

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**Estudio de los parámetros físicos y químicos de aguas residuales industriales
generados en el camal municipal de Huanta, 2025**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Ciencias del Medio Ambiente

AUTOR:

Robles Ayquipa, Luz Estrelia

ASESOR:

Dr. Carhuallanqui Ibarra, Solón Dante

COASESOR:

Ing. Taipe Michael, Huisa

HUANTA – PERÚ

2026

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

INFORME DE TESIS_LUZ ESTRELIA ROBL
ES A.pdf

AUTOR

Luz Estrelia Robles Ayquipa

RECUENTO DE PALABRAS

17389 Words

RECUENTO DE CARACTERES

95017 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

84 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

5.3MB

FECHA DE ENTREGA

May 13, 2026 11:04 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

May 13, 2026 11:07 PM GMT-5

● 16% de similitud general

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

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 12% Base de datos de trabajos entregados
- 5% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE HUAMANTLA

Dr. Solim Dante Carhuallanqui Ibarra
DOCENTE PRINCIPAL

**“Estudio de los parámetros físicos y químicos de aguas
residuales industriales generados en el camal municipal de
Huanta, 2025”**

AUTOR

Robles Ayquipa, Luz Estrelia

ASESOR

Dr. Carhuallanqui Ibarra, Solón Dante

COASESOR

Ing. Huisa Taipe, Michael



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA

Creada por Ley N° 29658

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

"Año la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA AMBIENTAL

En la ciudad de Huanta, en el auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental del campus universitario de la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, ubicado en la autopista Carlos Ch. Hiraoka, desvío a Ccollana, a los 22 días del mes de junio de 2026, siendo las 16:00 horas, se dio inicio al acto académico de sustentación de tesis con la presencia de los miembros del jurado calificador:

Dr. Jorge Luis Lozano Rodriguez	Miembro Titular 1 (Presidente)
Mtro. Fernando Gari Huayhua Levano	Miembro titular 2
Dr. Solon Dante Carhuallqui Ibarra	Miembro titular 3

Acto seguido se procedió a dar lectura a la Resolución de Vicepresidencia Académica N° 086-2026-CO-UNAH, en la que señala fecha, hora y designación de jurado evaluador para la sustentación de tesis de la **Bach. Luz Estrelia Robles Ayquipa**, con la tesis titulada: **"Estudio de los parámetros físicos y químicos de aguas residuales industriales generados en el camal municipal de Huanta, 2025"**; asesorado por el Dr. Solon Dante Carhuallqui Ibarra, para optar el Título profesional de: Ingeniera Ambiental.

Observaciones:

Terminada la sustentación se procedió a la formulación de preguntas por los miembros del jurado evaluadores, los mismos que fueron defendidos y absueltos por la tesista. Acto seguido se procedió a calificar con el resultado siguiente:

Aprobado Regular	()
Aprobado Bueno	(X)
Aprobado Muy Buenos	()
Aprobado Excelente	()

Con la calificación de **CATORCE** (14)

Siendo las **5:11 P.M.** se da por finalizada el acto académico de sustentación de tesis pasando a firmar los miembros del jurado evaluador.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA

Dr. Jorge Luis Lozano Rodriguez
Dr. Jorge Luis Lozano Rodriguez
Miembro Titular 1 (Presidente)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA

Mtro. Fernando Gari Huayhua Levano
Mtro. Fernando Gari Huayhua Levano
Miembro Titular 2



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA

Dr. Solon Dante Carhuallqui Ibarra
Dr. Solon Dante Carhuallqui Ibarra
Miembro Titular 3

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia y en especial a mis padres Luzmila Ayquipa Molina y Eloy Robles Carrión, porque me han acompañado en cada paso del camino, apoyándome con paciencia, cariño y confianza. Su presencia y apoyo han sido fundamentales para culminar este importante logro profesional.

AGRADECIMIENTO

A estas personas quiero expresar mi más profundo agradecimiento:

En primer lugar, a la Universidad Nacional Autónoma de Huanta por apoyarme con el financiamiento de mi tesis mediante el Fondo de Desarrollo Socioeconómico de Camisea (FOCAM), el cual permitió que pueda concluir satisfactoriamente esta investigación.

En segundo lugar, a mi familia especialmente a mis padres a quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir un logro más y por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y superación, y por estar siempre conmigo a pesar de las adversidades de la vida.

En tercer lugar, a mi asesor el Dr. Solón Dante Carhuallanqui Ibarra y a mi coasesor el Ing. Michael Huisa Taipe por brindarme su apoyo y orientación en el proceso de esta investigación, sin ellos no hubiera sido posible culminar este logro profesional.

En cuarto lugar, a los responsables de los laboratorios, la Ing. María Luisa Ávila Zarate, a la Ing. Mariana Pino y al Ing. Manuel Antonio Rodas Catano por brindarme las facilidades en el uso de equipos y materiales de laboratorio, así como también en la orientación brindada en la mejora de mi tesis.

Y por último, a mis amigos Leonardo, Yohu y Javier por ayudarme en el proceso de toma de muestras de mi investigación, y por su valiosa amistad.

Resumen

El objetivo de la investigación fue estudiar la concentración de los parámetros físicos y químicos de aguas residuales industriales generados en el camal municipal de Huanta, 2025. Se realizó un estudio de tipo aplicada, de nivel descriptivo y con un diseño no experimental de tipo longitudinal, que consistió en la recolección de 4 muestras puntuales de agua residual antes del tanque sedimentador (PM1) y 4 muestras después del tanque sedimentador (PM2), este muestreo se realizó durante 2 meses, específicamente en 4 fechas de muestreo. Se usó el multiparámetro para el análisis in situ del pH y temperatura. El análisis ex situ de aceites y grasas, DBO₅, SST y DQO se realizó en el laboratorio de la UNAH siguiendo las técnicas y métodos correspondientes del NTP 214.060 2016. Los resultados de los parámetros físicos y químicos antes del tanque sedimentador (PM1) tuvieron concentraciones promedio de 1073 mg/L de DBO₅, 1366 mg/L de DQO, 924 mg/L de SST, 34.9 mg/L de aceites y grasas, 7.6 de pH y 15.5 °C. Por otro lado, después del tanque sedimentador (PM2) las concentraciones promedio fueron de 970 mg/L de DBO₅, 1144 mg/L de DQO, 571 mg/L de SST, 24.5 mg/L de aceites y grasas, 7.3 de pH y 15 °C. En conclusión, los parámetros de DBO₅, SST y DQO del PM2 no cumplen con los Valores Máximos Admisibles (VMA) que establece una concentración máxima de 500 mg/L, 1000 mg/L y 500 mg/L, respectivamente. Sin embargo, los parámetros de aceites y grasas, pH y temperatura sí cumplen con los VMA establecidos de 100 mg/L, 6 a 9 unidades y menor a 35 °C, respectivamente. Esto indica que el sistema de tratamiento del camal no es eficiente, y no garantiza el adecuado vertimiento de aguas residuales al sistema de alcantarillado según la normativa del D. S. N° 010-2019-VIVIENDA.

Palabras clave: agua residual, camal, parámetros físicos y químicos, valores máximos admisibles

Abstract

The objective of this research was to study the concentration of physical and chemical parameters in industrial wastewater generated at the Huanta municipal slaughterhouse in 2025. An applied, descriptive study with a non-experimental, longitudinal design was conducted. This involved collecting four spot samples of wastewater before the sedimentation tank (PM1) and four samples after the sedimentation tank (PM2). Sampling was carried out over two months, specifically on four different sampling dates. A multiparameter analyzer was used for the in-situ analysis of pH and temperature. Ex situ analysis of oils and greases, BOD₅, TSS, and COD was performed in the UNAH laboratory following the techniques and methods outlined in NTP 214.060 2016. The results for the physical and chemical parameters before the sedimentation tank (PM1) showed average concentrations of 1073 mg/L BOD₅, 1366 mg/L COD, 924 mg/L TSS, 34.9 mg/L oils and greases, pH 7.6, and 15.5 °C. After the sedimentation tank (PM2), the average concentrations were 970 mg/L BOD₅, 1144 mg/L COD, 571 mg/L TSS, 24.5 mg/L oils and greases, pH 7.3, and 15 °C. In conclusion, the BOD₅, TSS and COD parameters of PM2 do not comply with the Maximum Allowable Values (MAV), which establish maximum concentrations of 500 mg/L, 1000 mg/L, and 500 mg/L, respectively. However, the parameters for oils and greases, pH and temperature do comply with the established MAV of 100 mg/L, 6 to 9 units, and less than 35 °C, respectively. This indicates that the slaughterhouse's treatment system is inefficient and does not guarantee the proper discharge of wastewater into the sewer system, as required by D. S. N° 010-2019-VIVIENDA.

Keywords: wastewater, slaughterhouse, physical and chemical parameters, maximum allowable values

ÍNDICE

Resumen.....	ix
Abstract	x
Introducción	15
I. Planteamiento del problema.....	16
1.1. Descripción y formulación del problema.....	16
1.2. Objetivos	17
1.3. Justificación e importancia	18
1.4. Hipótesis	18
1.5. Variables.....	19
II. Marco teórico	20
2.1. Antecedentes del problema	20
2.1.1. Antecedentes internacionales	20
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	22
2.2. Bases teóricas.....	28
2.2.1. Aguas residuales de camal	28
2.2.2. Parámetros físicos y químicos del agua residual del camal	29
2.3. Definición de términos.....	30
2.3.1. Aguas residuales.....	30
2.3.2. Aguas residuales industriales	30
2.3.3. Parámetros físicos	30
2.3.4. Temperatura.....	30
2.3.5. Sólidos suspendidos totales (SST)	30
2.3.6. Parámetros químicos	30
2.3.7. pH.....	30
2.3.8. DBO ₅	31
2.3.9. DQO	31
2.3.10. Aceites y grasas	31
2.3.11. Camales municipales.....	31
2.3.12. Sistema de alcantarillado sanitario.....	31
III. Metodología	32
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	32
3.2. Ámbito temporal y espacial	33
3.3. Población y muestra	35

3.4. Instrumentos.....	37
3.5. Procedimientos.....	37
3.5.1. Procedimientos de muestreo en campo.....	37
3.5.2. Procedimientos de análisis en laboratorio.....	38
3.5.3. Aseguramiento y control de calidad.....	38
3.6. Análisis de datos.....	41
3.6.1. Estadística descriptiva.....	41
IV. Resultados y discusión.....	42
4.1. Estadística descriptiva de la concentración de los parámetros físicos.....	43
4.2. Estadística descriptiva de la concentración de los parámetros químicos.....	45
4.3. Verificación del cumplimiento de la concentración de los parámetros físicos y químicos con los Valores Máximos Admisibles (VMA).....	48
V. Conclusiones.....	55
VI. Recomendaciones.....	56
VII. Referencias.....	57
VIII. ANEXOS.....	64
8.1. Panel fotográfico.....	64
8.2. Matriz de consistencia.....	68
8.3. Cadena de Custodia.....	69
8.4. Procedimiento de DBO ₅ del Sistema de medición DBO.....	73
8.5. Procedimiento de DQO - SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 B.....	75
8.6. Procedimiento de Aceites y grasas - EPA Method 1664.....	76
8.7. Procedimiento de SST - SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 B.....	81
8.8. Registro del análisis de aceites y grasas en el laboratorio.....	82
8.9. Registro del análisis de SST en el laboratorio.....	83
8.10. Registro del análisis de DQO en el laboratorio.....	84
8.11. Registro del análisis de DBO ₅ en el laboratorio.....	85
8.12. Aseguramiento de la calidad de laboratorio de las muestras duplicadas.....	86
8.13. Plano del camal municipal de Huanta.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Operacionalización de la variable descriptiva</i>	19
Tabla 2. <i>Coordenadas UTM de los puntos de muestreo</i>	33
Tabla 3. <i>Método de ensayo para los parámetros ex situ</i>	36
Tabla 4. <i>Tipo de recipiente y cantidad mínima de muestra por parámetro</i>	36
Tabla 5. <i>Preservación y tiempo de almacenamiento de muestras</i>	36
Tabla 6. <i>Concentración de los parámetros físicos y químicos de aguas residuales industriales generados en el camal municipal de Huanta, 2025</i>	42
Tabla 7. <i>Estadística descriptiva de la temperatura (T)</i>	43
Tabla 8. <i>Estadística descriptiva de Sólidos Suspendidos Totales (SST)</i>	44
Tabla 9. <i>Estadística descriptiva de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅)</i>	45
Tabla 10. <i>Estadística descriptiva de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)</i>	46
Tabla 11. <i>Estadística descriptiva de Aceites y Grasas (A y G)</i>	46
Tabla 12. <i>Estadística descriptiva del potencial de hidrógeno (pH)</i>	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Mapa de ubicación del camal municipal de Huanta.....</i>	33
Figura 2. <i>Proceso de las aguas residuales del camal municipal de Huanta.....</i>	35
Figura 3. <i>Proceso de obtención de muestras de las aguas residuales industriales del camal municipal de Huanta, 2025.....</i>	38
Figura 4. <i>Concentración de la DBO₅ del PM1 y PM2 con los VMA.....</i>	48
Figura 5. <i>Concentración de la DQO del PM1 y PM2 con los VMA.....</i>	49
Figura 6. <i>Concentración de Aceites y grasas del PM1 y PM2 con los VMA.....</i>	48
Figura 7. <i>Concentración de SST del PM1 y PM2 con los VMA.....</i>	50
Figura 8. <i>Concentración del pH del PM1 y PM2 con los VMA.....</i>	52
Figura 9. <i>Concentración de la T del PM1 y PM2 con los VMA</i>	53
Figura 10. <i>Aguas residuales industriales del camal antes y después del tanque sedimentador PM1.....</i>	64
Figura 11. <i>Recolección de agua residual del camal de PM1 y PM2.....</i>	64
Figura 12. <i>Medición de pH y temperatura en campo y recolección de muestras en frascos....</i>	64
Figura 13. <i>Conservación de las muestras de agua residual para DQO y Aceites y grasa en el laboratorio de la UNAH.....</i>	65
Figura 14. <i>Procedimiento para la determinación de DQO en el laboratorio de la UNAH....</i>	65
Figura 15. <i>Procedimiento para la determinación de DBO₅ en el laboratorio de la UNAH.....</i>	66
Figura 16. <i>Procedimiento para la determinación de SST en el laboratorio de la UNAH.....</i>	66
Figura 17. <i>Procedimiento para la determinación de aceites y grasas en el laboratorio de la UNAH</i>	67

Introducción

El crecimiento demográfico de la población urbana y rural, junto a las actividades antropogénicas e industriales, está generando grandes cantidades de agua residual, afectando la disponibilidad del agua (Carrera et al., 2019). La gestión adecuada de estas aguas residuales es una de las preocupaciones ambientales actuales, debido a que entre el 70% y 80% son vertidas sin tratamiento previo, generando impactos negativos en el medio ambiente y en la salud de las personas (Tevalcor, 2023). Esta problemática se ve más afectada en los países de bajos ingresos donde solo se trata el 8% de las aguas residuales domésticas e industriales, a diferencia de los países de ingresos altos que alcanzan aproximadamente el 70% de tratamiento (UNESCO, 2023).

En la agroindustria uno de los principales retos está asociada a la actividad cárnica, debido a que genera grandes volúmenes de agua residual producto de los procesos de faenamiento y limpieza de las instalaciones (Ng et al., 2022). En ese contexto, los mataderos o camales constituyen una fuente significativa de contaminación, ya que sus efluentes contienen sangre, pelos, heces, orina, grasas, pellejos, restos de carne, tripas y entre otros residuos orgánicos (Ramírez, 2023). Además, la contaminación se ve incrementada por la inadecuada disposición de residuos sólidos y líquidos, así como de un sistema de tratamiento ineficiente e incumplimiento de medidas sanitarias (Espinoza, 2017).

El Perú no es ajeno a esta problemática, debido a que diversos estudios evidencian que los camales generan aguas residuales con alta carga de materia orgánica, las cuales son vertidas a la red de alcantarillado, cuerpos de agua y suelo, provocando malos olores, riesgos sanitarios e impactos negativos en el ecosistema (Medina et al., 2020). Por ejemplo, el camal municipal provincial de Cajamarca presenta deficiencias en sus sistemas de tratamiento, como trampas de grasa y tanques de sedimentación, los cuales no logran reducir adecuadamente los contaminantes, incumpliendo los Valores Máximos Admisibles (VMA) (Rodas, 2021). De manera similar, el camal de Quicapata en Huamanga genera grandes cantidades de agua residual producto del manejo y consumo de agua en las actividades de faenado, que son vertidas sin tratamiento a la red de alcantarillado y exceden los VMA establecidos por la norma (Coras, 2012).

En este contexto, el Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA establece el “Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) que regulan la calidad de las aguas residuales no domésticas (industriales) vertidas a la red de alcantarillado”, considerando parámetros como la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos

Suspendidos Totales (SST), aceites y grasas, pH y temperatura. Esto con el fin de prevenir el daño a la infraestructura, instalaciones, equipos y maquinarias, y asegurar que la red de alcantarillado y la PTAR operen adecuada y sosteniblemente (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019).

En ese sentido, la presente investigación se orienta a determinar la concentración de los parámetros físicos y químicos de las aguas residuales industriales generados en el camal municipal de Huanta, debido a que se desconoce la calidad de las aguas residuales generadas durante sus procesos operativos, lo que limita la evaluación de su impacto ambiental y su comportamiento frente a la normativa vigente. Por lo tanto, resulta necesario generar información técnica que permita caracterizar dichos efluentes vertidos a la red de alcantarillado y contribuir a una adecuada gestión ambiental.

I. Planteamiento del problema

1.1. Descripción y formulación del problema

A nivel mundial, el 80% de las aguas residuales industriales no reciben un tratamiento adecuado o no reciben ningún tratamiento y son vertidas a un cuerpo receptor o a una red de alcantarillado (Malpartida, 2020). Asimismo, los países desarrollados realizan el tratamiento del 70% de sus aguas residuales industriales, sin embargo, los países subdesarrollados solo realizan el 38% (UNESCO, 2017). Por otro lado, la necesidad de calidad e higiene dentro de los procesos de un camal o matadero generan mayor uso del agua y, por ende, mayor volumen de aguas residuales industriales (FAO, 2009). Además, los camales son considerados una de las actividades económicas con alto potencial contaminante, debido a que sus operaciones o procesos generan grandes cantidades de desechos líquidos, que son eliminados con escaso o nulo tratamiento (Ramirez, 2017).

Actualmente, en el Perú existen 135 camales municipales, de los cuales 121 cuentan con autorización sanitaria, incluyendo a los 8 camales de la región Ayacucho (SENASA, 2025). Un camal es una instalación industrial estatal o privada, donde se sacrifican animales para luego procesarlos, almacenarlos y comercializarlos, sin embargo, presentan riesgos como el inadecuado manejo de sus aguas residuales (Alvarez y Rodríguez, 2020). Estas aguas contienen altas concentraciones de materia orgánica, sólidos suspendidos, aceites, grasas, y entre otros (Amador, 2014), que, al ser vertidas hacia la red de alcantarillado sin ningún tratamiento, causan un impacto ambiental negativo y deterioran los sistemas de alcantarillado (Coras, 2012).

El camal municipal de Huanta también cuenta con la autorización sanitaria para el faenado de vacunos, porcinos, caprinos y ovinos (SENASA, 2025); y se sacrifican

diariamente aproximadamente 40 vacunos, 15 porcinos y 20 caprinos y ovinos. Sin embargo, no realizan un tratamiento a las aguas residuales industriales que emiten de los procesos de escaldado, desollado, evisceración, zona de menudencias y pelados de patas y panza; únicamente cuentan con rejillas y un tanque sedimentador que retienen los residuos de mayor tamaño; el resto de la sangre, materia orgánica y entre otros contaminantes que son vertidos a una red de alcantarillado, donde SEDA Ayacucho se encarga de tratar estas aguas. Un ejemplo de esta problemática es el camal municipal de la ciudad de Tingo María, que cuenta con pozas de sedimentación, sin embargo, este no es eficiente al 100% ya que los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales que emiten a la red de alcantarillado no varían y superan los Valores Máximos Admisibles (Ramírez, 2023). De igual forma los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales provenientes del camal de Quicapata - Ayacucho exceden los VMA (Coras, 2012).

Sin embargo, a pesar de la problemática descrita, no se cuenta con información actualizada sobre la concentración de los parámetros físicos y químicos de las aguas residuales industriales generados en el camal municipal de Huanta. Este vacío de información limita la evaluación de su impacto ambiental y dificulta la toma de decisiones para su adecuado manejo. En ese contexto, surge la necesidad de determinar dichas concentraciones, lo que permitirá caracterizar la calidad del efluente generado.

Por lo tanto, el problema de la investigación es ¿cuál es la concentración de los parámetros físicos y químicos de aguas residuales industriales generados en el camal municipal de Huanta, 2025? Con la finalidad de determinar la concentración de dichos parámetros y verificar su cumplimiento con el Reglamento de los VMA del D.S N° 010-2019-VIVIENDA. Asimismo, se busca generar información técnica que contribuya a futuras investigaciones orientadas a la implementación de tratamientos físicos, químicos o biológicos que permitan reducir la carga contaminante de aguas residuales generados en el camal municipal de Huanta.

1.2. Objetivos

Objetivo general

- Estudiar la concentración de los parámetros físicos y químicos de aguas residuales industriales generados en el camal municipal del distrito de Huanta, 2025.

Objetivos específicos

- Determinar la concentración de los SST y la temperatura de aguas residuales industriales generados en el camal municipal de Huanta, 2025.

- Determinar la concentración del DBO₅, DQO, aceites y grasas, y pH de aguas residuales industriales generados en el camal municipal de Huanta, 2025.
- Verificar el cumplimiento de la concentración de los parámetros físicos y químicos con los Valores Máximos Admisibles del D.S N° 010-2019-VIVIENDA.

1.3. Justificación e importancia

La presente investigación se justifica en la falta de información actualizada sobre la concentración de los parámetros físicos y químicos de aguas residuales industriales generados en el camal municipal de Huanta. Esto vacío de información limita la evaluación de la calidad de dichos efluentes y su posible impacto en el ambiente.

Desde el punto de vista ambiental, esta problemática adquiere relevancia debido a que el camal solo cuenta con un sistema de pretratamiento por rejillas y un tanque sedimentador (tratamiento primario), sin implementar tratamientos secundarios o terciarios. En consecuencia, las aguas residuales son descargadas al sistema de alcantarillado, lo que puede afectar el funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Puca Puca y, finalmente, al cuerpo receptor del río Chihua.

En el ámbito normativo, la investigación resulta pertinente, ya que permite generar información que facilite la verificación del cumplimiento de los Valores Máximos Admisibles (VMA), establecidos en el D. S. N° 010-2019-VIVIENDA, los cuales regulan la calidad de las aguas residuales industriales no domésticas vertidas a la red de alcantarillado.

Asimismo, desde el punto de vista práctico, los resultados obtenidos sirven como base técnica para que las autoridades y entidades competentes puedan proponer medidas de control y mejoras en el tratamiento de las aguas residuales industriales generadas en el camal municipal de Huanta.

Finalmente, la investigación contribuye al ámbito académico al generar información fundamental que puede ser utilizada en estudios posteriores orientado a la implementación de tecnologías de tratamiento físico, químico o biológico para la reducción de la concentración de la carga contaminante de las aguas residuales industriales.

1.4. Hipótesis

La presente investigación es de tipo descriptivo, por lo cual no se formula hipótesis, debido a que el estudio se limita a la determinación de la concentración de los parámetros físicos y químicos de aguas residuales industriales sin establecer relaciones de causalidad ni asociación entre variables.

1.5. Variables

Tabla 1

Operacionalización de la variable descriptiva

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Escala de medición	Instrumento
Parámetros físicos y químicos del agua residual industrial del camal	Son características físicas y químicas del agua residual industrial de camal como la temperatura, los sólidos suspendidos totales (SST), pH, DBO ₅ , DQO, y aceites y grasas (Ticona, 2021).	Se medirá en función de la concentración de los parámetros físicos y químicos del agua residual del camal, antes y después del tanque sedimentador.	Parámetros físicos	Temperatura (T)	Centígrados (°C)	Escala de razón	Multiparámetro
				SST	mg/L		Balanza analítica, sistema de filtración y estufa
				Potencial de Hidrogeno (pH)	Unidades (uds)		Multiparámetro
		Parámetros químicos		DBO ₅	mg/L		Medidor de DBO ₅
				DQO	mg/L		Matraz de 250 ml, agitador magnético con calor y condensador
				Aceites y grasas	mg/L		Embudo de separación

II. Marco teórico

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes internacionales

Ortiz et al. (2024), en su investigación titulada: “Estudio para el tratamiento de agua residual del camal de la ciudad de Portoviejo”, tuvo como objetivo caracterizar las propiedades fisicoquímicas del agua residual del camal de Portoviejo, para lo cual se tomaron muestras compuestas de lunes a sábado durante 6 meses teniendo en cuenta la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2176:2013, la recolección de las muestras se realizó en el lugar de descarga de aguas residual del camal una vez por semana teniendo en cuenta los días de mayor actividad. Los resultados determinaron que las aguas residuales del camal presentaron concentraciones de 2683.13 mg/L de DBO₅, 5076.31 mg/L de DQO, 156.58 mg/L de SST, 7.85 de pH y 22.71 °C de temperatura. En conclusión, de estos parámetros fisicoquímicos el DBO₅ y DQO se encontraban muy por encima de la norma ecuatoriana que permite la descarga de aguas residuales a la red de alcantarillado público, siendo el valor máximo 250 mg/L y 500 mg/L de DBO₅ y DQO, respectivamente.

Copete y Arias (2023), en su investigación titulada: “Diseño de un sistema de reutilización de aguas residuales tratadas en el camal municipal de Guayaquil”, tuvo como objetivo diseñar un sistema de reutilización de las aguas residuales tratadas en el camal municipal de Guayaquil mediante la caracterización fisicoquímica para minimizar el consumo de agua potable, por ello se tomaron muestras de agua residual de enero hasta diciembre, antes y después de la planta de tratamiento. Los resultados determinaron que las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos antes del sistema de tratamiento fueron de 552 mg/L de DBO, 1248 mg/L de DQO, 140.19 mg/L de aceites y grasas, 118.97 mg/L de SST y 7.43 de pH; y después del tratamiento fueron de 552 mg/L de DBO, 795 mg/L de DQO, 8.44 mg/L de aceites y grasas, 85 mg/L de SST y 6.72 de pH. En conclusión, los valores de DBO, DQO, y aceites y grasas de las aguas residuales del camal de Guayaquil superan las normas para la descarga al alcantarillado, que establece una concentración máxima de 250, 500 y 70 mg/L, respectivamente.

Paredes (2023), en su investigación titulada: “Evaluación de la eficiencia y repotenciación de la Planta de Tratamiento de Agua Residual del Camal Municipal del Cantón Pelileo”, tuvo como objetivo evaluar la eficiencia para la repotenciación de la Planta de Tratamiento de Agua Residual del Camal Municipal del Pelileo”, para lo cual se realizó

un muestreo de tipo simple, debido a que se tomaron muestras del punto de descarga del agua tratada. Los resultados determinaron que los parámetros fisicoquímicos presentaron concentraciones de 13.43 mg/L de DBO₅, 2210 mg/L de DQO, 70 mg/L de aceites y grasas, y 0.001 mg/L de SST. En conclusión, el DQO es el único parámetro de las aguas residuales del camal que se encuentra por encima de los valores de la norma TULAS, para descarga al sistema de alcantarillado público.

El Abdouni et al. (2021), en su investigación titulada: “Physicochemical characterization of wastewater from the Al-Hoceima slaughterhouse in Morocco”, tuvo como objetivo evaluar la eficiencia del tratamiento de aguas residuales en el matadero de Al-Hoceima y caracterizar estos efluentes desde un punto de vista fisicoquímico, para lo cual se tomaron 3 muestras representativas durante horas pico de la mañana y/o la tarde entre los meses de febrero y junio, estas muestras se recogieron después del cribado, del tanque de decantación y después del tratamiento primario. Los resultados determinaron que las características fisicoquímicas de las aguas residuales del matadero AL-Hoceima respecto a las 3 muestras presentaron valores de 740, 460 y 220 mg/L de DBO₅; 1280, 1008 y 440 mg/L de DBO, 7.47, 7.32 y 6.97 de pH y 19.8, 20.7 y 21.1 °C de temperatura, respectivamente. En conclusión, los valores de DBO₅ y DQO de las muestras a la salida del tratamiento primario se encuentran dentro de los límites permitidos para descargas a la red de alcantarillado, ya que de acuerdo con la norma no deben superar los 500 mg/L y 1000 mg/L DBO₅ y DQO, respectivamente.

Sonowal et al. (2017), en su investigación titulada: “Physicochemical properties of slaughterhouse wastewater in and around Guwahati city, Assam”, tuvo como objetivo caracterizar las propiedades fisicoquímicas de las aguas residuales de los mataderos, para lo cual se recolectaron las muestras dos veces al mes durante 3 meses teniendo en cuenta los métodos de la Asociación Estadounidense de Salud Pública (APHA). Los resultados determinaron que las propiedades fisicoquímicas de las aguas residuales de frigoríficos avícolas, caprinos, porcinos y bovinos tuvieron concentraciones de 535.83, 500, 556.66 y 792.50 mg/L de DBO; 4.43, 4.89, 4.43 y 14.26 g/L de SST; 6.46, 6.41, 6.41 y 6.55 de pH; y 28.51, 28.76, 28.58 y 28.65 °C de temperatura. En conclusión, los parámetros de pH y temperatura se encuentran dentro de la norma permitida, a excepción de DBO y SST que superan los valores permitidos para vertimiento de aguas residuales a la red de alcantarillado.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Ballarte (2024), en su investigación titulada: “Tratamiento de efluentes líquidos del camal municipal para mitigar contaminación del río Huallaga, Huánuco, 2023”, tuvo como objetivo determinar los tratamientos de los efluentes líquidos del camal municipal para mitigar la contaminación en el río Huallaga, para lo cual se realizó un muestreo no probabilístico intencional y un método mixto (campo y laboratorio), las muestras de aguas residuales se recolectaron del matadero y fueron realizadas 4 veces por hora, durante 10 días en el periodo de mayo a octubre. Los resultados de los parámetros fisicoquímicos antes del tratamiento primario y secundario de las aguas residuales del camal tuvieron concentraciones de 345 mg/L de DBO₅, 2500 mg/L de DQO, 250 mg/L de aceites y grasas, 2450 mg/L de SST, 7.25 de pH y 25 °C de temperatura; y los resultados después de los tratamientos tuvo concentraciones de 0.53 mg/L de DBO₅, 570 mg/L de DQO, 210 mg/L de aceites y grasas, 2150 mg/L de SST, 7.20 de pH y 24.7 °C de temperatura. En conclusión, los resultados del análisis antes del tratamiento superan los VMA establecidos, sin embargo, el tratamiento primario y secundario redujeron significativamente los parámetros de DBO₅, DQO y SST, y mínimamente se redujo los aceites y grasas.

Cáceres (2023), en su investigación titulada: “Eficiencia del carbón activado a partir de lodos residuales y su aplicación en aguas de camal en la ciudad de Juliaca, 2021”, tuvo como objetivo evaluar la eficiencia del carbón activo a partir de lodos residuales y su aplicación en aguas de camal en la ciudad de Juliaca, para elaborar el carbón activado se tomaron muestras de 1000 g de lodo de la PTAR - Lampa, y para la muestra se tomó 30 L de agua residual, de los cuales 12 L se usó en la prueba de jarras y el resto en la determinación de concentración de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos antes y después del tratamiento. Los resultados determinaron que la concentración antes de aplicar el carbón activado de lodos residuales fue de 4897.8 mg/L de DBO₅, 2421.3 mg/L de DQO, 29 mg/L de aceites y grasas, 259 mg/L de SST, 7.8 de pH y 15.8 °C de Temperatura, y la concentración después de la aplicación fue de 2023.23 mg/L de DBO₅, 1032.44 mg/L de DQO, 23.4 mg/L de aceites y grasas, 472 mg/L de SST, 7.4 de pH y 15.1 °C de Temperatura. En conclusión, es eficiente el carbón activado de lodos residuales en la remoción de parámetros físicos, químicos y microbiológicos, sin embargo, a pesar del tratamiento el DBO₅ y DQO siguen superando los VMA.

Ramirez (2023), en su investigación titulada: “Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual del camal y calidad ambiental del agua del río Huallaga

en Tingo María 2021”, tuvo como objetivo determinar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual del camal de Tingo María al ingreso y a la salida de las pozas de sedimentación para comprobar su efectividad y determinar la calidad ambiental del agua del río Huallaga antes y después de la implementación de las pozas de sedimentación, para lo cual realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, teniendo en cuenta los días donde había mayor actividad en el camal, tomó 15 muestras de agua residual de 250 ml y 6 muestras de 100 ml, al inicio y salida de las pozas de sedimentación. Los resultados determinaron que las aguas residuales del camal presentaron concentraciones de 1576 mg/L de DBO₅, 895 mg/L de aceites y grasas, 1405 mg/L de SST, 7.74 de pH y 27 °C de temperatura. En conclusión, estos parámetros fisicoquímicos sobrepasan los VMA para vertimiento de aguas residuales no domésticas vertidas a la red de alcantarillado, a excepción de la temperatura y el pH.

Cueva y Vasquez (2022), en su investigación titulada: “Efecto de la densidad de lombrices sobre el proceso de lombrifiltración de las aguas residuales del camal municipal del distrito de la Esperanza, la Libertad 2021”, tuvo como objetivo determinar la densidad óptima de lombrices californianas del sistema de lombrifiltro, que disminuye el mayor porcentaje de materia orgánica en las aguas residuales del camal municipal del distrito de La Esperanza, La Libertad, para lo cual se tomaron muestras puntuales de 20 L de agua residual del camal (80 L) mediante un muestreo discrecional o por juicio teniendo en cuenta la Norma Técnica Peruana NTP 214.060.2016. Los resultados determinaron que el agua residual del camal antes del proceso de lombrifiltración presentaron valores de 660.67 mg/L de DBO₅ y 1280.29 mg/L de DQO, y después de la aplicación del sistema a densidades de lombrices de 10, 20 y 40 g/L estas concentraciones disminuyeron a 166.93, 82.11 y 75.16 g/L de DBO₅, y 742.24, 720.71 y 635.45 g/L de DQO. En conclusión, las concentraciones iniciales de DBO₅ y DQO superaban los VMA y debido a la aplicación de las lombrices estas concentraciones se redujeron, logrando así estar dentro de esta norma.

Leandro (2022), en su investigación titulada: “Influencia de los residuos orgánicos y aguas residuales provenientes del matadero municipal de Huánuco en la contaminación del río Huallaga tramo puente Esteban Pavletich – puente Joaquín Garay – Amarilis – Huánuco”, tuvo como objetivo determinar el impacto de los residuos orgánicos y las aguas residuales del matadero municipal de Huánuco en la contaminación del río Huallaga, para lo cual se usó un muestreo probabilístico y se tomó una muestra de 44 animales y muestras de 1000 mL de aguas arriba y abajo del río Huallaga y en el punto de vertimiento. Los

resultados determinaron que las aguas residuales monitoreados en los vertederos del matadero Municipal de Huánuco presentaron concentraciones de 89 mg/L de DBO₅, 131 mg/L de DQO, 3 mg/L de aceites y grasas, 2343 mg/L de SST, 6.8 de pH y 23 °C de temperatura. En conclusión, de estos parámetros fisicoquímicos solo los SST superan los LMP.

Miyashiro y Meliton (2022), en su investigación titulada: “Estudio comparativo de contaminantes de aguas residuales del camal Conchucos, Lima, 2021”, tuvo como objetivo comparar la eficiencia de remoción de contaminantes mediante el tratamiento de electrocoagulación y el proceso de coagulación/floculación en las aguas residuales del camal Conchucos, para lo cual realizó un muestreo no probabilístico y se recolectó 3 bidones de 40 L de aguas residual que fueron llevado al laboratorio, además para las pruebas de coagulación-floculación se realizó en vasos precipitados de 1L mediante un equipo de jarras y a una velocidad de agitación de 100 a 250 rpm; y para las pruebas de electrocoagulación se usaron placas de aluminio y un agitador magnético a 250 y 350 rpm teniendo en cuenta la velocidad y tiempo de agitación. Los resultados antes de someter las aguas residuales a los tratamientos, tuvo concentraciones de 759 mg/L de DBO₅, 4005.4 mg/L de DQO, 25 mg/L de aceites y grasas, y 6.88 de pH; después del tratamiento las concentraciones disminuyeron significativamente, y el mejor tratamiento fue la combinación de ambos (coagulación-floculación y electrocoagulación) disminuyendo a 138.54 mg/L de DBO₅, 521.75 mg/L de DQO, y 2.5 mg/L de aceites y grasas. En conclusión, al inicio del análisis de parámetros fisicoquímicos del agua residual del camal Conchucos, muestra que las concentraciones superaban los VMA para aguas residuales no domesticas vertidas a una red de alcantarillado, sin embargo, después del tratamiento disminuyeron notablemente, siendo la combinación de coagulación-floculación más electrocoagulación el mejor tratamiento.

Ramírez (2022), en su investigación titulada: “Caracterización físicas y químicas de las aguas residuales no municipales vertidas al canal de regadío del camal municipal en el distrito de Carquin Chico-2022”, tuvo como objetivo evaluar los parámetros físicos y químicos de las aguas residuales no municipales vertidas al canal de regadío del camal municipal en el distrito de Carquin Chico, para lo cual se tomaron 3 muestras de agua residual por cada punto, obteniendo un total de 90 datos durante 3 meses desde marzo a mayo. Los resultados determinaron que las aguas residuales del camal durante los meses de marzo, abril y mayo en el primer punto (100 m antes de ser mezclados con las aguas

residuales del camal) presentaron concentraciones de 404, 468 y 230.5 de mg/L de SST y 7.3, 7.43 y 7.55 de pH, respectivamente; en el segundo (aguas vertidas del camal al sembrío de maíz) punto tuvieron concentraciones de 621, 539 y 672 mg/L y 6.83, 7.33 y 7.2 de pH; y en el tercer punto (100 m después del vertimiento en el canal de regadío) presentaron concentraciones de 469, 508 y 672 mg/L de SST y 7.13, 7.7 y 7.65 de pH. En conclusión, los 3 puntos de monitoreo no cumplen con la normativa nacional LMP y ECA.

Amasifuén y Morón (2021), en su investigación titulada: “Aplicación de dosis de piedra Pómez y carbón activado para el tratamiento de agua residual en Camal de Municipal Moquegua, 2021”, tuvo como objetivo determinar la dosis de piedra pómez y carbón activado para el tratamiento de agua residual en camal municipal Moquegua, para lo cual uso dos filtros a base de piedra pómez y carbón activado, además se realizó un muestreo aleatorio simple y se tuvo una muestra de 40 L de agua residual del Camal. Los resultados muestran que las aguas residuales sin filtro presentaron valores de 9547.50 mg/L de DBO₅ y 1422 mg/L de SST, con el filtro e impurezas se redujo a 8692.5 mg/L de DBO₅ y 1940 mg/L de SST, y con el filtro sin impurezas tuvo una mejor reducción de 8565 mg/L de DBO₅ y 317 mg/L de SST. En conclusión, la piedra pómez y el carbón activado (sin impurezas) remueve significativamente las concentraciones de DBO₅ y SST, sin embargo, el DBO₅ aún sigue superando los VMA de aguas residuales no domesticas vertidas a la red de alcantarillado.

Mori (2021), en su investigación titulada: “Eficiencia de un biodigestor tubular en la remoción de la carga orgánica y sólidos de un efluente del beneficio cárnico en Celendín”, tuvo como objetivo determinar la eficiencia de un biodigestor tubular en la remoción orgánica y sólidos suspendidos del efluente de un centro de beneficio cárnico, para lo cual se instaló un biodigestor, y se tomaron muestras a la entrada y salida del biodigestor cada 15 días durante 4 meses y medio. Los resultados señalaron que los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales antes y después del tratamiento anaerobio en el biodigestor presentaron concentraciones de 1000 y 293.5 mg/L de DBO₅, de 28 278.55 y 3585.677 mg/L de DQO, 5739 y 250 mg/L de SST, 7 y 6.8 de pH, y una temperatura de 14.2 °C y 29.2 °C, respectivamente. En conclusión, de acuerdo con los resultados el biodigestor tubular es eficiente un 99.72%, 98.98 y 99.17% en la remoción de DBO₅, SST y SST respectivamente, asimismo, esto indica que gracias al tratamiento los parámetros se encuentran dentro de los VMA, a diferencia de antes del tratamiento que

superaba esta norma para aguas residuales no domésticas vertidas a una red de alcantarillado.

Rodas (2021), en su investigación titulada: “Eficiencia de los lodos activados a escala de laboratorio en la disminución de DQO, DBO₅, SST, aceites y grasas; del efluente del camal Municipal de Cajamarca”, tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de lodos activados a escala de laboratorio en la disminución de DQO, DBO₅, SST, aceites y grasas, del efluente del camal Municipal de Cajamarca, para lo cual se tomaron 300 mL y 100 mL de agua residual del camal (2 puntos de monitoreo); por otro lado, el sistema de lodos activados estaba conformado por un reactor biológico y un sedimentador secundario o decantador. Los resultados determinaron que antes del tratamiento los parámetros fisicoquímicos presentaron concentraciones de 4291.50 mg/L de DBO₅, 7713.81 mg/L de DQO, 1654.07 mg/L de SST, y 277.90 mg/L de aceites y grasas; y después del tratamiento tuvieron concentraciones de 288.10 mg/L de DBO₅, 1211.89 mg/L de DQO, 338.86 mg/L de SST y 56.10 mg/L de aceites y grasas. En conclusión, los lodos activados a nivel de laboratorio removieron significativamente los parámetros de DBO₅, DQO, SST, y aceites y grasas, y que los resultados después del tratamiento comparados con los VMA cumplen con la normativa.

Acuña y Ayuque (2020), en su investigación titulada: “Reducción de materia orgánica del efluente de un camal de Lima, aplicando micro-nano burbujas de aire, 2020”, tuvo como objetivo reducir la materia orgánica presente en los efluentes de un Camal de Lima, aplicando micronanoburbujas de aire, para lo cual se realizó un muestreo aleatorio simple y se tomó muestras de 1 L para el análisis inicial y 45 L para el tratamiento del agua residual del camal. Los resultados del análisis de las características químicas del agua residual tuvieron concentraciones de 983 mg/L de DBO₅, 1278 mg/L de DQO y 431 mg/L de SST, y gracias al tratamiento de micro-nano burbujas estas concentraciones disminuyeron a 301 mg/L de DBO₅, 678 mg/L de DQO y 81.9 mg/L de SST. En conclusión, las concentraciones de los parámetros de DBO₅, DQO y SST de las aguas residuales del Camal se redujeron al aplicar el tratamiento de las microburbujas de aire, y logrando así cumplir con los VMA.

Huarachi (2020), en su investigación titulada: “Propuesta de mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales del matadero municipal de Tacna”, tuvo como objetivo elaborar una propuesta de mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales del

matadero municipal de Tacna, para lo cual realizaron la medición del caudal del agua residual cruda (afluente) por el método del flotador, y para la toma de muestra se consideraron 4 puntos: aguas crudas (punto 1), salida del sedimentador (punto 2), salida del percolar (punto 3) y salida del tratamiento (punto 4). Los resultados determinaron que las aguas residuales del camal en el punto 1, 2, 3 y 4 presentaron concentraciones de 4630, 5195, 7733 y 8417 mg/L de DBO₅; 6400, 12127, 12753 y 15667 mg/L de DQO; 1797, 1623, 249.4 y 26,20 mg/L de aceites y grasas; y 2136, 1046, 2763 y 4753 mg/L de SST. En conclusión, los parámetros fisicoquímicos del agua residual del matadero municipal de Tacna superan los Valores Máximos Admisibles (VMA), a pesar de contar con diferentes procesos de tratamiento, solo el parámetro de aceites y grasas es menor a lo establecido en la norma.

Sánchez y Villaverde (2020), en su investigación titulada: "Sistema de lodos activados en la calidad de efluentes del camal municipal de El Porvenir", tuvo como objetivo determinar la influencia del sistema de lodos activados en la calidad de los efluentes del camal municipal de El Porvenir, para lo cual se tomaron muestras simples de 40 L diarios de las aguas residuales del camal por 44 días, y el sistema de lodos activados estaba constituido por un pretratamiento (rejas y balde de 45 L), tanque de aireación o reactor y clarificador secundario. Los resultados determinaron que las concentraciones de la pre prueba (antes del tratamiento) fueron de 5173 mg/L de DBO₅, 11058 mg/L de DQO, 1155.02 mg/L de SST y 41.10 mg/L de aceites y grasas; y las concentraciones de la pos prueba (después del tratamiento) fueron de 335 mg/L de DBO₅, 886 mg/L de DQO, 98.89 mg/L de SST y 39.89 mg/L de aceites y grasas. En conclusión, los lodos activados son eficientes en la remoción de los parámetros fisicoquímicos del agua residual de Camal El Porvenir, debido a que las concentraciones de DBO₅, DQO, SST y aceites y grasas se encuentran dentro de los VMA, a diferencia de las concentraciones antes del tratamiento, que si superaban los valores de esta normativa para el vertimiento de aguas residuales no domésticas al sistema de alcantarillado.

Borja et al. (2019), en investigación titulada: "Cuantificación de efluentes de aguas residuales del Camal Frigorífico Riobamba", tuvo como objetivo determinar el flujo de efluente de las aguas residuales generadas en los procesos de faenamiento de ganado porcino, bovino y ovino realizado en el Camal Frigorífico Riobamba, para lo cual tomaron muestras de 3 L de agua residual en la descarga final de cada proceso y para el caudal se empleó el método por recogida de líquido en un tanque volumétrico. Los resultados

determinaron que el agua residual en el área de porcinos, bovinos y ovinos presentó concentraciones de 4000, 4500 y 450 mg/L de DBO_5 ; 7840, 9280 y 872 mg/L de DQO; 8.3, 10.6 y 3.4 mg/L de aceites y grasas; 222, 886 y 90 mg/L de SST; y 6.94, 6.99 y 7.30 de pH respectivamente. En conclusión, en el área de porcinos y ovinos los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales se encuentran por encima del límite de los parámetros de la norma, debido a que hay mayor cantidad de estiércol, sangre y otros materiales, además el máximo caudal es de $22.95 \text{ m}^3/\text{h}$.

Coras (2012), en su investigación titulada: “Caracterización de las aguas residuales provenientes del camal de Quicapata vertidas al sistema de alcantarillado de la EPSASA, Ayacucho-2011, tuvo como objetivo caracterizar las aguas residuales del camal Quicapata vertidas al sistema de alcantarillado, para lo cual se tomaron 24 muestras compuestas de agua residual de noviembre a febrero, además estas muestras fueron recolectadas cada 30 minutos para DBO_5 , SST y DBO, y para el parámetro de aceites y grasas se tomaron muestras cada 3 horas, luego se mezclaron en una muestra compuesta de 1 L. Los resultados de la caracterización determinaron que las concentraciones promedio de los parámetros fisicoquímicos del agua residual del camal Quicapata fueron de 2710 mg/L de DBO_5 , 5477 mg/L de DQO, 1042.62 mg/L de SST y 108.67 mg/L de aceites y grasas. En conclusión, las aguas residuales del Camal de Quicapata presentaron valores altos de DBO_5 , DQO, SST, y aceites y grasas; superando los Valores Máximos Admisibles (VMA), ya que el valor máximo para DBO_5 , DQO, SST, y aceites y grasas es de 500 mg/L, 1000 mg/L, 500 mg/L y 100 mg/L.

2.2. Bases teóricas.

2.2.1. Aguas residuales de camal

Las aguas residuales se producen durante las operaciones de faenado de porcino, vacunos y ovinos, así como de procesos de limpieza y desinfección dentro de un camal (Medina et al., 2020). Además, estas aguas residuales contienen sangre, rumen, pelo, grasa y proteína; que producen altas concentraciones de materia orgánica, aceites y grasas, y sólidos suspendidos que constituyen un grave problema ambiental (Ramirez, 2023). Y se caracterizan principalmente por su color rojizo, que proviene de la sangre de los animales, del DQO, SST y los aceites y grasas (Acuña y Ayuque, 2020). La concentración y composición de las aguas residuales, depende de la cantidad de animales sacrificados, manejo y consumo de agua por cada animal y de la eficiencia del tratamiento (Coras, 2012). La alta concentración de carga orgánica en las aguas residuales de un camal se debe

fundamentalmente a la presencia de pelos, grasas, proteínas, aminas y material lignocelulósico (Borja et al., 2019); sin embargo, uno de los procesos más contaminantes es el desangrado, debido a que contribuye que los parámetros físicos y químicos de las aguas residuales superen las concentraciones establecidas por la norma (Salas y Condorhuamán, 2008). Por otro lado, las aguas residuales de un camal se clasifican de acuerdo con el origen del contaminante en aguas de limpieza de instalaciones y equipos, aguas procedentes de aseos y sanitarios, aguas pluviales, y aguas del escaldado y lavado de las reses de ganado porcino y vacuno (Huarachi, 2020).

2.2.2. Parámetros físicos y químicos del agua residual del camal

Los parámetros físicos y químicos del agua residual del camal dependen del tamaño del matadero, la composición de especies de animales procesados, los procesos de limpieza y los procesos de tratamiento de aguas residuales usadas (Ramirez, 2023). Estos parámetros son la temperatura, el pH, la demanda química de oxígeno (DQO), la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), los sólidos suspendidos totales (SST), aceites y grasas, turbidez y oxígeno disuelto (Ticona, 2021). Además, lo característico de estas aguas residuales es que contienen altas concentraciones de DBO₅, DQO, sólidos disueltos, aceites y grasas, coliformes totales y entre otros (Acuña y Ayuque, 2020). Estos parámetros físicos y químicos de las aguas residuales del camal, al ser vertidas sin un tratamiento a la red de alcantarillado provocan una saturación, colapso de los buzones de desagüe y olores desagradables (Amasifuen y Morón, 2021). Por otro lado, los parámetros físicos y químicos como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) se refiere a la cantidad de oxígeno disuelto consumido por los microorganismos para degradar la materia orgánica del agua residual (Lazcano, 2016); la demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno necesario para la oxidación de la materia orgánica en H₂O y CO₂ (Menéndez y Pérez, 2007); los sólidos suspendidos totales (SST), son partículas dispersas en el agua residual y a diferencia de los sólidos sedimentables estos no se sedimentan cuando el agua se encuentra en reposo (Cárdenas, 2005); los aceites y grasas son sustancias insolubles en el agua, que forman natas, capas y películas, además estos compuestos orgánicos son complicado de transportar en las tuberías del sistema de alcantarillado, provocando malos olores y reducción de la capacidad de flujo de los conductos (Coras, 2012).

2.3. Definición de términos

2.3.1. Aguas residuales

Las aguas residuales son aguas cuyas características han sido alteradas por actividades domésticas o industriales (OEFA, 2017). Estas aguas contienen materia orgánica, microorganismos patógenos, sólidos suspendidos, sustancias tóxicas, productos farmacéuticos y químicos disruptores, que ocasionan problemas ambientales y de salud humana (Huarachi, 2020). Asimismo, estas aguas se caracterizan de acuerdo con su origen físico, químico y biológico; y presenta propiedades físicas como color, olor, temperatura y sólidos, propiedades químicas como aceites y grasas, proteínas, fenoles, metales pesados, pH; y propiedades biológicas como plantas y animales (Ticona, 2021).

2.3.2. Aguas residuales industriales

Son aguas provenientes de la descarga de las actividades de industrias de manufactura, fábricas, centros de producción, mataderos y entre otros (Rueda y Casayan, 2015). Estas aguas conocidas también como “aguas residuales no domésticas” presentan características como elevada carga orgánica, compuestos tóxicos y sustancias no biodegradables (Rodas, 2021).

2.3.3. Parámetros físicos

Son características como la temperatura, turbidez, sólidos disueltos y suspendidos, densidad, color, olor y sabor (Ballarte, 2024).

2.3.4. Temperatura

Es un parámetro que está relacionado con la cantidad de oxígeno disuelto y actividad bacteriana, además, el agua residual suele tener una elevada temperatura a causa de la degradación de la materia orgánica (Huarachi, 2020).

2.3.5. Sólidos suspendidos totales (SST)

Son los sólidos disueltos y suspendidos presentes en una muestra (Leandro, 2022). Asimismo, están conformados por partículas mayores a 0.005 mm, que se encuentran dispersas y que determinan el color aparente del agua (Coras, 2012).

2.3.6. Parámetros químicos

Son características como el nitrógeno, metales pesados, halógenos, pH, azufre, DBO₅ y DQO (Ballarte, 2024).

2.3.7. pH

Es la medida que señala la concentración de iones hidronio en una sustancia o muestra, y se usa para determinar su alcalinidad o acidez (Barraza, 2011). Este grado

de pH puede variar negativamente, ocasionando un complicado manejo de las aguas residuales (Ramirez, 2020).

2.3.8. DBO₅

Es la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, producto del proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica (Urbina, 2017), en este proceso se degrada la materia orgánica y los microorganismos aerobios consumen el O₂ del agua y se expresa en mg/L (Coras, 2012).

2.3.9. DQO

Es el contenido de materia orgánica que tienen las aguas residuales (Maldonado, 2017). Asimismo, es un parámetro que cuantifica la cantidad de oxígeno que se consume al oxidarse los elementos reductores de una muestra (Leandro, 2022). Este parámetro se usa para medir el grado de contaminación y se expresa en mg/L (Coras, 2012).

2.3.10. Aceites y grasas

Es la cantidad de materia orgánica como grasas o aceites que tienen las aguas residuales (Leandro, 2022). Los aceites y las grasas están compuestos de glicéridos de ácidos grasos en estado líquido y sólido, respectivamente (Coras, 2012).

2.3.11. Camales municipales

Son instalaciones que procesan carne animal y son administradas por autoridades locales, con el fin de proporcionar a la sociedad productos que cumplan con las normas de calidad y sanidad para el consumo humano (FAO, s.f.). Además, se limitan a la prestación de un servicio al suministrar carne fresca e inocua a una población determinada (Coras, 2012). Las etapas o procesos de un camal municipal son: recepción de animales, alojamiento de animales, inspección Ante Mortem, lavado de animales para el faenado, insensibilización o aturdimiento, caída e izado del animal, degüello, desprendimiento de apéndices, desollado, corte de pecho, evisceración, inspección post mortem, división, limpieza y sellado de la carcasa, pesado y oreo (Huarachi, 2020).

2.3.12. Sistema de alcantarillado sanitario

Es un conjunto de estructuras, tuberías, equipos y accesorios que forman parte de la red de evacuación y transporte de aguas residuales de una zona determinada (Comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico, 2013). Los alcantarillados sanitarios están diseñados para recolectar fundamentalmente aguas residuales domésticas e industriales (CONAGUA, 2009), además está compuesta por

colectores terciarios, secundarios y principales, pozos de inspección, conexiones domiciliarias, estaciones de bombeo, líneas de impulsión, estación de tratamiento y vertido final de aguas tratadas (Padilla, 2009).

2.3.13. Valores Máximos Admisibles (VMA)

Los valores máximos admisibles (VMA), es la concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos y químicos, que caracterizan a las aguas residuales no domésticas descargadas a la red de alcantarillado sanitario (OEFA, 2017). Asimismo, son normas que se aplican a los usuarios no domésticos (UND), y determinan los límites de sustancias, concentraciones y elementos que sean vertidos al sistema de alcantarillado (Soria, 2024).

III. Metodología

3.1. Tipo y nivel de investigación.

3.1.1. Tipo de investigación.

Es aplicada y de enfoque cuantitativo, debido a que se ha seguido un proceso ordenado basado en conocimientos de las ciencias físicas y químicas para recolectar, analizar y procesar los datos de las concentraciones de los parámetros físicos y químicos de las aguas residuales industriales del camal municipal de Huanta, y verificar su cumplimiento con los Valores Máximos Admisibles (VMA) del D. S N° 010-2019-VIVIENDA. De acuerdo con Castro et al. (2023), una investigación cuantitativa indaga, analiza y comprueba los datos o la información en base a aspectos numéricos o cálculos matemáticos.

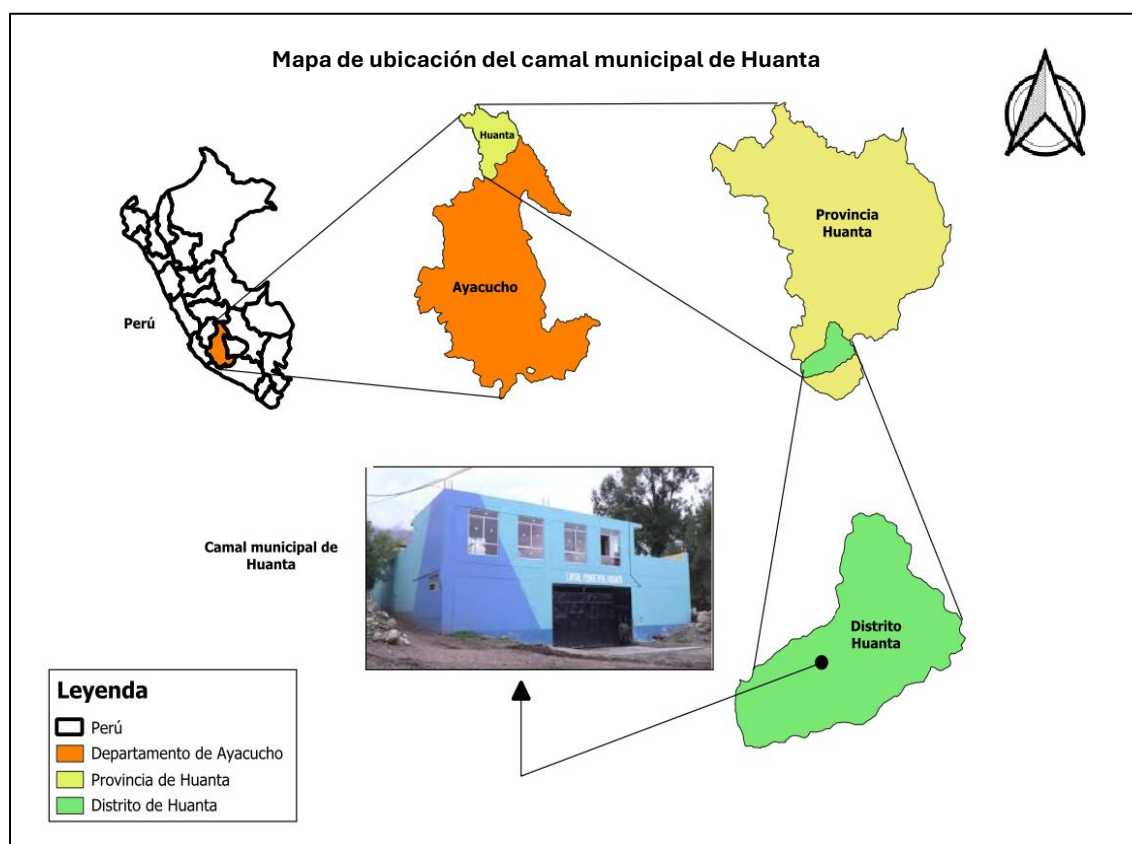
3.1.2. Nivel de investigación.

Es descriptivo, debido a que se estudió las concentraciones de los parámetros físicos y químicos de las aguas residuales industriales del camal municipal de Huanta, así como se verificó si el DBO₅, DQO, SST, aceites y grasas, pH y la temperatura de estas aguas residuales cumplen los VMA para vertimiento a la red de alcantarillado. Hernández et al. (2014), señala que una investigación descriptiva busca estudiar y analizar las características y propiedades de personas, objetos, grupos o cualquier fenómeno, así como mide o recoge información de modo independiente o conjunta de la variable a investigar.

3.2. Ámbito temporal y espacial

Figura 1

Mapa de ubicación del camal municipal de Huanta



El presente estudio se desarrolló en el camal municipal ubicado en el Jr. Ayacucho, Coordenadas 582513 E y 8568446 N, del distrito Huanta, provincia de Huanta y región de Ayacucho, Perú. En este camal se realizan actividades de faenado de porcinos, ovinos, caprinos y bovinos, que genera aguas residuales industriales que son vertidas a la red de alcantarillado, para el tratamiento de estas aguas cuentan con rejillas y un tanque sedimentador.

Para el estudio de la concentración de los parámetros físicos y químicos de las aguas residuales industriales o no domésticas se establecieron dos puntos de muestreo:

Tabla 2

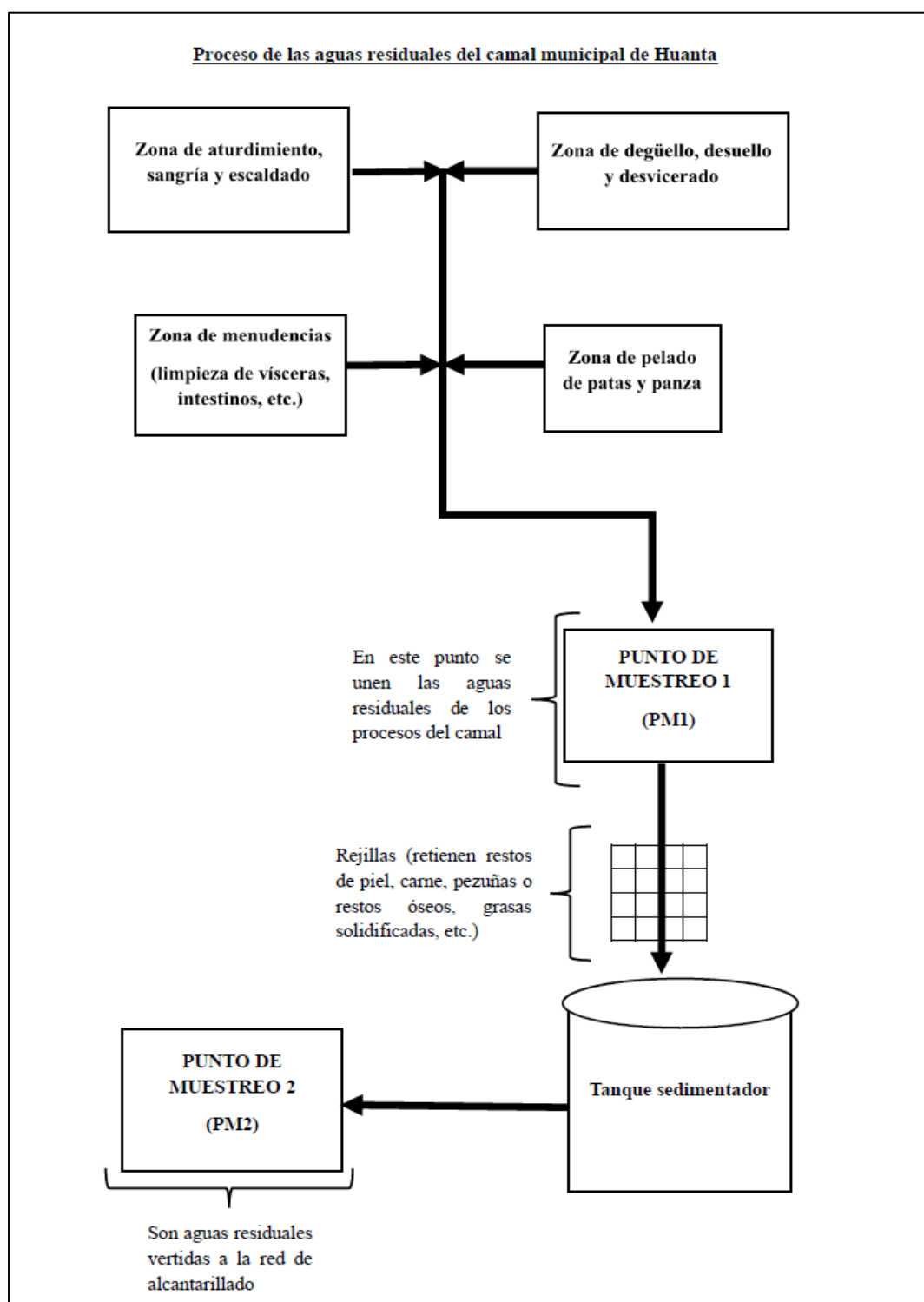
Coordenadas UTM de los puntos de muestreo

	PM1	PM2
Coordenadas UTM	E: 582436	E:582430
	N:8568432	N:8568433

- PM1: Punto de muestreo 1, corresponde a antes del tanque sedimentador (punto donde las aguas residuales de todas las áreas del camal como zona de aturdimiento, degüello, menudencias y pelado se unen y se dirigen a las rejillas y al tanque sedimentador)
- PM2: Punto de muestreo 2, corresponde a después del tanque sedimentador (punto donde las aguas residuales que pasaron por las rejillas y el tanque sedimentador son vertidas a la red de alcantarillado).

Figura 2

Proceso de las aguas residuales del camal municipal de Huanta

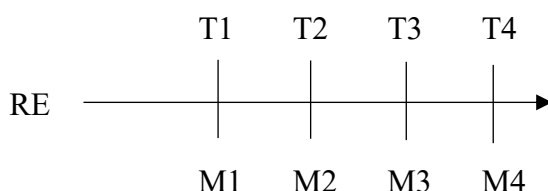


La selección de ambos puntos se realizó considerando la representatividad y con el fin de estudiar la variación de la concentración de los parámetros físicos y químicos antes y después del tanque de sedimentación.

Por otro lado, el estudio se ejecutó en los meses de abril y mayo del año 2025, con un total de 4 monitoreos realizados en las siguientes fechas:

- 25 de abril del 2025
- 9 de mayo del 2025
- 16 de mayo del 2025
- 23 de mayo del 2025

Además, en cada monitoreo se realizó muestreos en PM1 y PM2, específicamente se tomó muestras por duplicado por cada punto y parámetro. Por lo tanto, el diseño de la investigación es no experimental, de tipo longitudinal.



Donde:

RE: Representa al estudio

T: Momento en que se hacen las mediciones de la variable de estudio.

M: Mediciones de la variable de estudio.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población es el agua residual del camal municipal del distrito de Huanta, que de acuerdo con Hernández et al. (2014), la población es el conjunto de personas, animales, muestras u objetos sobre los que se desea conocer, que debe tener características claras con el fin de definir los parámetros muestrales.

3.3.2. Muestra

En esta investigación, el muestreo es no probabilístico por conveniencia, y se tomó muestras puntuales y por duplicado de agua residual antes (PM1) y después (PM2) del tanque sedimentador en un periodo de dos meses, específicamente durante 4 viernes porque en este día la muestra de agua residual era más representativa por estar más concentrada debido a la intensidad del color y a la carga orgánica producto del faenado de animales en el camal. Asimismo, para la recolección se empleó el protocolo de

muestreo descrito en la NTP 214.060.2016, teniendo un total de 4 muestras de PM1 y 4 muestras de PM2.

Los parámetros analizados fueron pH y temperatura (in situ) y DBO₅, SST, DQO y aceites y grasas (ex situ). Los parámetros in situ fueron analizados en el mismo camal con un multiparámetro, prestados del laboratorio de química de la Universidad Nacional Autónoma de Huanta. En cambio, los parámetros ex situ fueron analizados en el laboratorio de química y biotecnología de la misma universidad, siguiendo los métodos descritos en NTP 214.060 2016.

Tabla 3

Método de ensayo para los parámetros ex situ

Parámetro	Método o procedimiento de ensayo
DBO ₅	“Procedimiento del sistema de medición DBO”
DQO	“SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 B”
SST	“SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 B”
Aceites y grasas	“EPA Method 1664”

Tabla 4

Tipo de recipiente y cantidad mínima de muestra por parámetro

Parámetro	Cantidad (mL)	Tipo de recipiente
DBO ₅	1000	Vidrio ámbar
DQO	100	Vidrio
Aceites y grasas	1000	Vidrio ámbar de boca ancha
SST	200	Plástico
pH	50	Plástico
Temperatura	100	Plástico

Tabla 5

Preservación y tiempo de almacenamiento de muestras

Parámetro	Preservación	Almacenamiento máximo
DBO ₅	Refrigerar ≤ 6 °C	48 horas
DQO	Agregar H ₂ SO ₄ hasta un pH < 2 y refrigerar ≤ 6 °C	28 días
Aceites y grasas	Agregar H ₂ SO ₄ hasta un pH < 2 y refrigerar ≤ 6 °C	28 días

SST	Refrigerar de 2 a 6 °C	7 días
Temperatura	Analizar inmediatamente	0,25 h
pH	Analizar inmediatamente	0,25 h

3.4. Instrumentos

3.4.1. Instrumentos de campo

Los instrumentos de campo usados en la presente investigación fueron:

- Cadena de custodia
- Multiparámetro
- GPS
- Cooler

3.4.2. Instrumentos de laboratorio

Los instrumentos de laboratorio usados al analizar los parámetros físicos y químicos de las aguas residuales industriales fueron:

- Medidor de DBO
- Sistema de filtración por vacío
- Estufa de secado
- Balanza analítica
- Matraz de 250 ml
- Agitador magnético con calor
- Condensador

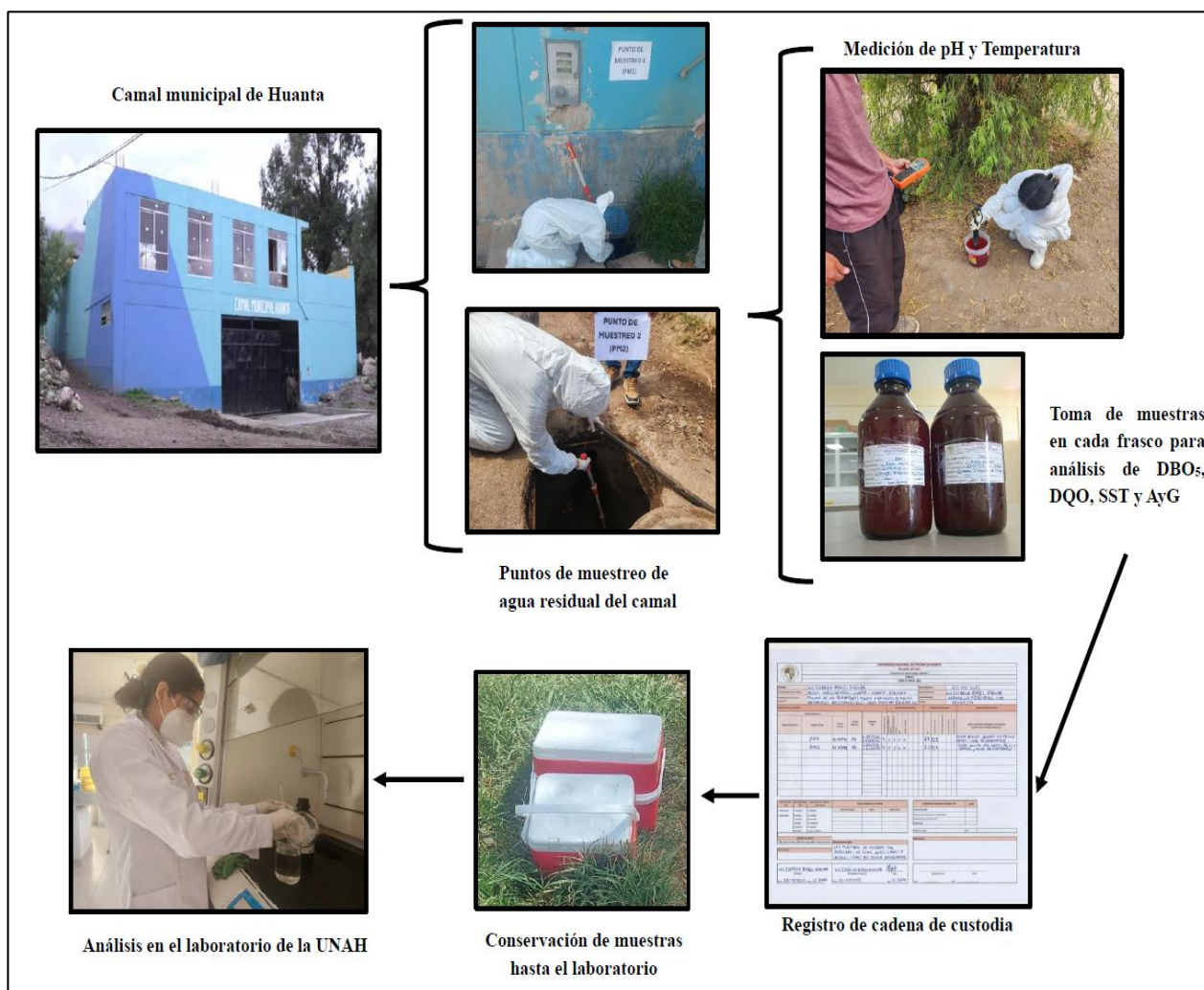
3.5. Procedimientos

3.5.1. Procedimientos de muestreo en campo

Se recolectaron muestras puntuales en dos baldes de 5 L, previamente rotuladas y enjuagadas con agua destilada. Cada balde fue para recolectar las aguas residuales de cada punto de muestreo: PM1 y PM2, el cual se tomó a las 12:00 pm y 12:05 pm, respectivamente. El multiparámetro previamente calibrado en el laboratorio se usó para medir la temperatura y el pH de cada muestra. Luego de cada balde se tomaron 2 muestras (muestras por duplicado) para DBO₅, DQO, SST y aceites y grasas en frascos esterilizados de 1000 ml, 100 ml, 200 ml y 1000 ml respectivamente. Seguidamente los frascos fueron etiquetados y rotulados con datos como: nombre del punto de muestreo, tipo de muestra, fecha de muestreo, parámetro, preservante e inspector de campo. Finalmente, los frascos se colocaron en un cooler de 15 L para ser conservados hasta llevarlos al laboratorio.

Figura 3

Proceso de obtención de muestras de las aguas residuales industriales del camal municipal de Huanta, 2025



3.5.2. Procedimientos de análisis en laboratorio

En el laboratorio se preservó las muestras de DQO y aceites y grasas con H_2SO_4 hasta llegar a un $\text{pH} < 2$ y se refrigeró a una temperatura $\leq 6^\circ\text{C}$, debido a que el parámetro de aceites y grasas se analizó al día siguiente, y el DQO fue analizado dos días después.

a) Procedimiento para el análisis de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Se determinó la concentración de DQO del agua residual en el laboratorio teniendo en cuenta la técnica de titulación y el método APHA-AWWA-WEF Part 5220 B, el cual consistió en inicialmente preparar los reactivos como la solución digestora, catalizadora y control, el FAS titulante y el indicador de ferroína; luego se armaron 3 sistemas de reflujo abierto con matraz de 250 ml, un agitador magnético con calor, un condensador y sus mangueras; después de esto se agregó 50 ml, 50 ml y 25 ml de solución control, agua destilada (blanco) y la muestra de agua residual respectivamente a 3 matraces de 250 ml,

para después agregar unas perlas de ebullición y el HgSO₄ (Inhibidor de haluros), seguidamente se agregó lenta y cuidadosamente 25 ml de solución digestora, con el fin de evitar el sobrecalentamiento de la mezcla e impedir las fugas posibles de compuestos orgánicos volátiles, luego se ajustó el matraz a un condensador y se preparó el sistema para el calentamiento a reflujo, después se conectó el agua de enfriamiento y se adicionó 75 ml de solución catalizadora desde la parte superior del condensador lento y con cuidado, seguidamente se homogenizo la mezcla con el agitador magnético para luego iniciar el calentamiento a 150 °C, este proceso se mantuvo constante por 2 horas. Finalmente, concluido el proceso se apagó el agitador y el agua, y se dejó enfriar por unos minutos para después verterlo a un Erlenmeyer de 500 ml, luego se añadió 5 gotas del indicador de ferroína a la muestra y seguidamente se le agregó el FAS Titulante hasta tener una reacción de azul verdoso a salmón o mojarra. Se calculo la concentración de DQO de la muestra en mg/L, con la siguiente fórmula:

$$DQO \text{ en mg/L} = \frac{(A - B) \times N \times 8000}{ml \text{ de muestra}}$$

Donde:

A: ml de FAS utilizados para el blanco

B: ml de FAS utilizados para la muestra

N: Normalidad de FAS

8000: peso equivalente de oxígeno x 1000 ml/L

b) Procedimiento para el análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Se determino la concentración de DBO₅ teniendo en cuenta la técnica respirométrica y el procedimiento del sistema de medición DBO. En este análisis se usó un equipo llamado medidor de DBO, el cual contenía una incubadora para conservar las muestras, unas botellas respirométricas en la cual se almacenó el agua residual durante 5 días a 20 °C de temperatura. Antes de poner las muestras a cada botella, las muestras de agua residual pasaron por un filtro para homogenizarla, después se midió 56ml en una probeta y se le añadió 3 gotas de inhibidor de nitrificación, luego se diluyó y se vertió a la botella respirometrica, seguidamente en el estuche seco se añadió 4 gotas del hidróxido de potasio al 45%, el cual se introdujo en la botella, luego se puso el sensor o cabezal y se colocó en el soporte para botellas. Finalmente se inició la medición y se incubo la muestra a 20 °C durante 5 días.⁷

c) Procedimiento para el análisis de Aceites y Grasas

Se determinó la concentración de aceites y grasas del agua residual en el laboratorio teniendo en cuenta la técnica de gravimetría y el método *EPA 1664, Rev. B n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and SilicaGel Treated n- Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry*. Este método consistió primeramente en medir un volumen conocido de muestra (entre 100 mL y 1000 mL), luego la muestra se colocó en una pera o embudo de decantación limpio y seco, seguidamente se agregó 30–50 mL de disolvente orgánico no polar (hexano) por extracción, después se agitó vigorosamente durante 2 a 3 minutos para favorecer la separación de los compuestos solubles hacia la fase orgánica, y se dejó reposar hasta lograr una separación completa de fases, y recuperar cuidadosamente la fase orgánica inferior o superior; este proceso de extracción se repitió al menos dos veces adicionales, combinando las fases orgánicas recolectadas en un vaso precipitado previamente pesado. Finalmente, se secó el vaso con residuo en estufa a 60 °C durante un mínimo de 30 minutos, hasta sequedad, para después proceder al pesado (se repitió el proceso de secado y pesado hasta alcanzar masa constante (diferencia no mayor a ± 0.5 mg entre pesadas sucesivas). Se calculó la concentración de aceites y grasas de la muestra en mg/L, con base en la masa obtenida y el volumen de muestra procesado.

$$A \text{ y } G \text{ (mg/L)} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volumen de muestra (mL)}}$$

Donde:

A: peso del vaso precipitado + residuo seco (mg)

B: peso del vaso precipitado vacío (mg)

d) Procedimiento para el análisis de Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Se determinó la concentración de SST del agua residual en el laboratorio teniendo en cuenta la técnica de gravimetría y el método *SMEWW-APHA-AWWA-WEF 2540 D. 23rd Edition. 2017. Total suspend solids dried at 103 – 105 °C*. Este método consistió inicialmente en pesar 5 filtros, de los cuales 4 fueron para las muestras y uno para el blanco, cada filtro se pesó 3 veces en la balanza analítica para determinar su peso promedio, luego estos filtros se acondicionaron con 20 ml de agua destilada en el sistema de filtración al vacío; después se llevaron a la estufa a 105 °C por 2 horas, esperado este tiempo se retiró los filtros y se dejó enfriar unos minutos. Se pasó 1 L de agua destilada por el filtro 1 (muestra blanco), y 15 ml de agua residual del PM1 por el filtro 2 y 3, y 20 ml de agua residual del PM2 para el filtro 4 y 5; luego se llevó otra vez a la estufa a la misma

temperatura y tiempo; terminado las 2 horas se retiró de la estufa y se realizó el pesaje correspondiente. Se calculó la concentración de SST de la muestra en mg/L, con la siguiente fórmula:

$$\text{SST (mg/L)} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volumen de muestra (mL)}}$$

Donde:

A: peso del filtro + residuo seco (mg)

B: peso del filtro vacío (mg)

3.5.3. Aseguramiento y control de calidad

Las muestras fueron tomadas por duplicado en cada punto de muestro (PM1 y PM2) y por cada parámetro físico y químico (DBO₅, DQO, SST, aceites y grasa). Esto permite evaluar la precisión analítica mediante la diferencia relativa porcentual (RPD), que es menor o igual a 15%, esto con el fin de asegurar la reproducibilidad y validez de los datos.

$$RPD = \frac{X1 - X2}{\frac{X1 + X2}{2}} \times 100$$

Donde:

X1: Primer resultado de la muestra

X2: Segundo resultado del duplicado de la muestra

RPD: Diferencia Relativa Porcentual

3.6. Análisis de datos

3.6.1. Estadística descriptiva

El análisis de datos se realizó mediante una estadística descriptiva, es decir, mediante cuadros y gráficos estadísticos, que fueron procesados con el software Rstudio y Microsoft Excel. De acuerdo con Rendón et al. (2016), la estadística descriptiva resume de manera sencilla y clara los datos de una investigación ya sea en tablas, cuadros, gráficos o figura.

IV. Resultados y discusión

El análisis de los parámetros físicos y químicos de las aguas residuales industriales generados en el camal municipal de Huanta, presentaron concentraciones diferentes para cada parámetro (DBO₅, DQO, SST, Aceites y grasas, pH y temperatura), monitoreo o fechas de muestreo (M1, M2, M3 Y M4) y punto de muestreo (PM1 y PM2) , los cuales se detallan en tablas y figuras.

Tabla 6

Concentración de los parámetros físicos y químicos de aguas residuales industriales generados en el camal municipal de Huanta, 2025.

Parámetro	Punto de muestreo	Muestra	Concentración
DBO ₅	PM1	M1	1003.50 mg/L
		M2	1141.00 mg/L
		M3	1026.00 mg/L
		M4	1122.50 mg/L
	PM2	M1	894.00 mg/L
		M2	1032.00 mg/L
		M3	900.00 mg/L
		M4	1054.50 mg/L
DQO	PM1	M1	1262.08 mg/L
		M2	1512.00 mg/L
		M3	1306.24 mg/L
		M4	1384.00 mg/L
	PM2	M1	968.32 mg/L
		M2	1304.64 mg/L
		M3	1056.64 mg/L
		M4	1248.00 mg/L
SST	PM1	M1	914.50 mg/L
		M2	1047.50 mg/L
		M3	919.00 mg/L
		M4	815.50 mg/L
	PM2	M1	526.00 mg/L
		M2	677.00 mg/L
		M3	576.50 mg/L

Aceites y grasas	PM1	M4	505.00 mg/L
		M1	29.50 mg/L
		M2	51.00 mg/L
		M3	26.00 mg/L
	PM2	M4	33.00 mg/L
		M1	20.50 mg/L
		M2	37.00 mg/L
		M3	16.00 mg/L
Temperatura	PM1	M4	24.50 mg/L
		M1	15.55 °C
		M2	15.41 °C
		M3	15.50 °C
	PM2	M4	15.51 °C
		M1	15.00 °C
		M2	14.86 °C
		M3	14.96 °C
pH	PM1	M4	15.18 °C
		M1	7.56
		M2	7.63
		M3	7.56
	PM2	M4	7.87
		M1	7.23
		M2	7.41
		M3	7.30
		M4	7.36

4.1. Estadística descriptiva de la concentración de los parámetros físicos

a. Concentración de la temperatura

Tabla 7

Estadística descriptiva de la temperatura (T)

Punto de muestreo	Cantidad de muestras			Promedio	Desviación Estandar	Coeficiente de variación
	Máximo	Mínimo				
PM1	4	15.6	15.4	15.5	0.06	0.38

PM2	4	15.2	14.9	15	0.13	0.89
------------	---	------	------	----	------	------

En la Tabla 7, respecto a la desviación estándar y el coeficiente de variación, en ambos puntos los datos muestran una variabilidad baja, lo que indica que los valores de la Temperatura son muy uniformes entre sí, es decir, que no hubo cambios y se mantuvieron estables durante las diferentes fechas de muestreo, por ende, los resultados son consistentes y confiables. También se observa que, al analizar las 4 muestras tomadas del agua residual del camal municipal de Huanta en el punto de muestreo 1 (PM1), la temperatura máxima fue de 15.6 °C, la mínima de 15.4 °C y el promedio 15.5 °C; y en el punto de muestreo 2 (PM2) la temperatura máxima fue de 15.2 °C, la mínima de 14.9 °C y el promedio de 15 °C; esto indica que las aguas del PM1 y PM2 presentaron una temperatura estable y poco variables.

b. Concentración de Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Tabla 8

Estadística descriptiva de Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Punto de muestreo	Cantidad de muestras	Máximo	Mínimo	Promedio	Desviación Estandar	Coeficiente de variación
PM1	4	1048	816	924	95.1	10.3
PM2	4	677	505	571	76.7	13.4

En la Tabla 8, respecto a la desviación estándar y el coeficiente de variación, en ambos puntos los datos muestran una variabilidad baja a moderada, lo que indica que las concentraciones de los Sólidos Suspendidos Totales son estables en tiempo y espacio, asimismo son resultados consistentes y confiables.

También se observa que, al analizar los Sólidos Suspendidos Totales (SST) de las 4 muestras de aguas residuales del camal municipal de Huanta, en el punto de muestreo 1 (PM1) la concentración máxima fue 1048 mg/L, el mínimo 816 mg/L y el promedio 924 mg/L; y en el punto de muestreo 2 (PM2) la concentración máxima fue de 677 mg/L, el mínimo de 5055 mg/L y el promedio de 571 mg/L. Esto indica que PM1 tuvo valores más altos de SST que PM2, debido a que las aguas residuales de PM1 pasan por rejillas (pretratamiento) y un tanque sedimentador (tratamiento primario), lo que generó la disminución de la concentración en el PM2. De igual manera, Ramírez (2023) realizó un estudio sobre el camal de Tingo María, teniendo como resultado que antes de las pozas de sedimentación las aguas residuales tuvieron una concentración de 1405 mg/L y después disminuyeron a 480 mg/L. Asimismo, Huarachi

(2020) tuvo resultados similares en su investigación sobre las aguas residuales del camal de Tacna, en el cual la concentración de SST antes del sedimentador fue de 2136 mg/L y después se redujo a 1046 mg/L.

4.2. Estadística descriptiva de la concentración de los parámetros químicos

a. Concentración de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅)

Tabla 9

Estadística descriptiva de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅)

Punto de muestreo	Cantidad de muestras	Máximo	Mínimo	Promedio	Desviación Estandar	Coefficiente de variación
PM1	4	1141	1004	1073	68.6	6.39
PM2	4	1054	894	970	85.0	8.76

En la Tabla 9, respecto a la desviación estándar y el coeficiente de variación, en ambos puntos los datos muestran baja variabilidad, lo que indica que los resultados son confiables. También se observa que al analizar la DBO₅ de las 4 muestras de agua residual del camal municipal de Huanta, en el punto de muestreo 1 (PM1) la concentración máxima fue 1141 mg/L, el mínimo 1004 mg/L y el promedio 1073 mg/L; y en el punto de muestreo 2 (PM2) la concentración máxima fue de 1054 mg/L, el mínimo de 894 mg/L y el promedio de 970 mg/L. Esto indica que PM1 tuvo valores más altos de DBO₅ que PM2, debido a que las aguas residuales de PM1 pasan por unas rejillas (pretratamiento) y un tanque sedimentador (tratamiento primario), lo que generó la disminución de la concentración en el PM2.

Sin embargo, este sistema de tratamiento que cuenta el camal no es eficiente, ya que reduce mínimamente la concentración de DBO₅, así lo corrobora una investigación sobre el camal de Tumbán – Lambayeque, en donde las rejillas y el tanque de sedimentación tienen porcentajes bajos de remoción de 5% y 25% respectivamente (Espinoza, 2017). Asimismo, Ordoñez y Quezada (2023), en su investigación sobre el camal municipal de Girón, mencionan que cuenta con una rejilla y dos tanques de sedimentación, sin embargo, son ineficientes para un tratamiento adecuado de las aguas residuales industriales. De igual manera, Ramírez (2023) en su investigación determinó que las pozas de sedimentación del camal en Tingo María no reducen los niveles de concentración de DBO₅ de las aguas residuales y de que no son 100% eficientes.

b. Concentración de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Tabla 10

Estadística descriptiva de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Punto de muestreo	Cantidad de muestras	Máximo	Mínimo	Promedio	Desviación Estandar	Coefficiente de variación
PM1	4	1512	1262	1366	110	8.02
PM2	4	1305	968	1144	158	13.8

En la Tabla 10, respecto a la desviación estándar y el coeficiente de variación, en ambos puntos los datos muestran variabilidad baja a moderada, lo que indica que el comportamiento de las concentraciones de la Demanda Química de Oxígeno fueron estables en el tiempo y por ende los resultados son consistentes y confiables. También se observa que al analizar la DQO de las 4 muestras del agua residual del camal municipal de Huanta, en el punto de muestreo 1 (PM1) la concentración máxima fue 1512 mg/L, el mínimo 1262 mg/L y el promedio 1366 mg/L; y en el punto de muestreo 2 (PM2) la concentración máxima fue de 1305 mg/L, el mínimo de 968 mg/L y el promedio de 1144 mg/L. Esto indica que PM1 tuvo valores más altos de DQO que PM2, debido a que las aguas residuales de PM1 pasan por rejillas (pretratamiento) y un tanque sedimentador (tratamiento primario), lo que generó la disminución de la concentración en el PM2. Sin embargo, este sistema de tratamiento que cuenta el camal no es eficiente, ya que reduce en mínimo la concentración de DQO. Así lo señala Bermúdez (2019) en su estudio sobre el camal municipal de Chimbote que trata sus aguas residuales con tres pozas de sedimentación, la cual no cumple con la eficiencia adecuada al ser vertidas a la red de alcantarillado, además que atrae moscas como consecuencia de las aguas residuales retenidas. Por ejemplo, las rejillas reducen un 5% a 10% y el sedimentador un 30% a 45% (Espinoza, 2017).

c. Concentración de aceites y grasas

Tabla 11

Estadística descriptiva de Aceites y grasas (A y G)

Punto de muestreo	Cantidad de muestras	Máximo	Mínimo	Promedio	Desviación Estandar	Coefficiente de variación
PM1	4	51	26	34.9	11.1	31.9

PM2	4	37	16	24.5	9.03	36.8
------------	---	----	----	------	------	------

En la Tabla 11, respecto a la desviación estándar y el coeficiente de variación, en ambos puntos los datos muestran alta variabilidad, lo cual indica que las concentraciones de aceites y grasas no se mantuvieron constantes en el tiempo y espacio, esto podría deberse a la naturaleza de las aguas residuales o a los procesos operativos del camal. Sin embargo, esta variabilidad no afecta la confiabilidad de los resultados.

También se observa que, al analizar el parámetro de aceites y grasas de las 4 muestras de agua residual del camal municipal de Huanta, en el punto de muestreo 1 (PM1) la concentración máxima fue 51 mg/L, el mínimo 37 mg/L y el promedio 26 mg/L; y en el punto de muestreo 2 (PM2) la concentración máxima fue de 37 mg/L, el mínimo de 16 mg/L y el promedio de 16 mg/L. Esto indica que PM1 tuvo valores más altos de aceites y grasas que PM2, debido a que las aguas residuales de PM1 pasan por rejillas que retienen las grasas solidificadas, restos de piel y entre otros; así como un tanque sedimentador (tratamiento primario), que reduce la concentración en el PM2. Al respecto Espinoza (2017), señala que efectivamente las rejillas reducen hasta en 5% la concentración de aceites y grasas, y el sedimentador hasta en un 50%.

d. Concentración del pH

Tabla 12

Estadística descriptiva del potencial de hidrógeno (pH)

Punto de muestreo	Cantidad de muestras	Máximo	Mínimo	Promedio	Desviación Estandar	Coeficiente de variación
PM1	4	7.8	7.5	7.6	0.15	1.94
PM2	4	7.4	7.2	7.3	0.08	1.06

En la Tabla 12, respecto a la desviación estándar y el coeficiente de variación, en ambos puntos los datos muestran una variabilidad baja a moderada, lo que indica que las concentraciones de los Sólidos Suspendidos Totales fueron estables en tiempo y espacio, asimismo son resultados consistentes y confiables.

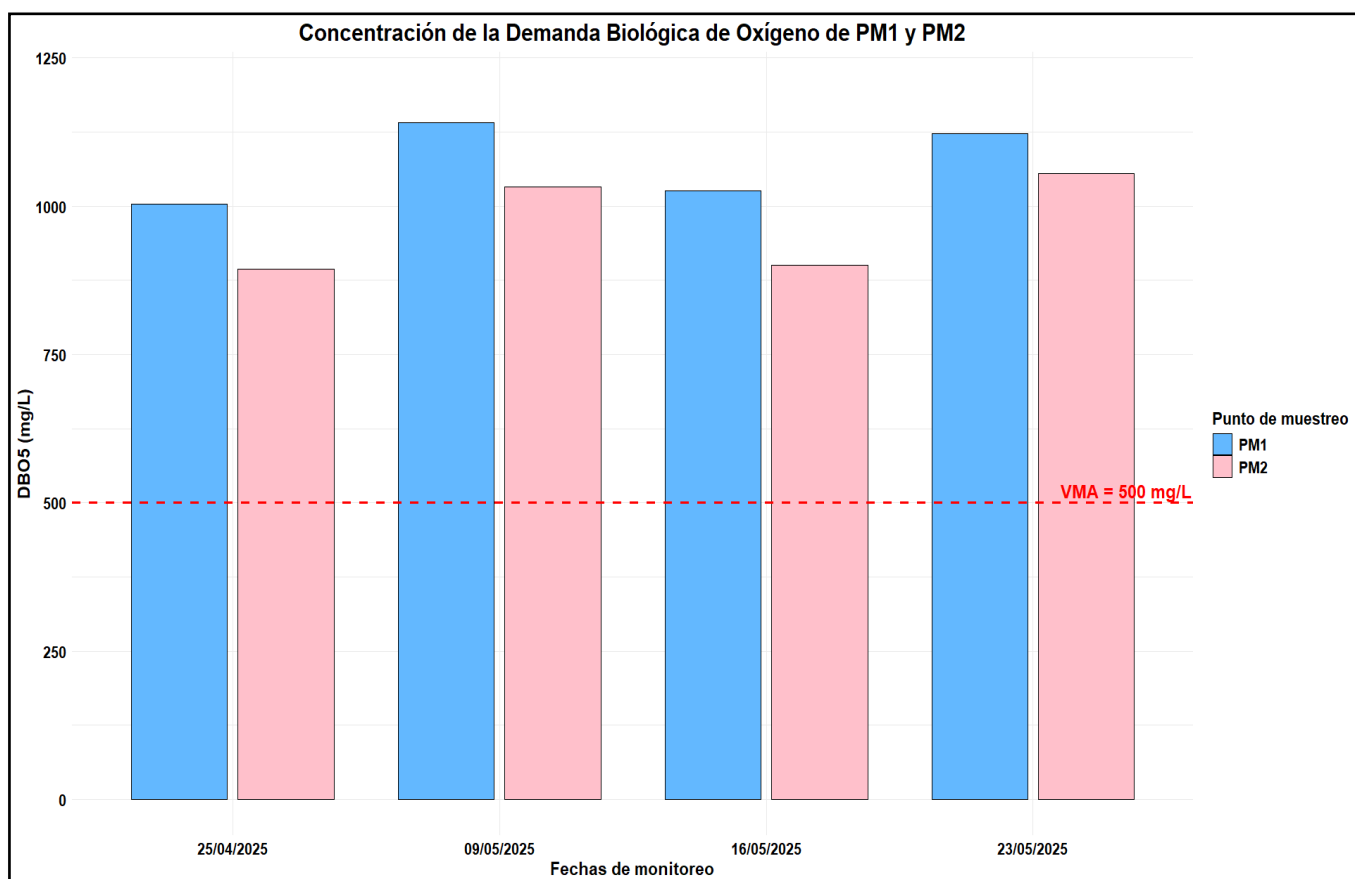
También se observa que, al analizar las 4 muestras tomadas del agua residual del camal municipal de Huanta en el punto de muestreo 1 (PM1), el pH máximo fue de 7.87, el mínimo 7.56 y el promedio 7.65; y en el punto de muestreo 2 (PM2) el pH máximo fue de 7.40, el

mínimo de 7.22 y el promedio de 7.32; esto indica que las aguas del PM1 y PM2 tienen un pH moderadamente alcalino.

4.3. Verificación del cumplimiento de la concentración de los parámetros físicos y químicos con los Valores Máximos Admisibles (VMA)

Figura 4

Concentración de la DBO₅ de PM1 y PM2 con los VMA



En la figura 4, se observa la concentración de la DBO₅ de PM1 y PM2, donde la mayor concentración de ambos puntos se registró durante el segundo monitoreo (09 de mayo del 2025). Este incremento podría atribuirse a la mayor actividad de faenado desarrollado en fechas cercanas a la celebración del Día de la Madre, lo que habría generado una mayor carga de materia orgánica en las aguas residuales del camal.

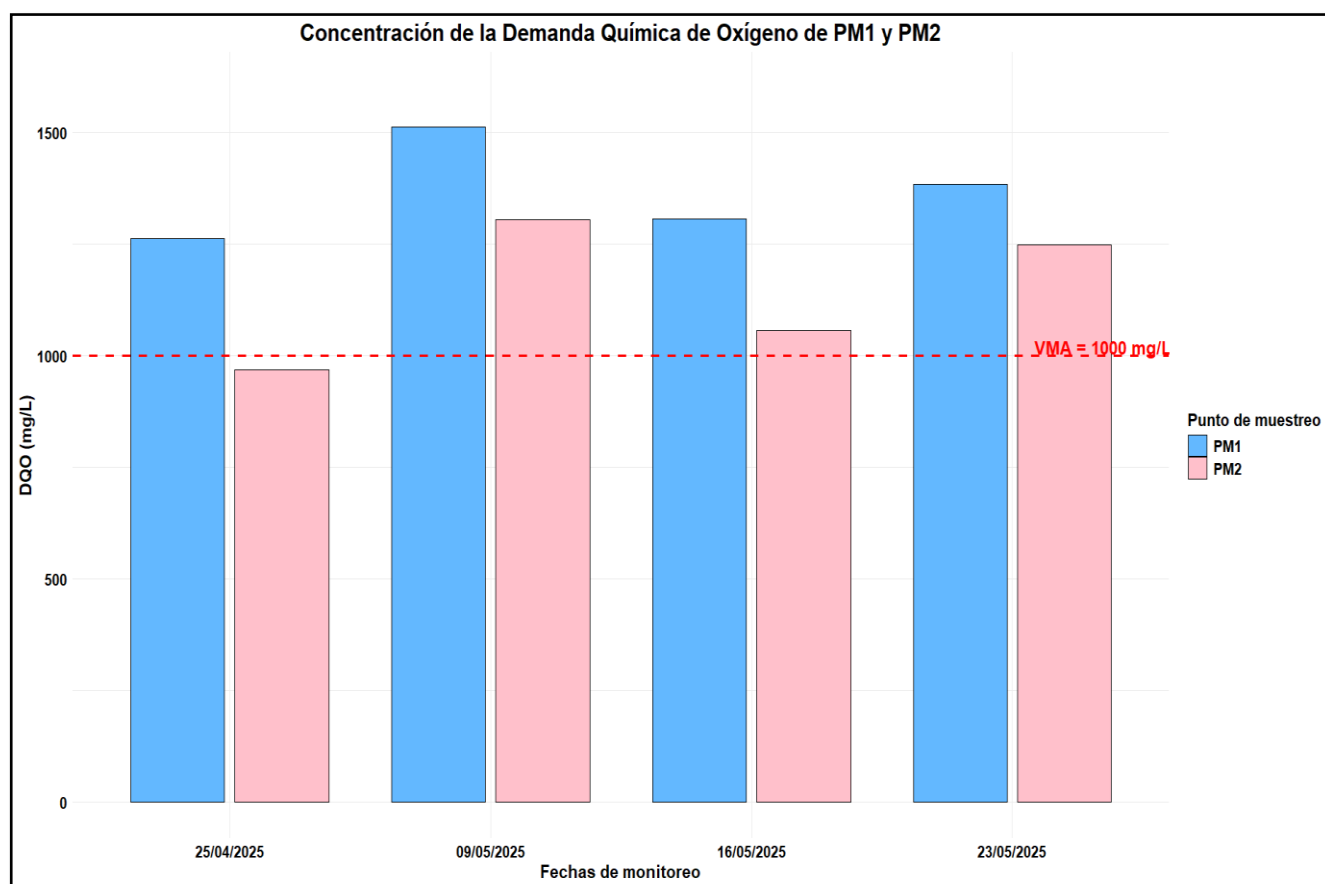
Asimismo, en las cuatro fechas de monitoreo se evidenció que las concentraciones de DBO₅ superaron los Valores Máximos Admisibles, que es de 500 mg/L para DBO₅ (MVCS, 2019). En consecuencia, los resultados obtenidos de DBO₅ incumplen la normativa vigente de VMA para descargas no domesticas a la red de alcantarillado.

De manera similar, Coras (2012), en un estudio realizado en el camal de Quicapata, reportó que las 24 muestras analizadas excedieron los VMA, alcanzando concentraciones de

hasta 2710 mg/L de DBO₅. El autor también señala que elevadas concentraciones de este parámetro pueden impactar en el deterioro de la red de alcantarillado y a su vez producir olores desagradables debido a la descomposición de la materia orgánica. En concordancia con estos resultados, en el camal municipal de Moyobamba se reportaron que los 8 muestreos realizados presentaron concentraciones de DBO₅ que variaron entre 940.0 y 2505.4 mg/L (Obregón, 2025).

Figura 5

Concentración de la DQO del PM1 y PM2 con los VMA



En la figura 5, se observa la concentración de DQO de PM1 y PM2, donde la mayor concentración de ambos puntos se registró durante el segundo monitoreo (09 de mayo del 2025). Este incremento podría atribuirse a la mayor actividad de faenado desarrollado en fechas cercanas a la celebración del Día de la Madre, lo que habría generado una mayor carga de materia orgánica en las aguas residuales del camal.

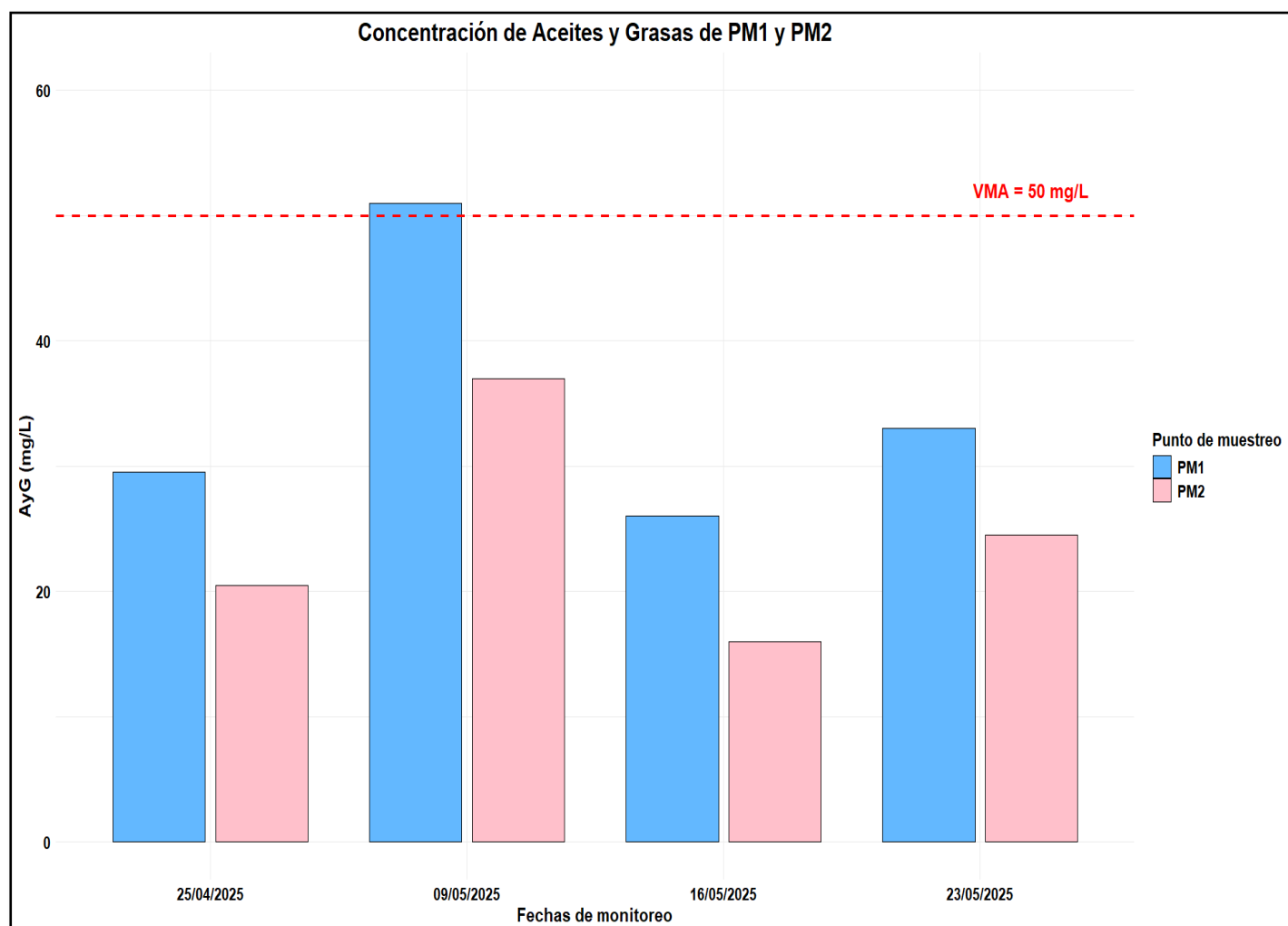
Asimismo, en el resto de las fechas también hubo concentraciones altas, debido a que las 4 muestras de PM1 se encuentran por encima de los Valores Máximos Admisibles, que es de 1000 mg/L para DQO (MVCS, 2019). Por lo tanto, las muestras evaluadas en este punto no cumplieron con la normativa vigente. En el caso de PM2, una de las cuatro muestras presentó

una concentración de 968.32 mg/L, encontrándose dentro del límite permitido; sin embargo, este valor se encuentra próximo al VMA establecido.

De igual manera Coras (2011), en un estudio realizado en el camal de Quicapata, reportó que las 8 muestras de agua residual excedieron los VMA, registrándose una concentración máxima de 6852 mg/L y mínima de 4976 mg/L de DQO, valores considerablemente superiores a los obtenidos en la presente investigación. En concordancia con estos resultados, Rodas (2021), en un estudio realizado en el camal municipal de Cajamarca, reportó que las 8 muestras de agua residual también excedieron los 1000 mg/L de DQO, alcanzando una concentración máxima de 7713.81 mg/L.

Figura 6

Concentración de aceites y grasas del PM1 y PM2 con los VMA



En la figura 6, se observa la concentración de aceites y grasas de PM1 y PM2, donde la mayor concentración de ambos puntos se registró durante el segundo monitoreo (09 de mayo del 2025). Este incremento podría atribuirse a la mayor actividad de faenado desarrollado en

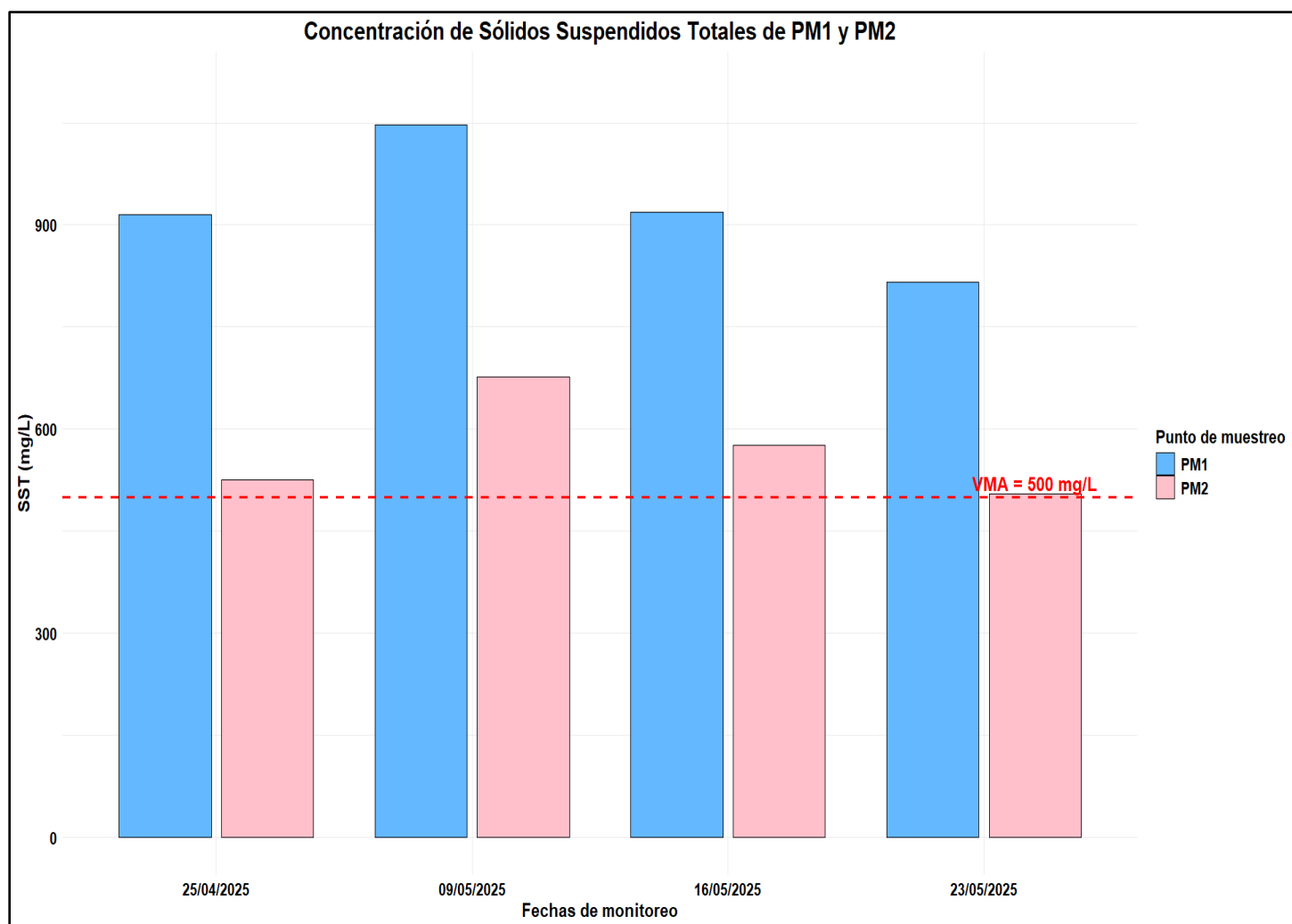
fechas cercanas a la celebración del Día de la Madre, lo que habría generado una mayor presencia de residuos grasos en las aguas residuales del camal municipal.

Asimismo, en las 4 fechas de monitoreo se evidenció que las concentraciones de aceites y grasas en PM1 y PM2 se encontraron dentro de los VMA establecidos por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, cuyo límite para este parámetro es de 100 mg/L (MVCS, 2019). Por lo tanto, las muestras evaluadas cumplieron con la normativa vigente para la descarga de aguas residuales no domésticas vertidas a la red de alcantarillado.

Además, los resultados obtenidos presentaron concentraciones menores a diferencia de otros estudios como el de Coras (2011), en donde la concentración máxima de aceites y grasas fue de 142 mg/L y mínima de 87 mg/L. En concordancia con ello, Ramírez (2023) registró concentraciones considerablemente superiores, alcanzando valores máximos de 895 mg/L y mínimos de 417 mg/L.

Figura 7

Concentración de SST del PM1 y PM2 con los VMA



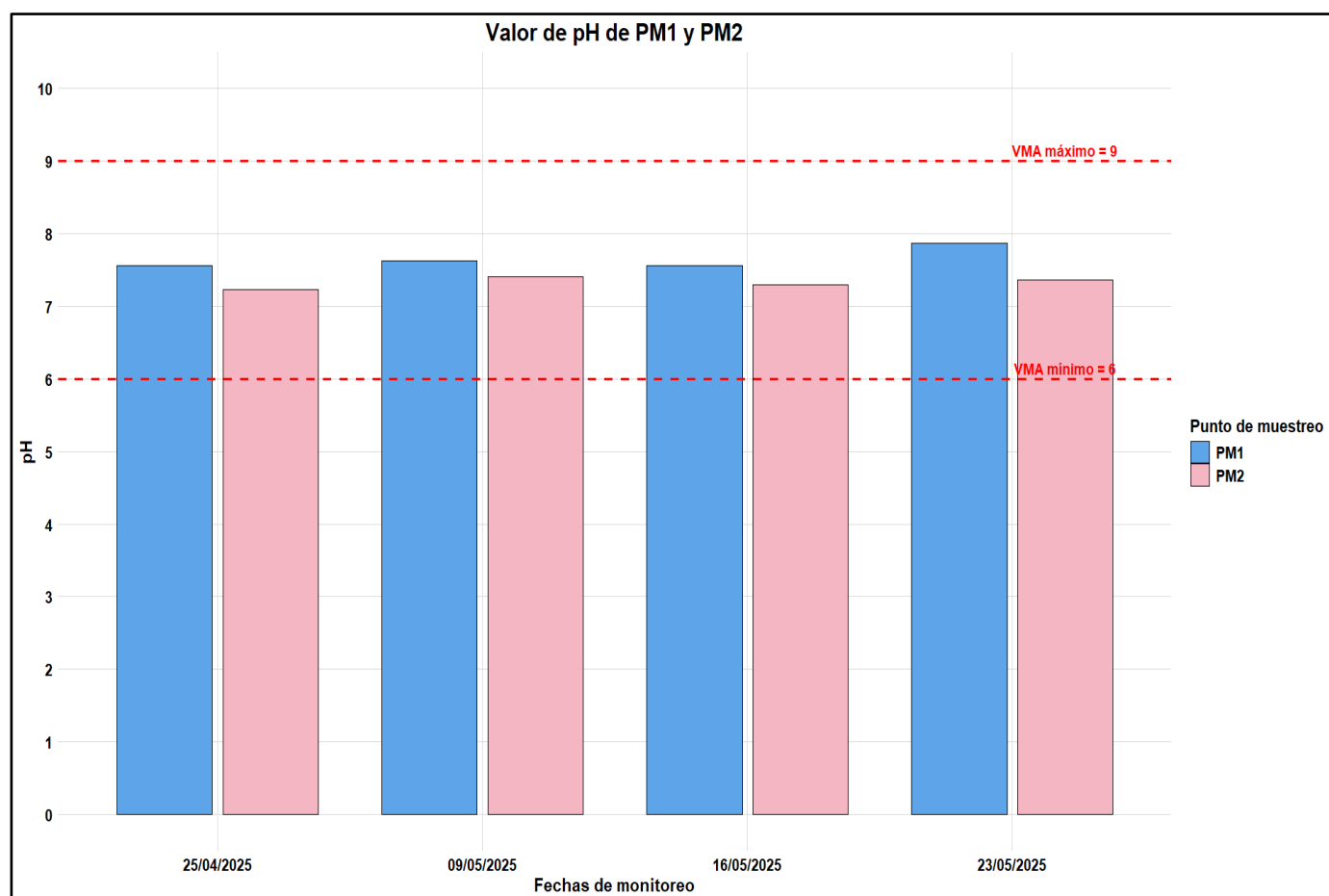
En la figura 7, se observa la concentración de Sólidos Suspendidos Totales de PM1 y PM2, donde la mayor concentración de ambos puntos se registró durante el segundo monitoreo (09 de mayo del 2025). Este incremento podría atribuirse a la mayor actividad de faenado desarrollado en fechas cercanas a la celebración del Día de la Madre, lo que habría generado una mayor cantidad de residuos sólidos y materia orgánica en las aguas residuales del camal municipal de Huanta.

Asimismo, en las 4 fechas de monitoreo se evidenció que las concentraciones de SST en PM1 y PM2 superaron los VMA, establecidos por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, cuyo límite para este parámetro es de 500 mg/L (MVCS, 2019). Por lo tanto, las muestras evaluadas no cumplieron con la normativa vigente para la descarga de aguas residuales no domesticas a la red de alcantarillado.

De manera similar, Coras (2011), en su investigación sobre la caracterización de las aguas residuales del camal de Quicapata vertidas a la red de alcantarillado, reportó que las 8 muestras analizadas excedieron el VMA, registrando una concentración de 1150 mg/L, 895 mg/L, 1115 mg/L, 1233 mg/L, 780 mg/L, 943 mg/L, 1036 mg/L y 1189 mg/L de SST.

Figura 8

Valor del pH de PM1 y PM2 con los VMA

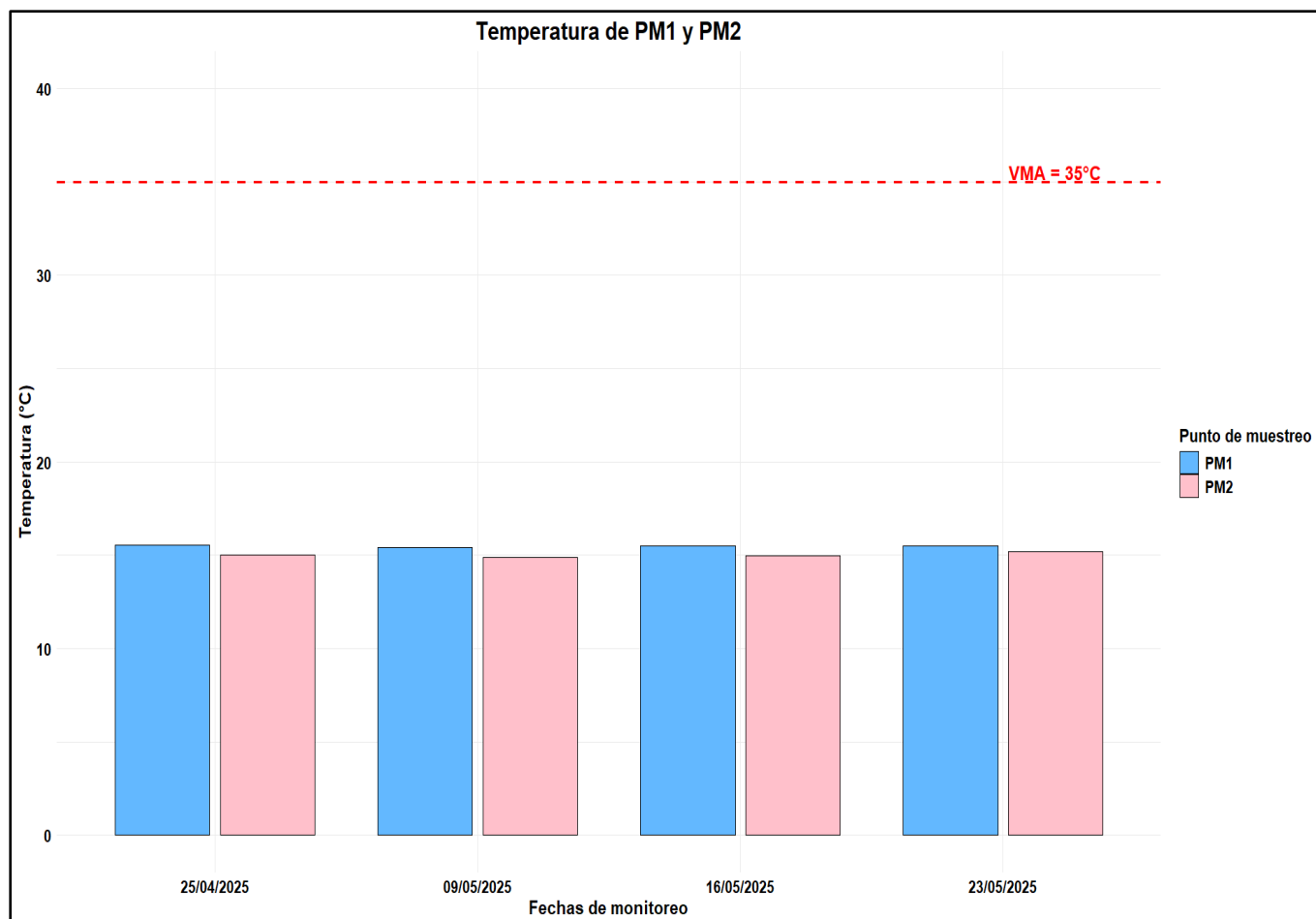


En la figura 8, se observa el comportamiento del pH en los puntos de muestreo PM1 y PM2, donde el pH tiene una fluctuación mínima, sin embargo, en el último muestreo se evidenció un ligero incremento en PM1, alcanzando un valor de 7.9. A pesar de ello, los valores obtenidos en ambos puntos de muestreo se encontraron dentro de los VMA establecidos por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, cuyo rango permitido para este parámetro es de pH 6 a 9 (MVCS, 2019). Por lo tanto, las muestras evaluadas cumplieron con la normativa vigente para descarga de aguas residuales no domésticas a la red de alcantarillado.

Resultados similares fueron reportados por Ramírez (2023) en un estudio realizado en el camal de Tingo María, donde las aguas residuales antes de las pozas de sedimentación tienen un pH de 7.74 y después de las pozas un pH de 7.44. Por otro lado, en el matadero de Al-Hoceima, en Marruecos las aguas residuales antes y después del tanque de sedimentación tuvieron un pH menor de 7.47 y 6.97, respectivamente (El Abdouni et al., 2021). Aunque los valores obtenidos en dichas investigaciones difieren ligeramente de los encontrados en la presente investigación, todos se mantienen dentro del rango permitido por la normativa vigente.

Figura 9

Temperatura del PM1 y PM2 con los VMA



En la figura 9, se observa la temperatura registrada en los PM1 y PM2, donde la temperatura casi no varía, ya que los valores se mantienen constantes en las diferentes fechas de monitoreo, además, ambos puntos de muestreo se encontraron dentro de los VMA, que es de una temperatura menor a 35 °C (MVCS, 2019). Por lo tanto, las muestras evaluadas cumplieron con la normativa vigente para descargas de aguas residuales no domesticas a la red de alcantarillado.

En comparación con otros estudios, Ramírez (2023), en una investigación realizada en el camal de Tingo María, reportó temperaturas de 27.33 °C antes de las pozas de sedimentación y 27 °C después de las pozas. De manera similar, Espinoza (2017), en un estudio desarrollado en el camal de Tumbes, registró una temperatura de 24.8 °C y 25 °C en aguas residuales evaluadas. Estos valores son superiores a los obtenidos en el camal municipal de Huanta, diferencia que podría estar relacionada con las condiciones climáticas, la ubicación geográfica y la época del año en que se realizaron los muestreos.

V. Conclusiones

1. Los parámetros físicos y químicos de las aguas residuales industriales generados en el camal municipal de Huanta presentan concentraciones elevadas, evidenciando un alto nivel de carga contaminante, lo cual podría generar impactos negativos en el sistema de alcantarillado y en el medio ambiente. En el PM1 las concentraciones promedio de DBO₅, DQO, SST, aceites y grasas, pH y temperatura fueron de 1073 mg/L, 1366 mg/L, 924 mg/L, 34.9 mg/L, 7.6 y 15.5 °C, respectivamente; mientras que en el PM2 se registraron concentraciones promedio de 970 mg/L, 1144 mg/L, 571 mg/L, 24.5 mg/L, 7.3 y 15 °C, respectivamente.
2. Los resultados evidencian una variabilidad entre los puntos de muestreo PM1 y PM2, lo que indica diferencias significativas en la calidad de las aguas residuales antes y después de las rejillas y el tanque sedimentador. Esto demuestra que el sistema de tratamiento implementado logra reducir la concentración de los parámetros físicos y químicos, sin embargo, resulta ineficiente debido a que los valores de DBO₅, DQO y SST continúan superando significativamente los VMA establecidos por el D. S. N° 010-2019-VIVIENDA.
3. Respecto al cumplimiento de los Valores Máximos Admisibles establecidos en el D. S. N° 010-2019-VIVIENDA, los parámetros de DBO₅, DQO y SST excedieron los límites permitidos en PM1 y PM2, evidenciando el incumplimiento de la normativa vigente para la descarga de aguas residuales no domésticas a la red de alcantarillado. Por otro lado, los parámetros de aceites y grasas, pH y temperatura se encontraron dentro de los límites establecidos por la normativa (VMA).

VI. Recomendaciones

Gestionar los residuos sólidos generados en las actividades de faenado del camal mediante un plan de manejo integral de residuos, así como también de capacitaciones continuas al personal sobre la manipulación y disposición de residuos, e instalación y mantenimiento de las rejillas, que permitan retener la mayor cantidad de pedazos de grasa, cuero, hueso, pelos, entre otros.

Manejar los efluentes mediante procedimientos de limpieza regular de las rejillas y el tanque sedimentador, así como también optimizar el uso del agua en las actividades de faenado y evaluar periódicamente la variación temporal de las aguas residuales, esto con el fin de mantener un control optimo sobre el vertimiento de efluentes al sistema de alcantarillado.

Incorporar sistemas de pretratamiento como las trampas de grasa o desengrasador que aseguren la eliminación de aceites, grasas y demás materiales flotantes; así como también implementar tratamientos biológicos como filtros percoladores y lodos activados que remueven en un 75% a 90% la concentración de DQO, aceites y grasas, DBO₅ y SST; además de realizar un mantenimiento continuo de las unidades de tratamiento con el fin de garantizar un adecuado funcionamiento y remoción.

Controlar la calidad del agua residual mediante programas de monitoreo continuo de la DQO, aceites y grasas, DBO₅, SST, temperatura y pH, y compararlas periódicamente con los VMA del D. S. N° 010-2019-VIVIENDA, con el fin de cumplir y detectar oportunamente concentraciones elevadas o fallas en el sistema de tratamiento de las aguas residuales del camal municipal de Huanta.

VII. Referencias

- Acuña Sanchez, P. C. y Ayuque Espinoza, V. H. (2020). *Reducción de materia orgánica del efluente de un camal de Lima, aplicando micro-nano burbujas de aire, 2020* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/62690>
- Alvarez Mayta, A. A. y Rodríguez Quispe, A. M. (2020). Análisis de Operaciones Unitarias para el planteamiento de mejora en el tratamiento de aguas residuales del Matadero Municipal de Tacna. *ResearchGate*. <https://www.researchgate.net/publication/363413762>
- Amador Sacoto, C. (2014). Mitigación del impacto ambiental ocasionado por el proceso de faenamiento mediante la elaboración de subproductos a partir de los residuos en el camal de Milagro – Guayaquil – Ecuador 2013. *Revista el misionero del agro, 1* (1), 16-29. http://archivo.uagraria.edu.ec/web/revistas_cientificas/1/02-2014.pdf
- Amasifuen Macedo, J. E y Morón Lavado, K. R. (2021). *Aplicación de dosis de piedra Pómez y carbón activado para el tratamiento de agua residual en Camal Municipal de Moquegua, 2021* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/73440>
- Ari Ali, Y. A. (2025). Evaluación de la calidad de agua de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas-Región Puno. *Revista de investigaciones, 14* (3), 118.129. <https://doi.org/10.26788/ri.v14i3.6941>
- Barraza Félix, A. J. y Palpa Chávez, G. (2011). *Comparación de eficiencia en el tratamiento de las aguas residuales provenientes de un camal utilizando en forma independiente reactores UASB y filtros contenedores a escala piloto* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. <https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/3350>
- Bermúdez Timoteo, G.W. (2019). *Tratamiento de agua residual del camal municipal de Chimbote, usando un Biofiltro de lombrices, para el riego de parques y jardines* [Tesis de pregrado, Universidad San Pedro]. <https://files.core.ac.uk/download/pdf/337598873.pdf>
- Borja D., Salazar Lllangari, K. y Brito Moina, H. (2019). Cuantificación de efluentes de aguas residuales del Camal Frigorífico Riobamba. *Ciencia digital, 3* (2), 783-794. https://www.researchgate.net/publication/333551095_Cuantificacion_de_efluentes_de_aguas_residuales_del_Camal_Frigorifico_Riobamba
- Borrego del Pino, S. (2008). *Estadística descriptiva e inferencial*. https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w24948w/unidad1/Estadistica_U1.pdf

- Briones Ponce, G. E., Burgos Briones, G. A., Rosero Delgado, E. A, y Moreira Mendoza, C. A. (2020). Aplicaciones de sales inorgánicas en el tratamiento de aguas residuales industriales procedente de la refinación de aceites y grasas. *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios*, 7 (2).
<http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/215/2151282005/index.html>
- Carrera, J., Suárez Ojeda, M.E., Chamy, R. y Buitrón, G. (2019). *Aguas residuales industriales en Iberoamérica*. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo.
https://www.researchgate.net/publication/362034155_Aguas_residuales_industriales_en_Iberoamerica
- Castro Maldonado, J. J., Gómez Macho, L. K. y Camargo Casallas, E. (2023). La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI. *Tecnura*, 27 (75), 140-174.
<https://doi.org/10.14483/22487638.19171>
- Comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico (2013). *Concepto 5451 de 2013*. https://normas.cra.gov.co/gestor/docs/concepto_cra_0005451_2013.htm
- Comisión Nacional del Agua (2009). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: alcantarillado sanitario*.
<https://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Libros/02AlcantarilladoSanitario.pdf>
- Copete Ortiz, M. D. y Arias Pereira, J. M. (2023). *Diseño de un sistema de reutilización de aguas residuales tratadas en el camal municipal de Guayaquil* [Tesis de maestría, Universidad Politécnica Salesiana].
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25146/1/UPS-GT004445.pdf>
- Coras Campo, J. C. (2012). *Caracterización de las aguas residuales provenientes del camal de Quicapata vertidas al sistema de alcantarillado de la EPSASA, Ayacucho-2011* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga].
<http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5415>
- Cueva Risco, J. M. y Vasquez Guillen, A. A. (2022). *Efecto de la densidad de lombrices sobre el proceso de lombrifiltración de las aguas residuales del camal municipal del distrito de La Esperanza, La Libertad 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/33173>

- Espinoza Peralta, S. (2017). *Alternativas de tratamiento de aguas residuales del Camal Municipal del distrito de Tumbán* [Tesis de pregrado, Universidad de Lambayeque]. <https://files.core.ac.uk/download/335023466.pdf>
- El Abdouni, A., Bouhout, S., Merimi, I., Hammouti, B. y Haboubi, K. (2021). Physicochemical characterization of wastewater from the Al-Hoccima slaughterhouse in Morocco. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 19 (3), 423-429. https://cjes.guilan.ac.ir/article_4929_31777b8718ae282e464b8899b077f846.pdf
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2016). *Metodología de la investigación*. (6ª ed.). McGraw-Hill/Interamericana. <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Huarachi Nuñez, Y. D. (2020). *Propuesta de mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales del matadero municipal de Tacna* [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna]. <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1527>
- Instituto Nacional de Calidad. (2016). *Protocolo de muestreo de aguas residuales no domésticas que se descargan en la red de alcantarillado*. <https://www.epsgrau.pe/webpage/controlador/archivos/23320.pdf>
- Jave Concepción, H. G., Rascón J., Pinedo Gómez, K. J., Guzmán Trujillo, F. Z. y Troya Paredes, D. (2021). Eficiencia de la remoción de materia orgánica mediante electrocoagulación para tratar aguas residuales procedentes de mataderos. *Revista de investigación agroproducción sustentable*, 5 (2), 1-8. DOI:10.25127/aps.20212.763
- Lazcano, C. (Ed.). (2016). *Biotecnología ambiental de aguas y aguas residuales* (2ª ed.). Ecoe Ediciones. <https://www.digitaliapublishing.com/a/70490/biotecnologia-ambiental-de-aguas-y-aguas-residuales--2a.-ed.->
- Leandro Inocencio, R. N. (2022). *Influencia de los residuos orgánicos y aguas residuales provenientes del matadero municipal de Huánuco en la contaminación del río Huallaga tramo puente Esteban Pavletich – puente Joaquín Garay – Amarilis – Huánuco* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. <https://hdl.handle.net/20.500.13080/9155>
- Malpartida Campos, A. M. (2020). *Remoción de contaminantes orgánicos en efluentes provenientes de los camales* [Trabajo de investigación, Universidad Científica del Perú]. <https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/1376/TB-Malpartida%20A.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Medina Valderrama, C. M., Uriarte Tirado, W., Cardenas Vásquez, E. y Orrego Zapo, S. (2020). Tratamiento de aguas residuales de camales mediante tecnologías avanzadas de oxidación: proceso fenton. *Revista Ingeniería UC*, 27 (2), 165-174. <http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/v27n2/art04.pdf>
- Menéndez Gutierrez, C. y Pérez Olmo, J. (2007). *Procesos para el tratamiento biológico de aguas residuales industriales*. Universidad Tecnológica de la Habana. https://www.researchgate.net/publication/284187809_Procesos_para_el_tratamiento_biologico_de_aguas_rsiduales_industriales
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2019). Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA que aprueba el Reglamento de “Valores Máximos Admisibles (VMA), para descargas de aguas residuales no domesticas en el sistema de alcantarillado sanitario”. <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/272120-010-2019-vivienda>
- Miyashiro Aguirre, R. M. y Meliton Romero, J. (2022). *Estudio comparativo de los tratamientos de electrocoagulación y coagulación/floculación para la remoción de contaminantes de aguas residuales del camal Conchudos, Lima, 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/31248>
- Ng, M., Dalhatou, S., Wilson, J., Pone Kamdem, B., Bankole Temitope, M., Kamdem Paumo, H., Djelal, H., Amine Assadi, A., Nguyen Tri, P., y Kane, A. (2022). Caracterización de aguas residuales de mataderos y desarrollo de técnicas de tratamiento: una revisión. *Processes*, 10 (7), 1300. <https://doi.org/10.3390/pr10071300>
- Mori Leyva, K. S. (2021). *Eficiencia de un biodigestor tubular en la remoción de la carga orgánica y sólidos de un efluente del beneficio cárnico, en Celendín* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/4154>
- Obregón Loli, M. R. (2025). Remoción de la DBO₅ y la DQO del agua residual del camal municipal de Moyobamba mediante un filtro de piedra pómez [Tesis de pregradp, Universidad Nacional de San Martín]. <https://repositorio.unsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/a4c8e8f4-0617-473b-a819-af48ade48aca/content>
- Ordoñez Pesántez, P. E. y Quezada Ibarra, S. J. (2023). Diseño de un tratamiento para las aguas residuales del camal municipal del cantón Girón [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]. <https://dspace->

- test.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/41691/1/Trabajo-de-Titulaci%C3%B3n.pdf
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2017). *Fiscalización Ambiental en aguas residuales*. https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2009). La larga sombra del ganado: problemas ambientales y opciones. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/6a8c6ec9-3756-40f1-940d-cf1d6ba4d101/content>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2017). *Las aguas residuales: el recurso desaprovechado, cifras y datos*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247553_spa
- Ortiz Toala, J. O., Solórzano Suárez, R. A., Córdova Mosquera, A. y Laz Mero, M. (2024). Estudio para el tratamiento de agua residual del camal de la ciudad de Portoviejo. *Avances en Química*, 19 (1), 3-18. <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/avancesenquimica/article/view/20063>
- Ortiz Carlos (2020). Aguas residuales aceitosas generadas en autolavados de la ciudad de Cumaná, Venezuela. *Revista Ingeniería UC*, 27 (2), 200-210. <https://www.redalyc.org/journal/707/70764230008/html/>
- Padilla Santamaria, M. A. (2009). *Diseño de la red de alcantarillado sanitario y pluvial del corregimiento de la mesa – Cesar* [Tesis de pregrado, Universidad de la Salle]. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1217&context=ing_civil
- Paredes Salán, M. C. (2023). *Evaluación de la eficiencia y repotenciación de la Planta de Tratamiento de Agua Residual del Camal Municipal del Cantón Pelileo* [Tesis de maestría, Universidad Técnica de Cotopaxi]. <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/11429/1/MUTC-001656.pdf>
- Pari Chiara, I. (2023). Eficiencia del carbón activado a partir de lodos residuales y su aplicación en aguas de camal en la ciudad de Juliaca, 2021 [Tesis de pregrado, Universidad Andina]. <https://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/467>
- Ramirez Gastulo, J. A. *Propuesta de un sistema de tratamiento de los efluentes líquidos residuales generados en el matadero distrital de Pátapo para reducir el impacto ambiental* [Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/1148>
- Ramirez Nicho, J. M. *Caracterización físicas y químicas de las aguas residuales no municipales vertidas al canal de regadío del camal municipal en el distrito de Carquin*

- Chico-2022* [Tesis de maestría, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión].
<http://hdl.handle.net/20.500.14067/7470>
- Ramírez Trujillo, Y. J. (2023). *Parámetros físicoquímicos y microbiológicos del agua residual del camal y calidad ambiental del agua del río Huallaga en Tingo María 2021* [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán].
<https://hdl.handle.net/20.500.13080/9898>
- Rendón Macías, M. E., Villasís Kever, M. A. y Miranda Novales, M. G. (2016). Estadística descriptiva. *Revista Alergia México*, 63(4), 397-407. DOI:10.29262/ram.v63i4.230
- Rojas Gonzáles, L. A. (2021). *Evaluación de los parámetros físicoquímicos de las aguas residuales generadas por el hospital José Hernán Soto Cadenillas, Chota-2020* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Chota].
<https://hdl.handle.net/20.500.14142/220>
- Rodas Muñoz, D. V. (2021). *Eficiencia de lodos activados a escala de laboratorio en la disminución de DQO, DBO₅, SST, aceites y grasas; del efluente del camal municipal de Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca].
<http://hdl.handle.net/20.500.14074/4534>
- Rueda Robayo, Y. L. y Casayan Muñoz, M. A. (2015). Verificación del método determinación de demanda química de oxígeno en agua residual, en el laboratorio multipropósito Calarca S.A. ESP [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de Pereira].
<https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/bc1a2b04-5fa2-4a73-9360-9e3e40ba632c/content>
- Salas C., G. y Condorhuamán C., C. (2008). Tratamiento de las aguas residuales de un centro de beneficio o matadero de ganado. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 11, (1), 29-35.
<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/4885/3953>
- Sánchez, C. A. (2023). *Las pruebas de normalidad*.
<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.23329.48483>
- Sánchez Sánchez, J. N. y Villaverde Felix, Y. M. (2020). *Sistema de lodos activados en la calidad de efluentes del camal municipal de El Porvenir* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/23958>
- Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (2025). *Estado situacional de los Mataderos con respecto a la Autorización sanitaria*.
https://servicios.senasa.gob.pe/SIGIAWeb/ino_consultasmatadero.html

- Sonowal, D., Hussain, P., Sonowal, S., Barua, A. G., Hussain J. y Chutia J. (2017). Physicochemical properties of slaughterhouse wastewater in and around Guwahati city, Assam. *International Journal of Chemical Studies*, 6 (1), 1875-1877. <https://www.chemijournal.com/archives/2018/vol6issue1/PartAA/6-1-71-269.pdf>
- Soria Ricapa, G. F. (2024). *Implementación y aplicación del registro de valores máximos admisibles de la Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Selva Central S.A. en Chanchamayo, 2023* [Tesis de pregrado, Universidad Católica Sedes Sapientiae]. https://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14095/2137/1%20SORIA_Geraldine_Bib.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Soto Cabrera, A. I., Panimboza Ojeda, A. P., Ilibay Granda, C. G., Valverde Lara, C. R. y Diéguez Santana, K. (2020). Impacto ambiental de la operación del Centro de faenamiento de la ciudad de Puyo, Pastaza, Ecuador. *PROSPECTIVA*, 18 (1), 60-68. <https://doi.org/10.15665/rp.v18i1.2101>
- Tevalcor (2023). *La problemática de las aguas residuales y la importancia de tratarlas adecuadamente*. <https://tevalcor.com/problematica-aguas-residuales/>
- Ticona Flores, J. C. (2021). *Tratamiento electroquímico de aguas residuales procedentes del Camal Municipal de Anta, Cusco – 2021* [Tesis de pregrado, Universidad de Continental]. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10791/1/IV_FIN_107_TE_Ticona_Flores_2021.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la cultura (2023). *¿Son las aguas residuales el nuevo oro negro?* <https://www.unesco.org/es/articles/son-las-aguas-residuales-el-nuevo-oro-negro>
- Urbina Maldonado, D. F. (2017). *Análisis del aserrín de madera como filtro natural para el tratamiento del agua residual proveniente del camal municipal del cantón baños* [Tesis de pregrado, Universidad Técnico de Ambato]. <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/26832>

VIII. ANEXOS

8.1. Panel fotográfico

Figura 10

Aguas residuales industriales del camal antes y después del tanque sedimentador



Figura 11

Recolección de agua residual del camal de PM1 y PM2



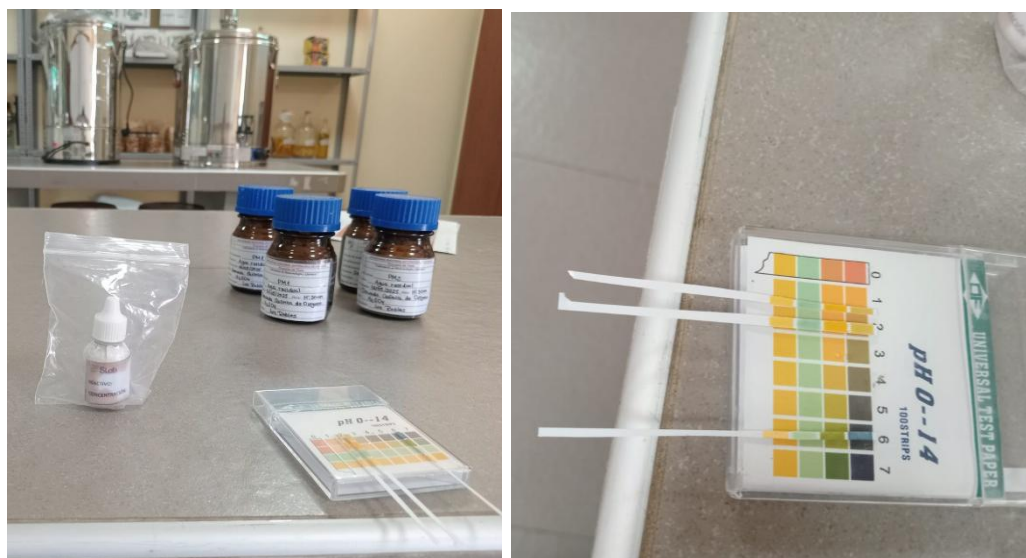
Figura 12

Medición de pH y temperatura en campo y recolección de muestras en frascos



Figura 13

Conservación de las muestras de agua residual para DQO y Aceites y grasa en el laboratorio de la UNAH

**Figura 14**

Procedimiento para la determinación de DQO en el laboratorio de la UNAH.



Figura 15

Procedimiento para la determinación de DBO_5 en el laboratorio de la UNAH

**Figura 16**

Procedimiento para la determinación de SST en el laboratorio de la UNAH



Figura 17

Procedimiento para la determinación de aceites y grasas en el laboratorio de la UNAH



8.2. Matriz de consistencia

TÍTULO: “Estudio de los parámetros físicos y químicos de las aguas residuales industriales generados en el camal municipal de Huanta, 2025”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	METODOLOGÍA
General: ¿Cuál es la concentración de los parámetros físicos y químicos de aguas residuales industriales generados en el camal municipal de Huanta, 2025? Específicas: ¿Cuál es la concentración de los SST y la temperatura de aguas residuales industriales generados en el camal municipal de Huanta, 2025? ¿Cuál es la concentración del DBO₅, DQO, aceites y grasas, y pH de aguas residuales industriales generados en el camal municipal de Huanta, 2025?	General: Estudiar la concentración de los parámetros físicos y químicos de aguas residuales industriales generados en el camal municipal de Huanta, 2025. Específicas: Determinar la concentración de los SST y la temperatura de aguas residuales industriales generados en el camal municipal de Huanta, 2025. Determinar la concentración del DBO₅, DQO, aceites y grasas, y pH de aguas residuales industriales generados en el camal municipal de Huanta, 2025.	La presente investigación es de tipo descriptivo, por lo cual no se formula hipótesis, debido a que el estudio se limita a la determinación de la concentración de los parámetros físicos y químicos de aguas residuales industriales sin establecer relaciones de causalidad ni asociación entre variables.	Parámetros físicos y químicos del agua residual industrial del camal	Tipo: Aplicada y de enfoque cuantitativo Nivel: Descriptivo Diseño: No experimental de tipo longitudinal. Población: Aguas residuales del camal municipal de Huanta Muestra: 4 muestras antes del tanque sedimentador (PM1) y 4 muestras después del tanque (PM2). Recolección de datos: Cadena de custodia y técnicas de titulación, respirométrica y gravimetría. Análisis de datos: estadística descriptiva.

8.3. Cadena de Custodia

[illegible]

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA									
Proyecto de Tesis									
"Laboratorio de Biotecnología y Química"									
FORMATO									
Cadena de Custodia - Agua									
		Solicitante: LUZ ESTRELA ROBLES AYQUIPA Dirección/Distrito/Prov./Dep.: ANEXO HUALLAYVOC SIN HUANTA, AYACUCHO Procedencia de la muestra / Proyecto: ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES GENERADOS EN EL COMPLEJO INDUSTRIAL DE HUANTA, 2025							
Fecha de Muestra: 09/05/2025 Persona de Contacto: LUZ ESTRELA ROBLES AYQUIPA Correo electrónico: AYQUIPALUZ87@GMAIL.COM Teléfono: 954714394		PARÁMETROS EN CAMPO pH: 7.6 Temperatura (°C): 15.4 Conductividad (µS/cm): Duro Total (mg/L): Duro Libre (mg/L): OBSERVACIONES EN CAMPO: COLOR ROJOZO INTENSO CON GRASAS CANTIDAD DE SÓLIDOS, PELOS Y GRASAS (Indicar observaciones relevantes en el monitoreo: color, olor, clima, materiales extraños, etc.)							
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		ENSAYOS SOLICITADOS (S) Demanda Biológica de Oxígeno: 4 x Demanda Química de Oxígeno: 4 x TSS: 4 x Acidez y Grasas: 4 x Coordinada UTM: E: 582436 N: 8568432 Tipo de Muestra: AR Hora de muestreo: 12:00PM Código de Campo: PM1 Hora de muestreo: 12:05PM Código de Campo: PM2							
Equipos Utilizados en el muestreo		Equipos Utilizados en el muestreo Nombre del equipo: Marca: Código interno: 1. Subterránea 2. Superficiales 3. Residual Doméstica 4. Residual Industrial 5. Residual Municipal 6. De Bebida 6.1. Potable 6.2. De mesa 6.3. Envasada 7. De piscina 8. Laguna Artificial							
Agua Residual (AR) 3. Residual Doméstica 4. Residual Industrial 5. Residual Municipal		Agua Para Uso y Consumo Humano (AUC) 6. De Bebida 6.1. Potable 6.2. De mesa 6.3. Envasada 7. De piscina 8. Laguna Artificial		CONTROL DE CALIDAD BIC: Blanco de campo, BIV: Blanco viajero DUP: Duplicado de Campo Observaciones: LAS MUESTRAS SE HICIERON PREDETERMINADO SE TOMÓ ANTES (PM1) Y DESPUÉS (PM2) DEL TANQUE DE SEDIMENTACIÓN					
Agua Residual (AR) 3. Residual Doméstica 4. Residual Industrial 5. Residual Municipal		Agua Para Uso y Consumo Humano (AUC) 6. De Bebida 6.1. Potable 6.2. De mesa 6.3. Envasada 7. De piscina 8. Laguna Artificial		CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS - Lab. Envases adecuados Muestras dentro de tiempo de conservación Condiciones de conservación (T°) Preservación Código de equipo: TCV					
Observaciones:		Observaciones:							
Solicitante: LUZ ESTRELA ROBLES AYQUIPA Fecha: 09/05/2025 Hora: 12:30PM		Responsable de muestreo: LUZ ESTRELA ROBLES AYQUIPA Fecha: 09/05/2025 Hora: 12:30PM							
Firma:		Firma:							

[illegible]

8.4. Procedimiento de DBO₅ del Sistema de medición DBO

6 Determinación de la DBO

¡ADVERTENCIA! Tenga en cuenta las **INDICACIONES DE SEGURIDAD** del principio de este manual de instrucciones. La muestra, el KOH y el inhibidor de nitrificación pueden representar posibles **PELIGROS**.

6.1 Elección del volumen de la muestra

El valor de DBO a esperar de la muestra determina el volumen a emplear. De aquí resulta un intervalo de medida de DBO (sin dilución de la muestra) de 0 – 4000 mg/l.

Intervalo de medida DBO mg/l	Volumen de la muestra en ml	Dosificación inhibidor de nitrificación ATU
0 – 40	428	10 gotas
0 – 80	360	10 gotas
0 – 200	244	5 gotas
0 – 400	157	5 gotas
0 – 800	94	3 gotas
0 – 2000	56	3 gotas
0 – 4000	21,7	1 gotas

El intervalo de medida debería elegirse de tal forma que los resultados a esperar se encuentren en la mitad superior del intervalo de medida. Si el valor DBO a esperar es desconocido, en el caso de aguas residuales domésticas puede partirse de la base que el valor DBO₅ a esperar corresponde aproximadamente al 80% del valor DQO.

6.2 Preparación de la muestra de agua

1. Comprobar el valor del pH de la muestra de agua residual. El valor óptimo del pH se encuentra entre 6,5 y 7,5. Cualquier desviación mayor produce un valor de DBO menor. En caso de un valor de pH demasiado elevado, puede neutralizarse p. ej. con ácido clorhídrico diluido (1 molar) o con ácido sulfúrico diluido (1 molar); en caso de un valor de pH demasiado bajo, con una solución de hidróxido sódico (1 molar).
2. Según las instrucciones en cada caso mezclar bien la muestra de agua, dejarla depositar brevemente, filtrarla u homogeneizarla.
3. Medir exactamente la cantidad de muestra necesaria (véase 6.1) con el correspondiente matraz aforado de rebose e introducirla en el frasco para muestras (si es necesario usar un embudo). Los volúmenes de muestra predefinidos deben ser introducidos con exactitud, de lo contrario pueden producirse errores de medición graves. Aquí hay que poner especial atención a la distribución uniforme de las sustancias en suspensión. Es recomendable realizar de cada muestra una determinación doble o triple. En muestras iguales con diferente proporción de partículas en suspensión deben esperarse resultados correspondientemente divergentes. En caso de gran dispersión de los valores deberían repetirse las mediciones.

4. Para inhibir la nitrificación se recomienda la adición del inhibidor de nitrificación B. Esto debe tenerse en cuenta especialmente en el intervalo de medida bajo de 0 - 40 mg/l, p. ej. en el tratamiento de aguas residuales. La recomendación para una dosificación óptima del inhibidor de nitrificación B (=aliltiurea / ATU) depende del intervalo de medida (véase 6.1 Elección del volumen de la muestra).

Nota: Las bacterias nitrificantes consumen también oxígeno. Esta disminución de oxígeno puede presentarse dentro de los primeros cinco días, especialmente en el caso de muestras con valores de DBO reducidos. En la determinación de la DBO normalmente no debería registrarse la disminución de oxígeno de nitrificantes. Con el inhibidor de nitrificación B es posible anular la actividad de estas bacterias mediante inhibición enzimática, de manera que la DBO resulte sólo de la degradación de sustancias orgánicas. Si justamente debe determinarse la disminución de oxígeno en el marco de la nitrificación (N-DBO), puede considerarse una comparación de la muestra con y sin inhibidor de nitrificación. La diferencia entre los valores de DBO corresponde entonces a la demanda de oxígeno de las bacterias nitrificantes.

5. Introduzca en cada frasco para muestras una varilla agitadora magnética limpia y, en el estuche seco, añada 3-4 gotas de la solución de hidróxido potásico al 45 % (sirve para enlazar el dióxido de carbono). Seguidamente introduzca el estuche en el frasco para muestras.

¡ATENCIÓN! La muestra no debe entrar en contacto en ningún caso con la solución de hidróxido potásico. Esto podría alterar los valores de medición.

¡ATENCIÓN! No utilice en ningún caso grasas u otros lubricantes como agente obturador adicional para los sensores de DBO o para los estuches. Tales productos pueden contener disolventes que ataquen la carcasa de los sensores. Esto puede producir graves daños en la carcasa de plástico, hasta producir el fallo de los sensores. ¡No nos responsabilizamos de los daños causados por el empleo de grasas para juntas!

6. La muestra preparada debe llevarse a la temperatura deseada ± 1 °C antes de iniciar la medición. (P. ej. 20 °C ± 1 °C). Esto puede realizarse por ejemplo agitando uniformemente la muestra sobre el sistema inductivo de agitación en el armario termostático.

BD 600 dispone de una función Autoinicio que puede conectarse opcionalmente y que permite el empleo de muestras a una temperatura de 15 a 21 °C. Con la función Autoinicio conectada, el sistema comprueba a intervalos determinados si en el frasco para DBO ha tenido lugar una disminución de presión y, sólo entonces, se inicia la medición del tiempo (como máximo tres horas después del inicio de un sensor DBO, se empieza a contabilizar el tiempo, independientemente de si hasta el momento se determinó o no una disminución de la presión).

7. Coloque los sensores para la DBO sobre los frascos para muestras y atorníllelos cuidadosamente. Esto es especialmente importante puesto que el sistema debe ser completamente estanco. Seguidamente coloque el frasco para DBO con el sensor atornillado en el soporte para frascos. Esto puede hacerse directamente dentro del armario termostático. Alternativamente, gracias a la construcción de fácil manejo del DB600, también es posible sacar del armario termostático todo el aparato de base para la DBO con el soporte integrado para frascos mientras el sistema inductivo de agitación permanece dentro del armario. Para ello es necesario desconectar el cable de alimentación del DB 600.

¡ADVERTENCIA! No tire del cable.

Después de haber cargado el soporte con los frascos para la DBO, se posiciona en el sistema inductivo de agitación, de modo que los 4 tornillos de ajuste se sujeten en las entalladuras correspondientes del mecanismo de agitación.

8. Inicie la muestra (véase el apartado 5.5.2 Iniciar medición / serie de medición)
9. Incube la muestra según las normas (p. ej. DBO₅ para 5 días a 20 °C).

8.5. Procedimiento de DQO - SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 B

5220 B. Método de reflujo abierto

1. Discusión general

a. Principio: La mayoría de los tipos de materia orgánica se oxidan mediante una mezcla hirviendo de ácidos crómico y sulfúrico. Se somete una muestra a reflujo en una solución fuertemente ácida con un exceso conocido de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$). Tras la digestión, el $K_2Cr_2O_7$ no reducido restante se valora con sulfato ferroso de amonio para determinar la cantidad de $K_2Cr_2O_7$ consumida y se calcula la materia oxidable en términos de equivalente de oxígeno. Mantenga constantes las proporciones de peso, volumen y concentración de los reactivos cuando se utilicen volúmenes de muestra distintos de 50 ml. El tiempo de reflujo estándar de 2 horas puede reducirse si se ha demostrado que un período más corto produce los mismos resultados. Es posible que algunas muestras con una DQO muy baja o con un contenido de sólidos muy heterogéneo deban analizarse por duplicado para obtener los datos más fiables. Los resultados se mejoran aún más haciendo reaccionar una cantidad máxima de dicromato, siempre que quede algo de dicromato residual.

2. Aparatos

a. Aparato de reflujo, compuesto por matraces Erlenmeyer de 500 o 250 ml con cuello esmerilado 24/40 y camisa de 300 mm, condensador Liebig, West o equivalente con junta esmerilada 24/40, y una placa calefactora con potencia suficiente para producir al menos $1,4 \text{ W/cm}^2$ de superficie de calentamiento, o equivalente.

b. Licuadora.

c. Pipetas, clase A y de calibre ancho.

3. Reactivos

a. Solución estándar de dicromato de potasio, 0,04167 M: Disuelva 12,259 g de $K_2Cr_2O_7$, de grado estándar primario, previamente secado a 150°C durante 2 h, en agua destilada y diluya hasta 1000 ml. Este reactivo sufre una reacción de reducción de seis electrones; la concentración equivalente es $6 \times 0,04167 \text{ M}$ o $0,2500 \text{ N}$.

b. Reactivo de ácido sulfúrico: Añadir Ag_2SO_4 , grado reactivo o técnico, cristales o polvo, a H_2SO_4 concentrado a razón de 5,5 g de Ag_2SO_4 /kg de H_2SO_4 . Dejar reposar durante 1 o 2 días para que se disuelva. Mezclar.

c. Solución indicadora de ferroína: Disuelva 1,485 g de 1,10-fenantrolina monohidratada y 695 mg de $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ en agua destilada y diluya hasta 100 ml. Esta solución indicadora se puede adquirir ya preparada.*

d. Titante estándar de sulfato ferroso de amonio (FAS), aproximadamente 0,25 M: Disuelva 98 g de $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ en agua destilada. Añadir 20 ml de H_2SO_4 concentrado, enfriar y diluir hasta 1000 ml. Estandarizar esta solución diariamente con la solución estándar $K_2Cr_2O_7$ de la siguiente manera:

Diluir 25,00 ml de $K_2Cr_2O_7$ estándar hasta aproximadamente 100 ml. Añadir 30 ml de H_2SO_4 concentrado y enfriar. Valorar con valorante FAS utilizando 0,10 a 0,15 ml (2 a 3 gotas) de indicador ferroína.

Molaridad de la solución FAS

$$= \frac{\text{Volumen de solución titulada } 0,04167 \text{ M } K_2Cr_2O_7, \text{ ml}}{\text{Volumen de FAS utilizado en la titulación, ml}} \times 0,2500$$

e. Sulfato mercurico, $HgSO_4$, cristales o polvo.

f. Ácido sulfámico: solo necesario si se desea eliminar la interferencia de los nitritos (véase 5220A.2 más arriba).

g. Estándar de ftalato de potasio e hidrógeno (KHP), $HOOC_6H_4COOK$: Triturar ligeramente y secar el KHP a 110°C hasta obtener un peso constante. Disolver 425 mg en agua destilada y diluir hasta 1000 ml. El KHP tiene una DQO¹ teórica de 1,176 mg O_2 /mg y esta solución tiene una DQO teórica de 500 $\mu\text{g } O_2$ /mL. Esta solución es estable cuando se refrigera, pero no indefinidamente. Esté atento al desarrollo de crecimiento biológico visible. Si es posible, prepare y transfiera la solución en condiciones estériles. Por lo general, la preparación semanal es satisfactoria.

4. Procedimiento

a. Tratamiento de muestras con una DQO >50 mg O_2 /L: mezclar la muestra si es necesario y pipetear 50,00 ml en un matraz de reflujo de 500 ml. Para muestras con una DQO >900 mg O_2 /L, utilizar una porción más pequeña diluida a 50,00 ml. Añadir 1 g de $HgSO_4$, varias perlas de vidrio y, muy lentamente, añadir 5,0 ml de reactivo de ácido sulfúrico, mezclando para disolver el $HgSO_4$. Enfríe mientras mezcla para evitar la posible pérdida de materiales volátiles. Añadir 25,00 ml de solución de 0,04167 M de $K_2Cr_2O_7$ y mezcle. Conecte el matraz al condensador y encienda el agua de refrigeración. Añadir el resto del reactivo de ácido sulfúrico (70 ml) a través del extremo abierto del condensador. Continúe agitando y mezclando mientras añade el reactivo de ácido sulfúrico. PRECAUCIÓN: Mezcle bien la mezcla de reflujo antes de aplicar calor para evitar el calentamiento local del fondo del matraz y una posible explosión del contenido del mismo.

Cubra el extremo abierto del condensador con un vaso de precipitados pequeño para evitar que entren materiales extraños en la mezcla de reflujo y refluya durante 2 h. Enfríe y lave el condensador con agua destilada. Desconecte el condensador de reflujo y diluya la mezcla hasta aproximadamente el doble de su volumen con

* GFS Chemicals, Inc., Columbus, Ohio, o equivalente.

agua destilada. Enfríe a temperatura ambiente y valore el exceso de $K_2Cr_2O_7$ con FAS, utilizando de 0,10 a 0,15 ml (2 a 3 gotas) de indicador ferroina. Aunque la cantidad de indicador ferroina no es crítica, utilice el mismo volumen para todas las valoraciones. Tome como punto final de la valoración el primer cambio brusco de color de azul verdoso a rojizo

marrón que persiste durante 1 minuto o más. Las determinaciones duplicadas deben coincidir en un 5 % de su promedio. Las muestras con sólidos en suspensión o componentes que se oxidan lentamente pueden requerir determinaciones adicionales. El color azul verdoso puede reaparecer. Del mismo modo, refluya y valore un blanco que contenga los reactivos y un volumen de agua destilada igual al de la muestra.

b. Procedimiento alternativo para muestras con bajo contenido de DQO: Siga el procedimiento del párrafo 4a, con dos excepciones: (i) utilice una solución estándar de 0,004167 M de $K_2Cr_2O_7$, y (ii) valore con una solución estandarizada de 0,025 M de FAS. Tenga mucho cuidado con este procedimiento, ya que incluso una pequeña cantidad de materia orgánica en el material de vidrio o procedente de la atmósfera puede provocar errores graves. Si se requiere un mayor aumento de la sensibilidad, concentre un mayor volumen de muestra antes de la digestión a reflujo de la siguiente manera: añada todos los reactivos a una muestra de más de 50 ml y reduzca el volumen total a 150 ml hirviendo en el matraz de reflujo abierto a la atmósfera sin el condensador conectado. Calcule la cantidad de $HgSO_4$ que se debe añadir (antes de la concentración) sobre la base de una relación de peso de 10:1, $HgSO_4:Cl^-$, utilizando la cantidad de Cl^- presente en el volumen original de la muestra. Realice el mismo procedimiento con un reactivo en blanco. Esta técnica tiene la ventaja de concentrar la muestra sin pérdidas significativas de materiales volátiles fácilmente digeribles. Se pierden los materiales volátiles difíciles de digerir, como los ácidos volátiles, pero se obtiene una mejora con respecto a los métodos de concentración por evaporación ordinarios. No se espera que las determinaciones duplicadas sean tan precisas como en 5220B.4a.

c. Determinación de la solución estándar: Evaluar la técnica y la calidad de los reactivos realizando la prueba con una solución estándar de ftalato de potasio e hidrógeno.

5. Cálculo

$$COD \text{ en mg } O_2 / L = \frac{(A - B) \times M \times 8000}{\text{ml de muestra}}$$

donde:

A = ml de FAS utilizados para el blanco,

B = ml de FAS utilizados para la muestra,

M = molaridad de FAS, y

8000 = peso miliequivalente de oxígeno $\times$ 1000 ml.

6. Precisión y sesgo

Un conjunto de muestras sintéticas que contenían ftalato de hidrógeno potásico y NaCl fue analizado por 74 laboratorios. Con una DQO de 200 mg O_2 /L en ausencia de cloruro, la desviación estándar fue de ± 13 mg/L (coeficiente de variación, 6,5 %). Con una DQO de 160 mg O_2 /L y 100 mg Cl^- /L, la desviación estándar fue de ± 14 mg/L (coeficiente de variación, 10,8 %).

7. Referencia

1. PITWELL, L.R. 1983. COD estándar. *Chem. Brit.* 19:907.

8. Bibliografía

MOORE, W.A., R.C. KRONER y C.C. RUCHHOFF. 1949. Reflujo de dicromato.

Método para determinar el oxígeno consumido. *Anal. Chem.* 21: 953.

MEDALLA, A.I. 1951. Prueba para detectar trazas de materia orgánica en el agua. *Anal. Chem.* 23:1318.

MOORE, W.A., F.J. LUDZACK y C.C. RUCHHOFF. 1951. Determinación de los valores de oxígeno consumido de los residuos orgánicos. *Anal. Chem.* 23:1297. DOBBS, R.A. y R.T. WILLIAMS. 1963. Eliminación de la interferencia del cloruro

en la prueba de demanda química de oxígeno. *Anal. Chem.* 35:1064.

8.6. Procedimiento de Aceites y grasas - EPA Method 1664

11.0 Procedimiento

Este método es completamente empírico. Sólo se pueden obtener resultados precisos y exactos mediante el estricto cumplimiento de todos los detalles.

NOTA: El procedimiento siguiente se basa en la preparación, extracción y análisis de una muestra de 1 litro. Si se recolecta un volumen menor para el análisis, el laboratorio debe diluir la muestra a 1 litro con agua reactiva para que los resultados del IPR, el blanco, el OPR, el MS y, si se realiza, el MSD, sean consistentes. También es importante que todas las superficies de cristalería se enjuaguen con n-hexano para efectuar una transferencia cuantitativa de los constituyentes de la muestra y del hexadecano/ácido esteárico en el IPR, OPR, MS y, si se realiza, el MSD.

11.1 Preparación del lote analítico.

11.1.1 Lleve el lote analítico de muestras, incluidas las alícuotas de muestra para MS (y MSD), a temperatura ambiente.

11.1.2 Coloque aproximadamente 1000 ml (950–1050 ml) de agua reactiva (Sección 7.1) en un recipiente limpio, botella de muestra para que sirva como blanco de laboratorio.

11.1.3 Prepare el OPR (Sección 9.6) utilizando el estándar PAR (Sección 7.11).

11.1.4 Marque la botella de muestra en el menisco del agua o pese la botella para más adelante, determinación del volumen de muestra. El pesaje será más preciso. Marcar o pesar el MS (y el MSD).

11.2 verificación de pH

11.2.1 Verifique que el pH de la muestra sea inferior a 2 mediante el siguiente procedimiento:

11.2.1.1 Sumerja una varilla agitadora de vidrio en la muestra bien mezclada.

11.2.1.2 Retire la varilla agitadora y permita que una gota de la muestra caiga o toque el papel de pH.

NOTA: No sumerja el papel de pH en la botella ni toque la muestra en la tapa.

11.2.1.3 Enjuague la varilla agitadora con una pequeña porción de n-hexano que se utilizará para extracción (para garantizar que no se pierda material extraíble en la varilla agitadora). Recoja el enjuague en el embudo de decantación que se utilizará para la extracción de muestras.

11.2.2 Si la muestra tiene un pH neutro, agregue 5-6 ml de HCl o H₂ENTONCES₄ solución (Sección 7.2) a la Muestra de 1 litro. Si la muestra tiene un pH alto, utilice una cantidad proporcionalmente mayor de HCl o H₂ENTONCES₄ solución. Si se recolectó un volumen de muestra más pequeño, use una cantidad proporcionalmente menor de HCl o H₂ENTONCES₄ solución.

11.2.3 Vuelva a colocar la tapa y agite la botella para mezclar bien. Comprobar el pH de la muestra, utilizando el procedimiento de la Sección 11.2.1. Si es necesario, agregue más ácido a la muestra y vuelva a realizar la prueba.

11.2.4 Agregue la cantidad adecuada de HCl o H₂ENTONCES₄ solución al blanco, OPR, MS (y MSD) para ajustar el pH de estas soluciones a <2.

NOTA: El procedimiento que se detalla a continuación es para extracción líquido-líquido con embudo de decantación. La extracción en fase sólida (SPE) se puede utilizar a discreción del descargador/generador y su laboratorio. Sin embargo, si se utiliza SPE, es responsabilidad del descargador/generador y del laboratorio garantizar que los resultados obtenidos sean equivalentes a los resultados obtenidos mediante el procedimiento siguiente. Sin embargo, cabe señalar que debido a la naturaleza de algunas descargas/corrientes de desechos, no todas las muestras pueden ser susceptibles de análisis con un método modificado (por ejemplo, SPE como modificación) y para estas muestras, se debe aplicar 1664B tal como está escrito.

11.3 Extracción

11.3.1 Tara un matraz de ebullición limpio que contenga de 3 a 5 virutas de ebullición de la siguiente manera:

11.3.1.1 Coloque el matraz que contiene las virutas en un horno a 105-115°C durante un mínimo de 2 h para secar el matraz y las virutas.

11.3.1.2 Retirar del horno y transferir inmediatamente a un desecador para que se enfríe. temperatura ambiente.

11.3.1.3 Cuando esté frío, retírelo del desecador con unas pinzas y pese inmediatamente, en una balanza calibrada (Sección 10).

11.3.2 Vierta la muestra en el embudo de decantación.

11.3.3 Agregue 30 ml de n-hexano a la botella de muestra y selle la botella con la botella original. gorra. Agite la botella para enjuagar todas las superficies interiores de la botella, incluida la tapa de la botella. Vierta el disolvente en el embudo de decantación.

11.3.4 Extraiga la muestra agitando vigorosamente el embudo de decantación durante 2 minutos con Ventilación periódica en una campana para liberar el exceso de presión.

11.3.5 Dejar que la fase orgánica se separe de la fase acuosa durante un mínimo de 10 minutos. Si se forma una emulsión entre las fases y la emulsión es mayor que un tercio del volumen de la capa de solvente, el laboratorio debe emplear técnicas de ruptura de la emulsión para completar la separación de fases. La técnica óptima depende de la muestra, pero puede incluir agitación, filtración a través de lana de vidrio, uso de papel de separación de fases de disolvente, centrifugación, uso de un baño ultrasónico con hielo, adición de NaCl u otros métodos físicos. Alternativamente, se puede utilizar extracción en fase sólida (SPE), extracción líquida-líquida continua u otras técnicas de extracción para evitar la formación de emulsión, siempre que se cumplan los requisitos de la Sección 9.1.2.

11.3.6 Drene la capa acuosa (capa inferior) en el recipiente de muestra original. Escurrir un pequeño cantidad de capa orgánica en el recipiente de muestra para minimizar la cantidad de agua que queda en el embudo de decantación.

NOTA: Se debe minimizar la cantidad de agua que queda con el n-hexano para evitar la disolución o la formación de grumos del sulfato de sodio en el proceso de secado del extracto.

NOTA: Las propiedades específicas de una muestra pueden requerir el uso de mayores cantidades de Na₂ENTONCES₄.

11.3.7 Coloque un papel de filtro (Sección 6.5.2) en un embudo de filtración (Sección 6.5.1), agregue aproximadamente 10 g de Na anhidro:ENTONCES₄ y enjuagar con una pequeña porción de n-hexano. Deseche el enjuague.

11.3.8 Drene la capa de n-hexano (capa superior) del embudo de decantación a través del Na₂ENTONCES₄ en el matraz de ebullición previamente pesado que contiene las virutas de ebullición (Sección 11.3.1.3).

NOTA: Es importante que se elimine el agua en este paso. Se permite que el agua se filtre a través del Na₂ENTONCES₄ disolverá parte del Na₂ENTONCES₄ y llevarlo al matraz de ebullición comprometiendo la determinación.

11.3.9 Repita la extracción (Secciones 11.3.3–11.3.6 y 11.3.8) dos veces más con porciones frescas de 30 ml de n-hexano, combinando los extractos en el matraz de ebullición.

11.3.10 Enjuague la punta del embudo de decantación, el papel de filtro y el embudo con 2 o 3 pequeños (3 a 5 ml) de porciones de n-hexano. Recoger los enjuagues en el matraz.

NOTA: Para muestras que se espera que contengan una alta concentración de sal (p. ej., aguas de instalaciones de producción de petróleo), puede ser prudente recolectar el extracto en un embudo de decantación de 250 ml y retroextraerlo con agua reactiva. Después de la retroextracción, el extracto debe drenarse a través de Na₂ENTONCES₄ para eliminar todos los restos de agua.

11.3.11 Un extracto lechoso indica la presencia de agua. Si el extracto es lechoso, dejar que el solución deje reposar durante hasta una hora para permitir que el agua se asiente. Decantar la capa de disolvente (capa superior) a través de sulfato de sodio para eliminar el exceso de agua como en las Secciones 11.3.7 y 11.3.8. Enjuague la cristalería y el sulfato de sodio con pequeñas porciones de nhexano para efectuar una transferencia cuantitativa.

11.3.12 Si solo se va a determinar SGT-HEM, proceda a la Sección 11.5.

11.4 destilación de solventes

11.4.1 Conecte el matraz de ebullición al aparato del cabezal de destilación y destile el disolvente sumergiendo la mitad inferior del matraz en un baño de agua o un baño de vapor. Ajuste la temperatura del agua según corresponda para completar la concentración. El solvente puede recolectarse para su reutilización siempre que el laboratorio pueda demostrar que el solvente cumple o excede las especificaciones de pureza establecidas en la Sección 7.3.

11.4.2 Cuando la temperatura en el cabezal de destilación alcanza aproximadamente 70°C o el matraz parece casi seco, retire el cabezal destilador. Barra el matraz durante 15 segundos con aire para eliminar el vapor de disolvente insertando un tubo de vidrio conectado a una fuente de vacío.

11.4.2.1 Con unas pinzas, retire inmediatamente el matraz de la fuente de calor mientras aún contiene aproximadamente 2 ml de líquido residual. Seque la superficie exterior para eliminar la humedad y las huellas dactilares y coloque el matraz en una campana hasta que se logre una sequedad visible mientras se enfría a temperatura ambiente.

11.4.2.2 Si se desea, el matraz se puede colocar en un horno capaz de mantener al usuario temperatura definida dentro de ± 2 °C (hasta 70 °C máx.) durante un período de tiempo definido por el usuario (hasta 45 minutos máx.).

NOTA: El laboratorio debe monitorear cuidadosamente el matraz durante las etapas finales de la destilación para asegurar que se elimine todo el solvente y evitar la pérdida de los componentes más volátiles de la muestra. Los mejores resultados se logran cuando el matraz se retira de la fuente de calor mientras todavía contiene unos pocos ml de líquido residual y se logra una sequedad visible mientras se enfría el matraz a temperatura ambiente.

11.4.3 Inspeccione el residuo en el matraz de ebullición en busca de cristales. La formación de cristales es una indicación. ese sulfato de sodio puede haberse disuelto y pasado al matraz de ebullición. Esto puede suceder si se excede la capacidad de secado del sulfato de sodio o si la muestra no se ajusta a un pH bajo. Si se observan cristales, redissolver el extracto en n-hexano, transferir cuantitativamente a través de un filtro a otro matraz de ebullición tarado y repetir el procedimiento de destilación (Secciones 11.4.1 a 11.4.2).

11.4.4 Continúe secando y enfriando el matraz a temperatura ambiente en un desecador durante 30 minutos como mínimo. Retirar con unas pinzas y pesar inmediatamente. Mientras esté a temperatura ambiente y sin calentamiento adicional, repita el ciclo de desecación y pesaje hasta que la pérdida de peso del matraz y del residuo seco es inferior al 4 % del peso anterior o inferior a 0,5 mg, lo que sea menor. El pesaje final debe usarse para determinar el valor de HEM o SGT-HEM, según corresponda.

11.4.4.1 Si el extracto fue del procedimiento HEM, determine el HEM (W_h) por restando la tara (Sección 11.3.1) del peso total del matraz.

11.4.4.2 Si el extracto fue del procedimiento SGT-HEM (Sección 11.5.5), determine el peso de SGT-HEM (W_s) restando el peso de tara del peso total del matraz.

11.4.5 Determine el volumen de muestra original (V_s) en litros llenando la botella de muestra hasta la marca con agua y midiendo el volumen de agua en una probeta graduada de 1 a 2 litros. Si se utilizó el peso de la muestra (Sección 11.1.4), pese la botella vacía y la tapa y determine V_s por diferencia, suponiendo una densidad de muestra de 1,00.

11.5 Determinación SGT-HEM

11.5.1 Capacidad de gel de sílice: para garantizar que no se exceda la capacidad del gel de sílice, la cantidad de HEM debe ser inferior a 100 mg o, si es superior a 100 mg, debe ser conocida.

11.5.1.1 Si se sabe que la cantidad de HEM es inferior a 100 mg, el laboratorio puede proceder con la determinación de SGT-HEM según las Secciones 11.5.3 a 11.5.5 sin determinación de HEM.

11.5.1.2 Sin embargo, si no se conoce la cantidad de HEM, primero se debe eliminar el HEM. determinado utilizando el procedimiento de las Secciones 11.3 a 11.4.

11.5.2 Materiales extraíbles en gel de sílice: porque no todos conocen la capacidad del gel de sílice sustancias, se supone que 3 g normalmente absorberán 100 mg de todos los materiales adsorbibles. Por lo tanto, para muestras que contengan 1000 mg de HEM, se necesitarán 30 g de gel de sílice. La cantidad de gel de sílice que se puede utilizar para la adsorción en el procedimiento SGT-HEM siguiente se ha limitado a 30 g debido a preocupaciones sobre posibles impurezas extraíbles en el gel de sílice. Si la cantidad de HEM en la muestra es superior a 1000 mg, divida el extracto según el siguiente procedimiento:

11.5.2.1 Agregue 85 a 90 ml de n-hexano al matraz de ebullición para volver a disolver el HEM. Si es necesario, caliente la solución para redissolver completamente el HEM.

11.5.2.2 Transfiera cuantitativamente el extracto a un matraz aforado de 100 ml. diluir a la marca con n-hexano.

11.5.2.3 Calcular el volumen de extracto que contiene 1000 mg de material extraíble. según la siguiente ecuación:

$$V_a = \frac{1000V_t}{W_h}$$

Ecuación 4

dónde:

V_a = Volumen de la alícuota a retirar (mL) V_t = Volumen total de disolvente utilizado en la Sección 11.5.2.2 (mL) W_h = Peso del material extraíble de la medición HEM (mg)

11.5.2.4 Utilizando una pipeta calibrada, retirar el volumen a extraer (V_a) y volver al matraz de ebullición. Diluir hasta aproximadamente 100 ml con n-hexano.

11.5.3 Adsorción con gel de sílice

11.5.3.1 Añadir $3,0 \pm 0,3$ g de gel de sílice anhidro (Sección 7.7) al matraz de ebullición para cada 100 mg de HEM, o fracción del mismo, hasta un máximo de 30 g de gel de sílice. Por ejemplo, si el peso de HEM es 735 mg, agregue $3 \times 8 = 24$ g de gel de sílice.

11.5.3.2 Agregue una barra agitadora recubierta de fluoropolímero al matraz y agite la solución en un agitador magnético durante un mínimo de 5 minutos.

11.5.4 Filtrar la solución a través de papel de filtro humedecido con n-hexano en un recipiente previamente secado y tarado. Matraz de ebullición que contiene varias virutas de ebullición. Enjuague el gel de sílice y el papel de filtro con varias cantidades pequeñas de n-hexano para completar la transferencia.

11.5.5 Destilar la solución y determinar el peso de SGT-HEM según la Sección 11.4.

8.7. Procedimiento de SST - SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 B

2540 B. Sólidos totales secados a 103–105 °C

1. Discusión general

a. Principio: Una muestra bien mezclada se evapora en una cápsula pesada y se seca hasta peso constante en un horno a 103-105 °C. El aumento de peso con respecto a la cápsula vacía representa los sólidos totales. Los resultados pueden no representar el peso real de los sólidos disueltos y suspendidos en las muestras de aguas residuales (véase más arriba). b. Interferencias: El agua altamente mineralizada con una concentración significativa de calcio, magnesio, cloruro o sulfato puede ser higroscópica y requerir un secado prolongado, una desecación adecuada y un pesaje rápido. Excluya de la muestra las partículas grandes flotantes o los aglomerados sumergidos de materiales no homogéneos si se determina que su inclusión no es deseable en el resultado final.

Disperse el aceite y la grasa flotantes visibles con una licuadora antes de extraer una porción de muestra para su análisis. Dado que un exceso de residuos en la placa puede formar una costra que retiene el agua, limite la muestra a un máximo de 200 mg de residuos (véase 2540A.2).

2. Aparato

- a. Platos de evaporación: Platos de 100 mL de capacidad hechos de uno de los siguientes materiales: 1) Porcelana, diámetro 90 mm.
- 2) Platino: Generalmente satisfactorio para todos los propósitos.
- 3) Vidrio con alto contenido de sílice.* b. Horno de mufla para operación a 550 °C.
- c. Baño de vapor.
- d. Desecador, provisto de un desecante con un indicador de color de la concentración de humedad o un indicador instrumental.
- e. Horno de secado, para operar a una temperatura de 103 a 105 °C. f. Balanza analítica, con capacidad de pesaje de hasta 0,1 mg.
- g. Agitador magnético con barra de agitación de TFE. h. Pipetas de calibre ancho.† i. Probeta. j. Vaso de precipitados de forma baja.‡

3. Procedimiento

- a. Preparación de la cápsula de evaporación: Si se van a medir sólidos volátiles, calcine la cápsula de evaporación limpia a 550 °C durante 1 h en un horno de mufla. Si solo se van a medir sólidos totales, caliente la cápsula de evaporación limpia.

Calentar la placa a una temperatura de 103 a 105 °C durante 1 h. Conservar y enfriar la placa en un desecador.

hasta que se necesite. Pesar inmediatamente antes de

usar. b. Análisis de la muestra: Elija un volumen de muestra que produzca un residuo entre 2,5 y 200 mg. Pipetee un volumen medido de muestra bien mezclada, durante la mezcla, a un plato prepesado. Para muestras homogéneas, pipetee desde el punto medio aproximado del recipiente, pero no en el vórtice. Elija un punto tanto a media profundidad como a medio camino entre la pared y el vórtice. Evapore a sequedad en un baño de vapor o en un horno de secado. Agite la muestra con un agitador magnético durante la transferencia. Si es necesario, agregue porciones sucesivas de muestra al mismo plato después de la evaporación. Cuando se evapora en un horno de secado, baje la temperatura a aproximadamente 2 °C por debajo de la ebullición para evitar salpicaduras. Seque la muestra evaporada durante al menos 1 h en un horno a 103 a 105 °C, enfríe el plato en un desecador para equilibrar la temperatura y pese. Repita el ciclo de secado, enfriamiento, desecación y pesaje hasta obtener un peso constante o hasta que la variación de peso sea inferior al 4 % del peso anterior o 0,5 mg, lo que sea menor. Al pesar la muestra seca, preste atención a las variaciones de peso debidas a la exposición al aire o a la degradación de la muestra.

Analice al menos el 10 % de todas las muestras por duplicado. Las determinaciones duplicadas deben tener una concordancia del 5 % con respecto a su peso promedio.

4. Cálculo

$$\text{mg de sólidos totales/L} = \frac{(A - B) 1000}{\text{volumen de muestra, mL}}$$

dónde:

A peso del residuo seco del plato, mg, y B peso del plato, mg.

5. Precisión

Se realizaron análisis duplicados en un solo laboratorio de 41 muestras de agua y aguas residuales con una desviación estándar de diferencias de 6,0 mg/L.

6. Bibliografía

8.8. Registro del análisis de aceites y grasas en el laboratorio

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA		
	Proyecto de investigación		
	<i>Análisis de laboratorio</i>		
	FORMATO		
Determinación de aceites y grasas			

I.- REFERENCIA

EPA 1664, Rev. B 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

II.- PROCEDIMIENTO

- Seguir el procedimiento de "Determinación de Aceites y grasas por N- Hexano"

Fecha	N°	Código de la Muestra	Peso Inicial 1	Peso Inicial 2	Peso Inicial 3	Peso Inicial (g)	CINC	Peso Final 1	Peso Final 2	Peso Final 3	Peso Final (g)	CINC	Vol. de Muestra (mL)	A y E (mg/L)
25/04/25	1	Blanco (BK)	57.0380	57.0380	57.0381	57.0380	C	57.0380	57.0380	57.0382	57.0381	C	1000	0
25/04/25	2	PM1-AVE (m1)	57.0380	57.0380	57.0381	57.0380	C	57.0448	57.0450	57.0451	57.0450	C	250	28
25/04/25	3	PM1-AVE (m2)	50.3712	50.3711	50.3710	50.3711	C	50.3787	50.3788	50.3789	50.3788	C	250	31
25/04/25	4	PM2-AVE (m1)	55.8285	55.8286	55.8282	55.8284	C	55.8330	55.8334	55.8332	55.8331	C	250	14
25/04/25	5	PM2-AVE (m2)	44.0517	44.0514	44.0515	44.0515	C	44.0610	44.0630	44.0624	44.0630	C	250	22
04/05/25	1	Blanco (BK)	50.5687	50.5688	50.5690	50.5688	C	50.5687	50.5688	50.5690	50.5688	C	1000	0
04/05/25	2	PM1-AVE (m1)	50.5687	50.5688	50.5690	50.5688	C	50.5844	50.5848	50.5847	50.5848	C	400	53
04/05/25	3	PM1-AVE (m2)	50.5624	50.5631	50.5630	50.5630	C	50.4031	50.4032	50.4030	50.4031	C	400	50
04/05/25	4	PM2-AVE (m1)	50.8827	50.8829	50.8826	50.8827	C	50.9038	50.9038	50.9039	50.9038	C	400	38
04/05/25	5	PM2-AVE (m2)	50.0005	50.0006	50.0006	50.0006	C	50.0150	50.0151	50.0150	50.0150	C	400	36
16/05/25	1	Blanco (BK)	50.5708	50.5710	50.5708	50.5709	C	50.5708	50.5709	50.5707	50.5708	C	1000	0
16/05/25	2	PM1-AVE (m1)	50.5708	50.5706	50.5707	50.5707	C	50.5712	50.5715	50.5713	50.5713	C	250	27
16/05/25	3	PM1-AVE (m2)	50.0017	50.0016	50.0015	50.0016	C	50.0010	50.0024	50.0041	50.0040	C	300	25
16/05/25	4	PM2-AVE (m1)	50.8946	50.8917	50.8915	50.8916	C	50.8466	50.8468	50.8467	50.8467	C	300	17
16/05/25	5	PM2-AVE (m2)	50.8453	50.8455	50.8456	50.8455	C	50.8194	50.8198	50.8194	50.8194	C	300	15
27/05/25	1	Blanco (BK)	50.3688	50.3690	50.3690	50.3689	C	50.3688	50.3690	50.3689	50.3689	C	1000	0
27/05/25	2	PM1-AVE (m1)	50.3688	50.3690	50.3690	50.3689	C	50.3802	50.3799	50.3802	50.3801	C	350	32
27/05/25	3	PM1-AVE (m2)	50.3708	50.3726	50.3727	50.3727	C	50.3874	50.3874	50.3873	50.3874	C	400	34
27/05/25	4	PM2-AVE (m1)	50.8881	50.8888	50.8885	50.8887	C	50.8992	50.8990	50.8990	50.8991	C	400	26
27/05/25	5	PM2-AVE (m2)	44.9493	44.9492	44.9494	44.9492	C	50.0075	50.0076	50.0077	50.0076	C	350	24

8.9. Registro del análisis de SST en el laboratorio

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA		Proyecto de investigación		Análisis de laboratorio		FORMATO								
		Determinación del sólidos totales en suspensión (TSS)												
		SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 24th Ed. 2023 Solids. Total Suspended Solids Dried from 103 to 105 °C												
														
I.- REFERENCIA														
II.- PROCEDIMIENTO		* Seguir el procedimiento de "DETERMINACION DE SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES SECADO A 103 - 105 °C"												
Fecha	N° Filtro	Código de la Muestra	Peso Inicial 1	Peso Inicial 2	Peso Inicial 3	Peso Inicial (g)	C/N/C	Peso Final 1	Peso Final 2	Peso Final 3	Peso Final (g)	C/N/C	Vol. de Muestra (mL)	TSS (mg/L)
25/04/25	1	BK	0.1329	0.1332	0.1331	0.1331	C	0.1331	0.1331	0.1332	0.1331	C	1000	0
25/04/25	2	PM1-SST (m1)	0.1330	0.1327	0.1330	0.1329	C	0.1477	0.1476	0.1475	0.1476	C	15	980
25/04/25	3	PM1-SST (m2)	0.1341	0.1340	0.1341	0.1341	C	0.1469	0.1468	0.1467	0.1468	C	15	849
25/04/25	4	PM2-SST (m1)	0.1359	0.1356	0.1357	0.1357	C	0.1464	0.1464	0.1466	0.1465	C	20	537
25/04/25	5	PM2-SST (m2)	0.1329	0.1328	0.1327	0.1328	C	0.1422	0.1434	0.1430	0.1431	C	20	515
09/05/25	1	BK	0.1371	0.1370	0.1371	0.1371	C	0.1370	0.1370	0.1369	0.1370	C	1000	0
09/05/25	2	PM1-SST (m1)	0.1382	0.1380	0.1381	0.1381	C	0.1535	0.1536	0.1537	0.1536	C	15	1033
09/05/25	3	PM1-SST (m2)	0.1362	0.1363	0.1362	0.1362	C	0.1521	0.1522	0.1522	0.1522	C	15	1062
09/05/25	4	PM2-SST (m1)	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	C	0.1491	0.1489	0.1488	0.1489	C	20	722
09/05/25	5	PM2-SST (m2)	0.1372	0.1372	0.1373	0.1372	C	0.1498	0.1499	0.1499	0.1499	C	20	632
16/05/25	1	BK	0.1327	0.1328	0.1328	0.1328	C	0.1330	0.1328	0.1328	0.1329	C	1000	0
16/05/25	2	PM1-SST (m1)	0.1327	0.1329	0.1328	0.1328	C	0.1471	0.1472	0.1472	0.1472	C	15	958
16/05/25	3	PM1-SST (m2)	0.1343	0.1342	0.1341	0.1341	C	0.1475	0.1473	0.1474	0.1474	C	15	880
16/05/25	4	PM2-SST (m1)	0.1380	0.1381	0.1379	0.1380	C	0.1503	0.1504	0.1504	0.1504	C	20	618
16/05/25	5	PM2-SST (m2)	0.1325	0.1327	0.1327	0.1326	C	0.1433	0.1433	0.1434	0.1433	C	20	535
23/05/25	1	BK	0.1372	0.1377	0.1377	0.1371	C	0.1372	0.1371	0.1370	0.1371	C	1000	0
23/05/25	2	PM1-SST (m1)	0.1372	0.1371	0.1370	0.1371	C	0.1498	0.1497	0.1496	0.1497	C	15	840
23/05/25	3	PM1-SST (m2)	0.1357	0.1355	0.1357	0.1356	C	0.1476	0.1475	0.1474	0.1475	C	15	741
23/05/25	4	PM2-SST (m1)	0.1362	0.1362	0.1362	0.1362	C	0.1468	0.1469	0.1468	0.1468	C	20	532
22/05/25	5	PM2-SST (m2)	0.1366	0.1367	0.1367	0.1367	C	0.1462	0.1462	0.1463	0.1462	C	20	478

8.10. Registro del análisis de DQO en el laboratorio

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA						
	Proyecto de investigación						
	Análisis de laboratorio						
	FORMATO						
Determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)							
I. REFERENCIA		"SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 B"					
II. PROCEDIMIENTO * Seguir el procedimiento de "Reflujo a sistema abierto"							
Fecha	Código de la Muestra	Vol. Titulante blanco	Vol. Titulante muestra	Normalidad del blanco	Vol. de Muestra (mL)	Peso miliequivalente de Oxígeno	DQO (mg/L)
25/04/25	PM1 - DQO (m1)	23ml	8.8ml	0.272	25	8000	1235.97
25/04/25	PM1 - DQO (m2)	23ml	8.2ml	0.272	25	8000	1288.19
25/04/25	PM2 - DQO (m1)	23ml	12.55ml	0.272	25	8000	909.57
25/04/25	PM2 - DQO (m2)	23ml	11.2ml	0.272	25	8000	1027.07
09/05/25	PM1 - DQO (m1)	24ml	8.8ml	0.26	25	8000	1264.64
09/05/25	PM1 - DQO (m2)	24ml	7.8ml	0.26	25	8000	1347.84
09/05/25	PM2 - DQO (m1)	24ml	11.8ml	0.26	25	8000	1015.04
09/05/25	PM2 - DQO (m2)	24ml	10.8ml	0.26	25	8000	1098.24
16/05/25	PM1 - DQO (m1)	23ml	5ml	0.27	25	8000	1555.20
16/05/25	PM1 - DQO (m2)	23ml	6ml	0.27	25	8000	1468.80
16/05/25	PM2 - DQO (m1)	23ml	8.4ml	0.27	25	8000	1261.44
16/05/25	PM2 - DQO (m2)	23ml	7.4ml	0.27	25	8000	1347.84
23/05/25	PM1 - DQO (m1)	24.6ml	8.2ml	0.25	25	8000	1312.00
23/05/25	PM1 - DQO (m2)	24.6ml	6.4ml	0.25	25	8000	1456.00
23/05/25	PM2 - DQO (m1)	24.6ml	10ml	0.25	25	8000	1168.00
23/05/25	PM2 - DQO (m2)	24.6ml	8ml	0.25	25	8000	1328.00

8.11. Registro del análisis de DBO₅ en el laboratorio

Procedimiento del Sistema de Medición del Equipo de DBO

Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)				
Fecha	PM1		PM2	
	M1	M2	M1	M2
25/04/25	1002	1005	886	902
09/05/25	1020	1032	893	907
16/05/25	1158	1124	1115	1149
23/05/25	1114	1131	1003	1106

8.12. Aseguramiento de la calidad de laboratorio de las muestras duplicadas

ASEGURAMIENTO DE CALIDAD LABORATORIO						
Demanda Biológica de Oxígeno (mg/L)						
Fecha	PM1			PM2		
	M1	M2	RPD	M1	M2	RPD
25/04/2025	1002	1005	0.3	886	902	0.7
9/05/2025	1020	1032	1.2	893	907	1.6
16/05/2025	1158	1124	3.0	1115	1149	3.0
23/05/2025	1114	1131	1.5	1003	1106	9.8
Demanda Química de Oxígeno (mg/L)						
Fecha	PM1			PM2		
	M1	M2	RPD	M1	M2	RPD
25/04/2025	1235.97	1288.19	4.1	909.57	1027.07	12.1
9/05/2025	1264.64	1347.84	6.4	1015.04	1098.24	7.9
16/05/2025	1555.2	1468.8	5.7	1261.44	1347.84	6.6
23/05/2025	1312	1456	10.4	1168	1328	12.8
Sólidos Suspendedos Totales (mg/L)						
Fecha	PM1			PM2		
	M1	M2	RPD	M1	M2	RPD
25/04/2025	980	849	14.3	537	515	4.2
9/05/2025	1033	1062	2.8	722	632	13.3
16/05/2025	958	880	8.5	618	535	14.4
23/05/2025	840	791	6.0	532	478	10.7
Aceites y grasas (mg/L)						
Fecha	PM1			PM2		
	M1	M2	RPD	M1	M2	RPD
25/04/2025	28	31	10.2	19	22	14.6
9/05/2025	52	50	3.9	38	36	5.4
16/05/2025	27	25	7.7	17	15	12.5
23/05/2025	32	34	6.1	26	24	8.0

8.13. Plano del camal municipal de Huanta

