmente relevante para separar sólidos industriales, que suelen ser coloidales o solubles y pueden inhibir la degradación biológica posterior. El rendimiento de este proceso varía, puede lograr una disminución de sólidos en suspensión de entre el 50% y el 70%, y una reducción (DBO) de entre el 25% y el 40%.

Tanto el tratamiento primario no elimina una gran cantidad de materia orgánica, SINIA, (2015) señala que sí reduce parte de la DBO suspendida asociada a los sólidos. Ambos autores concuerdan en que las operaciones más frecuentes en este tipo de tratamiento son:

**Cribado o Tamizado:** Se emplean rejillas o cribas para capturar sólidos de mayor tamaño, como trapos, plásticos, ramas y otros objetos que puedan dañar los equipos de la planta o interferir con el tratamiento.



Desarenado: En esta fase, se eliminan la arena y la grava reduciendo la velocidad del flujo de agua, lo que permite que estos materiales más pesados se sedimenten en el fondo del desarenador.

Desengrasado: Las grasas y aceites se separan a través de procesos físicos como la flotación, en los cuales las sustancias menos densas que el agua ascienden a la superficie y se eliminan.

Sedimentación Primaria: El agua residual se mueve lentamente por tanques de sedimentación, donde los sólidos suspendidos más pesados se depositan en el fondo por gravedad. Este proceso reduce considerablemente la cantidad de materia orgánica en el agua.

#### **2.2.9.4. Tratamiento secundario**

SINIA, (2015) el tratamiento secundario se basa en procesos biológicos dominados por reacciones bioquímicas, donde los microorganismos eliminan entre el 50% y el 95% de la DBO<sub>5</sub>. Los sistemas más comunes incluyen biofiltros, lodos activados y lagunas de estabilización.

SINIA, (2015) añade que el objetivo principal es eliminar la materia orgánica coloidal, y este tratamiento biológico incluye diversas unidades:

- Lodos activados: Se utilizan microorganismos
- Aeróbicos: Que necesitan oxígeno para descomponer la materia orgánica.



- Filtros Biológicos: El agua residual se filtra a través de un medio poroso donde los microorganismos se adhieren y descomponen la materia orgánica.
- Lagunas de estabilización: Son estanques donde el agua residual se trata de forma natural mediante la acción de bacterias y algas.

#### **2.2.9.5. Tratamiento terciario**

El tratamiento terciario de aguas residuales tiene como objetivo principal eliminar nutrientes como nitrógeno y fósforo para prevenir la eutrofización y proteger la vida acuática (SINIA, 2015). Este tratamiento avanzado también puede mejorar la eliminación de materia orgánica y sólidos suspendidos, adaptando la calidad del agua para diversos usos como riego agrícola y acuicultura (Trapote, 2011) Los procesos más comunes incluyen filtración, nitrificación, adsorción, intercambio iónico y ósmosis inversa, logrando altas tasas de eliminación de contaminantes es de 95-96% en la eliminación solidos suspendidos y de 95-98% en la de la DBO<sub>5</sub> (Trapote, 2011).

- Filtración: se utilizan filtros de arena, carbón activado o membranas para eliminar partículas finas y contaminantes disueltos.
- Precipitación química: se agregan productos químicos para formar precipitados con ciertos contaminantes, facilitando su eliminación.
- Intercambio iónico: se utilizan resinas para intercambiar iones específicos (como metales pesados) por iones inocuos.



- Adsorción: se emplea carbón activado u otros materiales para adsorber contaminantes orgánicos.
- Desinfección: se utilizan métodos como la cloración, la radiación ultravioleta (UV) o la ozonización para eliminar patógenos.
- Ósmosis inversa: Se utiliza la electrodiálisis o la oxidación avanzada, que pueden eliminar una amplia gama de contaminantes.

#### **2.2.9.6. Tratamientos biológicos**

Montiel, (2001) el tratamiento biológico de aguas residuales se basa en la acción de microorganismos que, al alimentarse de la materia orgánica y nutrientes presentes en el agua, la depuran. Estos procesos pueden ser aerobios (con oxígeno), anaerobios (sin oxígeno) o facultativos (con o sin oxígeno), y pueden llevarse a cabo en medios fijos o suspendidos. Esta diversidad de enfoques permite abordar prácticamente cualquier tipo de tratamiento biológico necesario.

#### **2.2.10. Procesos biológicos**

Los procesos biológicos se utilizan principalmente para tratar aguas residuales con alta carga orgánica biodegradable. Estos procesos aprovechan la capacidad de los microorganismos para descomponer la materia orgánica en suspensión remanente tras un tratamiento previo. El tipo de microorganismos y el mecanismo de degradación dependen de la composición del agua residual y de la presencia o ausencia de oxígeno. En un ambiente controlado, los microorganismos utilizan los compuestos orgánicos del agua residual como fuente de energía y



carbono, y su crecimiento depende de la disponibilidad de materia orgánica como sustrato (Montiel, 2001)

En el tratamiento biológico, la actividad biológica de microorganismos permite la eliminación de contaminantes, principalmente sustancias orgánicas biodegradables. Este proceso convierte los contaminantes en gases que se liberan a la atmósfera y en biomasa que se puede eliminar por sedimentación. Además, el tratamiento biológico se utiliza para remover nitrógeno y fósforo del agua residual (Romero, 2016)

Romero, (2016), explica que el tratamiento biológico, a través de la actividad de microorganismos, elimina contaminantes, principalmente sustancias orgánicas biodegradables, convirtiéndolos en gases y biomasa. Este tratamiento también se emplea para remover nitrógeno y fósforo del agua residual, describe tres procesos biológicos principales.

#### **2.2.10.1. Proceso aerobio**

Este proceso utiliza oxígeno libre como aceptor final de electrones, oxidando carbono y materia orgánica o inorgánica. Las bacterias, como Zooglea, ramigera, Pseudomonas, Flavobacterium y Alcaligenes, son cruciales en este proceso debido a su capacidad para oxidar materia orgánica y formar flóculos que facilitan su eliminación.

#### **2.2.10.2. Procesos anaerobios**

Define este proceso como la descomposición u oxidación de compuestos orgánicos sin oxígeno libre. Aunque menos eficiente en la producción de energía que el proceso aerobio, es fundamental en el



tratamiento de aguas residuales e incluye procesos como la desnitrificación de nitratos y fermentación. El proceso microbiano es complejo y se divide en dos etapas: fermentación de ácidos y fermentación de metano.

#### **2.2.10.3. Procesos anóxicos**

Describe la fermentación anóxica como un conjunto de reacciones donde nitrato o nitrito se reducen utilizando aceptores de electrones, en ausencia de oxígeno libre.

#### **2.2.10.4. Filtro biológico**

Los filtros biológicos representan un ingenioso método de tratamiento de agua que aprovecha la capacidad natural de las bacterias y otros microorganismos para eliminar contaminantes. Estos sistemas son ampliamente utilizados en el tratamiento de aguas residuales, tanto domésticas como industriales, con el objetivo de reducir la carga orgánica presente en ellas (Romero, 2016)

Su funcionamiento se basa en un lecho filtrante, compuesto por piedras o materiales naturales o sintéticos, sobre el cual se vierten las aguas residuales. A medida que el agua fluye a través del lecho, se propicia el desarrollo de microorganismos, formando una capa o película microbial sobre la superficie del material filtrante. Estos microorganismos actúan como depuradores biológicos, degradando la materia orgánica presente en el agua y transformándola en sustancias menos nocivas para el medio ambiente.



### **2.2.10.5. Tipos de filtros biológicos - percoladores**

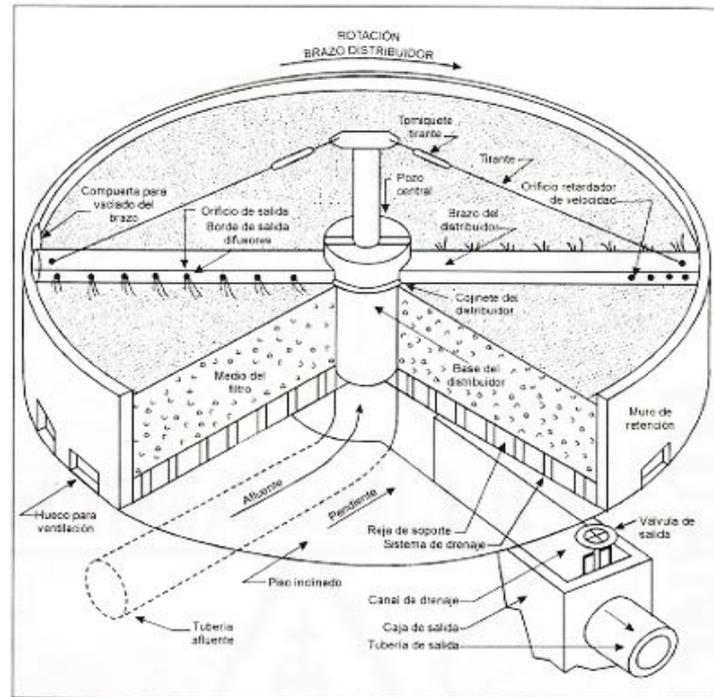
Uno de los tipos más comunes de filtros biológicos es el filtro percolador. En este sistema, las aguas residuales se distribuyen uniformemente sobre la superficie del lecho filtrante mediante un sistema de riego. El agua percola o se filtra a través del lecho, permitiendo un contacto íntimo entre el líquido y los microorganismos adheridos al material filtrante (Romero, 2016)

El lecho filtrante en un filtro percolador está compuesto por un medio altamente permeable, típicamente piedras de tamaño variable entre 2.5 y 10 cm. La profundidad del lecho puede variar según el diseño, pero generalmente oscila entre 1 y 2.5 metros, con un promedio de 1.8 metros. La forma del filtro suele ser circular, con un distribuidor rotatorio superficial que asegura una distribución uniforme del agua. También existen diseños rectangulares que utilizan tuberías fijas para la aplicación del agua.

Para la recolección del agua residual tratada y los sólidos biológicos desprendidos del lecho, cada filtro cuenta con un sistema de drenaje inferior.

**Figura 2**

*Esquema del filtro percolador o biológico*



Nota: fuente (Romero, 2016)

### 2.2.11. Ley N° 29338 Ley de Recursos Hídricos

Artículo 83°. Prohíbe el vertido de sustancias y residuos contaminantes en el agua y sus bienes asociados, especialmente aquellos que son tóxicos, persistentes y bioacumulativos.

### 2.2.12. Ley N° 28611 Ley General del Ambiente

Límite Máximo Permisible (LMP): Establece los límites máximos de concentración de elementos y sustancias en los efluentes (descargas) a cuerpos receptores. Exceder estos límites puede causar daños a la salud y al ambiente. El Ministerio del Ambiente y las entidades del Sistema Nacional de Gestión Ambiental supervisan y sancionan su incumplimiento.



Estándar de Calidad Ambiental (ECA): Define los niveles máximos de concentración de elementos y sustancias en el aire, agua o suelo que garantizan la salud humana y ambiental. Los ECA son obligatorios para los instrumentos de gestión ambiental.

### 2.2.13. Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM

Aprobación de Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de PTAR, según los parámetros que se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1**

*Parámetros establecidos como límites máximos permisibles.*

Parámetro	unidad	LMP
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	10,000
DBO <sub>5</sub>	mg/L	100
DQO	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
solidos suspendidos totales	mg/L	150
temperatura	°C	<35

Nota: parámetros aprobados según el decreto supremo N° 003-2010-MINAM

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

##### 3.1.1. Ubicación del área de estudio

La PTAR se encuentra en la localidad C.P. Santa Cruz del distrito de Orurillo, ubicada en la provincia de Melgar, departamento de Puno, en el sudeste Perú.

Coordenadas UTM:

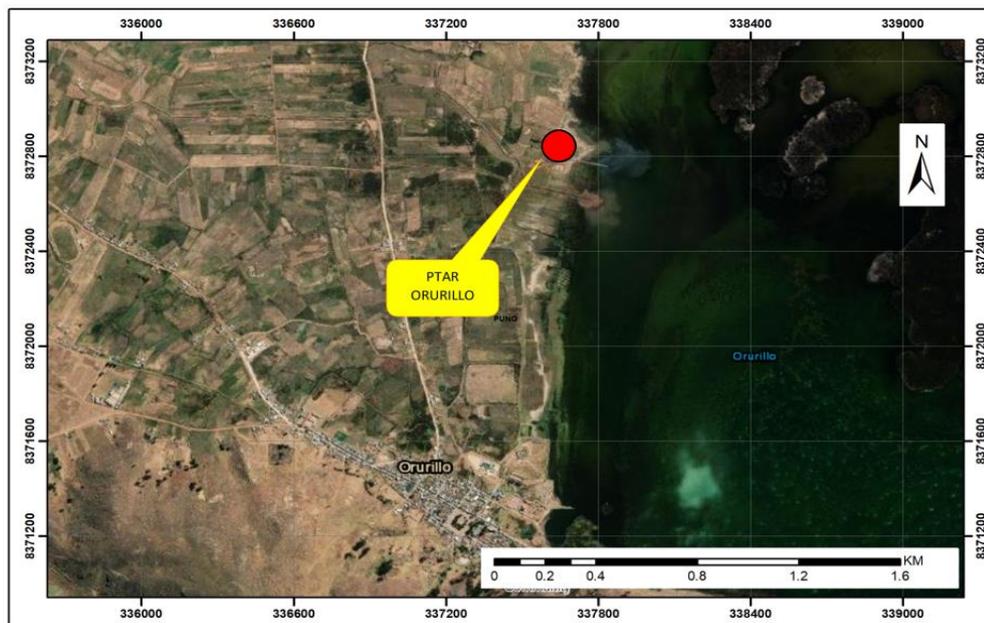
Este: 343636.00

Norte: 8371340.00

Altitud: 3890 m.s.n.m.

#### Figura 3

*Ubicación de la Planta de tratamiento de aguas residuales Orurillo.*



Nota: Localización satelital (Google Earth) de la PTAR del distrito de Orurillo.

### 3.1.2. Límites de la localidad de estudio

**Norte:** Distrito de Santa Rosa y Distrito de Macarí.

**Este:** Distrito de Nuñoa.

**Sur:** Distrito de Ayaviri.

**Oeste:** Distrito de Umachiri.

### 3.1.3. Componentes existentes y sus características que presentan la PTAR

#### Orurillo

**Tabla 2**

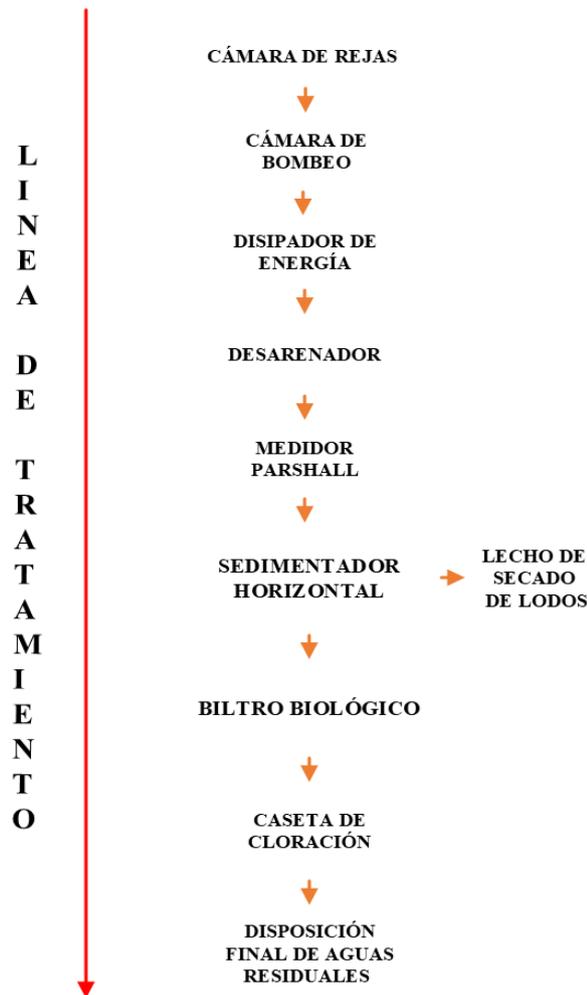
*Datos generales de la PTAR Orurillo.*

<b>Datos generales</b>	<b>Descripción</b>
Nombre de la PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - Orurillo.
Ubicación	Orurillo – Melgar - Puno.
Tipo de tratamiento	Procesos biológicos
Total, de usuarios	355 familias
Capacidad de diseño (L/s)	10.00
Año de construcción	2015
Última rehabilitación/mejora	-
Responsable de la operación	ASUSAP

Los problemas identificados incluyen filtros biológicos saturados, bombas y equipos oxidados, áreas inundadas debido a desbordamientos en la planta de bombeo. Esta situación conlleva riesgos ambientales, como la contaminación del suelo y de las fuentes de agua por fugas de aguas residuales. La infraestructura dañada y el abandono generalizado ponen de manifiesto la necesidad de intervenir a reparar y mejorar la infraestructura, con la finalidad de prevenir daños mayores al medio ambiente y proteger la salud pública.

**Figura 4**

*Esquema de los componentes existente de la PTAR Orurillo.*



Nota: Línea de tratamiento de aguas residual de la PTAR Orurillo.

### 3.1.3.1. Línea de tratamiento de la PTAR de Orurillo.

Se identificó el área de estudio y se verificaron cada uno de los componentes del sistema de la PTAR para describir las dimensiones y el funcionamiento de la línea de tratamiento.

### 3.1.3.2. Cámara de rejas

Es una estructura rectangular profunda utilizada en el pretratamiento, en el punto de entrega del emisor, se construyó una cámara de rejas para interceptar y retener desechos sólidos, que luego se trasladan al vertedero local. Esta cámara, instalada en un buzón de limpieza manual, está compuesta por platinas de acero inoxidable de 1 ½" x 3/8", separadas 3.0 cm y colocadas en un ángulo de 45°. Su función principal es la remoción de sólidos gruesos en el agua residual mediante rejas metálicas paralelas. El agua ingresa por gravedad y los sólidos mayores quedan retenidos, tal como se observa en la figura 5.

#### Figura 5

*Cámara de rejas de la PTAR Orurillo.*



Nota: La cámara de rejas es el ingreso a la cámara de bombeo en la PTAR Orurillo.

### 3.1.3.3. Cámara de bombeo

La planta de tratamiento cuenta con una estación de bombeo, instalada para impulsar las aguas residuales desde un punto bajo hasta otro más elevado. Esta estación incluye un pozo de bombeo donde se recolectan las aguas residuales, con bombas que las impulsan a través de tuberías de

impulsión. Además, el flujo del sistema es controlado y monitoreado desde una sala de máquinas que alberga los equipos para su operación. El diseño y la construcción del pozo rectangular tienen las siguientes dimensiones: largo = 4.00 m, ancho = 3.50 m y altura = 8.00 m. en la figura 6.

### **Figura 6**

*Cámara de bombeo de la PTAR Orurillo.*



Nota: La cámara de bombeo de la PTAR Orurillo es considerado como pretratamiento.

### 3.1.3.4. Disipador de energía y desarenador

**Figura 7**

*Disipador de energía de la PTAR Orurillo*



En la figura 7 el disipador de energía y desarenador de la planta de tratamiento de Orurillo está diseñado para reducir la velocidad del agua y eliminar las partículas de arena y grava que transporta. El agua ingresa a la estructura a través de un canal de entrada y luego fluye a través de una serie de compuertas y canales que disipan su energía. A medida que el agua se ralentiza, las partículas de arena y grava se depositan en el fondo de la estructura, donde se pueden eliminar. Dimensiones del desarenador: largo = 5.00 m, ancho = 1.85 m y altura = 1.60 m.

### 3.1.3.5. Medidor parshall

El medidor Parshall de la PTAR Orurillo es una estructura hidráulica, que mide el flujo de agua en canales abiertos. Consta de una entrada convergente, una garganta estrecha de 0.15m de garganta, una salida divergente y una regla graduada para medir la altura del agua en la garganta. Dimensiones del desarenador se estima: largo = 2.5 m, ancho = 0.5 m y altura = 1.40 m en la figura 8.

#### Figura 8

*Medidor Parshall de la PTAR Orurillo.*



### 3.1.3.6. Sedimentador Horizontal

El sedimentador horizontal está diseñado para separar y recolectar los lodos presentes en las aguas residuales. Cuenta con dos unidades para asegurar un funcionamiento continuo. El flujo de agua se controla mediante compuertas metálicas y se distribuye uniformemente gracias a

una pantalla cribada de policarbonato. Los lodos sedimentados se acumulan en tolvas y son luego transportados a través de tuberías de PVC hacia áreas de secado. El agua restante, se dirige a los pozos de percolación. Dimensiones que se estima: largo = 11.00 m, ancho = 3.60 m y altura = 1.75 m en la figura 9.

### Figura 9

*Sedimentador horizontal de la PTAR Orurillo.*



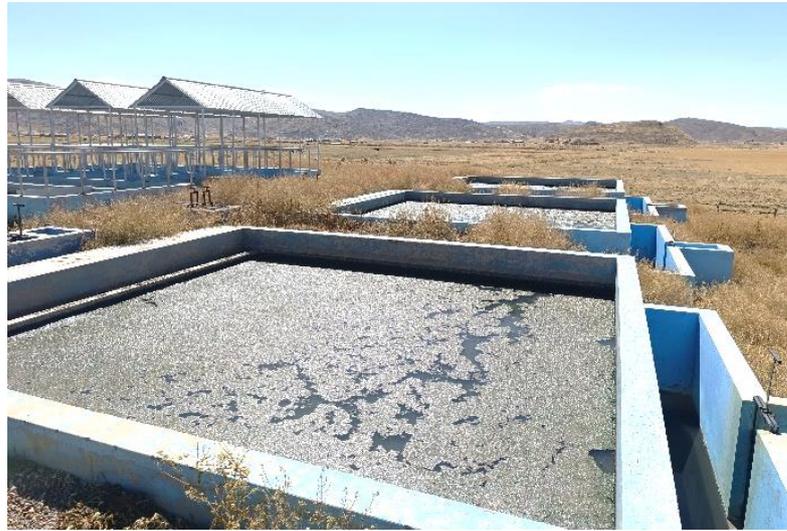
Nota: Sedimentador Horizontal, como tratamiento secundario de la PTAR Orurillo.

#### 3.1.3.7. Filtro Biológico

El sistema de tratamiento utiliza un medio filtrante sólido con lechos de grava y arena gruesa, distribuidos en 4 módulos. Este sistema alberga una biopelícula de microorganismos que percolan a través de él. A medida que el agua fluye, los microorganismos en la biopelícula descomponen la materia orgánica presente, mejorando la calidad del agua. Dimensiones que se estima: largo = 7.00 m, ancho = 5.80 m y altura = 2.50 m en la figura 10.

### Figura 10

*Filtro Biológico de la PTAR Orurillo.*



Nota: Filtro biológico de la PTAR Orurillo, como tratamiento secundario.

#### 3.1.3.8. Caseta de cloración

El agua ha pasado por toda la línea de tratamiento biológico, aprovechando Finalmente, el último tratamiento es la cloración antes de la disposición final en el cuerpo receptor, que es la laguna la gravedad del sistema.

### Figura 11

*Caseta de cloración de la PTAR Orurillo.*



Nota: Caseta de cloración de la PTAR Orurillo como tratamiento final



## **3.2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.2.1. Tipo de Investigación**

Valderrama, (2015) explica que la investigación aplicada se basa en la teórica, utilizando teorías existentes para controlar situaciones reales. Su objetivo es generar conocimiento práctico para actuar y modificar la realidad.

Tamayo, (2004) coincide en que la investigación aplicada depende de los descubrimientos teóricos, pero enfatiza su aplicación a problemas concretos con soluciones inmediatas basadas en la teoría.

### **3.2.2. Nivel de Investigación**

Hernández, (2014) señalan que la investigación descriptiva detalla fenómenos y situaciones, enfocándose en cómo se presentan. Este nivel busca recopilar información sobre variables de forma independiente, sin analizar sus relaciones, y se centra en especificar las propiedades y características de cualquier fenómeno.

Ñaupas et al., (2015) complementan esta definición, indicando que la investigación descriptiva busca obtener datos e información sobre las características, propiedades y dimensiones de diversos procesos naturales y sociales. También conocida como investigación diagnóstica, puede utilizarse para probar hipótesis, responder preguntas sobre una situación o sentar las bases para futuras investigaciones explicativas.



### **3.2.3. Diseño de Investigación**

El estudio presenta un diseño no experimental transversal, siguiendo la clasificación de Hernández et al. (2014). Esto implica que no se manipularon intencionalmente las variables.

### **3.2.4. Población y muestra**

Ñaupas et al., (2015), la población de estudio se define como el conjunto de elementos (hechos, objetos, eventos) sujetos a investigación mediante diversas técnicas, facilitando así la selección de una muestra adecuada. En este caso, la población investigada fue el agua residual generada en el distrito de Orurillo, la cual presenta una carga orgánica considerable que requiere tratamiento en la PTAR. Así también la muestra planteada son las unidades de tratamiento de la PTAR puesto que es necesario su evaluación para determinar la eficiencia en la remoción de cada unidad de tratamiento.

### **3.2.5. Materiales y equipos**

#### **3.2.5.1. Materiales para toma de muestras**

- 5 frascos de plástico de 1 000 mL para DBO<sub>5</sub>
- 5 frascos de plástico de 125 mL para DQO
- 5 frascos de plástico de 500 mL para STS
- 5 frascos de plástico de 500 mL para coliformes termotolerantes
- 5 frascos de vidrio ámbar de 1 000 mL para aceites y grasas.
- 5 frascos de plástico de 500 mL pH.
- 1 transportador de muestras



### **3.2.5.2. Documentación**

- Formato de cadena de custodia
- Fichas de evaluación
- Cuaderno de apuntes
- Marcador permanente

### **3.2.5.3. Equipos de tecnología**

- Impresora portátil
- Laptop
- Cámara fotográfica
- GPS
- Multiparámetro

### **3.2.5.4. Seguridad e Indumentaria**

- Mascarilla quirúrgica
- chaleco
- Guantes de látex
- Transporte
- Movilidad

## **3.3. METODOLOGÍA POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

### **3.3.1. Metodología para evaluar la concentración de los parámetros DBO<sub>5</sub>, DQO, sólidos suspendidos totales, coliformes termotolerantes y aceites y grasas en la remoción de la planta de tratamiento de aguas residuales Orurillo-Melgar**

Procedimiento para la toma de muestras:



Se realizó la toma de muestras de agua siguiendo el “protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de las aguas residuales domésticas o municipales” establecidos en la normativa nacional (Ministerio de vivienda, construcción y Saneamiento, 2015), también se usó los Métodos normalizados para el análisis de aguas residuales y potables (SMEWW-APHA-AWWA-WEF, 2023), con un propósito de obtener datos confiables.

Los puntos de monitoreo en la PTAR Orurillo, fueron cinco: MC01 entrada del agua afluente a la planta de tratamiento de agua residual, MC02 Salida de cámara de rejillas y cámara de bombeo, MC03 salida del Pretratamiento trampa de grasas y desarenador, MC04 en la salida del sedimentador horizontal y MC05 en salida del filtro biológico siendo la salida del efluente al cuerpo receptor, las cuales se realizaron en el mes de abril del presente año 2024, el cual se observa en la siguiente tabla 3.

**Tabla 3**

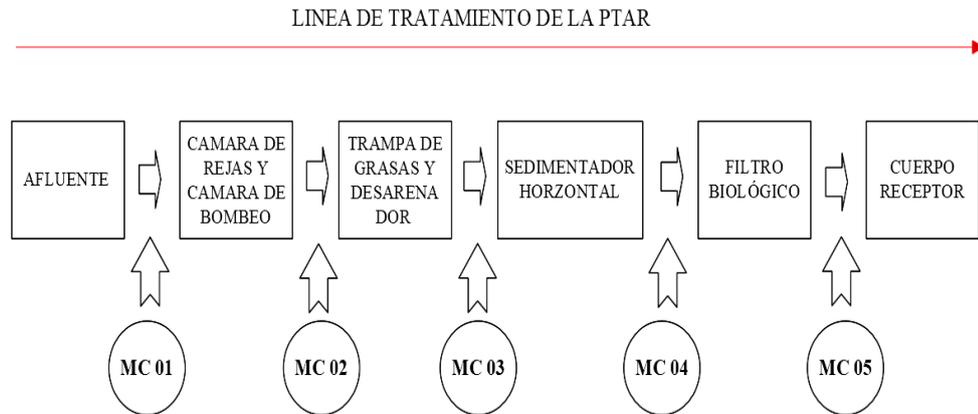
*Cuadro de coordenadas de puntos de muestreo*

Puntos de Muestreo	Coordenadas UTM WGS 84	
	ESTE	NORTE
MC-01	337255.15	8371775.57
MC-02	337604.00	8372784.00
MC-03	337608.00	8372800.00
MC-04	337621.00	8372796.00
MC-05	337833.00	8372759.00

Nota: Puntos de muestreo MC01, MC02, MC03, MC04 y MC05

**Figura 12**

*Puntos de monitoreo del agua residual en la PTAR Orurillo.*



Nota: Monitoreo en la línea de tratamiento en la PTAR Orurillo

**Figura 13**

*Imagen satelital donde se aprecia los puntos de monitoreo.*



Nota: Puntos de monitoreo de la PTAR Orurillo MC01, MC02, MC03, MC04 y MC05.

Para asegurar la calidad de las muestras de agua, las muestras se obtuvieron a una profundidad equivalente a un tercio de la superficie del agua, evitando la capa superficial. Se tuvo cuidado de no incluir partículas grandes,



líquidos u otros residuos presentes en el lugar. Las muestras se almacenaron en botellas de plástico limpias y con cierre hermético, con volúmenes de 125 mL, 500 mL y 1000 mL, según el análisis a realizar. Finalmente, cada botella se etiqueta de forma clara y legible para su correcta identificación. (MVCS, 2015)

#### **3.3.1.1. Determinación del (pH)**

El procedimiento del método del laboratorio certificaciones del Perú S.A. “SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 24th Ed. 2023. pH Value. Electrometric Method” estandarizado y ampliamente reconocido en el campo del análisis de agua para determinar el pH de una muestra, una referencia fundamental en el análisis de agua. El método electrométrico 4500-H+B se basa en la medición del potencial eléctrico generado por un electrodo de pH para determinar la actividad de los iones de hidrógeno y, por lo tanto, el pH de una solución.

#### **3.3.1.2. Determinación de sólidos suspendidos totales (SST)**

Para evaluar los protocolos se usó la metodología establecida por laboratorio certificaciones del Perú S.A., en determinar la cantidad de sólidos suspendidos en el agua, el método gravimétrico estándar descrito en “SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 24th Ed. 2023. Solids. Total Dissolved Solids Dried at 180° C”. Este método consiste en filtrar una muestra de agua a través de un filtro de fibra de vidrio y secar el residuo retenido a una temperatura específica. El aumento de peso del filtro indica la masa de sólidos suspendidos presentes en la muestra. Este procedimiento permite evaluar la calidad del agua y asegurar el cumplimiento de las normativas ambientales.



### 3.3.1.3. Determinación de coliformes termotolerantes:

El método de los números más probables (NMP), una herramienta fundamental en microbiología, fue empleado para cuantificar la presencia de coliformes termotolerantes en las diversas etapas del tratamiento de las aguas residuales de la planta en estudio. Siguiendo los rigurosos protocolos establecidos por laboratorio certificaciones del Perú S.A., “SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9222 D, 24th Ed. 2023. Membrane Filter Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) Coliform Membrane Filter Procedurebasados” en las normas internacionales para el análisis de aguas, se llevó a cabo una serie de pruebas de fermentación en tubos Múltiples. Procedimiento de coliformes fecales. Prueba de coliformes termotolerantes. Este método se fundamenta en la capacidad de los coliformes de fermentar la lactosa y producir gas, lo cual se detecta mediante pequeñas campanas de Durham invertidas dentro de los tubos de cultivo.

En primer lugar, se prepararon diluciones decimales de la muestra de agua residual y se inocularon en tubos con caldo lactosado. Tras un periodo de incubación a 37°C, se observará la formación de gas en los tubos positivos, indicando la presencia presuntiva de coliformes. A continuación, se realizó una prueba confirmatoria inoculando los tubos positivos en un medio selectivo, el caldo bilis verde brillante, y se incubó a 35°C y 44.5 °C. La producción de gas a estas temperaturas permitió confirmar la presencia de coliformes totales y termotolerantes, respectivamente.



La elección de estos microorganismos como indicadores de contaminación fecal se debe a que su presencia en el agua revele una contaminación potencial por heces, lo cual puede indicar la presencia de otros patógenos. Al cuantificar los coliformes termotolerantes a lo largo del proceso de tratamiento, se puede evaluar la eficiencia de las diferentes etapas de depuración y garantizar que el efluente final cumpla con los estándares de calidad establecidos.

#### **3.3.1.4. Determinación de aceites y grasas:**

Para evaluar la concentración de aceites y grasas presentes en los procesos de tratamiento de la planta, se implementó la metodología establecida por laboratorio certificaciones del Perú S.A., “EPA Method 1664, Revision B. 2010. n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry”. Este método se basa en la extracción y gravimetría de material extraíble con n-hexano (HEM; aceite y grasa) y material extraíble con n-hexano tratado con gel de sílice (SGT-HEM; material no polar).

En esencia, este procedimiento emplea la técnica de extracción líquido-líquido, utilizando cloroformo y hexano como solventes. Estos solventes, al entrar en contacto con el agua, capturan los aceites y grasas disueltos en ella. Posteriormente, el solvente se evapora mediante técnicas gravimétricas, lo que permite cuantificar y determinar la cantidad de aceite y grasa presente en la muestra.



### **3.3.1.5. Determinación de demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

Para determinar la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) en las muestras de agua, se empleó el método, siguiendo los protocolos establecidos por laboratorio certificaciones del Perú S.A., “SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24thEd. 2023. Biochemical Oxygen Demand (BOD).5-Day BOD Test.y” un procedimiento estándar que mide la cantidad de oxígeno consumido por microorganismos al degradar la materia orgánica en un período de cinco días, se añaden a las muestras reactivos como sulfato de manganeso y yoduro, los cuales reaccionan con el oxígeno disuelto. Posteriormente, se tituló el yodo liberado con una solución de tiosulfato para determinar la cantidad de oxígeno consumido. Este método, reconocido por su precisión y confiabilidad, permite evaluar la calidad del agua y la carga orgánica presente en las muestras.

### **3.3.1.6. Determinación de la demanda química de oxígeno (DQO)**

Para determinar la demanda química de oxígeno (DQO) en las muestras de agua, se empleó el método de laboratorio certificaciones del Perú S.A., “SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24thEd. 2023. Chemical Oxygen Demand (COD).Closed Reflux, Colorimetric Method” un procedimiento estándar que mide la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar químicamente toda la materia orgánica presente, tanto biodegradable como no biodegradable, se digirió la muestra con una mezcla de ácido sulfúrico y dicromato de potasio, un potente agente oxidante. Posteriormente, se midió la absorbancia de la solución resultante a una longitud de onda específica, utilizando un espectrofotómetro. Esta



medición, comparada con una curva de calibración construida con soluciones estándar, permitió cuantificar la DQO de la muestra. Este método, reconocido por su precisión y versatilidad, es ampliamente utilizado para evaluar la carga orgánica total presente en el agua.

### **3.3.2. Metodología para evaluar la remoción de contaminantes en las unidades de proceso de tratamiento (sedimentador horizontal y filtro biológico) de la planta de tratamiento de aguas residuales de Orurillo-Melgar**

Para determinar qué tan bien una planta de tratamiento de aguas residuales elimina los contaminantes, Vesilind, Eliassen y Boswell (2012) sugieren que se debe realizar un balance de masa. Esto implica comparar la cantidad de contaminantes en el agua residual sin tratar (cruda) con la cantidad que queda después del tratamiento. Al analizar esta diferencia, podemos entender la remoción de la PTAR para limpiar el agua y determinar qué tan contaminada sigue. Este proceso se representa en una ecuación.

$$R = \frac{Aa - Ae}{Aa} * 100$$

R = remoción (%)

Ae = Agua residual tratada (efluente)

Aa = Agua residual cruda (Afluente)

La remoción de diferentes parámetros obtenidos en el monitoreo, como son: DBO<sub>5</sub>, DQO, sólidos totales en suspensión, coliformes termotolerantes y aceites y grasas en a la línea de tratamiento y unidades de tratamiento de aguas residuales: pretratamiento, sedimentador horizontal y filtro biológico.

### 3.3.3. Diseño estadístico para análisis de tendencia

#### 3.3.3.1. Prueba Kendall-Mann (no paramétrica).

Se utilizó la prueba de tendencia de Kendall-Mann (1945), fue utilizada para la prueba no paramétrica basada en el rango para evaluar la importancia de una tendencia. La hipótesis nula  $H_0$  no hay tendencia, y la  $H_a$  hay una tendencia en la serie  $\{X_i, i = 1, 2, \dots, n\}$  (Galvez, 2017).

El estadístico  $S$  de Tau de Kendall se define como:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(X_j - X_i)$$

Donde  $X_j$  son los valores de datos secuenciales,  $n$  es la longitud del conjunto de datos, y:

$$\text{sgn}(\theta) = \begin{cases} 1 & \text{si } \theta > 0 \\ 0 & \text{si } \theta = 0 \\ -1 & \text{si } \theta < 0 \end{cases}$$

Para  $n \geq 8$ , la estadística  $S$  es aproximadamente normal distribuido con la media y la varianza de la siguiente manera:

$$E(S) = 0$$

$$V(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{m=1}^n t_m m(m-1)(2m+5)}{18}$$

Donde  $t_m$  es el número de vínculos de grado  $m$ . La prueba estadística estandarizada  $Z$  se calcula:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{V(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{V(S)}} & S < 0 \end{cases}$$

El valor de probabilidad P de la estadística S de MK para datos de la muestra se puede estimar usando la función de distribución acumulativa normal como:

$$P = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^Z e^{-t^2/2} dt$$

### 3.3.3.2. Método de autocorrelación (Prueba paramétrica)

Ha sido utilizado el Método de autocorrelación en la cual el coeficiente del primer retardo de la autocorrelación:

$$r_1 = \frac{[\sum_{i=1}^{n-1} (X_i - \bar{X})(X_{1+i} - \bar{X})]}{[\sum_{i=1}^{n-1} (X_i - \bar{X})^2]}$$

$$E(r_1) = -\frac{1}{n}$$

$$Var(r_1) = \frac{(n^3 - 3n^2 + 4)}{[n^2(n^2 - 1)]}$$

Si los datos de series temporales provienen de un proceso aleatorio, entonces el valor esperado y la varianza de  $r_1$  son:

El de z se obtiene de las tablas de probabilidad normal:

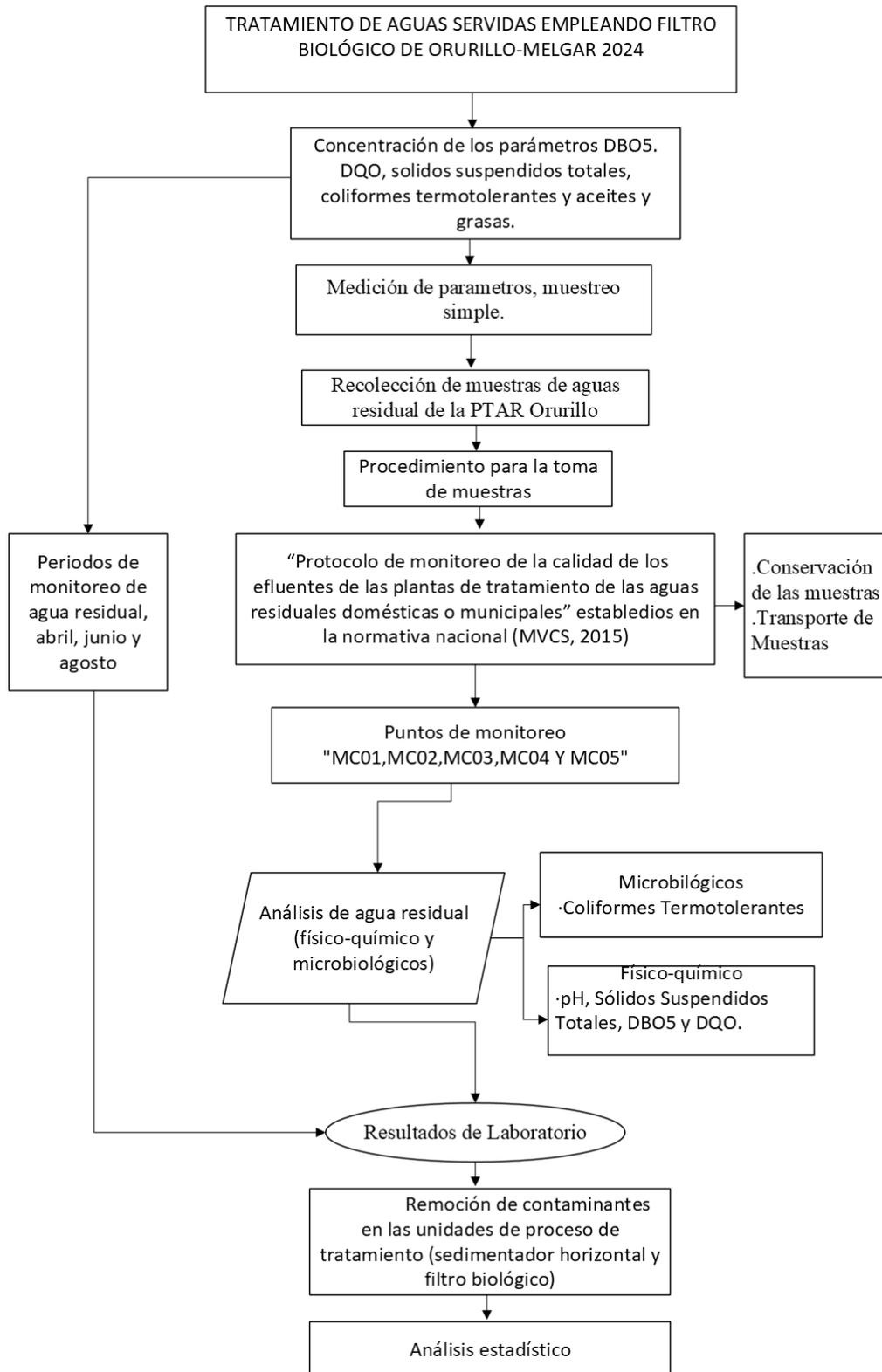
$$Z = z = |r_1 - E(r_1)| / Var(r_1)^{0.5}$$

## 3.4. DIAGRAMA DE FLUJO

Tras identificar los componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales, se elaboró un diagrama de flujo para describir la secuencia de los procedimientos utilizados en esta investigación en la figura 14.

**Figura 14**

*Diagrama de flujo de la investigación*



Nota: Diagrama de investigación en la PTAR Orurillo.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS DBO<sub>5</sub>, DQO, SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES, COLIFORMES TERMOTOLERANTES Y ACEITES Y GRASAS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES DE ORURILLO-MELGAR

Las mediciones se tomaron en distintos puntos de la línea de tratamiento y las unidades de tratamiento que conforman la planta de aguas residuales en el distrito de Orurillo donde se observa en la tabla 4.

**Tabla 4**

*Monitoreo de aguas residuales*

Parámetros	Unidad	Puntos de Monitoreo				
		MC 01	MC 02	MC 03	MC 04	MC 05
SST	mg/l	256.45	161.4	150.4	50.4	21
DBO <sub>5</sub>	mg/l	226.4	219.4	220.2	151.3	61.4
DQO	mg/l	331.6	326.3	315.4	210.4	145
AG	mg/l	6.7	7.6	11.8	5.5	4.7
CT	NMP/100 ml	16000000	9200000	2300000	1600000	1500000
pH	–	7.26	7.24	7.04	7.13	7.2

En la tabla 4 muestra las concentraciones de los seis parámetros obtenidos en el monitoreo realizado el 12 de abril del 2024 en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Orurillo, se puede apreciar que los valores redujeron considerablemente entre los puntos de MC01-MC05. Entonces los valores como DBO<sub>5</sub> disminuyeron de

226.4mg/l a 61.4mg/l en la DQO 331.6mg/l a 145 mg/l , SST 256.45mg/l a 21mg/l, CT descendió de 16000000 NMP/100 a 1500000 NMP/100 y AG 6.7mg/l a 4.7mg/l y el pH se mantuvo estable se mantuvo estable entre 7.26 a 7.2, sin embargo de los meses junio y agosto no se realizó el monitoreo en la planta de tratamiento de aguas residuales de Orurillo, por los costes de energía eléctrica que afecta directamente al funcionamiento de la PTAR Orurillo, donde se aprecia en el anexo 1.

**4.1.1. Contrastar los resultados del análisis de DBO<sub>5</sub>, DQO, solidos suspendidos totales, coliformes termotolerantes, aceites y grasas, y pH con los Límites máximos permisibles del DS N° 003 – 2010 – MINAM**

**Tabla 5**

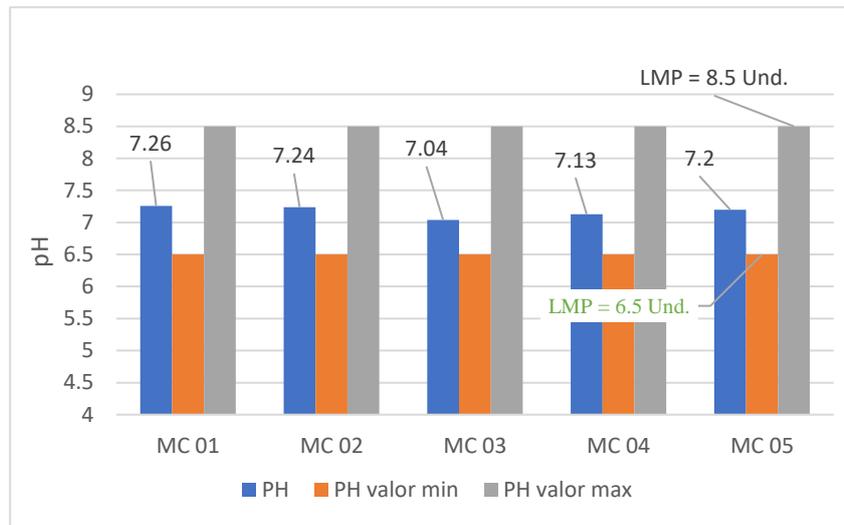
*Tabla comparativa con los límites máximos permisibles*

Parámetros	UNIDAD	Puntos de Monitoreo					LMP
		MC 01	MC 02	MC 03	MC 04	MC 05	
SST	mg/l	256.45	161.4	150.4	50.4	21	150
DBO <sub>5</sub>	mg/l	226.4	219.4	220.2	151.3	61.4	100
DQO	mg/l	331.6	326.3	315.4	210.4	145	200
AG	mg/l	6.7	7.6	11.8	5.5	4.7	20
CT	NMP/100 ml	16000000	9200000	2300000	1600000	1500000	10000
pH	_	7.26	7.24	7.04	7.13	7.2	6.5-8.5

En la tabla 5 se presentan los resultados del monitoreo realizados en la planta de tratamiento de aguas residuales de Orurillo, en evaluación respecto a los límites máximos permisibles (LMP) establecidos por el (Ministerio del Ambiente, 2010).mSe presentan a continuación figuras que comparan los valores registrados con los límites máximos permisibles (LMP).

**Figura 15**

*Variación del pH en la PTAR Orurillo con los LMP.*

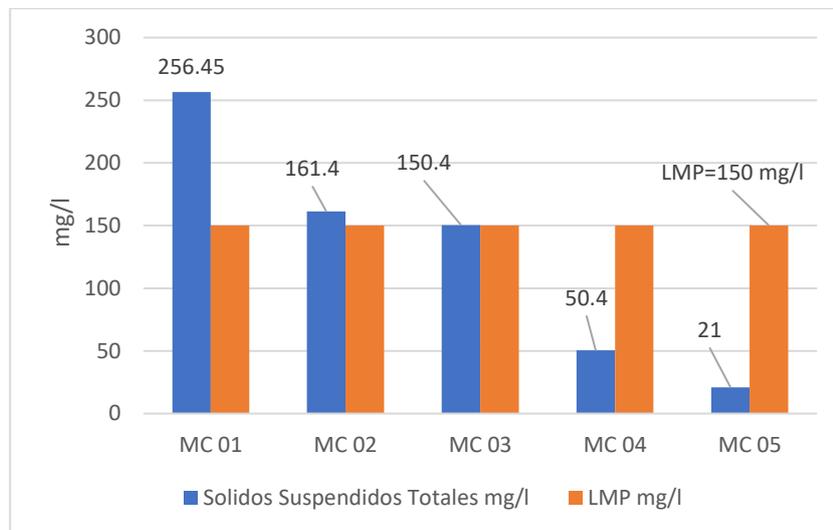


Nota: valores de pH obtenidos de los muestreos.

En la figura 15 de acuerdo con los límites máximos permisibles DS N° 003 del 2010 MINAM para el sector vivienda y construcción, el pH del agua residual debe estar entre 6.5 y 8.5 para su vertimiento, lo cual cumple para esta condición (pH = 7.26). En el muestreo realizado, se encontró que el agua residual al ingresar a la planta de tratamiento tenía un pH neutro como se indica líneas arriba, lo cual es aceptado para su condición de vertimiento. Podemos ratificar que, en la línea de tratamiento, el pH se mantuvo constante dentro de los límites establecidos para la activación de biomasa microbiana que permite realizar el tratamiento esperado en el agua residual en las unidades de tratamiento: pretratamiento, sedimentador horizontal y filtros biológicos. El efluente de la PTAR tenía un pH de 7.2, que se considera dentro del intervalo aceptable para su vertimiento al cuerpo receptor.

**Figura 16**

*Variación de SST en la PTAR Orurillo en comparación con los LMP.*

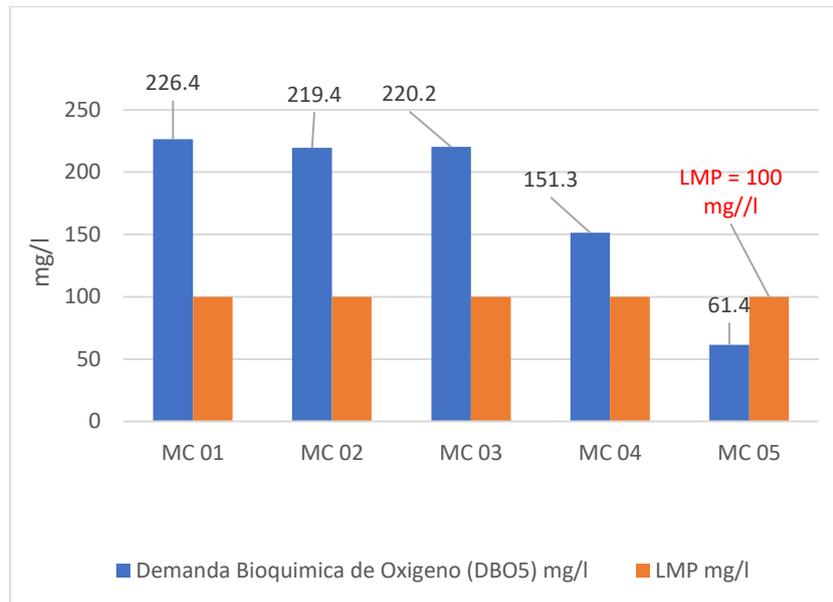


Nota: valores de SST obtenidos de los muestreos.

En la figura 16 de acuerdo con los límites máximos permisibles, los Sólidos Suspending Totales en el agua residual deben tener un valor mínimo de 150 mg/L para su vertimiento. Según el muestreo, el agua residual al ingresar a la planta de tratamiento posee un valor de 256.45 mg/L, siendo este valor superior a los permitido para su vertimiento, lo cual requiere su estabilización en las unidades de operación unitaria. Sin embargo, tras el pretratamiento, se observa una disminución significativa a 161.4 mg/L, lo que sugiere que una buena parte de los sólidos totales se han retenido en el desarenador, principalmente las arenas sedimentables, los sólidos disueltos quedan para la siguiente unidad de la PTAR. Y así a lo largo de las unidades de tratamiento, el valor de los SST sigue disminuyendo hasta alcanzar 21 mg/L en el efluente de la PTAR, cumpliendo así con los límites máximos permisibles y siendo apto para su vertimiento.

**Figura 17**

*Variación del DBO<sub>5</sub> en la PTAR en comparación con los LMP*

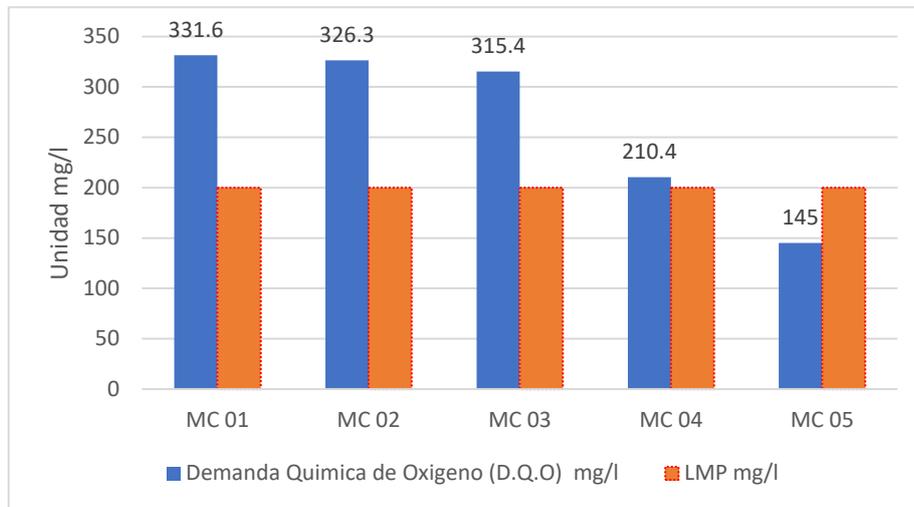


Nota: valores de DBO<sub>5</sub> obtenidos de los muestreos.

En la figura 17 la demanda bioquímica de oxígeno DBO<sub>5</sub> debe tener un valor mínimo 100 mg/L para el vertido, según los Límites Máximos Permisibles (LMP). En el muestreo realizado, el agua residual que ingresa a la (PTAR) Orurillo tiene un valor de 226.4 mg/L, característico de las aguas residuales domésticas. Este valor no cumple con los LMP de acuerdo a norma técnica. Durante el tratamiento primario en la PTAR, la variación de la DBO<sub>5</sub> es mínima, lo cual es adecuado según la bibliografía, ya que la mayor remoción de este parámetro ocurre en el filtro biológico. La figura muestra una clara disminución de la carga contaminante, llegando a 61.4 mg/L de DBO<sub>5</sub>, una reducción significativa en comparación con el valor inicial. A pesar de esto, el agua tratada es apta para su vertido.

**Figura 18**

*Variación del DQO en la PTAR en comparación con los LMP*

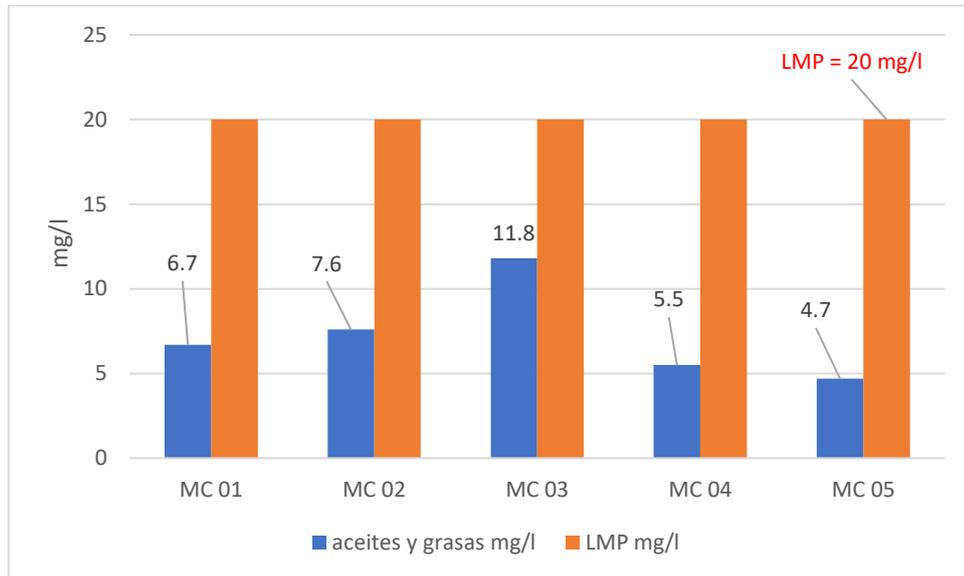


Nota: valores de DQO obtenidos de los muestreos.

En la figura 18 según los (LMP), la demanda química de oxígeno (DQO) debe tener un valor mínimo de 200 mg/L para su vertimiento. En el muestreo realizado, se encontró que el agua residual ingresa a la (PTAR) Orurillo con un valor de 331.6 mg/L de DQO, lo cual es característico de las aguas residuales domésticas. Además, la relación con la ( $DBO_5$ ) es de 1.46, lo que confirma esta característica. No obstante, este valor de DQO no está dentro del establecido por los LMP. A través de las unidades de tratamiento, la carga contaminante se reduce, alcanzando un mínimo de 145 mg/L de DQO en el efluente de la PTAR, lo que lo hace apto para su vertimiento.

**Figura 19**

*Variación de aceites y grasas en la PTAR en comparación con los LMP.*

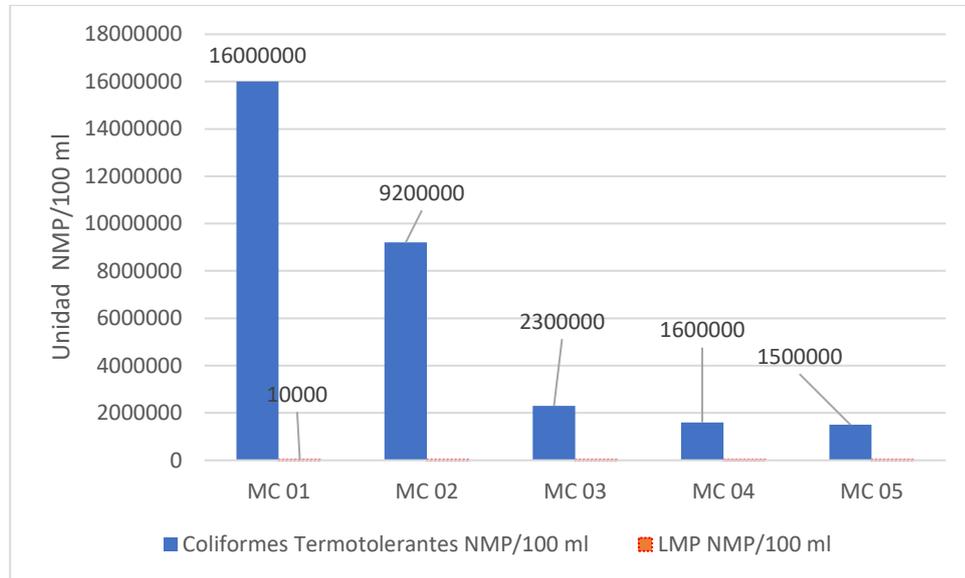


Nota: valores AC obtenidos de los muestreos.

En la figura 19 según los Límites Máximos Permisibles (LMP), los aceites y grasas deben tener un valor mínimo de 20 mg/L para su vertimiento. En el muestreo realizado, el agua residual que ingresa a la planta de tratamiento de aguas residuales tiene un valor de 6.7 mg/L, lo cual es considerado apto para su vertimiento. Durante el proceso de tratamiento, este valor varía, pero siempre se mantiene dentro de los LMP establecidos. En la salida del tratamiento primario, el valor aumenta a 11.8 mg/L, y posteriormente se mantiene constante.

**Figura 20**

*Variación de coliformes termotolerantes en la PTAR en comparación con los LMP*



Nota: valores de CT obtenidos de los muestreos.

En la figura 20 según los Límites Máximos Permisibles (LMP) Los coliformes termotolerantes deben tener una volar mínimo de 10,000 NMP/100 ml en las unidades de tratamiento de la PTAR Orurillo. Sin embargo, el agua residual ingresa con un valor de 16,000,000 NMP/100 ml, indicando una contaminación alta, aunque con a lo largo del tratamiento va disminuyendo. Estos resultados resaltan la necesidad de identificar la proliferación de bacterias en el tratamiento terciario. Finalmente, el vertimiento es de 1,500,000 NMP/100 ml, lo cual no es apto para el vertimiento.



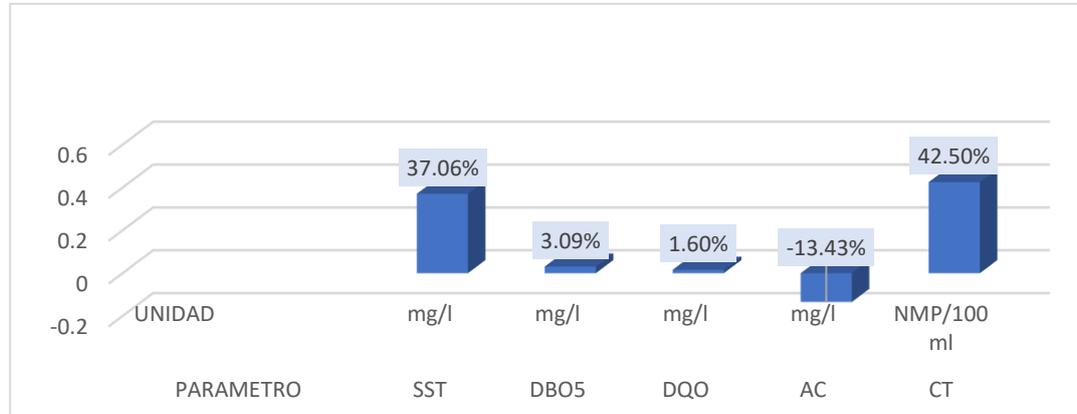
## **4.2. REMOCIÓN DE CONTAMINANTES EN LAS UNIDADES DE PROCESO DE TRATAMIENTO (SEDIMENTADOR HORIZONTAL Y FILTRO BIOLÓGICO) DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE ORURILLO-MELGAR**

### **4.2.1. Remoción en pretratamiento, de parámetros físico-químicos y microbiológicos en cámara de rejillas y cámara de bombeo**

La remoción para el afluente MC-01 y el efluente MC-02, muestra los resultados de los parámetros analizados. Se destaca la remoción de SST (37.06%), puesto que esta etapa es considerada para el control de los sedimentos; en CT (42.50%), principalmente por desinfección UV de la radiación solar expuesta por esta unidad de tratamiento. La remoción de DBO<sub>5</sub> es del 3.09%, siendo aceptable porque esta unidad es para tratamiento físico – químico; para la carga orgánica necesitamos evaluar el tratamiento secundario (filtro biológico), aunque la DQO 1.60%, por los motivos similares justificados para la DBO<sub>5</sub>, con respecto a los AG (-13.47%) presentan eficiencias menores, sin embargo, en esta etapa por el principio de densidad los aceites son separados en las rejillas y tamices. El pH 7.24 se mantiene relativamente estable, donde se muestra la figura 21.

**Figura 21**

*Remoción de parámetros físico-químicos y microbiológicos en los puntos MC-01 – MC-02.*



Nota: porcentaje de remoción.

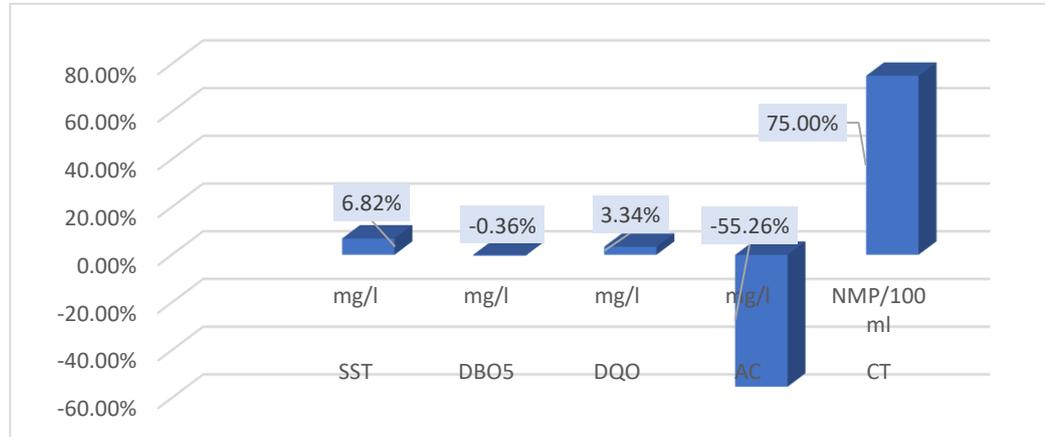
#### **4.2.2. Remoción en pretratamiento, de parámetros físico-químicos y microbiológicos trampa de grasas y desarenador**

La remoción en el pretratamiento afluente MC-02 y efluente MC-03, trampa de grasas y desarenador muestra resultados. Se observó un aumento DBO5 -0.36%, CT 75.00%. Sin embargo, en DQO 3.34%, y AG del -55.26%, SST 6.82%. El pH 7.04 se mantiene estable, estos resultados sugieren que el sistema de tratamiento no es efectivo en la eliminación de materia orgánica biodegradable y microorganismos, pero necesita mejoras en la remoción SST, en tanto en aceites y grasas se aprecia un incremento, donde se muestra en la figura 22.

**Figura 22**

*Remoción de parámetros físico-químicos y microbiológicos en los puntos MC-02*

*– MC-03*



Nota: porcentaje de remoción.

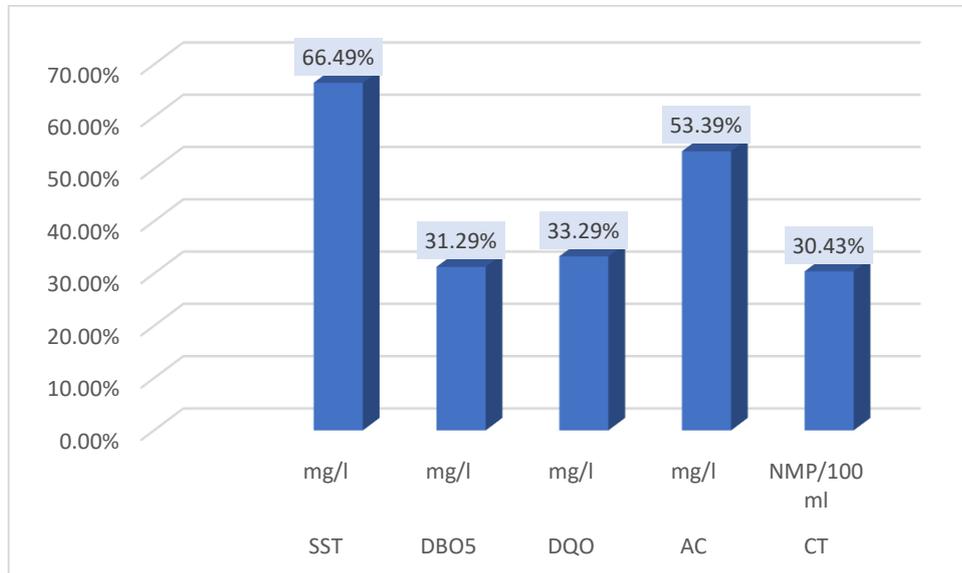
#### **4.2.3. Remoción en sedimentador horizontal de parámetros físico-químicos y microbiológicos**

La remoción del tratamiento primario afluente MC-03 y efluente MC-04, sedimentador horizontal muestra los resultados. En remoción de SST 66.49%, aquí por la geometría de esta unidad se reduce la velocidad y se remueve por precipitación física los sedimentos, lo cual es significativo para el tratamiento primario; la DBO5 31.29%, esta remoción obedece al tiempo de retención hidráulica del agua residual en el sedimentador; la DQO 33.29% por las condiciones similares a la DBO5, AG 53.39%, las razones obedecen a la densidad del agua con respecto al aceite y grasa que se concentra en la superficie del tanque sedimentador; y los CT 30.43%. Sin embargo, obedecen a la exposición del agua en relación a la radiación solar, el pH 7.13 se mantiene estable. Estos resultados permiten encontrar remoción alta para los SST y para la carga orgánica existe una activación de la biomasa de microorganismos que permiten la remoción de la materia orgánica, donde se muestra la figura 23.

**Figura 23**

*Remoción de parámetros físico-químicos y microbiológicos en los puntos MC03*

*– MC04*



Nota: porcentaje de remoción.

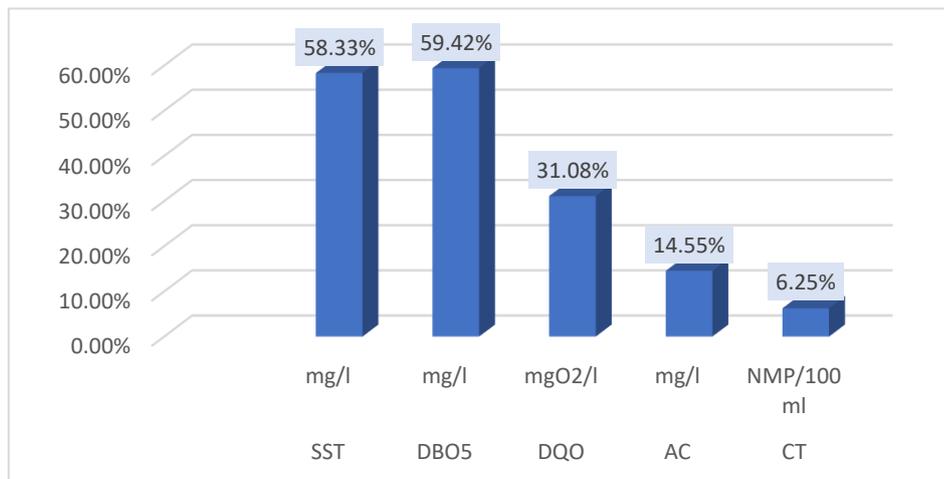
#### **4.2.4. Remoción en filtro biológico de parámetros físico-químicos y microbiológicos**

La evaluación de remoción en la línea de tratamiento secundario afluente MC-04 y efluente CM-05, específicamente en el filtro biológico. Se logró una remoción SST 58.33%, relacionados al lodo biológico constituidos por la biomasa de microorganismos de DBO5 del 59.42%, observándose una aceptable mineralización de la carga orgánica producto de la activación de biomasa biológica en el filtro biológico, lo que reafirma que es la unidad de tratamiento secundario es diseñado para remover la concentración de carga orgánica; la DQO es 31.08% esto significa que la materia orgánica no biodegradable es mínima en AG 14.55%, estos parámetros ya han sido reducidos en los procesos anteriores al tratamiento secundario y solo se observa la presencia de aceites y grasas de manera residual. En cuanto a los CT, se observó una reducción del 6.25%, lo que significa

que los patógenos para su tratamiento requieren de tratamiento complementario; Sin embargo, el pH 7.2 se mantiene estable, lo cual indica una leve disminución en la acidez del agua tratada. Donde se muestra en la figura 24.

### Figura 24

*Remoción de parámetros físico-químicos y microbiológicos en los puntos MC04 – MC05*



Nota: porcentaje de remoción.

#### 4.2.5. Remoción en afluente y efluente de parámetros físico-químicos y microbiológicos

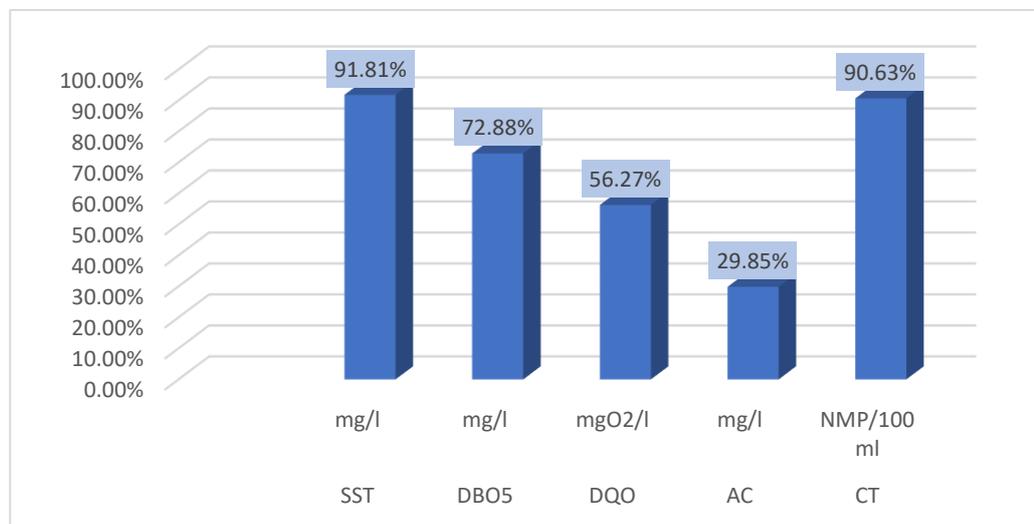
La remoción de la PTAR para el afluente MC-01 y el efluente MC-05, muestra los resultados de los parámetros analizados. Se destaca la alta eficiencia en la remoción de sólidos suspendidos totales (91.81%) y coliformes termotolerantes (90.63%), sin embargo, este rango de acuerdo al ECA, el agua requiere mayor estabilización. La remoción de la demanda bioquímica de oxígeno en cinco días es del 72.88%, se puede ver alta capacidad para remover la materia orgánica biodegradable, aunque la demanda química de oxígeno (56.27%), lo que indica que existe en el efluente considerada concentración de materia orgánica no biodegradable y los aceites y grasas 29.85% presentan eficiencias menores, dicha

concentración es menor a los LMP para vertimiento de los efluentes generados por la PTAR. El pH se mantiene relativamente estable, pH 7.26-7.24 neutro con tendencia a un medio alcalino que posibilita el desarrollo de la biomasa bacteriana para la remoción de carga contaminante. Donde se observa en la figura 25.

**Figura 25**

*Remoción de parámetros físico-químicos y microbiológicos en los puntos MC01*

*– MC05*



Nota: porcentaje de remoción.

#### 4.2.6. Análisis estadístico

##### 4.2.6.1. (pH)

**Tabla 6**

*Análisis de tendencia de pH*

Prueba	Parámetro	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Sig.
Mann-Kendall	-1.147	0.658	0.784	1.03	S (0.01)
Auto Correlation	2.745	0.658	0.784	1.03	S (0.01)

Nota: Prueba de Mann-Kendall y Autocorrelación

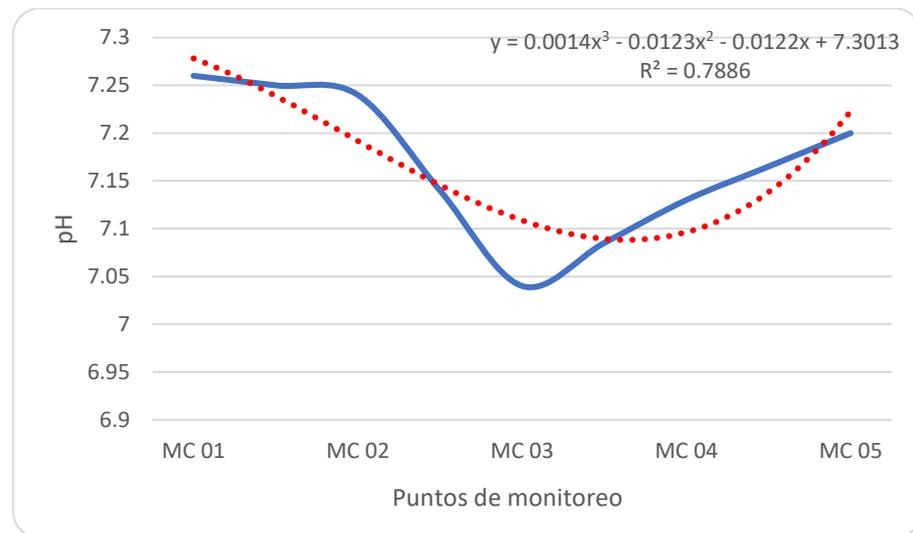


La tabla 6 presentada muestra los resultados de dos pruebas estadísticas, Mann-Kendall y Autocorrelación, aplicadas a datos de pH. Estas pruebas buscan evaluar si existe una tendencia significativa en los valores de pH a lo largo del tiempo y si hay autocorrelación en los datos, respectivamente.

En ambas pruebas, se comparan los valores calculados (-1.147 para Mann-Kendall y 2.745 para Autocorrelación) con valores críticos para diferentes niveles de significancia ( $\alpha = 0.1, 0.05$  y  $0.01$ ). El valor "Sig." indica el nivel de significancia observado. En este caso, para ambas pruebas, Sig. es S (0.01), lo que significa que los resultados son estadísticamente significativos a un nivel de significancia del 1%. Esto sugiere que hay evidencia de una tendencia en los datos de pH y que existe autocorrelación, lo cual es importante considerar en cualquier análisis posterior de estos datos. La tabla sugiere que hay evidencia de una tendencia decreciente estadísticamente significativa en los valores de pH y una autocorrelación positiva en los datos de pH.

**Figura 26**

*Evaluación del pH, tratamiento en las unidades de tratamiento.*



Nota: Línea de tendencia del pH en unidades tratamiento en la PTAR Orurillo.

La figura 26 de tendencia del pH en las unidades de tratamiento muestra una variación leve en el valor de pH a lo largo de los cinco puntos de monitoreo, con una tendencia general a la baja según la línea de ajuste. Sin embargo, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) es bajo, indicando que esta tendencia no es muy fuerte y que otros factores podrían estar influyendo en los valores de pH. Se observa un mínimo local en el punto MC 03, sugiriendo una posible reacción o proceso específico en ese punto. A partir de MC 03, el pH tiende a aumentar ligeramente. En general, la gráfica sugiere una cierta estabilidad en el pH a lo largo del proceso, pero con variaciones locales que podrían estar relacionadas con las características específicas de cada punto de monitoreo o con factores externos no considerados en el análisis.

#### 4.2.6.2. sólidos suspendidos totales (SST)

**Tabla 7**

*Análisis de tendencia de SST*

Prueba	Parámetro	$\alpha=0.1$	$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	Sig.
Mann-Kendall	-3.649	0.658	0.784	1.03	S (0.01)
Auto Correlación	2.716	0.658	0.784	1.03	S (0.01)

Nota: Prueba de Mann Kendal y Auto Correlación

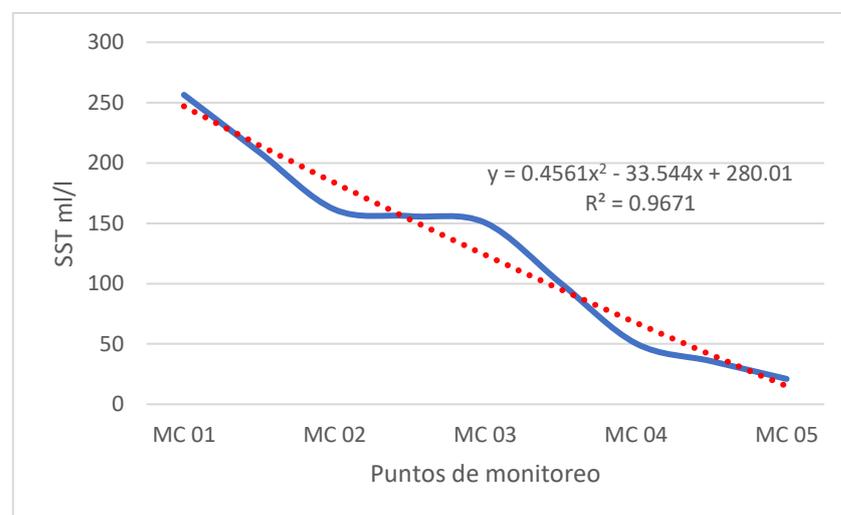
La tabla 7 presenta los resultados de dos pruebas estadísticas aplicadas a los datos de sólidos suspendidos totales (SST): la prueba de Mann-Kendall y la prueba de Autocorrelación. La prueba de Mann-Kendall evalúa la presencia de una tendencia monótona (creciente o decreciente) en los datos a lo largo del tiempo, mientras que la prueba de Autocorrelación examina si existe una dependencia o magnitud entre los valores de SST en diferentes momentos. Ambas pruebas son importantes para entender el comportamiento de los SST y si hay cambios significativos a lo largo del tiempo que puedan requerir atención o gestión.

En este caso, la prueba de Mann-Kendall indica un parámetro de -3.649 y un nivel de significancia "S (0.01)". Esto indica una tendencia decreciente estadísticamente significativa en los SST al nivel de significancia del 1% ( $\alpha=0.01$ ). Es decir, hay una fuerte evidencia de que la concentración de SST ha disminuido con el tiempo. Por otro lado, la prueba de Autocorrelación muestra un parámetro de 2.716 y el mismo nivel de significancia "S (0.01)". Esto sugiere una autocorrelación positiva significativa en los datos, lo que significa que los valores de SST en un

momento dado están relacionados con los valores en momentos anteriores. Esta información es útil para modelar y predecir el comportamiento futuro de los SST, ya que indica que los valores pasados pueden influir en los valores futuros.

### Figura 27

*Evaluación de SST en las unidades de tratamiento de agua residual en la PTAR Orurillo.*



Nota: línea de tendencia de SST en unidades tratamiento en la PTAR Orurillo.

La figura 27 muestra una tendencia decreciente en los sólidos suspendidos totales (SST) a lo largo de las unidades de tratamiento de la PTAR Orurillo. La línea de ajuste, con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.9659, indica una fuerte correlación negativa entre los puntos de monitoreo y los valores de SST, lo que sugiere una efectiva reducción de estos sólidos a medida que el agua residual avanza en el proceso de tratamiento. Se observa una disminución significativa en los primeros puntos de monitoreo (MC 01 y MC 02), seguida de una estabilización y posterior disminución gradual hasta el último punto (MC 05). Esta

tendencia es esperable en un proceso de tratamiento de aguas residuales, donde se busca eliminar la mayor cantidad de sólidos en suspensión.

#### 4.2.6.3. Aceites y Grasas (AG)

**Tabla 8**

*Análisis de tendencia de aceites y grasas*

Prueba	Parámetro	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Sig.
Mann-Kendall	-0.938	0.658	0.784	1.03	S (0.05)
Auto Correlación	2.459	0.658	0.784	1.03	S (0.01)

Nota: Prueba Mann Kendall y Auto correlación

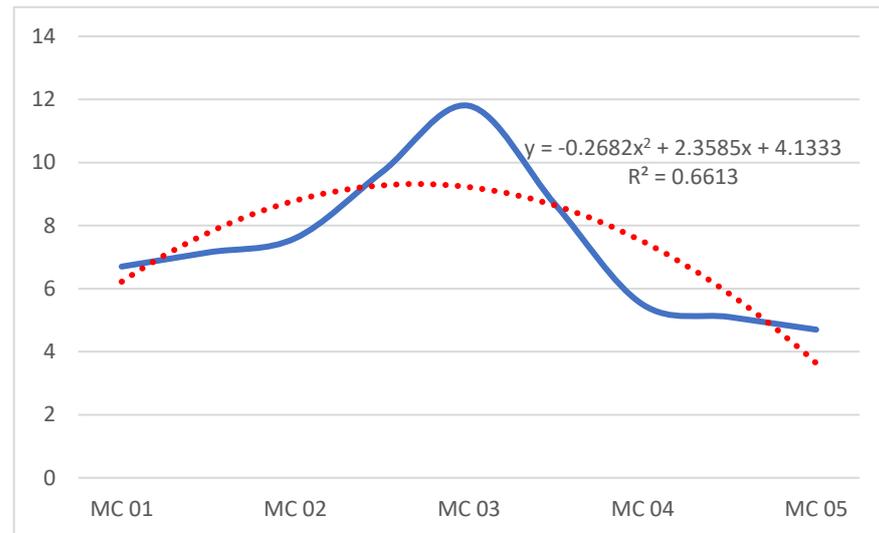
La tabla 8 presentada muestra los resultados de dos pruebas estadísticas, Mann-Kendall y Autocorrelación, aplicadas a un conjunto de datos relacionados con aceites y grasas. Estas pruebas suelen utilizarse para evaluar tendencias y patrones en series temporales, lo cual es relevante en el contexto de la producción, consumo o calidad de aceites y grasas.

En el caso de la prueba de Mann-Kendall, el parámetro calculado (-0.938) sugiere una posible tendencia decreciente, aunque no es estadísticamente significativo a ninguno de los niveles de significancia comunes (0.1, 0.05, 0.01). Esto se indica por el valor "S (0.05)" en la columna "Sig.", lo que implica que no podemos rechazar la hipótesis nula de que no hay tendencia. Por otro lado, la prueba de Autocorrelación muestra un valor de 2.459, que es significativo al nivel de 0.01. Esto sugiere una fuerte tensión positiva entre los datos a lo largo del tiempo, lo que indica que los valores en un momento dados están influenciados por

los valores anteriores. Esta información puede ser útil para modelar y predecir el comportamiento futuro de la variable en estudio.

### Figura 28

*Evaluación de AG en las unidades de tratamiento de agua residual en la PTAR Orurillo*



Nota: línea de tendencia de AC en unidades tratamiento en la PTAR Orurillo.

La figura 28 muestra la variación de un parámetro relacionado con aceites y grasas a lo largo de cinco mediciones consecutivas (MC 01 a MC 05). La línea azul representa los valores reales observados, que muestran un incremento inicial hasta alcanzar un pico en MC 03, seguido de un descenso gradual. La línea roja punteada representa una curva de tendencia polinómica de segundo grado que intenta modelar el comportamiento de los datos. Aunque el modelo explica un 66,13 % de la variabilidad observada ( $R^2 = 0,6613$ ), existen desviaciones entre los valores reales y los predichos por la curva, especialmente en los extremos. Esto sugiere que, si bien la tendencia general es un aumento y posterior disminución, otros

factores además de los capturados por el modelo pueden estar influyendo en los valores de aceites y grasas en cada medición.

#### 4.2.6.4. Coliformes Termotolerantes (CT)

**Tabla 9**

*Análisis de tendencia de Coliformes Termo tolerantes*

Prueba	Parámetro	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Sig.
Mann-Kendall	-3.649	0.658	0.784	1.03	S (0.01)
Auto Correlación	2.774	0.658	0.784	1.03	S (0.01)

Nota: Prueba de Mann Kendall y Auto Correlación

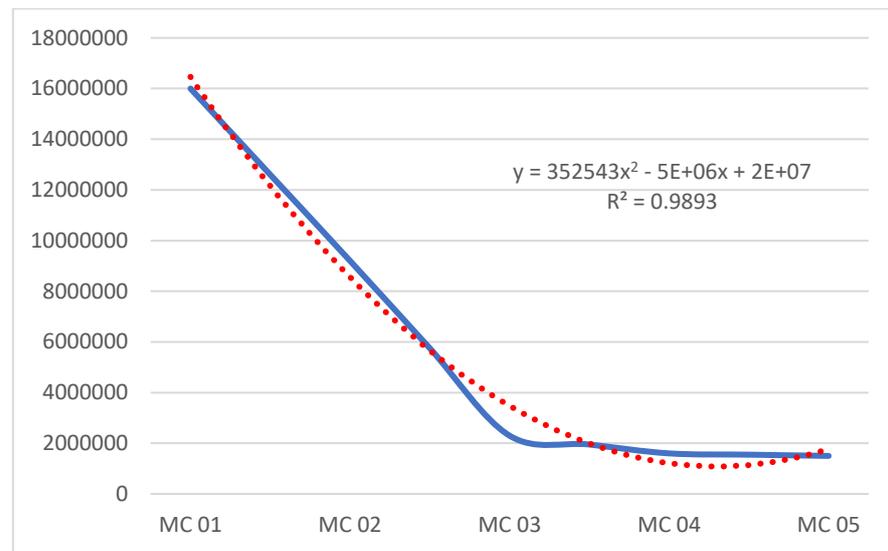
La tabla 9 muestra los resultados de dos pruebas estadísticas, Mann-Kendall y Autocorrelación, aplicadas a un conjunto de datos relacionados con coliformes termotolerantes. Estas bacterias son un indicador importante de contaminación fecal en agua y alimentos, por lo que analizar su presencia y tendencias es crucial para garantizar la seguridad sanitaria.

En este caso, la prueba de Mann-Kendall indica un parámetro de -3.649, que es estadísticamente significativo al nivel de 0.01 (indicado por "S (0.01)" en la columna "Sig. "). Esto sugiere una clara tendencia decreciente en la presencia de coliformes termotolerantes a lo largo del tiempo, lo cual es una señal positiva en términos de mejora de la calidad sanitaria. Por otro lado, la prueba de Autocorrelación muestra un valor de 2.774, también significativo al nivel de 0.01. Esto indica una fuerte autocorrelación positiva en los datos, lo que significa que los niveles de coliformes en un momento dado están influenciados por los niveles en

momentos anteriores. Esta información puede ser útil para comprender la dinámica de la contaminación y desarrollar modelos predictivos para la gestión de riesgos.

### Figura 29

*Evaluación de CT en las unidades de tratamiento de agua residual en la PTAR Orurillo.*



Nota: Línea de tendencia de CT en unidades tratamiento en la PTAR Orurillo.

La figura 29 muestra una disminución significativa en la cantidad de coliformes termotolerantes a lo largo de los cinco puntos de muestreo (MC 01 a MC 05). La línea azul representa la tendencia general de los datos, mientras que la línea punteada roja muestra un modelo de regresión cuadrática que se ajusta muy bien a los datos ( $R^2 = 0,9893$ ). Esto indica que la disminución de coliformes termotolerantes no es lineal, sino que sigue un patrón curvo, con una caída inicial más pronunciada seguida de una disminución más gradual hacia el final. Estos resultados sugieren una mejora en la calidad del agua o la efectividad de un tratamiento a medida que avanzamos en los puntos de muestreo, aunque es importante realizar

más análisis para determinar las causas específicas de esta disminución y confirmar si esta tendencia se mantiene a largo plazo.

#### 4.2.6.5. Características de demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

**Tabla 10**

*Análisis de tendencia de DBO<sub>5</sub>*

Prueba	Parámetro	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Sig.
Mann-Kendall	-3.023	0.658	0.784	1.03	S (0.01)
Auto Correlación	2.631	0.658	0.784	1.03	S (0.01)

Nota: Prueba de Mann kendall y Auto Correlación

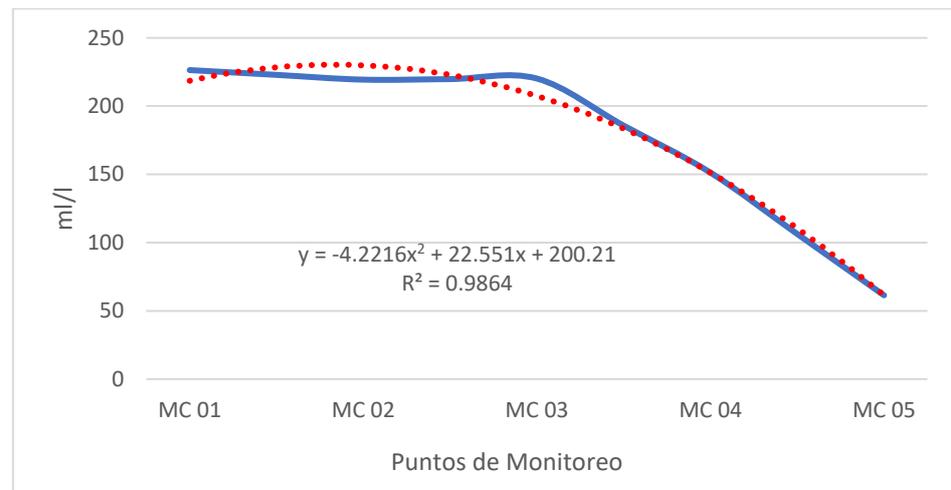
La tabla 10 presentada muestra los resultados de dos pruebas estadísticas, Mann-Kendall y Autocorrelación, aplicadas a un conjunto de datos relacionados con la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>). La DBO<sub>5</sub> es un parámetro crucial en la evaluación de la calidad del agua, ya que mide la cantidad de oxígeno que los microorganismos necesitan para descomponer la materia orgánica presente. Un valor alto de DBO<sub>5</sub> indica una mayor contaminación orgánica.

En este caso, la prueba de Mann-Kendall muestra un parámetro de -3.023, que es estadísticamente significativo al nivel de 0.01 (indicado por "S (0.01)". Esto sugiere una tendencia decreciente significativa en los niveles de DBO<sub>5</sub> a lo largo del tiempo, lo cual es una señal positiva de mejora en la calidad del agua. Por otro lado, la prueba de Autocorrelación presenta un valor de 2.631, también significativo al nivel de 0.01. Esto indica una fuerte autocorrelación positiva en los datos, lo que significa que los niveles de DBO<sub>5</sub> en un momento dado están influenciados por los

niveles en momentos anteriores. Esta información es relevante para comprender la dinámica de la contaminación orgánica y desarrollar modelos predictivos para la gestión de la calidad del agua.

### Figura 30

*Características de DBO<sub>5</sub> en las unidades de tratamiento en la PTAR Orurillo.*



Nota: figura de tendencia de DBO<sub>5</sub> en unidades tratamiento en la PTAR Orurillo

La Figura 30 muestra una tendencia decreciente en la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) a lo largo de las unidades de tratamiento de la PTAR Orurillo. La línea de ajuste, con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.7977, indica una correlación moderada entre los puntos de monitoreo y los valores de DBO<sub>5</sub>, sugiriendo una reducción en la cantidad de materia orgánica biodegradable a medida que el agua residual avanza en el proceso de tratamiento. Se observa una disminución significativa en los primeros puntos de monitoreo (MC 01 y MC 02), seguida de una estabilización y posterior disminución gradual hasta el último punto (MC 05). Esta tendencia es esperable en un proceso de tratamiento de aguas residuales, donde se busca reducir la carga orgánica.

Sin embargo, el valor de  $R^2$  sugiere que otros factores además del avance en el tratamiento podrían estar influyendo en las variaciones de la  $DBO_5$

#### 4.2.6.6. Características de demanda bioquímica de oxígeno (DQO)

**Tabla 11**

*Tabla estadística en unidades de tratamiento de DQO.*

Prueba	Parámetro	$\alpha=0.1$	$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	Sig.
Mann-Kendall	-3.023	0.658	0.784	1.03	S (0.01)
Auto					
Correlación	2.631	0.658	0.784	1.03	S (0.01)

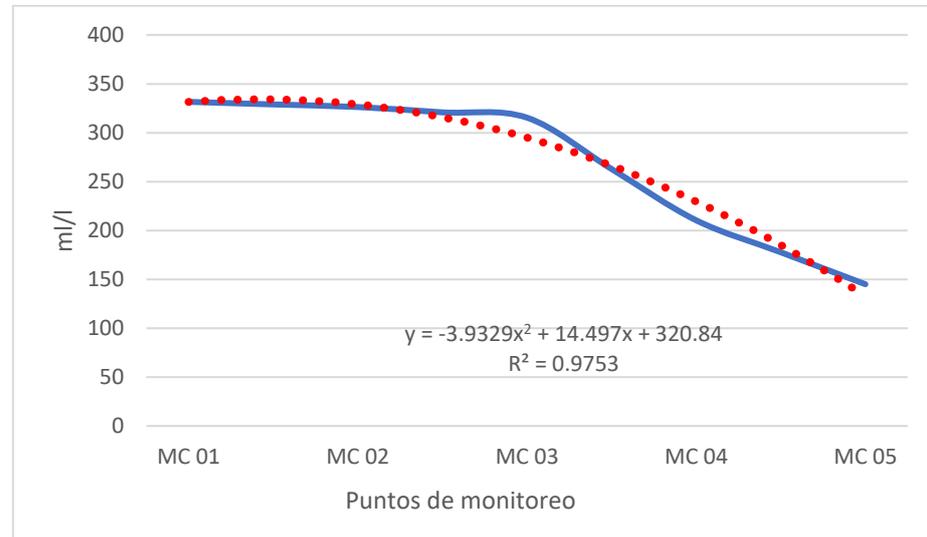
Nota: Prueba estadística de DQO paramétrica en el análisis de tendencia.

La tabla 11 el análisis estadístico, con la prueba de Mann-Kendall, indica un parámetro de -3.023, estadísticamente significativo (Sig. = 0,01). Esto indica una clara tendencia a la baja en los niveles de DQO en las unidades de tratamiento evaluadas. Esta disminución sugiere una mejora en la eficiencia de dichas unidades para remover la materia orgánica del agua. Además, la prueba de Autocorrelación muestra un valor de 2.631, también significativo (Sig. = 0.01), lo que implica una fuerte dependencia entre los valores de DQO a lo largo del tiempo. Esta autocorrelación positiva puede ser atribuible a factores como la variabilidad en la carga orgánica afluente o la dinámica propia del proceso de tratamiento.

**Figura 31**

*Características de DQO en las unidades de tratamiento en la PTAR*

*Orurillo.*



Nota: figura de tendencia de DBO<sub>5</sub> en unidades tratamiento en la PTAR Orurillo.

La figura 31 muestra una tendencia decreciente en la Demanda Química de Oxígeno (DQO) a lo largo de las unidades de tratamiento de la PTAR Orurillo. La línea de ajuste, con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.864, indica una correlación moderadamente fuerte entre los puntos de monitoreo y los valores de DQO, sugiriendo una reducción en la cantidad de materia orgánica, tanto biodegradable como no biodegradable, a medida que el agua residual avanza en el proceso de tratamiento.

Se observa una disminución significativa en los primeros puntos de monitoreo, esta tendencia es esperable en un proceso de tratamiento de aguas residuales, donde se busca reducir la carga orgánica. Sin embargo, el valor de  $R^2$  sugiere que otros factores además del avance en el tratamiento podrían estar influyendo en las variaciones de la DQO.

### 4.3. DISCUSIÓN

Se apreció las concentraciones finales de  $DBO_5$  desde 226,4 mg/l en el afluente a 61,4 mg/l en el efluente. Esto indica una remoción significativa de materia orgánica biodegradable en las unidades de tratamiento, en los estudios de Ccente & Huallani, (2021) quienes evaluaron con un sistema de filtro percolador en Paucara, Huancavelica obtuvo 72 mg/l en el efluente, por otro lado, castro (2023) sus resultados obtenidos indican una reducción significativa en la  $DBO_5$ , de 565,17 mg/L a 90,63 mg/L estos valores indican que no sobrepasan los LMP, por lo que se asemeja a los resultados obtenidos.

En la concentración de DQO se aprecia que se redujo 331.6 mg/l a 145mg/l, lo que indica una remoción significativa de materia orgánica biodegradable y no biodegradable, en el tratamiento de aguas residuales Orurillo, en los estudios que realizo Ccente & Huallani, (2021) quienes evaluaron un sistema de filtro percolador obtuvieron en el afluente de 336mg/l a 161mg/l en el efluente. Por otro lado, castro (2023) obtuvo 127mg/l en el efluente, se puede observar que los valores se encuentran por debajo de los LMP. Sin embargo, Paucar (2023) obtuvo 235.36 mg/l de acuerdo a la norma sobrepasan los LMP no obstante alguna planta de tratamiento no logra cumplir los 200mg/l.

En la concentración de sólidos suspendidos totales SST se aprecia que se redujo de 256.45 mg/l a 21mg/l, lo que indica que el pretratamiento encargado de sedimentar los sólidos suspendidos, está funcionando en condiciones normales, en los estudios que realizo Paucar (2023) obtuvo 221.97 mg/l en el efluente, por otro lado, castro (2023) obtuvo 88.8 mg/l en el efluente, según la norma peruana LMP no deben sobrepasar los 150mg/l, por lo que el presente trabajo no sobrepasa.



En la concentración de aceites y grasas, se aprecia que se mantuvo entre 6.7mg/l a 4.7mg/l los resultados indican poca presencia de aceites y grasas en las unidades de tratamiento, en los estudios realizados Paucar (2023) obtuvo valores en el afluente de 7.75mg/l, por otro lado, castro (2023) 4.1 mg/l en el efluente, lo cual todos estos valores cumplen de acuerdo a los LMP.

En la concentración de coliformes termotolerantes, se aprecia los valores en el afluente de 16000000NMP/100 ml a 1500000NMP/100ml al efluente, Así mismo no cumple con la norma peruana de los LMP, ya que para vertimientos la normativa vigente el cual es 10 000 NMP/100mL (Ministerio del ambiente, 2010), decimos que no esta siendo tratada los coliformes termotolerantes, siendo que el tratamiento terciario, es la cloración, y no lo realizan desde hace mucho tiempo, lo que indica la proliferación de bacterias a la falta de mantenimiento, en los estudios realizados Paucar (2023), 190000NMP/100 ml en afluente finalmente tapara (2023) 16000000NMP/100ml en el punto de vertimiento al cuerpo receptor en la laguna de oxidación de Nuñoa, todos estos valores no cumplen con los LMP.

La concentración del pH, se aprecia que se mantiene estable entre los valores de 7.26 a 7.2 en el efluente, de acuerdo a la normativa esta dentro del rango. Se puede observar valores que cumplen con los límites máximos permisibles (LMP) el cual es 6.5 – 8.5 en la normativa.

En el caso de la temperatura se aprecia que los valores en la plataforma de la nasa generadas en el mismo punto de la PTAR de Orurillo entre los años 2015 al 2022 en promedio del mes de abril es de 10.3 °C, de acuerdo a los estudios de castro (2023) está entre 22.5 °C, 13.7 °C y 24 °C en la PTAR del distrito de caminaca, los cuales se encuentran dentro de la norma de los LMP.



Finalmente, apreciamos la remoción de los diferentes parámetros en el sedimentador horizontal, y como resultado se obtiene una remoción del 31.29 % para DBO<sub>5</sub>, 33.29% para DQO, 30.43% para coliformes termotolerantes CT, 53.39% para aceites y grasas AG y 66.49% para sólidos totales en suspensión SST. En los términos totales se observa que tienen en su mayoría una eficiencia menor al 50% como esta lo establece la norma técnica OS.090 (2009), así mismo, según los estudios de Castro (2021) en el tanque imhoff obtuvo valores de remoción del 62.90% para DBO<sub>5</sub>, 55.28% para DQO, 54.58% para sólidos totales en suspensión y 88.89% para aceites y grasas y 99.99% para coliformes termotolerantes, finalmente Paucar (2023) obtuvo valores del porcentaje de remoción de contaminantes en el en el sedimentador primario: SST de 1.27%, AG de 85.22%, DQO de 4.62%, la DBO<sub>5</sub> con una eficiencia de remoción que aumenta -3.082% donde la carga orgánica biodegradable se acumula, podemos decir que no se cumplen en algunos parámetros mayor al 50% de la norma.

Así mismo, el filtro biológico mostró un porcentaje de remoción, en remover el 59.42% de la DBO<sub>5</sub>, el 31.08% de la DQO, el 6.26% de los coliformes termotolerantes, el 58.33% de los sólidos totales en suspensión y el 14.55% de los aceites y grasas. Estos resultados son inferiores al 50% de eficiencia, con excepción de la DBO<sub>5</sub> lo cual está por debajo de lo establecido en la norma técnica OS.090 del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2009). Esta norma indica que la remoción de DBO<sub>5</sub> en filtros biológicos debería estar entre el 50% y el 90%, y la remoción de sólidos en suspensión entre el 70% y el 90%. Otros estudios también han reportado eficiencias bajas, Castro (2023) en filtros percoladores una remoción de DBO<sub>5</sub> del 11.76%, DQO del 11.06%, CT del 46.09%, SST del 30.59% y AG del 46.43%. Finalmente, Apaza (2021) obtuvo remociones de solo 3.38% para DBO<sub>5</sub> y 3.58% para DQO. Siguen estando muy



por debajo de lo que indica la normativa y de lo que se espera de un filtro percolador con mayor porcentaje de remoción.

El análisis estadístico realizado en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Orurillo, mediante las pruebas de Mann-Kendall y Autocorrelación, muestra una clara tendencia decreciente en los niveles de sólidos suspendidos totales (SST), coliformes termotolerantes (CT), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y demanda química de oxígeno (DQO) a lo largo de las unidades de tratamiento. Los resultados de ambas pruebas son estadísticamente significativos (Sig. = 0.01), lo que indica una mejora en la calidad del agua residual tratada. Sin embargo, el análisis de aceites y grasas (AG) y pH muestra una tendencia decreciente, pero solo el análisis de autocorrelación para AG es estadísticamente significativo, mientras que el pH no lo es.



## V. CONCLUSIONES

- Se evaluaron diversas concentraciones de los parámetros tanto en el afluente y el efluente, en la  $DBO_5$  al disminuir de 226.4 mg/l a 61.4 mg/l, DQO al reducirse de 331.6 mg/l a 145 mg/l, en sólidos suspendidos totales SST disminuyendo de 256.5 mg/l a 21 mg/l, los coliformes termotolerantes CT, se logró reducir de 1,600,000 NMP/100 ml a 150,000 NMP/100 ml, en aceites y grasas AG disminuyendo de 6.7 mg/l a 4.7 mg/l. Todos estos valores finales, con excepción de coliformes termotolerantes CT, no sobrepasan lo establecido en los límites máximos permisibles LMP del D.S. N°003-2010-MINAM
- En los desarrollos efectuados, se pudo observar que en el sedimentador horizontal se lograron el porcentaje de remoción del 31.29 % para  $DBO_5$ , 33.29% para DQO, 30.43% para coliformes termotolerantes CT, 53.39% para aceites y grasas AG y 66.49% para sólidos totales en suspensión SST, para los filtros biológicos fueron de 59.42% de la  $DBO_5$ , el 31.08% de la DQO, el 6.26% de los coliformes termotolerantes CT, el 58.33% de los sólidos totales en suspensión SST y el 14.55% de los aceites y grasas, se destaca que ambas unidades de tratamiento cumplen su función de remover la materia orgánica biodegradable y no biodegradable teniendo en cuenta que los filtros biológicos está considerado según la norma OS.090 con una eficiencia del 50% a 90%,. Finalmente, como el porcentaje de remoción general de la PTAR aprecia un 72.88% en  $DBO_5$ , 56.27% en DQO, 90.63% en CT, 91.81% en SST y 29.85% en AG.



## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar un sistema de monitoreo continuo en tiempo real, utilizando muestras compuestas durante los periodos de mayor caudal, a lo largo de 12 horas. Las muestras deben recolectarse cada hora para obtener un equivalente de contaminación, también se recomienda realizar los monitores en la PTAR Orurillo, para optimizar el filtro biológico a mayor remoción de materia orgánica biodegradable y no biodegradable con la finalidad de cumplir con los LMP.
- Los filtros percoladores analizados requieren una revisión a fondo y un mantenimiento más riguroso para alcanzar la eficiencia esperada. Es fundamental extender este mantenimiento a todas las unidades de la planta de tratamiento para asegurar su correcto funcionamiento y evitar la contaminación del medio ambiente, especialmente del agua. Fomentar más investigaciones sobre la remoción de estas plantas es crucial, ya que un mal funcionamiento puede afectar tanto a los ecosistemas como el cuerpo receptor de la laguna Orurillo. A pesar de las limitaciones, los biológicos pueden ser una alternativa viable para poblaciones pequeñas, considerando en la economía circular, logrando las siete R rediseñar, reducir, reutilizar, reparar, renovar, recuperar y reciclar.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvariño, C. R., Navarrete, J. G., Petit, X. R., & Hernandez, M. A. (2010). Filtro biológico en el tratamiento de lixiviados. . *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 41, 1-11.
- Apaza, M. R. (2021). *Evaluación de la eficiencia de los tratamientos biológicos en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de San José provincia de Azángaro*. Obtenido de <http://tesis.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/16067>
- Banco Mundial. (2020). El agua residual puede generar beneficios para la gente, el medioambiente y las economías.
- Barría, L., Chávez, C., Morales, D., Robinson, Y., Rodríguez, A., Samudio, M., & Vallester, E. (2017). Evaluación de un filtro biológico de flujo ascendente anóxico a escala de laboratorio para remoción de nitrato . *Revista de Iniciación Científica*, 3(2), 6.
- Blas, c. A. (2018). *Determinación y mejoramiento de la eficiencia del sistema de tanque séptico y filtro biológico de la planta de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Jivia–departamento de Huánuco*. Obtenido de <https://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2350>
- Buenaño, M. (2015). *Propuesta de una planta de tratamiento de aguas residuales*.
- Cárdenas, A., Mancilla, J., & Domínguez, V. (2017). *Diferencia entre la eficiencia de eliminación de materia orgánica de filtros biológicos a escala de laboratorio utilizando lechos convencionales versus empaques sintéticos*. Obtenido de <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/1863>
- Castro, P. L. (2023). *Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas del distrito de Caminaca–Perú*. Obtenido de <http://repositorio.unaj.edu.pe/xmlui/handle/UNAJ/298>



- Ccente, A., & Huayllani, I. (2021). *“Eficiencia en la Remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno en la planta de tratamiento de aguas residuales de Filtro percolador del distrito de paucará”*. HUANCVELICA - PERÚ: UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA.
- Condori, M. R. (2023). Eficiencia del tratamiento de las aguas residuales de las lagunas de oxidación facultativa del Centro Poblado de Sallaconi, 2022. Obtenido de <http://tesis.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/20048>
- Domínguez, O. R. (2015). *Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales urbanas para poblaciones entre 20 y 25 mil habitantes*.
- Espigares, G. M., & Perez, L. J. (2002). *AGUAS RESIDUALES COMPOSICIÓN*.
- Espinoza, V., Catillo, R., & Rovira, D. (2014). *Parámetros físico-químicos y microbiológicos como indicadores de la calidad de las aguas de la subcuenca baja del Río David*.
- FAO. (2023). Obtenido de La escasez de agua supone menos agua para la producción agrícola, lo cual, a su vez, se traduce en una menor disponibilidad de alimentos y pone en peligro la seguridad alimentaria y la nutrición.
- Fernandez, A. (2012). *El agua: un recurso esencial*. Quimica Viva, 11(3), 147–170. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>
- Flores, C. E. (2017). *Metodoloia de la Investigacion para Ingenieros*. UNA Puno.
- Fuentes, F. K., & Betancourt, F. P. (2012). *Procesos de Depuración de aguas residuales. Latinoamerica el Ambiente y las Ciencias (1st ed.)*. Venezuela.
- Fuentes, Q., & José, N. (2020). *Estudio de la remoción de materia orgánica en el tratamiento de aguas residuales urbanas por medio de un filtro biológico a partir de lombrices californianas (Eisenia Foétida)*.



- Galindo, A., Toncel, E., & Rincón, N. (2016). Evaluación de un filtro biológico como unidad de post-tratamiento de aguas residuales utilizando conchas marinas como material de soporte. *Revista Ion*, 29(2), 39-50.
- Galvez, A. P. (2017). *Caracterización de la sequías Históricas y Proyectadas Bajo Escenarios de Cambio Climático en la Cuenca del Río Mantaro*. Lima Perú: Universidad Nacional Agraria la Molina, Maestría en Recursos Hídricos.
- Guevarra, L. D., & Ramos, R. T. (2018). Evaluación del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Universidad Estatal Amzónica. Obtenido de <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/381>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de Investigación*. México: D.F.: McGRAW-HILL.
- Jaramillo, M. A., & Paredes, T. (2019). *Evaluación de la eficiencia de un sistema de dos filtros percoladores en serie para el tratamiento de aguas residuales domésticas en la urbanización Santa Lucía–Morales*. UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN.
- Lecca, E. R., & Liza, E. R. (2014). *Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno*.
- Lopez, S., & Martin, S. (2015). *Depuración de aguas residuales*. Editorial Elearning.
- Marsilli, A. (2005). Tratamiento de aguas residuales.
- Montiel, G. J. (2001). Los filtros biológicos aerobios como una alternativa para aumentar la eficiencia de las lagunas de oxidación. *Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León*.
- MVCS. (2015). *Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales*. Lima, Perú. Resolución ministerial N° 273 2013-VIVIENDA.



- MVCS, M. (2009). *Decreto supremo N° 022 - 2009 - Vivienda "Norma técnica OS.090 - Plantas de tratamiento de aguas residuales"*. reglamento nacional de edificaciones. Lima.
- Ñaupas, H., Megia, E., Novoa, E., & Villagómez, A. (2019). *Metodología de la Investigación*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., & Villagómez, A. (2015). *Metodología de la investigación*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Ocola, S. J., & Laqui, V. W. (2017). Fuentes contaminantes en la cuenca del Lago Titicaca: Un aporte al conocimiento de las causas que amenazan la calidad del agua del maravilloso lago Titicaca. Obtenido de <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/636>
- OEFA. (2014). *Fiscalización ambiental en aguas residuales*. Lima: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.
- OEFA. (2014). Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales*. Obtenido de <https://www.oefa.gob.pe>
- OMS. (Septiembre de 2023). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Agua para consumo humano: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- OMS, O. (22 de Marzo de 2024). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Saneamiento: <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/water-sanitation-and-health>
- Osorio, P. C., & Peña, D. (2000). Determinación de la relación DQO/DBO 5 en aguas residuales de comunas con población menor a 25.000 habitantes en la VIII región.
- Paucar, C. A. (2023). Evaluación de la eficiencia de los procesos unitarias de la planta de tratamientos de aguas residuales del distrito de Ajoyani - caravaya, 2022.



- Paucar, F., & Iturregui, P. (2020). Los desafíos de la reutilización de las aguas residuales en el Perú. *South Sustainability*. Obtenido de <https://doi.org/10.21142/SS-0101-2020-004>
- Posada, U. L., Mosquera, L. S., & Villegas, E. V. (2007). Biodegradación de la materia orgánica presente en las aguas residuales de una empresa de pinturas. *UNIVERSIDAD EAFIT*.
- Potencial de hidrogeniones - pH*. (2013).
- Prieto, V. J., & Rodriguez, T. S. (2015). Diseño de una planta de Tratamiento de Aguas Residuales.
- Ricardo, L. (2010). Tratamientos avanzados para aguas residuales industriales – una revisión. *Boletín Semillas Ambientales*, 4(2). .
- Romero, J. (2016). *Tratamiento de aguas residuales teoría y principios de diseño*. Bogotá: Escuela colombiana de Ingeniería.
- SINIA. (2015). *Tratamiento y Reuso de Aguas Residuales parte 2*.
- SUNASS, S. N. (2022). *Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento*. Obtenido de Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en el ámbito de las empresas prestadoras: [https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2022/06/Informe-de-diagnostico-de-las-Plantas-de-Tratamiento-de-Aguas-Residuales-PTAR\\_VdigitalConcomentario.pdf](https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2022/06/Informe-de-diagnostico-de-las-Plantas-de-Tratamiento-de-Aguas-Residuales-PTAR_VdigitalConcomentario.pdf)
- Tamayo, M. (2004). El proceso de la investigación científica. *Mexico D.F.*
- Trapote, A. (2011). Depuración de aguas residuales Madrid. *Universidad de Alicante*.
- UPO. (2005). *Técnicas avanzadas en química*. Universidad Pablo de Olavide.
- Valderrama, S. (2015). Pasos para elaborar proyectos de investigación científica. *Lima: San Marcos*.



Zhen, W. B. (2009). Calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la quebrada Victoria, Curubande, Guanacaste, Costa Rica, año hidrológico. *Universidad Estatal a Distancia, Escuela de Ciencias Exactas y Naturales*.



## ANEXOS

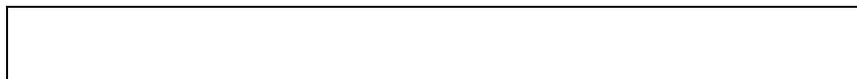
**ANEXO 1:** Verificación del funcionamiento de la PTAR Orurillo, en los meses de abril y junio.



*Descripción: Verificación in situ del filtro biológico en el mes de abril.*



*Descripción: Verificación in situ del sedimentador horizontal en el mes de abril.*





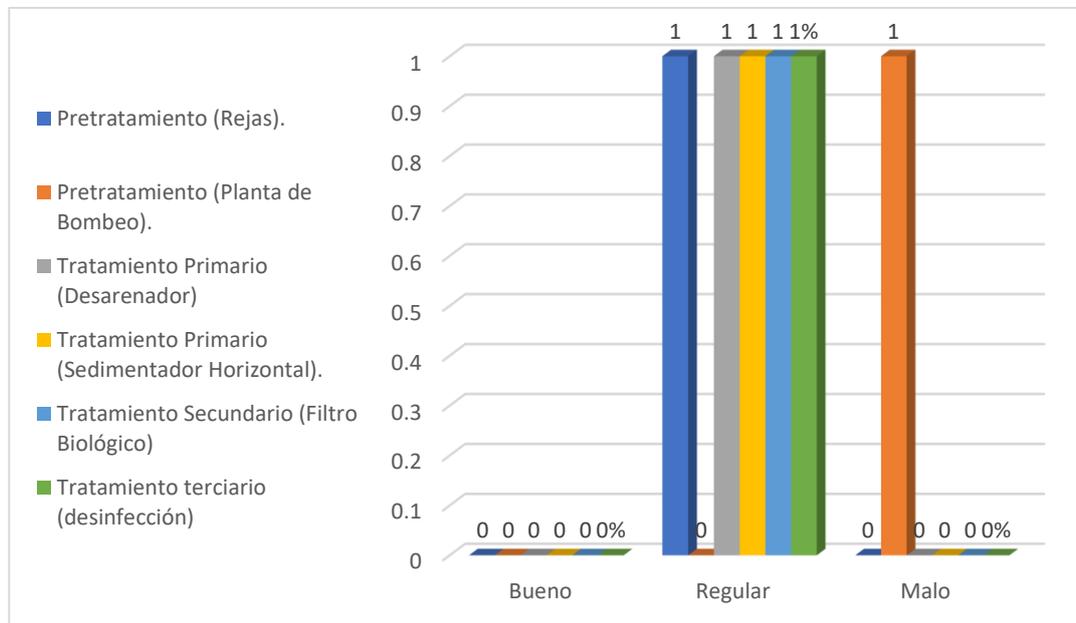
Descripción: Verificación in situ del colector en el mes de junio.



Descripción: Verificación in situ del filtro biológico en el mes de junio

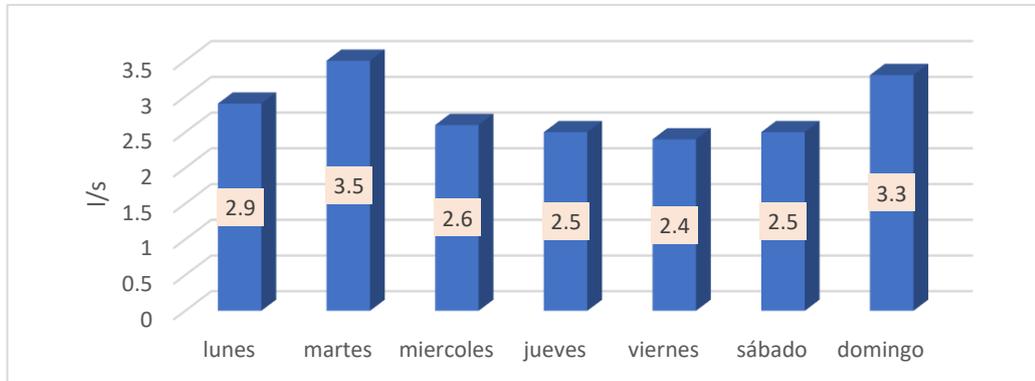
DESCRIPCIÓN IN SITU DE LA PTAR ORURILLO		
Área/Equipo	Estado (Bueno, Regular y Malo)	Observaciones
Pretratamiento (Rejas).	Regular	Rejas obstruidas con gran cantidad de residuos, flujo de agua restringido. Necesita mantenimiento.
Pretratamiento (Planta de Bombeo).	Regular	La planta de bombeo presencia falta de bombas de impulsión, el cual no se encuentra en funcionamiento; si no hay energía eléctrica, la PTAR deja de funcionar.
Tratamiento Primario (Desarenador)	Regular	Se observa la presencia de arena sedimentada, necesita mantenimiento de limpieza correspondiente.
Tratamiento Primario (Sedimentador Horizontal).	Regular	Se observa una ligera turbidez en el agua que sale del sedimentador, lo que podría indicar una sedimentación incompleta o un aumento en la carga de sólidos.
Tratamiento Secundario (Filtro Biológico)	Malo	El material filtrante está cubierto por una capa gruesa de biofilm o por acumulación de sólidos, lo que impide el paso del agua y reduce drásticamente la eficiencia del filtro
Tratamiento terciario (desinfección)	Regular	Se observo que no funciona la caseta de cloración, lo que podría afectar la dosificación del desinfectante o el control del proceso.

Nota: Basado en visita de campo in situ en la PTAR Orurillo.



## ANEXO 2: Medición del caudal en el ingreso de la (PTAR) Orurillo.

Se empleó el método volumétrico, se aprecia un caudal promedio de 2.8 l/s en el mes abril del 2024.



## ANEXO 3: Límites máximos permisibles D.S. N° 003 -2010 – MINAM.

El Peruano

Lima, miércoles 17 de marzo de 2010



NORMAS LEGALES

415675

de impuestos o de derechos aduaneros de ninguna clase o denominación.

**Artículo 5°.-** La presente Resolución Suprema será refrendada por el Presidente del Consejo de Ministros.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ALAN GARCÍA PÉREZ  
Presidente Constitucional de la República

JAVIER VELASQUEZ QUESQUÉN  
Presidente del Consejo de Ministros

469446-6

### AMBIENTE

Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales

**DECRETO SUPREMO  
N° 003-2010-MINAM**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 3° de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, dispone que el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha ley;

Que, el numeral 32.1 del artículo 32° de la Ley General del Ambiente define al Límite Máximo Permisible - LMP, como la medida de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio;

Que, el numeral 33.4 del artículo 33° de la Ley N° 28611 en mención dispone que, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplique el principio de la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, el literal d) del artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente - MINAM, establece como función específica de dicho Ministerio, elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), de acuerdo con los planes respectivos. Deben contar con la opinión del sector correspondiente, debiendo ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 121-2009-MINAM, se aprobó el Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el año fiscal 2009 que contiene dentro de su anexo la elaboración del Límite Máximo Permisible para los efluentes de Plantas de Tratamiento de fuentes domésticas;

Que el artículo 14° del Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) aprobado mediante Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, establece que el proceso de evaluación de impacto ambiental comprende medidas que aseguren, entre otros, el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental, los Límites Máximos Permisibles y otros parámetros y requerimientos aprobados de acuerdo a la legislación ambiental vigente; del mismo modo, en su artículo 28° el citado reglamento señala que, la modificación del estudio ambiental o la aprobación de instrumentos de gestión ambiental complementarios,

implica necesariamente y según corresponda, la actualización de los planes originalmente aprobados al emitirse la Certificación Ambiental;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8) del artículo 118° de la Constitución Política del Perú, y el numeral 3 del artículo 11° de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

**Artículo 1°.- Aprobación de Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas o Municipales (PTAR)**

Aprobar los Límites Máximos Permisibles para efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, los que en Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo y que son aplicables en el ámbito nacional.

**Artículo 2°.- Definiciones**

Para la aplicación del presente Decreto Supremo se utilizarán los siguientes términos:

- **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR):** Infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales Domésticas o Municipales.

- **Límite Máximo Permisible (LMP).** - Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental.

- **Protocolo de Monitoreo.** - Procedimientos y metodologías establecidas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en coordinación con el MINAM y que deben cumplirse en la ejecución de los Programas de Monitoreo.

**Artículo 3°.- Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles de Efluentes de PTAR**

3.1 Los LMP de efluentes de PTAR que se establecen en la presente norma entran en vigencia y son de cumplimiento obligatorio a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

3.2 Los LMP aprobados mediante el presente Decreto Supremo, no serán de aplicación a las PTAR con tratamiento preliminar avanzado o tratamiento primario que cuenten con disposición final mediante emisario subterráneo.

3.3. Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que no cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento su Programa de Adecuación y Manejo Ambiental; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

3.4 Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de tres (03) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, la actualización de los Planes de Manejo Ambiental de los Estudios Ambientales; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

**Artículo 4°.- Programa de Monitoreo**

4.1 Los titulares de las PTAR están obligados a realizar el monitoreo de sus efluentes, de conformidad con el Programa de Monitoreo aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. El Programa de Monitoreo especificará la ubicación de los puntos de control, métodos y técnicas adecuadas; así como los parámetros y frecuencia de muestreo para cada uno de ellos.

415676



NORMAS LEGALES

El Peruano  
Lima, miércoles 17 de marzo de 2010

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

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

#### Artículo 5°.- Resultados de monitoreo

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

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

#### Artículo 6°.- Fiscalización y Sanción

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

#### Artículo 7°.- Refrendo

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

#### DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA FINAL

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

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

ALAN GARCÍA PÉREZ  
Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG  
Ministro del Ambiente

JUAN SARMIENTO SOTO  
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

#### ANEXO

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

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

469446-2

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

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

Lima, 16 de marzo de 2010

CONSIDERANDO:

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

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

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

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

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

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

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

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

SE RESUELVE:

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

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

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

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

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG  
Ministro del Ambiente

469445-1

## ANEXO 4: Matriz de Consistencia

REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA DE CONTAMINANTES EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS EMPLEANDO FILTRO BIOLÓGICO DE ORURILLO-MELGAR 2024						
Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicador	Unidad
<b>Problema general:</b>  ¿Cuál es la remoción de carga orgánica de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas servidas con la utilización del filtro biológico de Orurillo – Melgar, 2024?	<b>Objetivo General</b>  Determinar la remoción de carga orgánica de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas servidas con la utilización del filtro biológico de Orurillo-Melgar.	<b>Hipótesis general</b>  La remoción de carga orgánica de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas servidas, presenta una remoción inferior al rango de 50 a 90% establecido en el reglamento nacional de edificaciones – Norma OS.090	<b>Variable independiente</b> Tratamiento de aguas servidas empleando filtro biológico en orurillo melgar 2024.	Periodos de Monitoreo medición de parámetros (Muestreo simple)	pH	-
					SST	mg/l
					Aceites y grasas	mg/l
					DBO <sub>5</sub>	mg/l
					DQO	mg/l
					CT	NMP/100 ml
<b>Problema Especifico:</b>  ¿Cuáles son las concentraciones de los parámetros DBO <sub>5</sub> , DQO, solidos suspendidos totales, coliformes termotolerantes y aceites y grasas en la planta de tratamiento de aguas residuales de Orurillo-Melgar?  ¿Cuál es la remoción de contaminantes en las unidades de proceso de tratamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de Orurillo-Melgar?	<b>Objetivos Especificos</b>  Evaluar la concentración de los parámetros DBO <sub>5</sub> , DQO, solidos suspendidos totales, coliformes termotolerantes y aceites y grasas de la planta de tratamiento de aguas residuales de Orurillo-Melgar.  Evaluar la remoción de contaminantes en las unidades de proceso de tratamiento (sedimentador horizontal y filtro biológico) de la planta de tratamiento de aguas residuales de Orurillo-Melgar.	<b>Hipótesis específicas</b>  La concentración de los parámetros DBO <sub>5</sub> , DQO, solidos suspendidos totales, coliformes termotolerantes y aceites y grasas determinan directamente en la remoción de la planta de tratamiento de aguas residuales de Orurillo se encuentran por encima de los límites máximos permisibles del D.S. N° 003-2010-MINAM.  La remoción de contaminantes en las unidades de proceso de tratamiento, tienden a ser deficientes ya que no alcanzan el porcentaje de remoción del 50% en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Orurillo-Melgar.	<b>Variable dependiente</b>  Remoción de carga orgánica de contaminantes	Sedimentador Horizontal	Porcentaje de remoción, Análisis estadístico.	
				Filtro Biológico		



## ANEXO 5: Resultados de pruebas de laboratorio, en la PTAR Orurillo, punto MC01



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA  
CON REGISTRO N° LE 003



### INFORME DE ENSAYO N° 2-01137/24

Página 1/3

DATOS DEL CLIENTE	
Solicitado por	: ATAMARI HUALLPA RUBEN DARIO
Domicilio legal	: JIRÓN SANTA CRUZ N° 316 – AYAVIRI – MELGAR – PUNO
DATOS DE LA MUESTRA	
Producto declarado <sup>(A)</sup>	: AGUA RESIDUAL
Lugar de Muestreo	: ORURILLO – MELGAR – PUNO (PTAR)
Fecha de Muestreo	: 2024-04-12
Procedencia	: Muestra proporcionada por el solicitante
Cantidad recibida	: 01 muestras x 4.0 Litros
Presentación y condición de recepción	: En Frasco de Plástico Y Vidrio, Cerrado, Refrigerado Y Preservado
Identificación y descripción <sup>(A)</sup>	: Según se indica
Fecha de recepción	: 2024-04-13
Fecha de inicio del ensayo	: 2024-04-13
Fecha de término del ensayo	: 2024-05-14
Ensayo realizado en	: Laboratorio Ambiental Arequipa / Microbiología Arequipa
Identificado con	: EXMA-04773-2024
Validez del documento	: Este documento es válido solo para muestra descrita

Proyecto <sup>(A)</sup> :				
Puntos de muestreo <sup>(A)</sup>	Coordenadas UTM WGS 84 <sup>(A)</sup>		Descripción de la Estación de Monitoreo	Observaciones
	ESTE	NORTE		
MC-01	19L337255.15	8371775.57	---	Altitud: 3 890 m.s.n.m.

<sup>(A)</sup> Datos proporcionados por el solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el solicitante pueda afectar la validez de los resultados

“Este documento sin firma digital carece de validez”

AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores – Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao  
T. (511) 319 9000

[info@cerper.com](mailto:info@cerper.com) – [www.cerper.com](http://www.cerper.com)

“ EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE”



INFORME DE ENSAYO N° 2-01137/24

Página 2/3

RESULTADOS

Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultados
<b>Estación de Muestreo</b> MC-01			
<b>Fecha y Hora de Muestreo</b> 2024-04-12 14:05			
<b>Tipo de Muestra</b> Agua Residual			
<b>Parámetros Físico – Químicos</b>			
(*) pH	-	Unidades de pH	7,26
Sólidos Suspendedos Totales	2,5	mg/L	256.45
<b>Parámetros Orgánicos</b>			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	2,0	mg/L	226.4
Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.)	2,5	mgO2/L	331.6
Aceites y Grasas	0,50	mg/L	6.7
<b>Parámetros Microbiológicos</b>			
Coliformes Termotolerantes (NMP)	1,8	NMP/100 mL	16 000 000

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA

CONTROLES DE CALIDAD

Ensayos	BM	LFB	Criterio de aceptación	Muestra	Duplicado	RPD	Criterio de aceptación
	< Límite Detección						
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) (LD: 2,0 mg/L)	<2,00	187	198 ± 30,5 mg/L	---	---	---	<20%
Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.) (LD: 2,5 mgO2/L)	<2,5	109	85% - 115%	159	159	0,20	<20%
Sólidos Suspendedos Totales (LD: 2,5 mg/L)	<2,5	98,2	85% - 115%	13,3	13,6	2,08	≤ 5 %

Ensayos	BM	LFB	Criterio de aceptación	LFM / ORP	LFM-DUP / ORP-DUP	RPD	Criterio de aceptación
	< Límite Detección						
Aceite y grasas (LD: 0,50 mg/L)	<0,50	96,3	78%-114%	38,5	37,0	3,97	≤ 11 %

BM: Blanco del Método  
LFB: Blanco Fortificado de Laboratorio  
LFM: Matriz Fortificada de Laboratorio  
LFMD: Duplicado de Matriz Fortificada de Laboratorio  
% RPD: Diferencia Porcentual Relativa

Ensayos	Control	Caldo EC/A-1	Caldo EC	Agar mFC
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	(+), E.coli	Con crecimiento	Con crecimiento	Con crecimiento
	(-), E.aerogenes	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento
	(-), Blanco	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento

"Este documento sin firma digital carece de validez"

AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores – Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao  
T. (511) 319 9000

info@cerper.com – www.cerper.com

" EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA  
CON REGISTRO N° LE 003



INFORME DE ENSAYO N° 2-01137/24

Página 3/3

MÉTODOS

**Coliformes Termotolerantes (NMP):** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 24th Ed. 2023. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)

**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5):** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test

**Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O):** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24th Ed. 2023. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method

**Sólidos Suspensos Totales:** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 24th Ed. 2023. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105 °C

**Aceites y Grasas:** EPA Method 1664, Revision B. 2010. n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry

**(\*) pH:** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 24th Ed. 2023. pH Value. Electrometric Method

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.  
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.  
Arequipa, 23 de mayo de 2024

Firmado Digitalmente  
CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A.  
  
Lc. Edile Méndez Mamani  
C.Q.P. N° 776  
JEFE DEL LABORATORIO AREQUIPA

*"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"*

"Este documento sin firma digital carece de validez"

AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores – Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao  
T. (511) 319 9000

[info@cerper.com](mailto:info@cerper.com) – [www.cerper.com](http://www.cerper.com)

" EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUTE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"



Resultados de pruebas de laboratorio tomadas en el campo, en la PTAR Orurillo,  
punto MC-02.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA  
CON REGISTRO N° LE 003



INFORME DE ENSAYO N° 2-01286/24

Página 1/3

DATOS DEL CLIENTE	
Solicitado por	: ATAMARI HUALLPA RUBEN DARIO
Domicilio legal	: JIRÓN SANTA CRUZ N° 316 – AYAVIRI – MELGAR – PUNO
DATOS DE LA MUESTRA	
Producto declarado <sup>(A)</sup>	: AGUA RESIDUAL
Lugar de Muestreo	: ORURILLO – MELGAR – PUNO (PTAR)
Fecha de Muestreo	: 2024-04-12
Procedencia	: Muestra proporcionada por el solicitante
Cantidad recibida	: 01 muestras x 4.0 Litros
Presentación y condición de recepción	: En Frasco de Plástico Y Vidrio, Cerrado, Refrigerado Y Preservado
Identificación y descripción <sup>(A)</sup>	: Según se indica
Fecha de recepción	: 2024-04-13
Fecha de inicio del ensayo	: 2024-04-13
Fecha de término del ensayo	: 2024-04-20
Ensayo realizado en	: Laboratorio Ambiental Arequipa / Microbiología Arequipa
Identificado con	: EXMA-04773-2024
Validez del documento	: Este documento es válido solo para muestra descrita

Proyecto <sup>(A)</sup> :				
Puntos de muestreo <sup>(A)</sup>	Coordenadas UTM WGS 84 <sup>(A)</sup>		Descripción de la Estación de Monitoreo	Observaciones
	ESTE	NORTE		
MC-02	19L337604.00	8372784.00	---	Altitud: 3 893 m.s.n.m.

<sup>(A)</sup> Datos proporcionados por el solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el solicitante pueda afectar la validez de los resultados

“Este documento sin firma digital carece de validez”

AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores – Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao  
T. (511) 319 9000

[info@cerper.com](mailto:info@cerper.com) – [www.cerper.com](http://www.cerper.com)

“ EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE”



INFORME DE ENSAYO N° 2-01286/24

RESULTADOS

		Estación de Muestreo	MC-02
		Fecha y Hora de Muestreo	2024-04-12 14:30
		Tipo de Muestra	Agua Residual
Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultados
<b>Parámetros Físico – Químicos</b>			
(*) pH	-	Unidades de pH	7,24
Sólidos Suspensos Totales	2,5	mg/L	161.4
<b>Parámetros Orgánicos</b>			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	2,0	mg/L	219,4
Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.)	2,5	mgO2/L	326,3
Aceites y Grasas	0,50	mg/L	7,6
<b>Parámetros Microbiológicos</b>			
Coliformes Termotolerantes (NMP)	1,8	NMP/100 mL	9 200 000

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA

CONTROLES DE CALIDAD

Ensayos	BM	LFB	Criterio de aceptación	Muestra	Duplicado	RPD	Criterio de aceptación
	< Límite Detección						
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) (LD: 2,0 mg/L)	<2,00	187	198 ± 30,5 mg/L	---	---	---	<20%
Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.) (LD: 2,5 mgO2/L)	<2,5	109	85% - 115%	159	159	0,20	<20%
Sólidos Suspensos Totales (LD: 2,5 mg/L)	<2,5	98,2	85% - 115%	13,3	13,6	2,08	≤ 5 %

Ensayos	BM	LFB	Criterio de aceptación	LFM / ORP	LFM-DUP / ORP-DUP	RPD	Criterio de aceptación
	< Límite Detección						
Aceite y grasas (LD: 0,50 mg/L)	<0,50	96,3	78%-114%	38,5	37,0	3,97	≤ 11 %

BM: Blanco del Método  
LFB: Blanco Fortificado de Laboratorio  
LFM: Matriz Fortificada de Laboratorio  
LFMD: Duplicado de Matriz Fortificada de Laboratorio  
% RPD: Diferencia Porcentual Relativa

Ensayos	Control	Caldo EC/A-1	Caldo EC	Agar mFC
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	(+), E.coli	Con crecimiento	Con crecimiento	Con crecimiento
	(-), E.aerogenes	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento
	(-), Blanco	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento

"Este documento sin firma digital carece de validez"

AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores – Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao  
T. (511) 319 9000

[info@cerper.com](mailto:info@cerper.com) – [www.cerper.com](http://www.cerper.com)

" EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUTE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA  
CON REGISTRO N° LE 003



INFORME DE ENSAYO N° 2-01286/24

Página 3/3

MÉTODOS

**Coliformes Termotolerantes (NMP):** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 24th Ed. 2023. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)

**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5):** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test

**Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O):** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24th Ed. 2023. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method

**Sólidos Suspendidos Totales:** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 24th Ed. 2023. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105 °C

**Aceites y Grasas:** EPA Method 1664, Revision B. 2010. n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry

(\*) pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 24th Ed. 2023. pH Value. Electrometric Method

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.  
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.  
Arequipa, 23 de mayo de 2024

Firmado Digitalmente  
CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A.  
  
Lic. Edgardo Merino Mamani  
C.G.P. N° 776  
JEFE DEL LABORATORIO AREQUIPA

*"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"*

"Este documento sin firma digital carece de validez"

AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores – Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao  
T. (511) 319 9000

[info@cerper.com](mailto:info@cerper.com) – [www.cerper.com](http://www.cerper.com)

" EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUTE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"



Resultados de pruebas de laboratorio tomadas en el campo, en la PTAR Orurillo,  
punto MC-03.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA  
CON REGISTRO N° LE 003



INFORME DE ENSAYO N° 2-01285/24

Página 1/3

DATOS DEL CLIENTE	
Solicitado por	: ATAMARI HUALLPA RUBEN DARIO
Domicilio legal	: JIRÓN SANTA CRUZ N° 316 – AYAVIRI – MELGAR – PUNO
DATOS DE LA MUESTRA	
Producto declarado <sup>(A)</sup>	: AGUA RESIDUAL
Lugar de Muestreo	: ORURILLO – MELGAR – PUNO (PTAR)
Fecha de Muestreo	: 2024-04-12
Procedencia	: Muestra proporcionada por el solicitante
Cantidad recibida	: 01 muestras x 4.0 Litros
Presentación y condición de recepción	: En Frasco de Plástico Y Vidrio, Cerrado, Refrigerado Y Preservado
Identificación y descripción <sup>(A)</sup>	: Según se indica
Fecha de recepción	: 2024-04-13
Fecha de inicio del ensayo	: 2024-04-13
Fecha de término del ensayo	: 2024-04-20
Ensayo realizado en	: Laboratorio Ambiental Arequipa / Microbiología Arequipa
Identificado con	: EXMA-04773-2024
Validez del documento	: Este documento es válido solo para muestra descrita

Proyecto <sup>(A)</sup> :				
Puntos de muestreo <sup>(A)</sup>	Coordenadas UTM WGS 84 <sup>(A)</sup>		Descripción de la Estación de Monitoreo	Observaciones
	ESTE	NORTE		
MC-03	19L337608.00	8372800.00	---	Altitud: 3 893 m.s.n.m.

<sup>(A)</sup> Datos proporcionados por el solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el solicitante pueda afectar la validez de los resultados

“Este documento sin firma digital carece de validez”

AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores – Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao  
T. (511) 319 9000

[info@cerper.com](mailto:info@cerper.com) – [www.cerper.com](http://www.cerper.com)

“ EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE”



INFORME DE ENSAYO N° 2-01285/24

Página 2/3

RESULTADOS

Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultados
<b>Estación de Muestreo</b> MC-03			
<b>Fecha y Hora de Muestreo</b> 2024-04-12 14:40			
<b>Tipo de Muestra</b> Agua Residual			
<b>Parámetros Físico – Químicos</b>			
(*) pH	-	Unidades de pH	7,04
Sólidos Suspendidos Totales	2,5	mg/L	150,4
<b>Parámetros Orgánicos</b>			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	2,0	mg/L	220,2
Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.)	2,5	mgO2/L	315,4
Aceites y Grasas	0,50	mg/L	11,8
<b>Parámetros Microbiológicos</b>			
Coliformes Termotolerantes (NMP)	1,8	NMP/100 mL	2.300.000

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA

CONTROLES DE CALIDAD

Ensayos	BM	LFB	Criterio de aceptación	Muestra	Duplicado	RPD	Criterio de aceptación
	< Límite Detección						
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) (LD: 2,0 mg/L)	<2,00	187	198 ± 30,5 mg/L	---	---	---	<20%
Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.) (LD: 2,5 mgO2/L)	<2,5	109	85% - 115%	159	159	0,20	<20%
Sólidos Suspendidos Totales (LD: 2,5 mg/L)	<2,5	98,2	85% - 115%	13,3	13,6	2,08	≤ 5 %

Ensayos	BM	LFB	Criterio de aceptación	LFM / ORP	LFM-DUP / ORP-DUP	RPD	Criterio de aceptación
	< Límite Detección						
Aceite y grasas (LD: 0,50 mg/L)	<0,50	96,3	78%-114%	38,5	37,0	3,97	≤ 11 %

BM: Blanco del Método  
LFB: Blanco Fortificado de Laboratorio  
LFM: Matriz Fortificada de Laboratorio  
LFMD: Duplicado de Matriz Fortificada de Laboratorio  
% RPD: Diferencia Porcentual Relativa

Ensayos	Control	Caldo EC/A-1	Caldo EC	Agar mFC
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	(+), E.coli	Con crecimiento	Con crecimiento	Con crecimiento
	(-), E.aerogenes	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento
	(-), Blanco	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento

"Este documento sin firma digital carece de validez"

AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores – Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao  
T. (511) 319 9000

info@cerper.com – www.cerper.com

" EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUTE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA  
CON REGISTRO N° LE 003



INFORME DE ENSAYO N° 2-01285/24

Página 3/3

MÉTODOS

**Coliformes Termotolerantes (NMP):** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 24th Ed. 2023. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)

**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5):** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test

**Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O):** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24th Ed. 2023. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method

**Sólidos Suspendedos Totales:** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 24th Ed. 2023. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105 °C

**Aceites y Grasas:** EPA Method 1664, Revision B. 2010. n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry

(\*) pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 24th Ed. 2023. pH Value. Electrometric Method

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.  
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.  
Arequipa, 23 de mayo de 2024

Firmado Digitalmente  
CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A.  
  
Lic. Edgardo Méndez Mamani  
C.G.P. N° 776  
JEFE DEL LABORATORIO AREQUIPA

*"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"*

"Este documento sin firma digital carece de validez"

AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores – Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao  
T. (511) 319 9000

[info@cerper.com](mailto:info@cerper.com) – [www.cerper.com](http://www.cerper.com)

" EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUTE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"



Resultados de pruebas de laboratorio tomadas en el campo, en la PTAR Orurillo,  
punto MC-04.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA  
CON REGISTRO N° LE 003



INFORME DE ENSAYO N° 2-01287/24

Página 1/3

DATOS DEL CLIENTE	
Solicitado por	: ATAMARI HUALLPA RUBEN DARIO
Domicilio legal	: JIRÓN SANTA CRUZ N° 316 – AYAVIRI – MELGAR – PUNO
DATOS DE LA MUESTRA	
Producto declarado <sup>(A)</sup>	: AGUA RESIDUAL
Lugar de Muestreo	: ORURILLO – MELGAR – PUNO (PTAR)
Fecha de Muestreo	: 2024-04-12
Procedencia	: Muestra proporcionada por el solicitante
Cantidad recibida	: 01 muestras x 4.0 Litros
Presentación y condición de recepción	: En Frasco de Plástico Y Vidrio, Cerrado, Refrigerado Y Preservado
Identificación y descripción <sup>(A)</sup>	: Según se indica
Fecha de recepción	: 2024-04-13
Fecha de inicio del ensayo	: 2024-04-13
Fecha de término del ensayo	: 2024-04-20
Ensayo realizado en	: Laboratorio Ambiental Arequipa / Microbiología Arequipa
Identificado con	: EXMA-04773-2024
Validez del documento	: Este documento es válido solo para muestra descrita

Proyecto <sup>(A)</sup> :				
Puntos de muestreo <sup>(A)</sup>	Coordenadas UTM WGS 84 <sup>(A)</sup>		Descripción de la Estación de Monitoreo	Observaciones
	ESTE	NORTE		
MC-04	19L337621.00	8372796.00	---	Altitud: 3 893 m.s.n.m.

<sup>(A)</sup> Datos proporcionados por el solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el solicitante pueda afectar la validez de los resultados

“Este documento sin firma digital carece de validez”

AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores – Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao  
T. (511) 319 9000

[info@cerper.com](mailto:info@cerper.com) – [www.cerper.com](http://www.cerper.com)

“ EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE”



INFORME DE ENSAYO N° 2-01287/24

Página 2/3

RESULTADOS

Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultados
<b>Estación de Muestreo</b> MC-04			
<b>Fecha y Hora de Muestreo</b> 2024-04-12 14:50			
<b>Tipo de Muestra</b> Agua Residual			
<b>Parámetros Físico – Químicos</b>			
(*) pH	-	Unidades de pH	7,13 Sólidos
Suspendidos Totales	2,5	mg/L	50.4
<b>Parámetros Orgánicos</b>			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	2,0	mg/L	72,6
Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.)	2,5	mgO2/L	210.4
Aceites y Grasas	0,50	mg/L	5.5
<b>Parámetros Microbiológicos</b>			
Coliformes Termotolerantes (NMP)	1,8	NMP/100 mL	1600000

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA

CONTROLES DE CALIDAD

Ensayos	BM	LFB	Criterio de aceptación	Muestra	Duplicado	RPD	Criterio de aceptación
	< Límite Detección						
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) (LD: 2,0 mg/L)	<2,00	187	198 ± 30,5 mg/L	---	---	---	<20%
Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.) (LD: 2,5 mgO2/L)	<2,5	109	85% - 115%	159	159	0,20	<20%
Sólidos Suspendidos Totales (LD: 2,5 mg/L)	<2,5	98,2	85% - 115%	13,3	13,6	2,08	≤ 5 %

Ensayos	BM	LFB	Criterio de aceptación	LFM / ORP	LFM-DUP / ORP-DUP	RPD	Criterio de aceptación
	< Límite Detección						
Aceite y grasas (LD: 0,50 mg/L)	<0,50	96,3	78%-114%	38,5	37,0	3,97	≤ 11 %

BM: Blanco del Método  
LFB: Blanco Fortificado de Laboratorio  
LFM: Matriz Fortificada de Laboratorio.  
LFMD: Duplicado de Matriz Fortificada de Laboratorio  
% RPD: Diferencia Porcentual Relativa

Ensayos	Control	Caldo EC/A-1	Caldo EC	Agar mFC
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	(+), E.coli	Con crecimiento	Con crecimiento	Con crecimiento
	(-), E.aerogenes	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento
	(-), Blanco	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento

"Este documento sin firma digital carece de validez"

AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores – Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao  
T. (511) 319 9000

info@cerper.com – www.cerper.com

" EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA  
CON REGISTRO N° LE 003



INFORME DE ENSAYO N° 2-01287/24

Página 3/3

MÉTODOS

**Coliformes Termotolerantes (NMP):** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 24th Ed. 2023. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)

**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5):** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test

**Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O):** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24th Ed. 2023. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method

**Sólidos Suspendidos Totales:** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 24th Ed. 2023. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105 °C

**Aceites y Grasas:** EPA Method 1664, Revision B. 2010. n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry

(\*) pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 24th Ed. 2023. pH Value. Electrometric Method

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.  
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Arequipa, 23 de mayo de 2024

Firmado Digitalmente  
CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A.  
  
L.C. Edgardo Mendoza Mamani  
C.O.P. N° 776  
JEFE DEL LABORATORIO AREQUIPA

*"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"*

"Este documento sin firma digital carece de validez"

AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores – Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao  
T. (511) 319 9000

[info@cerper.com](mailto:info@cerper.com) – [www.cerper.com](http://www.cerper.com)

" EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUTE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"



Resultados de pruebas de laboratorio tomadas en el campo, en la PTAR Orurillo,  
punto MC-05.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA  
CON REGISTRO N° LE 003



INFORME DE ENSAYO N° 2-01288/24

Página 1/3

DATOS DEL CLIENTE	
Solicitado por	: ATAMARI HUALLPA RUBEN DARIO
Domicilio legal	: JIRÓN SANTA CRUZ N° 316 – AYAVIRI – MELGAR – PUNO
DATOS DE LA MUESTRA	
Producto declarado <sup>(A)</sup>	: AGUA RESIDUAL
Lugar de Muestreo	: ORURILLO – MELGAR – PUNO (PTAR)
Fecha de Muestreo	: 2024-04-12
Procedencia	: Muestra proporcionada por el solicitante
Cantidad recibida	: 01 muestras x 4.0 Litros
Presentación y condición de recepción	: En Frasco de Plástico Y Vidrio, Cerrado, Refrigerado Y Preservado
Identificación y descripción <sup>(A)</sup>	: Según se indica
Fecha de recepción	: 2024-04-13
Fecha de inicio del ensayo	: 2024-04-13
Fecha de término del ensayo	: 2024-04-20
Ensayo realizado en	: Laboratorio Ambiental Arequipa / Microbiología Arequipa
Identificado con	: EXMA-04773-2024
Validez del documento	: Este documento es válido solo para muestra descrita

Proyecto <sup>(A)</sup> :				
Puntos de muestreo <sup>(A)</sup>	Coordenadas UTM WGS 84 <sup>(A)</sup>		Descripción de la Estación de Monitoreo	Observaciones
	ESTE	NORTE		
MC-05	19L337833.00	8372759.00	---	Altitud: 3 891 m.s.n.m.

<sup>(A)</sup> Datos proporcionados por el solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el solicitante pueda afectar la validez de los resultados

“Este documento sin firma digital carece de validez”

AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores – Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao  
T. (511) 319 9000

[info@cerper.com](mailto:info@cerper.com) – [www.cerper.com](http://www.cerper.com)

“ EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE”



INFORME DE ENSAYO N° 2-01288/24

Página 2/3

RESULTADOS

Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultados
<b>Estación de Muestreo</b> MC-05			
<b>Fecha y Hora de Muestreo</b> 2024-04-12 15:15			
<b>Tipo de Muestra</b> Agua Residual			
<b>Parámetros Físico – Químicos</b>			
(*) pH	-	Unidades de pH	7,2
Sólidos Suspendidos Totales	2,5	mg/L	21
<b>Parámetros Orgánicos</b>			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	2,0	mg/L	61,4
Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.)	2,5	mgO2/L	145
Aceites y Grasas	0,50	mg/L	4,7
<b>Parámetros Microbiológicos</b>			
Coliformes Termotolerantes (NMP)	1,8	NMP/100 mL	1 500 000

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA

CONTROLES DE CALIDAD

Ensayos	BM	LFB	Criterio de aceptación	Muestra	Duplicado	RPD	Criterio de aceptación
	< Límite Detección						
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) (LD: 2,0 mg/L)	<2,00	187	198 ± 30,5 mg/L	---	---	---	<20%
Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.) (LD: 2,5 mgO2/L)	<2,5	109	85% - 115%	159	159	0,20	<20%
Sólidos Suspendidos Totales (LD: 2,5 mg/L)	<2,5	98,2	85% - 115%	13,3	13,6	2,08	≤ 5 %

Ensayos	BM	LFB	Criterio de aceptación	LFM / ORP	LFM-DUP / ORP-DUP	RPD	Criterio de aceptación
	< Límite Detección						
Aceite y grasas (LD: 0,50 mg/L)	<0,50	96,3	78%-114%	38,5	37,0	3,97	≤ 11 %

BM: Blanco del Método  
LFB: Blanco Fortificado de Laboratorio  
LFM: Matriz Fortificada de Laboratorio.  
LFMD: Duplicado de Matriz Fortificada de Laboratorio  
% RPD: Diferencia Porcentual Relativa

Ensayos	Control	Caldo EC/A-1	Caldo EC	Agar mFC
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	(+), E.coli	Con crecimiento	Con crecimiento	Con crecimiento
	(-), E.aerogenes	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento
	(-), Blanco	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento

"Este documento sin firma digital carece de validez"

AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores – Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao  
T. (511) 319 9000

info@cerper.com – www.cerper.com

" EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA  
CON REGISTRO N° LE 003



INFORME DE ENSAYO N° 2-01288/24

Página 3/3

MÉTODOS

**Coliformes Termotolerantes (NMP):** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 24th Ed. 2023. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)

**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5):** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test

**Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O):** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24th Ed. 2023. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method

**Sólidos Suspendidos Totales:** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 24th Ed. 2023. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105 °C

**Aceites y Grasas:** EPA Method 1664, Revision B. 2010. n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry

**(\*) pH:** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 24th Ed. 2023. pH Value. Electrometric Method

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.  
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.  
Arequipa, 23 de mayo de 2024

Firmado Digitalmente  
CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A.  
  
L.C. Edgardo Mendoza Mamani  
C.D.P. N° 776  
JEFE DEL LABORATORIO AREQUIPA

*"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"*

"Este documento sin firma digital carece de validez"

AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores – Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao  
T. (511) 319 9000

[info@cerper.com](mailto:info@cerper.com) – [www.cerper.com](http://www.cerper.com)

" EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUTE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"



### ANEXO 7: Panel Fotográfico.



Descripción: Toma de muestras en la planta de bombeo MC-01 afluente.



Descripción: Toma de muestras en pretratamiento, desarenador y trampa de grasas MC02



Descripción: Toma de muestra tratamiento primario, sedimentador horizontal MC-03.



Descripción: Toma de muestra tratamiento secundario, filtro biológico MC-04.



Descripción: Toma de muestras, efluente de la PTAR MC-05



### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Rubén dario Alamari Hualpa  
identificado con DNI 70205089 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado  
INGENIERIA AGRICOLA

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:  
" REMOCIÓN DE CARGA ORGANICA DE CONTAMINANTES EN EL  
TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS EMPLEANDO FILTRO BIOLÓGICO  
DE ORURILLO -MELGAR 2024 "

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.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 15 de octubre del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



### AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Rubén dario Atamayo Huallpa,  
identificado con DNI 70205089 en mi condición de egresado de:

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

INGENIERIA AGRICOLA

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

“ REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA DE CONTAMINANTES EN EL  
TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS EMPLEANDO FILTRO BIOLÓGICO  
DE ORUJILLO-MELGAR 2024 ”

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 15 de octubre del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella