

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESIS**

**DEMANDA BIOQUÍMICA Y QUÍMICA DE OXÍGENO EN LAS AGUAS  
RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE ILAVE, 2025**

**PRESENTADA POR:**

**CRISTIAN INCACUTIPA MAMANI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PUNO – PERÚ**

**2025**



Repositorio Institucional ALCIRA by [Universidad Privada San Carlos](https://www.upsc.edu.pe/) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



# 7.34%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 5 DEC 2025, 12:53 PM

## Similarity report

Your text is highlighted according to the matched content in the results above.

● IDENTICAL  
0.8%

● CHANGED TEXT  
6.54%

## Report #30464833

CRISTIAN INCACUTIPA MAMANI // DEMANDA BIOQUÍMICA Y QUÍMICA DE OXÍGENO EN LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE ILAVE, 2025 RESUMEN La investigación tuvo como objetivo determinar las concentraciones de Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) en las aguas residuales generadas en el Camal Municipal de Ilave y verificar su cumplimiento con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N.º 003-2010-MINAM, durante el año 2025. El estudio se desarrolló bajo un diseño descriptivo-no experimental, mediante muestreos puntuales realizados en dos pozas de almacenamiento (PZ-01 y PZ-02). Los análisis incluyeron pH (8.94 y 8.42), conductividad eléctrica (2.98 mS/cm y 1.21 mS/cm), temperatura (15.84 T° y 15.72 T°), sólidos totales en suspensión (1.6 mg/L y 0.95 mg/L), aceites y grasas (1.15 mg/L y 1.85 mg/L), coliformes termotolerantes (8750 NMP/100 mL y 6200 NMP/100 mL),  $DBO_5$  (392 mg/L y 367 mg/L) y DQO (980 mg/L y 792 mg/L). Los resultados mostraron que la  $DBO_5$  alcanzó 392 mg/L y 367 mg/L, mientras que la DQO registró (980 mg/L y 792 mg/L), superando entre tres y casi cuatro veces los límites establecidos por la normativa ambiental vigente. Aunque parámetros como los sólidos totales en suspensión, aceites y grasas y coliformes termotolerantes se mantuvieron dentro de los valores permitidos, el pH presentó ligera alcalinidad en la Poza 01. Estos valores indican que el efluente del

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**TESIS**

**DEMANDA BIOQUÍMICA Y QUÍMICA DE OXÍGENO EN LAS AGUAS  
RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE ILAVE, 2025**

**PRESENTADA POR:**

**CRISTIAN INCACUTIPA MAMANI**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:



Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

PRIMER MIEMBRO

:



Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

SEGUNDO MIEMBRO

:



M.Sc. KORINA ASQUI GOMEZ

ASESOR DE TESIS

:



Mg. LUIS ALBERTH ROSSEL BERNEDO

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental

Línea de investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 18 de diciembre del 2025.

## DEDICATORIA

.A Dios, fuente de toda sabiduría y guía en mi camino. Su amor incondicional me ha sostenido en cada paso, iluminando mi mente y fortaleciendo mi espíritu para alcanzar esta meta.

A mis padres, y pilares de mi vida. Su amor, sacrificio y ejemplo de perseverancia son la inspiración que me impulsa a superar cada desafío. Esta tesis es un humilde tributo a su dedicación y fe en mí.

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, elevo mi más sincero agradecimiento a Dios, fuente inagotable de sabiduría y guía en mi camino. Su presencia constante me brindó la fortaleza y la claridad necesarias para superar cada desafío que se presentó durante la realización de esta tesis. Agradezco profundamente su amor incondicional y su gracia, que me permitieron alcanzar esta meta.

A mis amados padres, les dedico este logro con el corazón lleno de gratitud. Su amor, apoyo y sacrificio incondicional fueron el cimiento sobre el cual construí este proyecto. Agradezco su paciencia, sus consejos y su aliento constante, que me impulsaron a dar lo mejor de mí en cada etapa. Su ejemplo de perseverancia y dedicación me inspiró a nunca rendirme y a perseguir mis sueños con pasión y determinación. Este trabajo es un humilde tributo a su amor y a su fe en mí.

Expreso mi sincero agradecimiento a la Municipalidad Provincial de El Collao, por otorgar el permiso y las facilidades necesarias para la realización del análisis de aguas residuales en el Camal Municipal de Ilave. De igual manera, agradezco a la Administración del Camal Municipal de El Collao - Ilave por el apoyo brindado durante el proceso de muestreo y recolección de información, cuya colaboración fue fundamental para el desarrollo de esta investigación.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
INDICE DE ANEXOS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>13</b>
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	14
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	14
<b>1.2. ANTECEDENTES</b>	<b>14</b>
1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL	14
1.2.2. A NIVEL NACIONAL	14
1.2.3. A NIVEL REGIONAL	18
<b>1.3. OBJETIVOS</b>	<b>19</b>
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	19
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

<b>2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b>	<b>21</b>
<b>2.2. MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>22</b>

<b>2.3. MARCO NORMATIVO</b>	<b>24</b>
<b>2.4. HIPÓTESIS</b>	<b>25</b>
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	25
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	26
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
<b>3.1. ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>27</b>
<b>3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA</b>	<b>28</b>
3.2.1. POBLACIÓN	28
3.2.2. TAMAÑO DE MUESTRA	28
<b>3.3. MÉTODO Y TÉCNICAS</b>	<b>29</b>
3.3.1. MÉTODO	29
<b>3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES</b>	<b>31</b>
<b>3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO</b>	<b>32</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS</b>	
<b>4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS GENERALES DEL ANÁLISIS</b>	<b>33</b>
<b>4.2. DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE DBO<sub>5</sub> EN LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE ILAVE.</b>	<b>34</b>
<b>4.3. DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE DQO EN AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE ILAVE.</b>	<b>35</b>
<b>4.4. EVALUAR EL CUMPLIMIENTO DE LOS VALORES OBTENIDOS CON LOS LÍMITES ESTABLECIDOS EN EL D.S. N.º 003-2010-MINAM DEL CAMAL MUNICIPAL DE ILAVE.</b>	<b>36</b>
4.4.1. CUMPLIMIENTO DEL PH SEGÚN EL D.S. 003-2010-MINAM	36
4.4.2. CUMPLIMIENTO DE SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (STS) SEGÚN EL D.S. 003-2010-MINAM	37
4.4.3. CUMPLIMIENTO DE DBO <sub>5</sub> SEGÚN EL D.S. 003-2010-MINAM	38

4.4.4. CUMPLIMIENTO DE DQO SEGÚN EL D.S. 003-2010-MINAM	39
4.4.5. CUMPLIMIENTO DE ACEITES Y GRASAS SEGÚN EL D.S. 003-2010-MINAM	40
4.4.6. CUMPLIMIENTO DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES SEGÚN EL D.S. 003-2010-MINAM	41
<b>4.5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>42</b>
<b>4.6. CONTRASTE DE HIPÓTESIS</b>	<b>43</b>
4.6.1. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1	43
4.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2	43
4.6.3. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3	44
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>45</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>47</b>
<b>BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>49</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>54</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 01.</b> Límites Máximos Permisibles para efluentes de PTAR domésticas o municipales.	25
<b>Tabla 02:</b> Ubicación del Camal Municipal	28
<b>Tabla 03:</b> Matriz de operacionalización de variables	31
<b>Tabla 04:</b> Resultados físico-químicos y microbiológicos de las pozas de aguas residuales	33
<b>Tabla 05:</b> Concentración de DBO <sub>5</sub> en ambas pozas	34
<b>Tabla 06:</b> Concentración de DQO en ambas pozas	35
<b>Tabla 07:</b> Cumplimiento del pH según el D.S. 003-2010-MINAM	36
<b>Tabla 08:</b> Cumplimiento del STS según el D.S. 003-2010-MINAM	37
<b>Tabla 09:</b> Cumplimiento del DBO <sub>5</sub> según el D.S. 003-2010-MINAM	38
<b>Tabla 10 :</b> Cumplimiento del DQO según el D.S. 003-2010-MINAM	39
<b>Tabla 11:</b> Cumplimiento de aceites y grasas según el D.S. 003-2010-MINAM	40
<b>Tabla 12:</b> Cumplimiento de Coliformes termotolerantes según el D.S. 003-2010-MINAM	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 01:</b> Ubicación del Camal Municipal de Ilave	28
<b>Figura 02:</b> Comparación de pH con LMP D.S 003.2010 MINAM	36
<b>Figura 03:</b> Comparación de STS con LMP D.S 003.2010 MINAM	37
<b>Figura 04:</b> Comparación de DBO <sub>5</sub> con LMP D.S 003.2010 MINAM	38
<b>Figura 05:</b> Comparación de DQO con LMP D.S 003.2010 MINAM	39
<b>Figura 06:</b> Comparación de aceites y grasas con LMP D.S 003.2010 MINAM	40
<b>Figura 07:</b> Comparación de coliformes termotolerantes con LMP D.S 003.2010 MINAM	41
<b>Figura 08:</b> Camal municipal de la Municipalidad Provincial de El Collao - Ilave	60
<b>Figura 09:</b> Muestra del poza 1- Camal municipal	60
<b>Figura 10:</b> Muestra de poza 2- Camal Municipal	61

## INDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 01:</b> Matriz de consistencia	55
<b>Anexo 02:</b> Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM	56
<b>Anexo 03:</b> Resultados de los análisis muestra.	58
<b>Anexo 04:</b> Fotografías del estudio	60

## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar las concentraciones de Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) en las aguas residuales generadas en el Camal Municipal de Ilave y verificar su cumplimiento con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N.º 003-2010-MINAM, durante el año 2025. El estudio se desarrolló bajo un diseño descriptivo–no experimental, mediante muestreos puntuales realizados en dos pozas de almacenamiento (PZ–01 y PZ–02). Los análisis incluyeron pH (8.94 y 8.42), conductividad eléctrica (2.98 mS/cm y 1.21 mS/cm), temperatura (15.84 T° y 15.72 T°), sólidos totales en suspensión (1.6 mg/L y 0.95 mg/L), aceites y grasas (1.15 mg/L y 1.85 mg/L), coliformes termotolerantes (8750 NMP/100 mL y 6200 NMP/100 mL),  $DBO_5$  (392 mg/L y 367 mg/L) y DQO (980 mg/L y 792 mg/L). Los resultados mostraron que la  $DBO_5$  alcanzó 392 mg/L y 367 mg/L, mientras que la DQO registró (980 mg/L y 792 mg/L), superando entre tres y casi cuatro veces los límites establecidos por la normativa ambiental vigente. Aunque parámetros como los sólidos totales en suspensión, aceites y grasas y coliformes termotolerantes se mantuvieron dentro de los valores permitidos, el pH presentó ligera alcalinidad en la Poza 01. Estos valores indican que el efluente del camal posee una alta carga orgánica biodegradable y no biodegradable, propia de los procesos de faenamiento y manejo de residuos cárnicos. En conclusión, se determinó que las aguas residuales evaluadas no cumplen con los parámetros críticos establecidos por el D.S. N.º 003-2010-MINAM, por lo que se requiere implementar un sistema de tratamiento adecuado que permita reducir la carga contaminante antes de su disposición final.

**Palabras clave:** Aguas residuales, Camal municipal,  $DBO_5$ , DQO.

## ABSTRACT

The research aimed to determine the concentrations of Biochemical Oxygen Demand (BOD<sub>5</sub>) and Chemical Oxygen Demand (COD) in the wastewater generated at the Ilave Municipal Slaughterhouse and to verify their compliance with the Maximum Permissible Limits established by Supreme Decree No. 003-2010-MINAM during the year 2025. The study followed a descriptive, non-experimental design, using point sampling carried out in two storage ponds (PZ-01 and PZ-02). The analyses included pH (8.94 and 8.42), electrical conductivity (2.98 mS/cm and 1.21 mS/cm), temperature (15.84 °C and 15.72 °C), total suspended solids (1.6 mg/L and 0.95 mg/L), oils and grease (1.15 mg/L and 1.85 mg/L), thermotolerant coliforms (8750 MPN/100 mL and 6200 MPN/100 mL), BOD<sub>5</sub> (392 mg/L and 367 mg/L), and COD (980 mg/L and 792 mg/L). The results showed that BOD<sub>5</sub> reached 392 mg/L and 367 mg/L, while COD values were 980 mg/L and 792 mg/L, exceeding by approximately three to nearly four times the limits established by current environmental regulations. Although parameters such as total suspended solids, oils and grease, and thermotolerant coliforms remained within permitted values, pH exhibited slight alkalinity in Pond 01. These values indicate that the slaughterhouse effluent contains a high load of biodegradable and non-biodegradable organic matter, characteristic of slaughtering operations and the handling of meat residues. In conclusion, it was determined that the evaluated wastewater does not comply with the critical parameters established in Supreme Decree No. 003-2010-MINAM. Therefore, the implementation of an appropriate treatment system is required to reduce the pollutant load before final disposal.

**Keywords:** Wastewater, Municipal slaughterhouse, BOD<sub>5</sub>, COD.

## INTRODUCCIÓN

El manejo inadecuado de las aguas residuales generadas en los camales municipales continúa siendo un problema ambiental relevante en diversas ciudades del país. En Ilave, los efluentes procedentes del proceso de faenamiento se almacenan en pozas sin tratamiento efectivo, lo que incrementa el riesgo de contaminación del entorno y del recurso hídrico cercano. La presencia de materia orgánica derivada de sangre, tejidos y grasas eleva significativamente la Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO), parámetros que permiten evaluar el nivel de deterioro de un efluente y que constituyen indicadores clave dentro del D.S. N.º 003-2010-MINAM.

Los antecedentes revisados evidencian que muchos camales del país presentan dificultades para cumplir con los límites establecidos, situación que también se ha observado en estudios realizados en la región Puno. En este contexto, se plantea la hipótesis general de que las aguas residuales del Camal Municipal de Ilave presentan valores de  $DBO_5$  y DQO superiores a los permitidos por la normativa vigente.

El estudio considera como variables principales la concentración de  $DBO_5$  y DQO (variable independiente) y la calidad del agua residual (variable dependiente). Su evaluación permite determinar el grado de afectación y el nivel de cumplimiento normativo.

La investigación se estructura en cuatro capítulos.

**Capítulo I** presenta el problema de la calidad de las aguas residuales del Camal Municipal de Ilave, los antecedentes más relevantes, así como los objetivos e hipótesis relacionadas con la evaluación de  $DBO_5$  y DQO conforme al D.S. 003-2010-MINAM.

**Capítulo II** desarrolla el marco teórico y normativo que sustenta el estudio, explicando los conceptos clave de los parámetros analizados y la normativa ambiental aplicable a los efluentes de camales.

**Capítulo III** describe la metodología empleada para el muestreo y análisis en las pozas PZ-01 y PZ-02, detallando los procedimientos y técnicas utilizadas para la determinación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

**Capítulo IV** expone los resultados obtenidos, contrasta las hipótesis planteadas y presenta las conclusiones y recomendaciones orientadas a mejorar el tratamiento de las aguas residuales del camal.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

A nivel internacional, las aguas residuales generadas por camales presentan altas concentraciones de materia orgánica, reflejadas en valores elevados de DBO<sub>5</sub> y DQO, que superan los límites establecidos por las normativas ambientales. En países como México y Brasil, se han identificado problemas similares debido a la falta de tratamiento adecuado de estos efluentes.

En el Perú, la situación es comparable. Muchos camales municipales no cuentan con sistemas de tratamiento eficientes, lo que genera vertimientos con altos niveles de contaminación. El D.S. N.º 003-2010-MINAM establece límites máximos permisibles (DBO  $\leq$  100 mg/L y DQO  $\leq$  250 mg/L), que en la práctica no se cumplen en varios casos documentados.

En la región Puno, estudios han evidenciado que los camales municipales, como los de Juliaca y Puno, descargan aguas residuales sin control adecuado, contaminando ríos y afectando a las comunidades. En Ilave, el camal municipal también realiza descargas sin contar con una evaluación técnica actualizada que determine si cumple con la normativa ambiental vigente.

En este contexto, es necesario determinar los niveles de DBO<sub>5</sub> y DQO en las aguas residuales generadas en el Camal Municipal de Ilave, ubicado en el distrito de Ilave, provincia de El Collao, región Puno, y verificar su cumplimiento con lo establecido en el D. S. N.º 003-2010-MINAM. Para ello, las muestras recolectadas serán analizadas en el



Laboratorio de Control de Calidad de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, garantizando resultados confiables y validados. Los hallazgos permitirán sustentar decisiones técnicas orientadas a mejorar la gestión ambiental local, prevenir la contaminación de cuerpos hídricos y proteger la salud pública.

### **1.1.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Cuál es el nivel de concentración de DBO<sub>5</sub> y DQO en las aguas residuales del camal municipal de Ilave, 2025?

### **1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ¿Cuál es la concentración de DBO<sub>5</sub> en las aguas residuales generadas en el camal municipal de Ilave?
- ¿Cuál es la concentración de DQO en las aguas residuales generadas en el camal municipal de Ilave?
- ¿En qué concentraciones de DBO<sub>5</sub> y DQO cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en la normativa vigente, en el camal municipal de Ilave?

## **1.2. ANTECEDENTES**

### **1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL**

Rodríguez (2021), menciona que en la evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales del camal municipal, los parámetros fisicoquímicos no cumplieron con los límites establecidos en la normativa ambiental vigente. Indican que la eficiencia en la remoción de DBO<sub>5</sub> fue del 49.9 % y de DQO del 46 %, valores que se encuentran por encima de los límites permitidos según la normativa ecuatoriana. Estos resultados reflejan una baja capacidad del sistema para reducir la carga orgánica, lo que evidenció la necesidad de implementar tecnologías complementarias como procesos avanzados de oxidación (por ejemplo, el proceso Fenton), con el fin de mejorar los niveles de DBO<sub>5</sub> y DQO y minimizar los impactos ambientales negativos.

### **1.2.2. A NIVEL NACIONAL**

Mendo (2025), menciona que los resultados mostraron que varios parámetros cumplen con la normativa: el pH se mantuvo cerca de 7.26, los sólidos suspendidos totales

descendieron de 160 mg/L en el afluente a 101 mg/L en el efluente, y los aceites, grasas y coliformes termotolerantes se mantuvieron por debajo de los límites permitidos. Sin embargo, la reducción de materia orgánica no fue suficiente. La DQO disminuyó de 520 mg/L a 320 mg/L, y la DBO bajó de 208 mg/L a 128 mg/L, valores que todavía superan el límite de 100 mg/L establecido por la normativa.

Chau (2025), menciona en su investigación, de carácter aplicado y nivel explicativo, los resultados mostraron incrementos notorios en varios parámetros. La conductividad eléctrica pasó de 802.3  $\mu\text{S}/\text{cm}$  aguas arriba a 2274  $\mu\text{S}/\text{cm}$  aguas abajo; el pH subió de 7.2 a 7.6; la  $\text{DBO}_5$  aumentó de 4.8 mg/L a 27 mg/L; y la DQO de 21.3 mg/L a 48.3 mg/L. Los nitratos también se elevaron de 19.3 mg/L a 97.7 mg/L. La caída del oxígeno disuelto, de 12.3 mg/L a solo 2 mg/L, confirmó el deterioro de la calidad del agua. En el componente microbiológico, los coliformes termotolerantes se elevaron de 294.3 NMP/100 mL a 2325.7 NMP/100 mL, y *Escherichia coli* aumentó de 123 NMP/100 mL a 1359 NMP/100 mL.

Pomahuali (2024), indica que el efluente del matadero presentó un caudal de 0.004  $\text{m}^3/\text{s}$ , superando los Límites Máximos Permisibles (LMP) de  $\text{DBO}_5$  y DQO para efluentes domésticos según el D.S. N.º 003-2010-MINAM. Asimismo, menciona que el cuerpo receptor (quebrada) mostró una disminución en su calidad de agua, pasando de un índice ICA-PE de 97.9 (excelente) a 88.05 y 89.06 (bueno) a 150 y 200 metros aguas abajo del vertimiento. Se concluye que el efluente influye negativamente en la calidad del agua, recomendando tecnologías como digestión anaeróbica y sistemas de tratamiento con humedales para mejorar la remoción de  $\text{DBO}_5$  y DQO.

Leiva (2024), menciona que en la caracterización inicial de las aguas residuales domésticas del distrito de Ahuac evidencian una alta carga orgánica, con una concentración de  $\text{DBO}_5$  de 220,20 mg/L y de DQO de 317,38 mg/L, superando significativamente los Límites Máximos Permisibles (100 mg/L para  $\text{DBO}_5$  y 200 mg/L para DQO). Esta diferencia fue estadísticamente significativa ( $p = 0.002$ ). Estas elevadas concentraciones se atribuyen a la presencia de materia orgánica proveniente de excretas

humanas y residuos domésticos, ya que las aguas residuales están compuestas en un 99.9% por agua y solo un 0.1% por sólidos orgánicos e inorgánicos, fracción que representa la principal fuente de contaminación. Comparativamente, otros estudios reportan valores inferiores de DBO<sub>5</sub> (35.52 ppm) y DQO (85.83 ppm), lo cual resalta la alta carga orgánica de las aguas residuales analizadas en este trabajo. Asimismo, investigaciones similares encontraron concentraciones de DBO<sub>5</sub> de hasta 253.72 ppm, lo que respalda la necesidad de implementar tratamientos adecuados para reducir estos contaminantes.

Molina & Martin (2024), mencionan que en total se realizaron once pruebas usando un equipo de jarras para identificar las condiciones óptimas de operación. La caracterización inicial mostró una DQO de 7402.79 mg/L, un pH de 7.40, una conductividad de 1036  $\mu$ S/cm, una turbiedad de 7.55 NTU, aceites y grasas de 116 mg/L y un oxígeno disuelto de 3.37 mg/L. Después de evaluar las combinaciones de tratamiento, las condiciones óptimas del proceso correspondieron a 1234 mg/L de Fe<sup>2+</sup>, 709.65 mg/L de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y un pH cercano a 4.5, alcanzando una reducción de la DQO del 97.36 %.

Ramirez (2023), evaluó los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) del agua residual del camal de Tingo María antes y después de las pozas de sedimentación, así como la calidad ambiental del río Huallaga entre 2015-2018 y 2019-2021. No se hallaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en la mayoría de parámetros, excepto en pH y conductividad ( $p < 0,05$ ), y la DBO<sub>5</sub>, junto con otros parámetros, superó los límites máximos permisibles. Según el ICARHS, la calidad del río fue “pésima” en ambos periodos, concluyendo que las pozas no son efectivas para mejorar la calidad del agua residual ni del cuerpo receptor.

Clemente (2022), menciona que en la PTAR del distrito de Santa Ana de Tusi, se evaluó la eficiencia del tratamiento de aguas residuales en cumplimiento del D.S. N.º 003-2010-MINAM. Indican que, durante el año 2019, se logró una reducción del 43 % en DBO<sub>5</sub> y del 73.4 % en DQO; mientras que en el año 2020 se observó una mejora significativa con una remoción del 92.5 % en DBO<sub>5</sub> y del 89.5 % en DQO. Estos

resultados demuestran que la PTAR presenta un alto grado de eficiencia, especialmente en el año 2020, evidenciando mejoras en los procedimientos operativos y técnicos aplicados.

Bizarra & Portillo (2021) mencionan que su estudio desarrollado en el Camal Municipal de Huancavelica evaluó el desempeño de un humedal artificial vertical como alternativa de tratamiento para sus aguas residuales. La investigación, de enfoque aplicado y nivel explicativo, utilizó un diseño preexperimental para analizar el comportamiento del efluente, cuyo caudal diario alcanzaba aproximadamente 19 500 litros. Las muestras se recolectaron en la entrada y la salida del humedal, con una frecuencia de cuatro veces por semana. Los resultados fueron alentadores. La DQO presentó una remoción aproximada del 85.2 %, mientras que los sólidos totales en suspensión (SST) alcanzaron un 84.7 % de reducción. La DBO<sub>5</sub> mostró uno de los mejores desempeños, con una disminución del 93.1 %, y aunque los coliformes termotolerantes tuvieron un porcentaje menor de remoción (35.6 %), sí evidenciaron un efecto del tratamiento.

Ccente & Huayllani (2021), en su estudio se centró en medir la DBO<sub>5</sub> y la DQO para compararlas con los límites del D.S. N.º 003-2010-MINAM. Se trabajó con dos puntos de muestreo, extrayéndose 21 muestras de DBO<sub>5</sub> en cada punto y 5 muestras de DQO por punto, todas procesadas con equipos acreditados. Para la DBO<sub>5</sub> se empleó el sistema BD-600, los resultados mostraron una eficiencia de remoción del 51.34 % para la DBO<sub>5</sub> y del 51.05 % para la DQO. En el efluente, la DBO<sub>5</sub> alcanzó 72 mg/L y la DQO 165 mg/L, ambos valores dentro de los límites permitidos. El pH se mantuvo prácticamente estable entre 7.2 y 7.3, mientras que la temperatura varió ligeramente entre 11.3 °C y 11.8 °C. Con estos valores, el sistema logró que el efluente final cumpliera con los estándares para su descarga en un cuerpo de agua.

Diaz (2021), menciona en su estudio realizado en pozas de lixiviación del relleno sanitario de Cajamarca, donde se aplicó microburbujeo de aire, se evaluó cómo variaban la DBO<sub>5</sub>, la DQO y el carbono orgánico total. Los resultados mostraron que la DBO<sub>5</sub>, que al inicio alcanzaba 3050 mg/L, disminuyó progresivamente en las estaciones posteriores: 1555

mg/L, 1092.5 mg/L, 1010 mg/L y 1067.5 mg/L. La DQO también mostró una caída considerable, pasando de 9380.2 mg/L en la cabeza de la poza a valores entre 3182.6 mg/L y 2512.6 mg/L en las estaciones 2 a 5. En cuanto al COT, el valor inicial de 3234.5 mg/L se redujo a cifras cercanas a 994 mg/L, 992.6 mg/L, 966.4 mg/L y 918.6 mg/L.

Martínez (2016), menciona que los análisis realizados en muestras de agua residual permitieron identificar concentraciones elevadas de DBO<sub>5</sub> y DQO en el influente, lo que evidencia una alta carga orgánica típica de aguas residuales domésticas. Indican que, en el efluente, ambos parámetros disminuyeron significativamente, obteniéndose eficiencias de remoción del 91.5 % para DBO<sub>5</sub> y 91 % para DQO. Estos resultados revelan un comportamiento favorable del sistema frente a la degradación de materia orgánica biodegradable y no biodegradable. Además, se comprobó que los valores del efluente cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N.º 003-2010-MINAM, lo que demuestra que los niveles de contaminación se reducen hasta alcanzar estándares aceptables para el vertimiento en cuerpos de agua, contribuyendo a la protección ambiental y al uso sostenible de los recursos hídricos.

Quispe (2019), menciona que, tras un monitoreo de aguas residuales durante tres meses con una frecuencia de 22 días, se obtuvieron concentraciones de DBO<sub>5</sub> de 245.95 mgO<sub>2</sub>/L en el afluente y 41.03 mgO<sub>2</sub>/L en el efluente, con una eficiencia de remoción del 83.32 %. Indican también que la DQO disminuyó de 495.13 mgO<sub>2</sub>/L a 149.63 mg O<sub>2</sub>/L, alcanzando una eficiencia del 69.78 %. Estos resultados evidencian que la PTAR fue eficiente en la reducción de DBO<sub>5</sub>, pero limitada frente a la remoción de DQO, no cumpliendo con las bases de diseño técnico, aunque los valores del efluente se mantuvieron por debajo de los LMP establecidos por el D.S. N.º 003-2010-MINAM.

### **1.2.3. A NIVEL REGIONAL**

Mendoza (2021), indica sobre los efluentes del camal municipal de Ilave, se determinó que estos presentaban altos niveles de contaminación, con valores de DBO<sub>5</sub> (167.25 mg/l), DQO (418.25 mg/l), coliformes totales (>1100 NMP/100 ml) y fecales (118.50 NMP/100 ml) que superan la normativa nacional e internacional. El análisis en tres

puntos del río llave (antes, en y después de la descarga) evidenció variaciones en temperatura, oxígeno disuelto, y concentración de contaminantes, registrándose un impacto negativo puntual en la calidad del agua, especialmente en los parámetros de DBO<sub>5</sub>, DQO y coliformes. Los índices de calidad de agua obtenidos (44.4, 38.4 y 51.5) estuvieron por debajo del valor aceptable (60), indicando una contaminación ligera a moderada atribuida al vertido de los efluentes del camal.

Chuctaya (2023), menciona que en la PTAR del distrito de Umachiri, Melgar, se evaluó su eficiencia mediante muestreo en ocho puntos con dos repeticiones cada uno, analizados en laboratorio acreditado. Indican que en el afluente los valores máximos de DQO (716.8 mg/L), DBO<sub>5</sub> (185.11 mg/L), STS (172.51 mg/L), pH (5.84) y coliformes termotolerantes (46,000 NMP/100 mL) superaron los LMP. En el efluente, señalan que la DQO alcanzó 476.1 mg/L y los coliformes termotolerantes 93,000 NMP/100 mL, también por encima de los LMP. Solo la DBO<sub>5</sub> (73.54 mg/L) cumplió con el límite permitido. La eficiencia de remoción fue del 27.85 % para DBO<sub>5</sub>, 48.96 % para DQO y -108.98 % para coliformes, evidenciando deficiencias en el tratamiento, incumpliendo lo establecido en el D.S. N.º 003-2010-MINAM.

Ticona (2020), menciona que, en la evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de llave, se determinó que el sistema de lagunas presenta bajos niveles de eficiencia, con concentraciones en el efluente de 185.00 mg/L para DBO<sub>5</sub> y 276.72 mg/L para DQO. Indican que estos valores exceden los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N.º 003-2010-MINAM, evidenciando un mal funcionamiento del sistema actual. En consecuencia, se propone un rediseño del tratamiento como alternativa para reducir la carga contaminante y cumplir con la normativa ambiental vigente.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar las concentraciones de demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y demanda química de oxígeno (DQO) en las aguas residuales del camal Municipal de llave, 2025.



### 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la concentración de  $\text{DBO}_5$  en las aguas residuales del camal Municipal de Ilave.
- Determinar la concentración de DQO en aguas residuales del camal Municipal de Ilave.
- Evaluar el cumplimiento de los valores obtenidos con los límites establecidos en el D.S. N.º 003-2010-MINAM del camal municipal de Ilave.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

##### **Procesos del faenado**

El proceso inicia con la llegada de los animales, quienes son pesados y luego clasificados para ser ubicados en los corrales de recepción, donde permanecen entre 12 y 24 horas con el propósito de disminuir el estrés y la liberación de adrenalina ocasionada por el transporte (Kharat, 2020).

**Inspección ante mortem:** La inspección ante mortem consiste en la evaluación sanitaria del animal realizada por el médico veterinario del matadero, quien determina si está en condiciones aptas para ser sacrificado (Huarachi, 2020). En caso de que se identifiquen signos sospechosos de enfermedad, el animal es apartado, posteriormente sacrificado y eliminado mediante incineración.

**Lavado ante mortem:** El lavado ante mortem se realiza mediante el baño de los animales antes del sacrificio, con el propósito de remover suciedad y reducir el riesgo de contaminación de la canal (Huarachi, 2020).

**Aturdimiento:** Este procedimiento implica la interrupción del funcionamiento del sistema nervioso central, utilizando métodos mecánicos o eléctricos, lo que provoca la pérdida instantánea de conciencia en el animal (Diéguez, 2020).

**Izado del animal:** Se realiza suspendiendo al animal por la pata trasera izquierda, fijándose a un riel para continuar con el proceso de sacrificio ((Huarachi, 2020; SENASA, 2021).



**Degüello y sangrado:** Consiste en seccionar las arterias carótidas para provocar el desangrado completo del animal, lo que lleva a su muerte en un periodo mínimo de 3 a 5 minutos (Huarachi, 2020; SENASA, 2021).

## 2.2. MARCO CONCEPTUAL

### **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

Este indicador representa el volumen de oxígeno requerido por los microorganismos para descomponer la materia orgánica biodegradable durante un período de cinco días (Hang, 2024).

El aumento de la DBO<sub>5</sub> refleja una elevada concentración de compuestos orgánicos biodegradables en el agua, así como una mayor actividad bacteriana que incrementa la demanda bioquímica de oxígeno. Esta situación reduce la disponibilidad de oxígeno disuelto, generando estrés en la fauna acuática y afectando su desarrollo. Este incremento suele estar vinculado a factores como la descomposición acelerada de materia orgánica, el vertido de aguas residuales y el bajo caudal del cuerpo hídrico. Además, el aumento de la temperatura favorece la actividad de microorganismos aerobios, lo que intensifica el consumo de oxígeno. Si bien la temperatura también eleva la capacidad de saturación del oxígeno disuelto, la velocidad de oxidación se incrementa, lo que puede reducir la disponibilidad real de oxígeno en el ecosistema (Bhatt et al. 2024).

### **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Este parámetro representa la cantidad de oxígeno necesaria para llevar a cabo la oxidación tanto de la materia orgánica biodegradable como de la no biodegradable presente en el agua. Asimismo, la DQO guarda una relación directa con la concentración de DBO<sub>5</sub>, influyendo notablemente en sus valores (Abagale, 2021).

Del mismo modo, una reducción en los valores de DQO indica que el proceso de oxidación está avanzando adecuadamente. En contraste, un aumento en la DQO suele asociarse a elevaciones de temperatura, las cuales aceleran las reacciones involucradas en los procesos biológicos y químicos (Alisawi, 2020).

### **Potencial de hidrógeno (pH)**

El pH indica el nivel de acidez o alcalinidad del agua al reflejar la cantidad de iones hidrógeno disueltos en ella (Yehia y Said, 2021).

Las variaciones en el pH del agua pueden ser consecuencia de la interacción entre procesos biológicos e hidrológicos, como una baja actividad fotosintética y una elevada descomposición de materia orgánica, procesos que están influenciados por la temperatura. Cuando la radiación solar se incrementa, la temperatura del agua también aumenta, lo que intensifica la actividad microbiana responsable de la descomposición orgánica, liberando más dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y generando así una disminución del pH (Song et al., 2022).

### **Temperatura**

La temperatura del agua puede disminuir cuando las corrientes favorecen una distribución uniforme del calor, mientras que la evaporación contribuye al enfriamiento de la superficie. Un mayor caudal también promueve la mezcla térmica y la redistribución del calor en la masa de agua. Por otro lado, la presencia de vegetación ribereña desempeña un rol importante en la moderación del calentamiento, ya que proporciona sombra y limita la radiación solar directa sobre el agua, ayudando a conservar hábitats de aguas frías. Además, las características morfológicas de los cuerpos de agua pueden generar microhábitats con diferentes condiciones térmicas, siendo más evidente el enfriamiento en cauces angostos —menores a 10 metros— en presencia de cobertura vegetal ribereña (Jackson et al., 2021).

Por otra parte, la temperatura del agua se eleva debido al aumento de la radiación solar a lo largo del día. Las masas de agua de menor profundidad son especialmente vulnerables al calentamiento solar. Asimismo, la ausencia de cobertura arbórea en las riberas incrementa la exposición directa a la radiación solar, lo que contribuye al aumento térmico del agua (Jackson et al., 2021).

### **Conductividad eléctrica**

Este parámetro refleja la concentración de iones disueltos presentes en el agua (Ahmadianfar et al., 2020).

El aumento de la conductividad eléctrica está asociado a la elevación de la temperatura, ya que esta reduce la viscosidad del agua al debilitar los enlaces moleculares, facilitando así la movilidad iónica, a temperaturas más altas también estimulan las reacciones biológicas y químicas, favoreciendo la disolución de iones en el agua. Además, factores como la escorrentía superficial y la escasa cobertura vegetal en las riberas contribuyen al ingreso de iones a los cuerpos hídricos (Mera et al. 2016).

### **Parámetros microbiológicos**

#### **Coliformes termotolerantes**

Estas bacterias están presentes en las excretas de animales de sangre caliente y, cuando contaminan cuerpos de agua superficial, pueden afectar cultivos vegetales, volviéndose no aptos para el consumo humano, lo que puede generar enfermedades como diarrea y gastroenteritis. (Vásquez et al., 2019)

La presencia de coliformes termotolerantes puede verse influenciada por diversos factores, entre ellos la depredación, la concentración de materia orgánica, el pH, la existencia de toxinas y antibióticos, así como por condiciones hidráulicas y variables climáticas como la temperatura, la velocidad del viento y la radiación solar (Vásquez et al., 2019).

El aumento de coliformes termotolerantes puede estar asociado a temperaturas más elevadas, las cuales estimulan su metabolismo y favorecen su reproducción y proliferación. Asimismo, su presencia puede incrementarse debido a fuentes de contaminación difusa, como la escorrentía superficial (Ninanya y Rodriguez, 2024).

### **2.3. MARCO NORMATIVO**

#### **Límite Máximo Permisible**

La Ley General del Ambiente N.º 28611 define a los Límites Máximos Permisibles (LMP) como los valores que determinan la concentración aceptable de parámetros fisicoquímicos y biológicos en un efluente o emisión, sin que estos representen riesgos

para la salud humana ni el medio ambiente. Actualmente, no se han establecido LMP específicos para efluentes generados por mataderos, aunque su inclusión figura como una acción prioritaria en la agenda ambiental (Reyes, 2024). Ante esta ausencia normativa, autores como (Mendoza et al. 2023) han optado por comparar dichos efluentes con los LMP vigentes para las aguas residuales tratadas en plantas municipales o domésticas, establecidos en el Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM (ver Tabla 1).

**Tabla 01.** Límites Máximos Permisibles para efluentes de PTAR domésticas o municipales.

Parámetro	Unidad	LMP para vertidos a cuerpos de agua
pH	Unidad	6,50 – 8,50
Temperatura	°C	< 35
DBO <sub>5</sub>	mg/L	100
DQO	mg/L	200
Aceites y grasas	mg/L	20
Sólidos totales en suspensión	mg/L	150
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	10 000

Fuente:Fuente: Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM

## 2.4. HIPÓTESIS

### 2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Las aguas residuales del camal Municipal de Ilave presentan concentraciones de DBO<sub>5</sub> y DQO que excede los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N.º 003-2010-MINAM.

#### 2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La concentración de  $DBO_5$  en las aguas residuales del camal Municipal de Ilave supera los 100 mg/L.
- La concentración de DQO en las aguas residuales del camal Municipal de Ilave excede los 250 mg/L.
- Las concentraciones de Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) en las aguas residuales del Camal Municipal de Ilave superan los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N.º 003-2010-MINAM.

## CAPÍTULO III

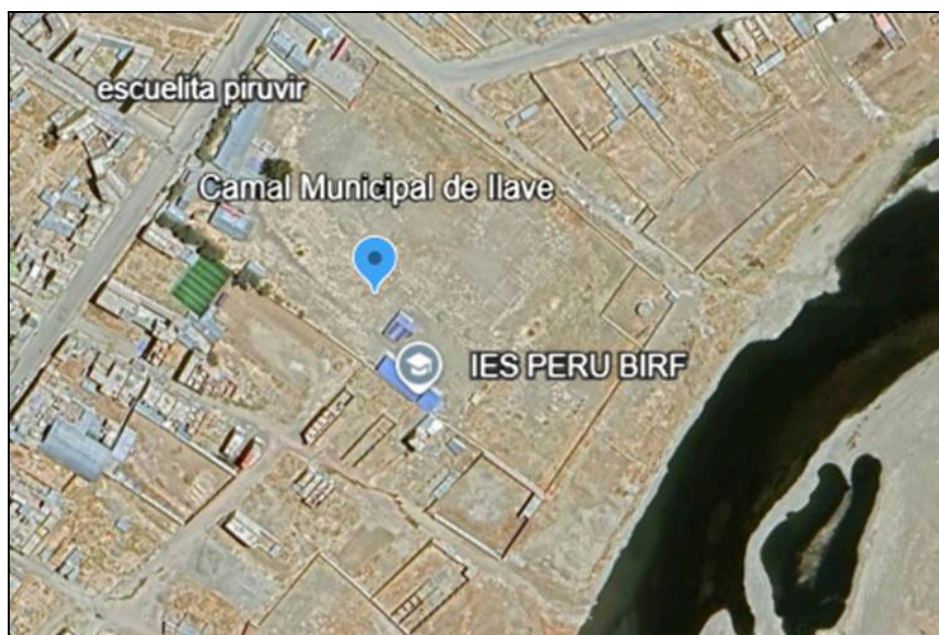
### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

El presente estudio se llevó a cabo en el camal municipal de llave, el cual se encuentra ubicado a 3 km al este de la ciudad de llave, en la provincia de El Collao, departamento de Puno, Perú. Este establecimiento pertenece a la administración municipal y cumple funciones de planta de beneficio cárnico, encargándose del faenamiento de ganado vacuno, ovino y porcino destinado al consumo humano en el distrito y zonas aledañas.

El camal cuenta con una infraestructura básica que incluye dos pozas de almacenamiento de aguas residuales, las cuales reciben directamente los efluentes generados durante las actividades de sacrificio y lavado de animales. Estas aguas, con alta carga orgánica, representan un riesgo potencial de contaminación si no se gestionan adecuadamente. La ubicación del camal, próxima al río llave y en una zona de expansión urbana, hace que el monitoreo de la calidad de sus vertimientos sea relevante para la protección del medio ambiente y la salud pública.





**Figura 01:** Ubicación del Camal Municipal de Ilave

Fuente: Google Earth

**Tabla 02 :** Ubicación del Camal Municipal

N°	Zona de estudio	Coordenadas UTM 19K	
		Este	Norte
01	Camal Municipal de Ilave	434097	8221903

### 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

#### 3.2.1. POBLACIÓN

La población de estudio está conformada por las aguas residuales generadas en el proceso de faenamiento del camal municipal de Ilave, las cuales se almacenan en dos pozas de tratamiento.

#### 3.2.2. TAMAÑO DE MUESTRA

Las muestras fueron recolectadas en un único momento, muestreo puntual en cada punto de muestreo N.º 1 (PMC1) y la Poza N.º 2 (PMC2). Estas muestras serán preservadas y

transportadas en frascos estériles, debidamente rotulados conforme a los protocolos establecidos y trasladadas al laboratorio para su análisis.

### **3.3. MÉTODO Y TÉCNICAS**

- Tipo de investigación: Descriptivo
- Diseño de Investigación: No experimental
- Método: Deductivo-analítico

#### **3.3.1. MÉTODO**

Se realizó un muestreo compuesto en dos puntos: la Poza de Tratamiento de Aguas Residuales N°1 (PMC1) y la Poza N° 2 (PMC2), las muestras se recolectaron el día domingo que hay mayor matanza de animales, cada muestra será almacenada en frascos ámbar de vidrio de un litro, previamente esterilizados, y transportada en una nevera portátil a 4 °C al laboratorio para su análisis dentro de las primeras 6 horas.

#### **Análisis de Laboratorio**

##### **DBO<sub>5</sub> (Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días):**

Para su análisis, las muestras fueron transportadas al laboratorio. El procedimiento consistirá en medir la concentración inicial de oxígeno disuelto en la muestra y compararla con la cantidad remanente después de un período estándar de incubación de cinco días, manteniéndose a una temperatura constante de 20 °C, en un recipiente herméticamente cerrado, protegido de la luz y aislado del contacto con el aire, a fin de evitar la influencia de procesos fotosintéticos. La unidad de expresión del resultado es miligramos por litro (mg/L).

##### **DQO (Demanda Química de Oxígeno)**

Se realizó utilizando el método titulométrico de reflujo cerrado, correspondiente al método 5220 de la American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) y Water Environment Federation (WEF), edición 1998. Este procedimiento consiste en la oxidación química de la materia orgánica presente en la muestra mediante dicromato en medio ácido y posterior valoración con una solución estándar de sulfato ferroso amónico (FAS).



## **b) Materiales**

- Frascos ámbar esterilizados (1 L).
- Nevera portátil con paquetes de gel refrigerante.
- Etiquetas adhesivas y rotulador indeleble.
- Guía de cadena de custodia.
- Formularios de registro de campo.

## **Equipos de Protección Personal (EPPs)**

Durante la recolección de muestras, se utilizaron los siguientes EPPs obligatorios, conforme a los protocolos de bioseguridad y protección ambiental:

- Mameluco impermeable.
- Guantes de nitrilo.
- Mascarilla tipo KN95.
- Gafas de seguridad.
- Alcohol al 70 % para desinfección de materiales.

### **3.3.1.1 DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVOS**

#### **PARA OBJETIVO 1: Determinar la concentración de DBO<sub>5</sub> en las aguas residuales del camal municipal de Ilave.**

Para alcanzar este objetivo, se aplicó la técnica de muestreo compuesto en los dos puntos establecidos: la Poza de Tratamiento de Aguas Residuales N.º 1 (PMC1) y la Poza N.º 2 (PMC2). Las muestras fueron recolectadas en frascos ámbar esterilizados y transportadas bajo condiciones de refrigeración.

#### **PARA OBJETIVO 2: Determinar la concentración de DQO en dichas aguas residuales del camal municipal de Ilave.**

Para este objetivo, se utilizaron las mismas muestras recolectadas en campo, previamente conservadas. El análisis se realizará mediante el método 5220C, que corresponde al método titulométrico de reflujo cerrado.

**PARA OBJETIVO 3: Evaluar el cumplimiento de los valores obtenidos con los límites establecidos en el D.S. N.º 003-2010-MINAM del camal municipal de llave.**

Una vez obtenidos los resultados de concentración de DBO<sub>5</sub> y DQO, se procedió a comparar dichos valores con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por el Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM, norma vigente que regula los vertimientos de aguas residuales no domésticas. Esta comparación permite determinar si el camal municipal de llave cumple con la normativa ambiental en cuanto a los parámetros evaluados, y servirá como base para recomendar medidas correctivas o de mejora en la gestión de sus aguas residuales.

**3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES**

**VARIABLE INDEPENDIENTE:** Concentración de DBO y DQO

**VARIABLE DEPENDIENTE:** Aguas residuales

**Tabla 03:** Matriz de operacionalización de variables

<b>Variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Escala de medición</b>	<b>Categoría de valores</b>
<b>VI</b> Concentración de DBO y DQO	(DBO <sub>5</sub> )	Concentración de DBO <sub>5</sub> en mg/L	Cuantitativa continua	Bajo ≤ 100 mg/L Alto > 100 mg/L
	(DQO) Carga orgánica total	Concentración de DQO en mg/L	Cuantitativa continua	Bajo ≤ 250 mg/L Alto > 250 mg/L
<b>VD</b> Aguas	Evaluación ambiental	Comparación con el D.S. N.º	Categórica nominal	Cumple / No cumple

Variable	Dimensión	Indicador	Escala de medición	Categoría de valores
residuales		003-2010-MIN AM		

### 3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO

**Tipo de investigación:** Descriptivo

**Diseño de Investigación:** No experimental

**Método:** Deductivo-analítico

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

#### 4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS GENERALES DEL ANÁLISIS

La tabla 04 presenta de manera consolidada los resultados físico-químicos y microbiológicos obtenidos en las dos pozas de almacenamiento de aguas residuales del Camal Municipal de Ilave. En conjunto, los valores registrados evidencian una marcada influencia de las actividades de faenamiento, caracterizadas por la presencia de materia orgánica biodegradable y no biodegradable, derivada principalmente de sangre, restos cárnicos, contenido ruminal y excretas animales.

**Tabla 04:** Resultados físico-químicos y microbiológicos de las pozas de aguas residuales

Parámetro	Unidad	Poza 01 (PZ-01)	Poza 02 (PZ-02)
pH	–	8.94	8.42
Conductividad eléctrica (CE)	mS/cm	2.98	1.21
Temperatura	°C	15.84	15.72
Sólidos Totales en Suspensión (STS)	mg/L	1.6	0.95
DQO	mg/L	980	792
DBO <sub>5</sub>	mg/L	392	367
Aceites y grasas	mg/L	2.15	1.85

Parámetro	Unidad	Poza 01 (PZ-01)	Poza 02 (PZ-02)
Coliformes totales	NMP/100 mL	10500	8020
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	8750	6200

#### 4.2. DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE DBO<sub>5</sub> EN LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE ILAVE.

**Tabla 05:** Concentración de DBO<sub>5</sub> en ambas pozas

Punto de muestreo	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	LMP (mg/L)
Poza 01 (PZ-01)	392	100
Poza 02 (PZ-02)	367	100

La tabla 05 muestra que los valores de DBO<sub>5</sub> obtenidos superan entre 3.6 y 3.9 veces el límite permitido por el D.S. 003-2010-MINAM. Este parámetro cuantifica la materia orgánica biodegradable; por tanto, niveles tan elevados indican la presencia de sangre, grasa, restos cárnicos y contenido ruminal, características típicas de mataderos.

Estudios previos (Mendoza, 2021; Pomahuali, 2024) han reportado tendencias similares en camales municipales del Perú, donde la ausencia de un tratamiento adecuado genera altos consumos de oxígeno, afectando de manera significativa la calidad de los cuerpos receptores. En este sentido, el camal de llave mantiene condiciones equivalentes a instalaciones con sistemas deficientes o inexistentes de tratamiento.

#### 4.3. DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE DQO EN AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE ILAVE.

**Tabla 06:** Concentración de DQO en ambas pozas

Punto de muestreo	DQO (mg/L)	LMP (mg/L)
Poza 01 (PZ-01)	980	250
Poza 02 (PZ-02)	792	250

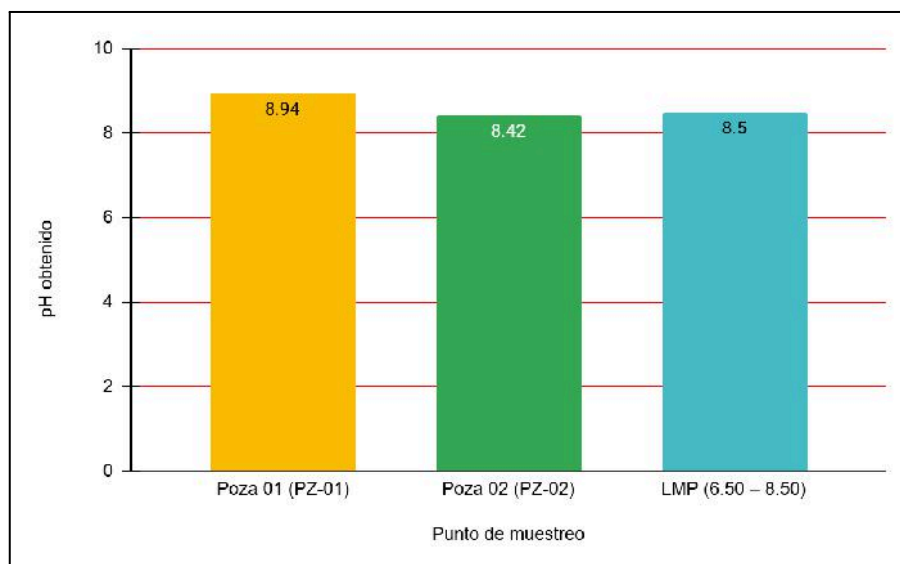
La tabla 06 muestra que los valores de DQO superan entre 3.1 y 3.9 veces el LMP permitido para vertimientos, evidenciando la presencia de materia orgánica tanto biodegradable como no biodegradable. La DQO elevada representa una potencial disminución rápida del oxígeno disuelto en caso de descarga directa, generando impactos como mortalidad de peces, olores putrefactos y proliferación de microorganismos anaerobios.

Las concentraciones de DQO superan ampliamente los valores típicos de aguas residuales domésticas (200–400 mg/L), confirmando la presencia de materia orgánica total —biodegradable y no biodegradable— que requiere altos niveles de oxidación química.

En comparación con estudios nacionales (Leiva, 2024; Clemente, 2022), los valores del camal de Ilave muestran una carga incluso mayor, lo cual es coherente con la naturaleza de los residuos cárnicos, donde predominan proteínas, grasas y sangre, sustancias altamente demandantes de oxígeno.

#### 4.4. EVALUAR EL CUMPLIMIENTO DE LOS VALORES OBTENIDOS CON LOS LÍMITES ESTABLECIDOS EN EL D.S. N.º 003-2010-MINAM DEL CAMAL MUNICIPAL DE ILAVE.

##### 4.4.1. CUMPLIMIENTO DEL PH SEGÚN EL D.S. 003-2010-MINAM



**Figura 02:** Comparación de pH con LMP D.S 003.2010 MINAM

La figura 02 la Poza 01 presenta un pH ligeramente por encima del límite superior permitido, indicando una condición alcalina posiblemente asociada a procesos de descomposición proteica. La Poza 02 se mantiene dentro del rango permitido.

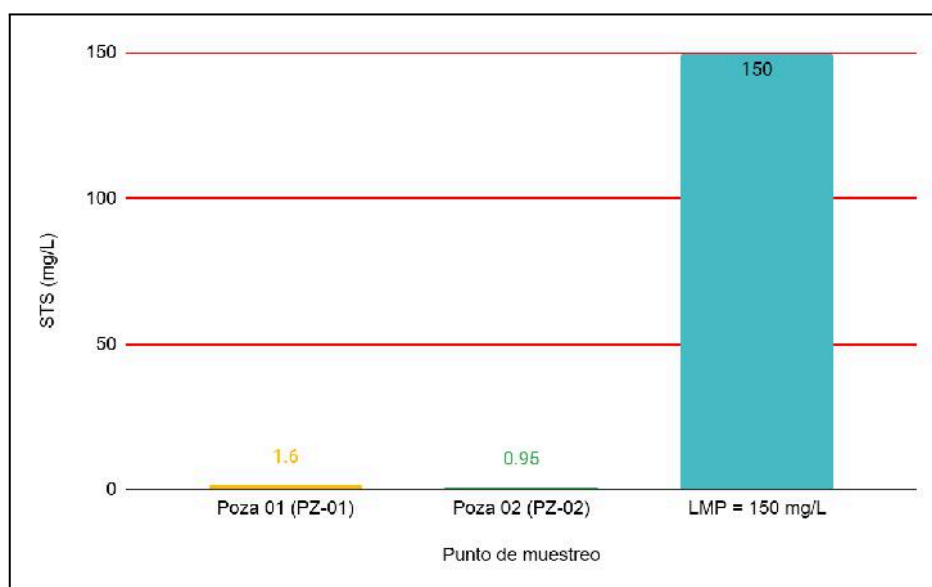
**Tabla 07:** Cumplimiento del pH según el D.S. 003-2010-MINAM

Punto de muestreo	pH obtenido	LMP (6.50 – 8.50)	Cumplimiento
Poza 01 (PZ-01)	8.94	6.50 – 8.50	No cumple
Poza 02 (PZ-02)	8.42	6.50 – 8.50	Cumple

En la Tabla 07 se describe el comportamiento del pH en ambas pozas. La Poza 01 supera ligeramente el límite superior permitido, mientras que la Poza 02 permanece dentro del rango establecido. Esta diferencia puede asociarse a procesos naturales de descomposición, algo que también fue observado por Ramírez (2023) en las pozas del camal de Tingo María, donde los efluentes tendían a alcalinizarse cuando la materia

orgánica se degrada sin control. En conjunto, esta situación determina un cumplimiento parcial del parámetro, señalando la importancia de monitorear el equilibrio químico del agua residual antes de cualquier vertimiento.

#### 4.4.2. CUMPLIMIENTO DE SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (STS) SEGÚN EL D.S. 003-2010-MINAM



**Figura 03:** Comparación de STS con LMP D.S 003.2010 MINAM

La figura 03 muestra que los STS son mínimos, indicando que la mayor parte de la carga contaminante es de naturaleza disuelta y no sedimentable.

**Tabla 08:** Cumplimiento del STS según el D.S. 003-2010-MINAM

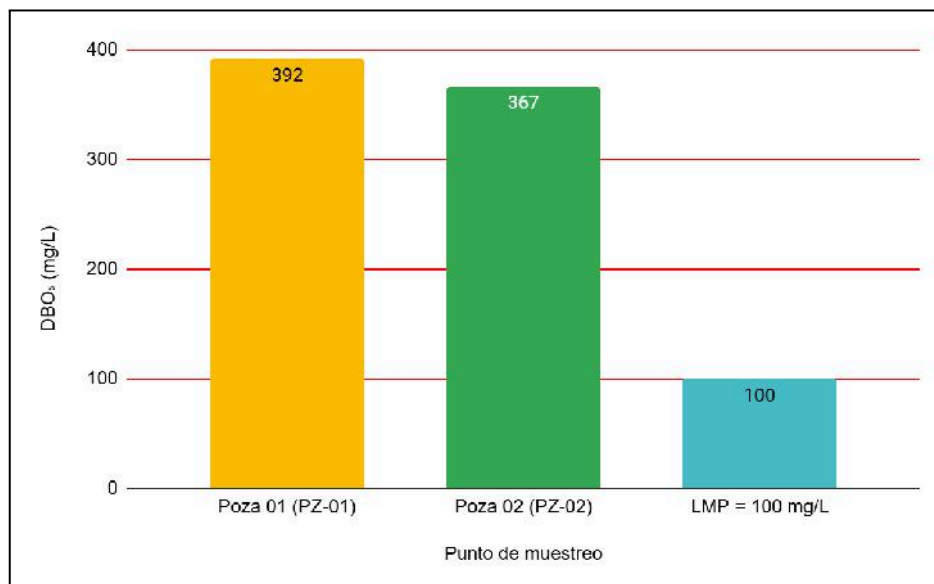
Punto de muestreo	STS (mg/L)	LMP = 150 mg/L	Cumplimiento
Poza 01 (PZ-01)	1.6	150	Cumple
Poza 02 (PZ-02)	0.95	150	Cumple

En la Tabla 08 se describe la concentración de sólidos totales en suspensión. Los valores obtenidos son sorprendentemente bajos, lo cual menciona que la carga contaminante está más asociada a materia orgánica disuelta que a material particulado. Algo similar fue señalado por Clemente (2022), quien observó que en sistemas sin agitación los sólidos tienden a sedimentar rápidamente, dejando el efluente con pocos sólidos en suspensión



pero altamente cargado de materia orgánica. La tabla determina el cumplimiento normativo sin dificultad.

#### 4.4.3. CUMPLIMIENTO DE DBO<sub>5</sub> SEGÚN EL D.S. 003-2010-MINAM



**Figura 04:** Comparación de DBO<sub>5</sub> con LMP D.S 003.2010 MINAM

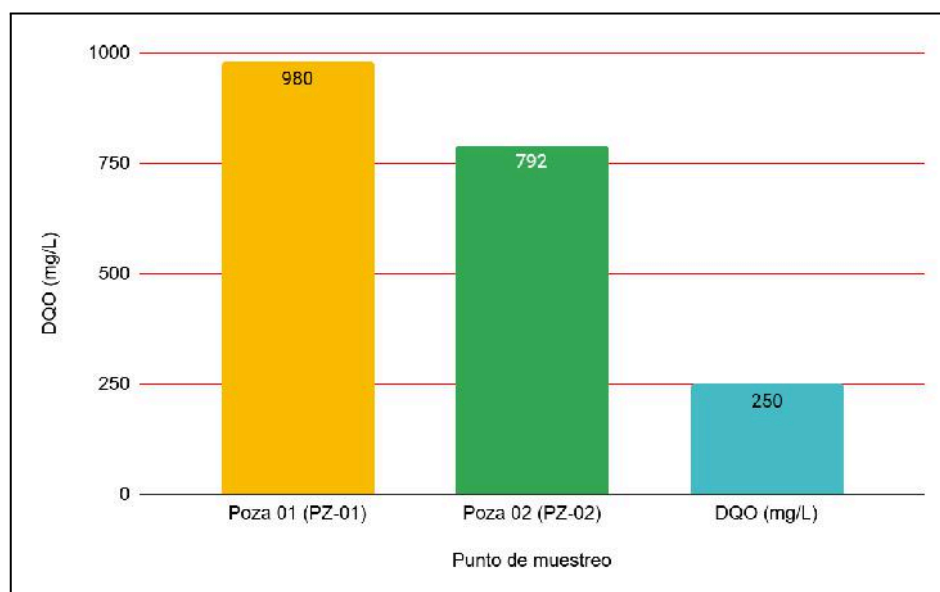
La figura 04 demuestra que ambas pozas exceden entre 3 veces el límite máximo permisible. Esto evidencia una alta concentración de materia orgánica biodegradable, característica de efluente sin tratamiento.

**Tabla 09:** Cumplimiento del DBO<sub>5</sub> según el D.S. 003-2010-MINAM

Punto de muestreo	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	LMP = 100 mg/L	Cumplimiento
Poza 01 (PZ-01)	392	100	No cumple
Poza 02 (PZ-02)	367	100	No cumple

En la Tabla 09 se describe la concentración de DBO<sub>5</sub>, que supera ampliamente el límite permitido. Este comportamiento coincide con lo reportado por Pomahuali (2024), quien señaló que los mataderos suelen presentar valores de DBO<sub>5</sub> muy elevados debido a la sangre, grasa y tejido orgánico que se incorpora al efluente durante el faenamiento. Los valores registrados en este estudio van en esa misma línea, y la tabla determina que el contenido de materia orgánica biodegradable es crítico y requiere tratamiento urgente.

#### 4.4.4. CUMPLIMIENTO DE DQO SEGÚN EL D.S. 003-2010-MINAM



**Figura 05:** Comparación de DQO con LMP D.S 003.2010 MINAM

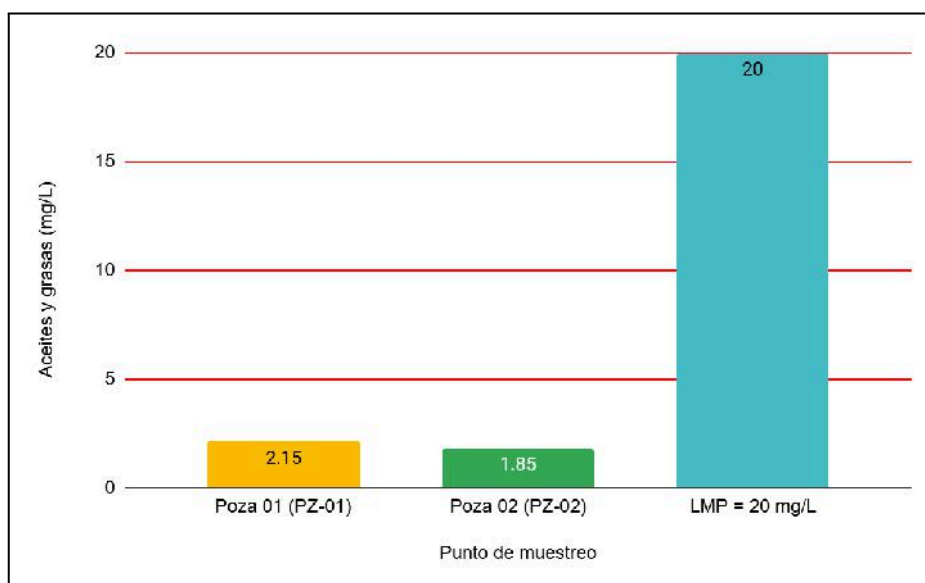
La figura 05 muestra que los valores superan hasta casi cuatro veces el límite permitido, confirmando la presencia de materia orgánica total (biodegradable y no biodegradable) sin ningún proceso de oxidación efectiva.

**Tabla 10 :** Cumplimiento del DQO según el D.S. 003-2010-MINAM

Punto de muestreo	DQO (mg/L)	LMP = 250 mg/L	Cumplimiento
Poza 01 (PZ-01)	980	250	No cumple
Poza 02 (PZ-02)	792	250	No cumple

En la Tabla 10 se describe la Demanda Química de Oxígeno, que reúne tanto materia orgánica biodegradable como no biodegradable. Siguiendo tu indicación: En la Tabla 06 describe, menciona o determina, aunque en este caso aplica a la Tabla 7.5, que los valores de DQO superan ampliamente la normativa. Este comportamiento coincide con lo observado por Rodríguez (2021), quien identificó que los camales tienden a presentar DQO muy alta debido a grasas, proteínas complejas y residuos difíciles de degradar. La tabla determina que el agua residual del camal de llave se encuentra en niveles críticos de contaminación química y no puede ser vertida sin tratamiento.

#### 4.4.5. CUMPLIMIENTO DE ACEITES Y GRASAS SEGÚN EL D.S. 003-2010-MINAM



**Figura 06:** Comparación de aceites y grasas con LMP D.S 003.2010 MINAM

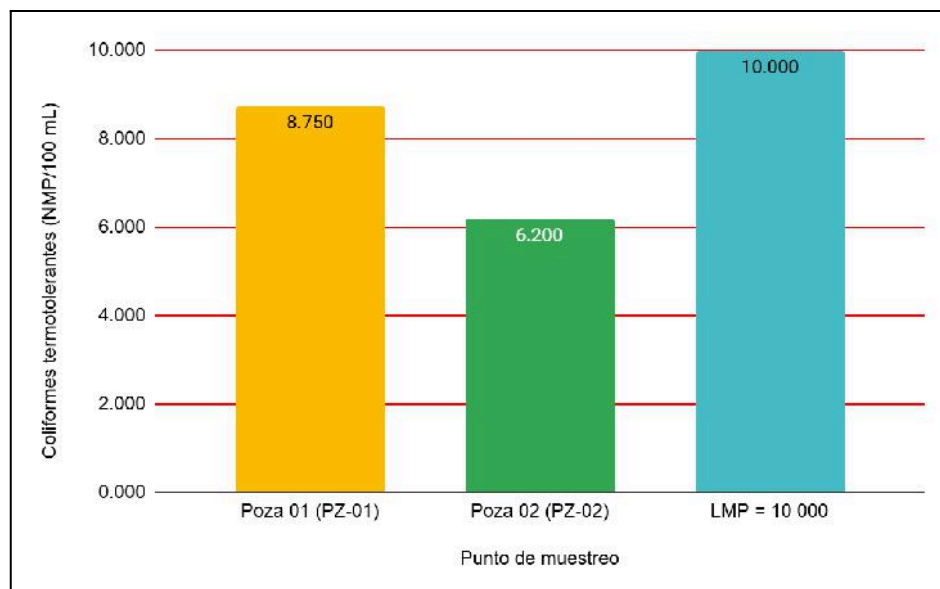
La figura 06 muestra que las concentraciones son bajas, probablemente por la decantación natural en las pozas y la ausencia de grandes volúmenes de grasas en suspensión.

**Tabla 11:** Cumplimiento de aceites y grasas según el D.S. 003-2010-MINAM

Aceites y grasas			
Punto de muestreo	(mg/L)	LMP = 20 mg/L	Cumplimiento
Poza 01 (PZ-01)	2.15	20	Cumple
Poza 02 (PZ-02)	1.85	20	Cumple

En la Tabla 11 se describe la concentración de aceites y grasas, que se mantiene por debajo del límite permitido. Este resultado es coherente con los hallazgos de Martínez (2016), quien señalaba que en muchos canales la fracción lipídica tiende a adherirse a superficies o sedimentar, reduciendo su presencia en la fase líquida. Aunque el parámetro cumple, la tabla determina que su control sigue siendo necesario, ya que estos compuestos pueden interferir en sistemas de tratamiento biológico si se acumulan.

#### 4.4.6. CUMPLIMIENTO DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES SEGÚN EL D.S. 003-2010-MINAM



**Figura 07:** Comparación de coliformes termotolerantes con LMP D.S 003.2010 MINAM

En la figura 07 muestra que aunque los valores cumplen con el LMP, siguen siendo elevados y reflejan una fuerte carga fecal propia del manejo de animales en mataderos. El cumplimiento no implica ausencia de riesgo sanitario.

**Tabla 12:** Cumplimiento de Coliformes termotolerantes según el D.S. 003-2010-MINAM

Coliformes			
Punto de muestreo	termotolerantes (NMP/100 mL)	LMP = 10 000	Cumplimiento
Poza 01 (PZ-01)	8 750	10 000	Cumple
Poza 02 (PZ-02)	6 200	10 000	Cumple

En la Tabla 12 se describe la cantidad de coliformes termotolerantes. A pesar de que los valores cumplen con el límite normativo, siguen siendo elevados, lo cual menciona que el agua residual mantiene una fuerte carga fecal. Esto coincide con lo reportado por Chuctaya (2023), quien observó que las pozas de mataderos tienden a contener altas concentraciones de bacterias por la constante exposición a vísceras y excretas animales.

La tabla determina que, aunque el parámetro cumple, representa un riesgo sanitario que debe ser tratado antes de cualquier disposición final.

#### **4.5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

El análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos realizados en las pozas del Camal Municipal de Ilave revela una situación ambiental compleja y consistente con los antecedentes descritos en la literatura nacional e internacional. Tanto la  $DBO_5$  como la DQO presentan valores considerablemente elevados, lo cual confirma que las aguas residuales generadas durante el faenamiento mantienen una alta carga orgánica derivada de sangre, grasas, tejidos cárnicos, contenido ruminal y excretas animales, situación que ha sido ampliamente documentada en camales municipales de Puno, Huancavelica, Cajamarca y Ecuador.

Los valores obtenidos para la  $DBO_5$  (392 mg/L y 367 mg/L) superan en casi cuatro veces el límite permitido por el D.S. N.º 003-2010-MINAM. Esta tendencia coincide con los resultados reportados por Mendoza (2021) en Ilave, Pomahuali (2024) en mataderos rurales y Quispe (2019) en PTAR municipales, quienes indican que la actividad del faenamiento genera una carga orgánica biodegradable que no puede ser degradada de forma natural en pozas sin aireación ni tratamiento.

De manera similar, la DQO presenta valores de 980 mg/L y 792 mg/L, lo que implica entre tres y cuatro veces más que el límite normativo. Esto confirma la presencia no solo de materia orgánica biodegradable, sino también de compuestos más resistentes a la degradación, tal como lo identificaron Rodríguez (2021) y Leiva (2024) en estudios comparables. La relación DQO/ $DBO_5$  obtenida sugiere que el efluente contiene proteínas, grasas y sustancias recalcitrantes de alta persistencia, propias del faenamiento de animales.

El pH muestra un comportamiento ligeramente alcalino en la Poza 01, lo cual ha sido atribuido por Ramírez (2023) y Díaz (2021) a procesos intensos de descomposición en ausencia de oxígeno. Por otro lado, los sólidos totales en suspensión (STS) se mantienen

sorprendentemente bajos, lo que indica sedimentación previa y no ausencia de contaminación, fenómeno también recogido por Clemente (2022) en sistemas estáticos.

En cuanto a los coliformes termotolerantes, si bien los valores cumplen con la normativa, siguen reflejando una fuerte carga de contaminación fecal, lo cual es característico en camales donde el manejo de vísceras y excretas es continuo. Como advierten Chuctaya (2023) y Vásquez (2019), el cumplimiento normativo de este parámetro no implica ausencia de riesgo sanitario.

En conjunto, los resultados evidencian que el camal municipal carece de un sistema de tratamiento capaz de reducir la carga orgánica y microbiológica a niveles seguros para su disposición final. Las pozas de almacenamiento actúan únicamente como reservorios pasivos, sin procesos de remoción efectivos.

#### **4.6. CONTRASTE DE HIPÓTESIS**

##### **4.6.1. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1**

La concentración de  $DBO_5$  en las aguas residuales del camal Municipal de llave supera los 100 mg/L.

- $H_a$ : La concentración de  $DBO_5$  supera los 100 mg/L.
- $H_0$ : La concentración de  $DBO_5$  no supera los 100 mg/L.

##### **Resultado:**

Dado que los valores de  $DBO_5$  presentados en la Tabla 05 alcanzan 392 mg/L y 367 mg/L, se acepta la hipótesis alterna ( $H_a$ ) y se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ).

##### **4.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2**

La concentración de DQO en las aguas residuales del camal Municipal de llave excede los 250 mg/L.

- $H_a$ : La concentración de DQO supera los 250 mg/L.
- $H_0$ : La concentración de DQO no supera los 250 mg/L.

##### **Resultado:**

Con valores de 980 mg/L y 792 mg/L, que presenta en la tabla 06 se acepta la hipótesis alterna ( $H_a$ ) y se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ).

### 4.6.3. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3

Las concentraciones de Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) en las aguas residuales del Camal Municipal de Ilave superan los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N.° 003-2010-MINAM.

- $H_a$ : Las concentraciones de  $DBO_5$  y DQO superan los LMP del D.S. 003-2010-MINAM.
- $H_0$ : Las concentraciones no superan los LMP establecidos.

#### **Resultado:**

Las concentraciones de Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) presentadas en las Tablas 09 y 10, correspondientes a las aguas residuales del Camal Municipal de Ilave, superan los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N.° 003-2010-MINAM. En ambos parámetros se registran excedencias claras y constantes, por lo que se acepta la hipótesis alterna ( $H_a$ ) y se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ).



## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** Los resultados obtenidos demuestran que las aguas residuales generadas en el Camal Municipal de Ilave presentan una carga orgánica crítica, evidenciada por valores de DBO<sub>5</sub> y DQO que superan entre tres y casi cuatro veces los Límites Máximos Permisibles del D.S. N.º 003-2010-MINAM. Esta situación confirma que el efluente se encuentra en un estado avanzado de contaminación, típico de mataderos donde la mezcla de sangre, tejidos animales, contenido ruminal y grasas incrementa la demanda de oxígeno y reduce la capacidad de recuperación natural del cuerpo receptor. La magnitud de estos valores respalda la hipótesis general de la investigación y evidencia un riesgo ambiental significativo para el río Ilave si el vertimiento continúa sin tratamiento.

**SEGUNDA:** La Demanda Bioquímica de Oxígeno registró valores de 392 mg/L y 367 mg/L, lo que evidencia una presencia excesiva de materia orgánica biodegradable. Este comportamiento es característico de sistemas donde no existe pretratamiento eficiente ni separación previa de residuos sólidos orgánicos. Además, estos valores se encuentran dentro del rango reportado en investigaciones previas realizadas en camales de la región Puno, lo que sugiere que el problema no es aislado, sino sistemático en instalaciones similares. Esta concentración elevada confirma que la actividad microbiana intensiva supera la capacidad de asimilación del efluente, manteniendo el ecosistema en condiciones de agotamiento de oxígeno si es vertido directamente a un cuerpo de agua.

**TERCERA:** Las concentraciones de DQO 980 mg/L y 792 mg/L reflejan la presencia de compuestos orgánicos totales, tanto biodegradables como no biodegradables, que requieren procesos avanzados de oxidación para su degradación completa. Esta condición se relaciona con la alta presencia de proteínas, grasas animales y compuestos

derivados del lavado del área de faenamiento, los cuales tienden a permanecer en el agua incluso después de procesos de sedimentación natural. Los valores obtenidos superan ampliamente los niveles aceptables para efluentes domésticos y confirman un comportamiento consistente con las actividades típicas de un matadero. La persistencia de estos compuestos representa un riesgo significativo de eutrofización y deterioro ambiental si no se aplican medidas correctivas.

**CUARTA:** El análisis comparativo con el D.S. N.º 003-2010-MINAM evidencia que, aunque los parámetros de STS, aceites y grasas y coliformes termotolerantes se mantienen dentro de los rangos permitidos, los parámetros críticos de pH, DBO<sub>5</sub> y DQO presentan incumplimientos significativos. Esto confirma que el sistema de pozas actualmente existente cumple únicamente una función de almacenamiento pasivo sin mecanismos de degradación controlada o remoción. Por tanto, el camal municipal no se encuentra en condiciones técnicas para realizar descargas sin riesgo ambiental, y requiere la implementación urgente de un sistema formal de tratamiento adaptado a las características propias de los efluentes de mataderos.

## RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** A la Municipalidad Provincial de El Collao – Ilave. Se recomienda implementar un sistema integral de tratamiento de aguas residuales específico para camales, que combine tecnologías de carácter primario, secundario y terciario. Entre las alternativas técnicas se sugieren: biodigestores anaeróbicos, sistemas de aireación extendida, filtros percoladores, humedales artificiales y procesos de oxidación avanzada, capaces de reducir de manera efectiva los altos niveles de DBO<sub>5</sub> y DQO. El diseño debe considerar la naturaleza orgánica de los residuos generados en el faenamiento y el caudal promedio diario del camal, garantizando el cumplimiento de los estándares ambientales vigentes y reduciendo el riesgo de contaminación del río Ilave.

**SEGUNDA:** Gestión Ambiental del municipio. Establecer un programa permanente de monitoreo ambiental, con periodicidad mínima mensual, que permita evaluar de manera continua la calidad de los efluentes generados por el camal. El programa debe incluir mediciones sistemáticas de pH, CE, DBO<sub>5</sub>, DQO, STS y parámetros microbiológicos, así como el registro de caudales descargados. Esta información debe ser documentada, archivada y reportada oficialmente para sustentar decisiones administrativas, garantizar la transparencia y permitir una gestión preventiva ante posibles sanciones ambientales.

**TERCERA:** A SENASA Fortalecer la supervisión del proceso de faenamiento mediante la implementación de protocolos de manejo adecuado de residuos sólidos orgánicos, separación de sangre y vísceras, limpieza y desinfección de áreas críticas y control de derrames. SENASA debe promover capacitaciones orientadas a buenas prácticas de manejo veterinario e higiene, mientras que OEFA debe asegurar el cumplimiento de la normativa ambiental mediante inspecciones in situ y monitoreos no anunciados. Estas

acciones pueden reducir significativamente la carga orgánica que ingresa a las pozas y, por tanto, los niveles de DBO<sub>5</sub> y DQO.

**CUARTA:** A instituciones académicas. Fomentar proyectos piloto que permitan evaluar la eficiencia de tecnologías accesibles y de bajo costo, tales como humedales subsuperficiales, reactores anaeróbicos de flujo ascendente (UASB) o sistemas combinados de tratamiento, adaptados a zonas rurales del altiplano. Estas instituciones pueden aportar conocimiento técnico, monitoreo experimental y transferencia tecnológica que contribuirá a mejorar la gestión ambiental del camal y a la formación de profesionales con experiencia aplicada en tratamiento de efluentes del sector agroindustrial.

## BIBLIOGRÁFICA

- Bizarra Aramburu, C., & Portillo Huanhuayo, A. L. (2021). Uso de un humedal artificial vertical para el tratamiento de aguas residuales del Camal Municipal de Huancavelica. <https://hdl.handle.net/20.500.14597/4004>
- Abagale, F. K. (2021). Seasonal Variation and Removal of Organic Pollutants in Wastewater Using Low-Cost Treatment Technologies in Tamale Metropolis, Ghana. *Journal of Water Resource and Protection*, 13(4), Article 4. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2021.134016>
- Ahmadianfar, I., Jamei, M., & Chu, X. (2020). A novel Hybrid Wavelet-Locally Weighted Linear Regression (W-LWLR) Model for Electrical Conductivity (EC) Prediction in Surface Water. *Journal of Contaminant Hydrology*, 232, 103641. <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2020.103641>
- Aleksić, N., Nešović, A., Šušteršič, V., Gordić, D., & Milovanović, D. (2020). Slaughterhouse water consumption and wastewater characteristics in the meat processing industry in Serbia. *Desalination and Water Treatment*, 190, 98-112. <https://doi.org/10.5004/dwt.2020.25745>
- Alisawi, H. A. O. (2020). Performance of wastewater treatment during variable temperature. *Applied Water Science*, 10(4), 89. <https://doi.org/10.1007/s13201-020-1171-x>
- Bhatt, S., Mishra, A. P., Chandra, N., Sahu, H., Chaurasia, S. K., Pande, C. B., Agbasi, J. C., Ali Khan, M. Y., Abba, S. I., Egbueri, J. C., Đurin, B., & Hunt, J. (2024). Characterizing seasonal, environmental and human-induced factors influencing the dynamics of Rispana River's water quality: Implications for sustainable river management. *Results in Engineering*, 22, 102007. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102007>
- Ccente Rojas, A. E., & Huayllani Condor, I. N. (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.  
<https://hdl.handle.net/20.500.14597/4175>
- Chuctaya Surco, T. N. (2023). *Evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento de las aguas residuales del Distrito de Umachiri Provincia de Melgar, Puno*.  
<https://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/101>
- Chau Yeren, F. A. (2025). *Análisis de la contaminación del río Ichu por la disposición de residuos líquidos del camal municipal, 2024*.  
<https://hdl.handle.net/20.500.14597/9518>
- Clemente Campos, Y. A. (2022). Evaluación de la eficiencia de la PTAR del distrito de Santa Ana de Tusi, como aporte del compromiso ambiental municipal – 2021. *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*.  
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2703>
- Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM*. (s. f.). Ministerio del Ambiente. Recuperado 10 de julio de 2025, de <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-003-2010-minam/>
- Diéguez Santana, K. (2020). Impacto ambiental de la operación del Centro de Faenamiento de la ciudad de Puyo, Pastaza, Ecuador. *Prospectiva*, 18(1 (enero-junio)), 8.
- Díaz Pérez, Nilson Esidio. (2021). *Repositorio UPN*.  
<https://repositorio.upn.edu.pe/item/eec447a9-29bf-49b8-b78b-f7688ec0c254>
- Hang, Y. D. (2024). Determination of Oxygen Demand. En B. P. Ismail & S. S. Nielsen (Eds.), *Nielsen's Food Analysis* (pp. 465-469). Springer International Publishing.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-031-50643-7\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-031-50643-7_28)
- Huarachi Núñez, Y. D. (2020). Propuesta de mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales del matadero municipal de Tacna. *Universidad Privada de Tacna*.  
<http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1527>
- IV\_FIN\_107\_TE\_Leiva\_Gonzales\_2024*. (s. f.).
- Jackson, F. L., Hannah, D. M., Ouellet, V., & Malcolm, I. A. (2021). A deterministic river

temperature model to prioritize management of riparian woodlands to reduce summer maximum river temperatures. *Hydrological Processes*, 35(8).  
<https://doi.org/10.1002/hyp.14314>

Jesus, R. T. Y. (2023). *ASESOR: DR. GUERRA LU JOSE KALION*.

Kharat, D. S. (2020). (PDF) *Pollution Control in Meat Industry*. ResearchGate.  
[https://www.researchgate.net/publication/332112827\\_Pollution\\_Control\\_in\\_Meat\\_Industry](https://www.researchgate.net/publication/332112827_Pollution_Control_in_Meat_Industry)

Kothari, R., Azam, R., Bharti, A., Gorla, K., Allen, T., Ashokkumar, V., Pathania, D., Singh, R. P., & Tyagi, V. V. (2024). Biobased treatment and resource recovery from slaughterhouse wastewater via reutilization and recycling for sustainable waste approach. *Journal of Water Process Engineering*, 58, 104712.  
<https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.104712>

Martínez Bardales, M. D. (2016). Eficiencia en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos totales en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Celendín. *Universidad Nacional de Cajamarca*. <https://doi.org/10/M385/2016>

Mendoza, K., Ortiz, B., Rivera, L., Peña, T., Chirinos-Escobar, M., Enríquez, L., Maldonado, V., & Fontecha, G. (2023). Monitoring of Microbial Contamination of Groundwater in the Upper Choluteca River Basin, Honduras. *Water*, 15(11), Article 11. <https://doi.org/10.3390/w15112116>

Mendo Belizario, L. N. (2025). Evaluación de la eficiencia de tratamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Lampa, Puno 2024. *Universidad Privada San Carlos*. <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/1129>

Mera- Alegria, C. F., Gutiérrez- Salamanca, M. L., Montes- Rojas, C., & Paz- Concha, J. P. (2016). EFECTO DE LA Moringa oleífera EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL CAUCA, COLOMBIA. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 100-109.  
[https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)100-109](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)100-109)



- Ninanya Taípe, G. Y., & Rodríguez Uchuypoma, L. M. (2024). Análisis de la influencia del proceso de oxidación avanzada en la eliminación de coliformes termotolerantes de las aguas residuales domésticas en el distrito de Chilca, Huancayo-2023. *Universidad Continental*.  
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/15609>
- Molina, Z., & Martín, M. (2024). *Reducción de la demanda química de oxígeno (DQO) aplicando el proceso fenton en las aguas residuales del Camal Municipal de Calca—Cusco*.  
<https://repositorio.uandina.edu.pe/item/38f89a4d-e891-41e0-93bf-ffe63e172710>
- Pomahuali Sevillano, L. M. (2024). *Influencia del efluente del matadero de la ciudad de Tocache en la calidad del agua de la quebrada Pucayacu, 2024*.  
<https://hdl.handle.net/20.500.14292/3047>
- Reyes Silva, C. R. (2024). *Propuesta de límites máximos permisibles de efluentes de mataderos en base a data del ministerio de desarrollo agrario y riego*.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12996/6467>
- Rodríguez Linares, M. S. (2021). *Análisis de la eficiencia y propuesta de alternativas en el mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del camal municipal del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua*.  
<https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4456>
- Saul\_Alexheid\_MENDOZA\_VALERO. (2021).
- Song, X., Zhao, Y., Zhang, L., Xie, X., Wu, J., Wei, Z., Yang, H., Zhang, S., Song, C., & Jia, L. (2022). Photodegradation, bacterial metabolism, and photosynthesis drive the dissolved organic matter cycle in the Heilongjiang River. *Chemosphere*, 295, 133923. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133923>
- TESIS - Franklin Quispe Cotrina. (s. f.).
- Ticona Pilco, N. (2020). *Evaluación Y Propuesta De Mejoramiento De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales Del Distrito De Ilave—Provincia De El Collao*.
- Vásquez-García, A., Oliveira, A. P. S. C. de, Mejía-Ballesteros, J. E., Godoy, S. H. S. de,

Barbieri, E., Sousa, R. L. M. de, & Fernandes, A. M. (2019). Escherichia coli detection and identification in shellfish from southeastern Brazil. *Aquaculture*, 504, 158-163. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.01.062>

Yehia, H. M. A.-S., & Said, S. M. (2021). Drinking Water Treatment: pH Adjustment Using Natural Physical Field. *Journal of Biosciences and Medicines*, 9(6), Article 6. <https://doi.org/10.4236/jbm.2021.96005>

## ANEXOS

## Anexo 01: Matriz de consistencia

### Título: Determinación de la demanda bioquímica y química de oxígeno en las aguas residuales del camal municipal de llave, 2025

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	INDICADORES	INSTRUMENTO	METODOLOGÍA
<p><b>GENERAL</b> ¿Cuál es el nivel de concentración de DBO y DQO en las aguas residuales del camal municipal de llave 2025?</p>	<p><b>GENERAL</b> Determinar las concentraciones de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO) en las aguas residuales del camal municipal de llave, 2025</p>	<p><b>GENERAL</b> Las aguas residuales del camal municipal de llave presentan concentraciones de DBO y DQO que excede los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N.º 003-2010-MINAM.</p>	<p><b>INDEPENDIENTE</b> Concentración de DBO y DQO</p> <p><b>DEPENDIENTE</b> Aguas residuales</p>	<p>Concentración de DBO<sub>5</sub> (mg/L)</p> <p>Concentración de DQO (mg/L)</p>	<p>Análisis de Laboratorio</p> <p>D.S. N.º 003-2010-MINAM</p>	<p>Enfoque: Cuantitativo</p> <p>Diseño de investigación: No experimental de tipo descriptivo transversal</p> <p>Población: Originada por los vertidos de agua residual del proceso de faena en el camal municipal.</p> <p>Tipo de muestreo: Muestreo: no probabilístico</p>
<p><b>ESPECÍFICOS</b> ¿Cuál es la concentración de DBO<sub>5</sub> en las aguas residuales generadas en el camal municipal de llave?</p> <p>¿Cuál es la concentración de DQO en dichas aguas residuales del camal municipal de llave?</p> <p>¿Las concentraciones de DBO y DQO cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en la normativa vigente el camal municipal de llave.</p>	<p><b>ESPECÍFICOS</b> Determinar la concentración de DBO<sub>5</sub> en las aguas residuales del camal municipal de llave.</p> <p>Determinar la concentración de DQO en dichas aguas residuales del camal municipal de llave.</p> <p>Evaluar el cumplimiento de los valores obtenidos con los límites establecidos en el D.S. N.º 003-2010-MINAM del camal municipal de llave.</p>	<p><b>ESPECÍFICOS</b> La concentración de DBO<sub>5</sub> en las aguas residuales del camal municipal de llave supera los 100 mg/L.</p> <p>La concentración de DQO en las aguas residuales del camal municipal de llave excede los 250 mg/L.</p> <p>Existe una relación directa entre los niveles de DBO y DQO y el incumplimiento de la normativa ambiental vigente en el camal de llave</p>				

## Anexo 02: Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM

5 Anuncios

Consultado el 17/03/2025 a las 20:11

 **NORMAS LEGALES**

415675

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

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

Regístrese, comuníquese y publíquese.

**ALAN GARCÍA PÉREZ**

Presidente Constitucional de la República

**JAVIER VELÁSQUEZ QUESQUEN**

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 5° 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 necesarios 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 aplicará 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 aguas 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 otras, 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 3) 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 Aguas 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 permitan 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 establecidos 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.

## 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	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35



**Anexo 03:** Resultados de los análisis muestra.



**MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C**  
AGUAS – SUELOS – MINERALES Y OTROS.  
CON EQUIPOS CALIBRADOS Y CERTIFICADOS POR  
COMPARACIÓN DE TRAZABILIDAD DIRECTA DE INACAL.  
RUC: 20612800741.

**INFORME DE ENSAYO 0284/MQA**

**RESULTADO DE ANÁLISIS**

**ASUNTO:** ANALISIS FISICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA.

**PROCEDENCIA** : CAMAL DE ILAVE POZA 01  
**INTERESADO** : CRISTIAN INCACUTIPA MAMANI  
**MOTIVO** : ANALISIS FISICO – QUIMICO Y MICROBIOLÓGICO.  
**FECHA DE MUESTREO** : 29/08/2025 (por el interesado).  
**FECHA DE ANALISIS** : 30/08/2025.  
**COORDENADAS** : PZ – 01: N. 8222080 E. 434026

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:**

**Aspecto** : Líquido  
**Color** : Marrón característico agua camal  
**Olor** : Desagradable

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:**

PARAMETROS	UNIDAD	PZ-01
pH		8.94
C.E	mS/cm	2.98
Temperatura (°C)	°C	15.84
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	1.60

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:**

Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	980.00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	392.00
Aceites y Grasas	mg/L	2.15

**ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:**

Coliformes totales	NMP/100ml	10500
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	8750

**INTERPRETACION:**

- la muestra se recepcionó en el laboratorio.



MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C.  
Calle 12 de Octubre N° 193 Villa Florida - Puno  
RUC: 20612800741  
GERENTE



MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C.  
Calle 12 de Octubre N° 193 Villa Florida - Puno  
RUC: 20612800741  
INGENIERO QUÍMICO  
ANALISTA DE LABORATORIO

Jr. Esmeralda N°193 URB - Villa Florida – a una cuadra del local Pérgola - Puno  
Cel. 973296546 – 983003185





MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C

AGUAS – SUELOS – MINERALES Y OTROS.

CON EQUIPOS CALIBRADOS Y CERTIFICADOS POR  
COMPARACIÓN DE TRAZABILIDAD DIRECTA DE INACAL.

RUC: 20612800741.

**INFORME DE ENSAYO 0285/MQA**

**RESULTADO DE ANÁLISIS**

ASUNTO: ANALISIS FISICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA.

PROCEDENCIA : CAMAL DE ILAVE POZA 02  
 INTERESADO : CRISTIAN INCACUTIPA MAMANI  
 MOTIVO : ANALISIS FISICO – QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO.  
 FECHA DE MUESTREO : 29/08/2025 (por el interesado).  
 FECHA DE ANALISIS : 30/08/2025.  
 COORDENADAS : PZ – 02: N. 8222080 E. 434026

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:**

Aspecto : Líquido  
 Color : Marrón claro característico agua camal  
 Olor : Desagradable

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:**

PARAMETROS	UNIDAD	PZ-02
pH		8.42
C E	mS/cm	1.21
Temperatura (°C)	°C	15.72
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	0.95

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:**

Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	792.00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	367.00
Aceites y Grasas	mg/L	1.85

**ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:**

Coliformes totales	NMP/100ml	8020
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	6200

**INTERPRETACION:**

- la muestra se recepcionó en el laboratorio.



Gerente  
 Nombre: Gerente  
 RUC: 20612800741



Ingeniero Químico  
 Salomón Justo Morales Yucra  
 INGENIERO QUÍMICO  
 ANALISTA DE LABORATORIO

Jr. Esmeralda N°193 URB - Villa Florida – a una cuadra del local Pégola - Puno  
 Cel. 973296546 – 983003185



#### Anexo 04: Fotografías del estudio



**Figura 08:** Camal municipal de la Municipalidad Provincial de El Collao - Ilaye



**Figura 09:** Muestra del pozo 1- Camal municipal





**Figura 10:** Muestra de poza 2- Camal Municipal