



Universidad Nacional  
**SAN LUIS GONZAGA**



### **[Atribución 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0)**

Esta licencia permite que otros distribuyan, mezclen, adapten y construyan sobre su trabajo, incluso comercialmente, siempre que le reconozcan la creación original. Esta es la licencia más complaciente que se ofrece. Recomendado para la máxima difusión y uso de materiales con licencia.

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA  
EVALUACION DE ORIGINALIDAD



ATIT\_2026\_FIAS-011

**CONSTANCIA**

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

***Gestión de aguas residuales de restaurantes de Ica para su reutilización y  
disposición final***

Presentado por:

**MILAGROS ISABEL QUIROZ LÓPEZ**

Autor(a) del nivel PREGRADO de la Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria El resultado obtenido es **PORCENTAJE DE SIMILITUD del 5%** por el cual se otorga el calificativo de:

**APROBADO,**

Según Reglamento de Evaluación de la Originalidad

Con CÓDIGO DE MATRÍCULA N° **20163260**

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

02 de Febrero del 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"  
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
*Dr. Domingo Javier Cabel Moscote*  
DIRECTOR



**UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA” DE ICA**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**  
**Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria**



**TESIS**

Gestión de aguas residuales de restaurantes de Ica para su  
reutilización y disposición final

Línea de Investigación  
Ciencias naturales, ingeniería y tecnologías sostenibles

Autor  
Bach. MILAGROS ISABEL QUIROZ LÓPEZ

Ica - Perú  
2026

## **DEDICATORIA**

A mi familia, por ser el pilar fundamental en mi vida. Por su amor incondicional, su apoyo constante y su confianza en cada paso de mi camino académico y personal. Este logro es también suyo, fruto de sus esfuerzos, valores y enseñanzas que han guiado siempre.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia, por su constante apoyo, comprensión y respaldo a lo largo de mi formación académica. Su ejemplo y valores han sido fundamentales en la consecución de este logro. A mis docentes y asesores, por su orientación, dedicación y valiosos aportes que enriquecieron el presente estudio. A mis compañeros y colega de trabajo, por su colaboración y compromiso durante las distintas etapas del proceso investigativo. Finalmente, a todas las personas que, directa o indirectamente, hicieron posible la realización de este proyecto, mi profundo agradecimiento.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	ii
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	iii
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	iv
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	vii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	viii
<b>RESUMEN</b> .....	ix
<b>ABSTRACT</b> .....	x
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	11
<b>II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA</b> .....	17
<b>2.1 Tipo y diseño de la investigación</b> .....	17
2.1.1 Tipo de Investigación.....	17
2.1.2 Diseño de Investigación.....	17
<b>2.2 Técnicas e instrumentos de recolección de la información</b> .....	18
2.2.1 Técnicas de recolección de información.....	18
2.2.2 Instrumento de procesamiento y análisis de los datos.....	18
<b>2.3 Análisis e interpretación de los resultados</b> .....	18
<b>2.4 Procedimiento de caracterización de las aguas residuales domésticas</b> .....	18
2.4.1 Muestreo.....	18
2.4.2 Análisis de parámetros físicos.....	18
2.4.3 Parámetros químicos.....	19
2.4.4 Parámetros microbiológicos.....	22
<b>III. RESULTADOS</b> .....	23
<b>3.1 Formato de Caracterización de Aguas Residuales Domésticas</b> .....	23
3.1.1 Datos Generales.....	23
3.1.2 Condiciones Ambientales.....	23
3.1.3 Parámetros.....	23
<b>3.2 Resultados obtenidos</b> .....	24
3.2.1 Temperatura.....	24
3.2.2 Color.....	24
3.2.3 Turbidez.....	24
3.2.4 pH.....	25

3.2.5 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) .....	25
3.2.6 Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	26
3.2.7 Nitrógeno amoniacal (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) .....	26
3.2.8 Fósforo total.....	27
3.2.9 Grasas y aceites.....	27
3.2.10 Resumen de Análisis obtenidos.....	28
<b>3.3 Trampa de grasas.....</b>	<b>28</b>
3.3.1 Encuesta a restaurantes.....	28
3.3.2 Partes básicas de una trampa de grasa.....	33
3.3.3 Normas y mantenimiento.....	33
3.3.4 Diseño de la trampa de grasa.....	33
<b>IV. DISCUSIÓN.....</b>	<b>39</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>46</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>47</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>48</b>
<b>VIII. ANEXOS.....</b>	<b>51</b>
Anexo 1. Determinación de la temperatura.....	51
Anexo 2. Determinación del color.....	52
Anexo 3. Determinación de la Turbidez de Aguas Residuales Domésticas.....	53
Anexo 4. Determinación de Sólidos Totales en Aguas Residuales Domésticas.....	54
Anexo 5. Determinación de Sólidos Disueltos Totales (SDT).....	55
Anexo 6. Determinación de Sólidos Sedimentables.....	56
Anexo 7. Métodos para determinar el pH en aguas residuales.....	57
Anexo 8. Procedimiento estándar para analizar la DBO <sub>5</sub> .....	58
Anexo 9. Análisis de DO.....	59
Anexo 10. procedimientos estandarizados para cada parámetro, basados en los métodos recomendados por la APHA, EPA y normativa internacional.....	60
Anexo 11. Método estándar para el análisis de Fósforo total.....	62
Anexo 12. Método estándar para la determinación de Grasas y Aceites.....	63
Anexo 13. Método estándar para el análisis de detergentes.....	64
Anexo 14. Análisis de metales pesados.....	65
Anexo 15. Análisis de Coliformes.....	67
Anexo 16. Escherichia coli (E. coli) .....	69
Anexo 17. Encuesta para el diseño de trampas de grasa en restaurantes.....	71

Anexo 18: Evidencias.....	73
---------------------------	----

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Datos generales.....	23
<b>Tabla 2.</b> Condiciones ambientales.....	23
<b>Tabla 3.</b> Parámetros analizados.....	23
<b>Tabla 4.</b> Temperatura.....	24
<b>Tabla 5.</b> Color.....	24
<b>Tabla 6.</b> Turbidez.....	25
<b>Tabla 7.</b> pH.....	25
<b>Tabla 8.</b> Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) .....	26
<b>Tabla 9.</b> Demanda química de oxígeno (DQO).....	26
<b>Tabla 10.</b> Nitrógeno amoniacal (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) .....	26
<b>Tabla 11.</b> Fósforo total.....	27
<b>Tabla 12.</b> Grasas y aceites.....	27
<b>Tabla 13.</b> Resumen de parámetros analizados.....	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Trampa de grasa simple.....	35
<b>Figura 2.</b> Trampa de grasa con depósito.....	35
<b>Figura 3.</b> Esquema de funcionamiento de la trampa de grasa.....	37

## RESUMEN

La investigación es del tipo descriptivo-experimental, realiza la caracterización de las aguas residuales de los restaurantes, determina un modelo de trampa de grasa para optimizar su sistema y se gestiona adecuadamente su tratamiento, disposición final y/o reutilización.

La investigación tuvo la siguiente secuencia: Conceptualización de la información bibliográfica, para obtener información confiable se realizaron visitas de campo (a restaurantes de Ica) para su observación y obtener muestras para su estudio; se caracterizó las aguas grises de restaurantes y se gestionó adecuadamente las aguas grises de restaurantes de Ica.

La investigación analiza la gestión de las aguas residuales generadas por restaurantes en Ica, proponiendo un modelo integral que incluye tratamiento, reutilización y disposición final sostenible.

Se enfatiza la instalación obligatoria de trampas de grasa para remover aceites y sólidos antes del vertimiento al alcantarillado. Los análisis realizados en cinco restaurantes evidenciaron altos niveles de DBO<sub>5</sub>, DQO, grasas y nutrientes, reflejando una elevada carga contaminante. Asimismo, las encuestas revelaron la ausencia de sistemas de tratamiento y el vertimiento directo de residuos.

Se propone un diseño técnico de trampa de grasa, estrategias de reutilización del agua tratada y la valorización de grasas para biodiésel y/o biogás.

El estudio concluye que la implementación de tecnologías compactas, la capacitación del personal y la regulación municipal son esenciales para una gestión eficiente y sostenible de las aguas residuales en el sector gastronómico de Ica.

***Palabras clave:*** Aguas residuales, trampa de grasa, disposición final.

## ABSTRACT

This descriptive-experimental research study characterizes restaurant wastewater, determines a grease trap model to optimize its system, and appropriately manages its treatment, final disposal, and/or reuse.

The research followed the following sequence: Conceptualization of bibliographic information. To obtain reliable information, field visits were made to restaurants in Ica for observation and sample collection. Restaurant graywater was characterized and appropriately managed.

The research analyzes the management of wastewater generated by restaurants in Ica, proposing a comprehensive model that includes treatment, reuse, and sustainable final disposal.

Emphasis is placed on the mandatory installation of grease traps to remove oils and solids before discharge to the sewer. Analyses conducted at five restaurants showed high levels of BOD<sub>5</sub>, COD, fats, and nutrients, reflecting a high pollution load. Furthermore, the surveys revealed the absence of treatment systems and the direct discharge of waste.

A technical design for a grease trap, strategies for reusing treated water, and the recovery of grease for biodiesel and/or biogas are proposed.

The study concludes that the implementation of compact technologies, staff training, and municipal regulations are essential for efficient and sustainable wastewater management in Ica's food and beverage sector.

**Keywords:** *Wastewater, grease trap, final disposal.*

## I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento demográfico acelerado a nivel mundial, genera también un desarrollo económico en los países, surgiendo así diversas oportunidades de negocio que buscan la satisfacción de las distintas necesidades del ser humano, entre ellos la alimentación. Nuestro país no es ajeno a ello y ha demostrado tener una gran calidad gastronómica tanto a nivel nacional como internacional, generando de esa manera una gran cantidad de locales dedicados al arte culinario.

Se ha determinado en el “D.S. N° 010-2019-VIVIENDA” que todo restaurante debe generar bienestar económico y social y sobre todo cumplir con las normativas vigentes respecto a sus aguas residuales. Sin embargo, la gran mayoría de los restaurantes incumplen al no tener un adecuado tratamiento de sus aguas residuales afectando las redes de alcantarillado así como al “tratamiento de las aguas residuales”.

Manejar inadecuadamente las “aguas residuales domésticas” contamina el medio ambiente, deteriora las tuberías y redes del alcantarillado, además de las consecuencias económicas y legales por incumplimiento. Chinchilla (2016) en su estudio indicó que la demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) se elevan en las redes de alcantarillado debido a las grasas y aceites y obstruyen las redes de la alcantarilla, así mismo disminuyen el oxígeno disuelto en el agua generando el incremento en los gastos operativos y de mantenimiento.

Con lo expuesto anteriormente se puede percibir y fácilmente comprobar que los negocios relacionados a restaurantes a pesar de las leyes y normas vigentes no cumplen con un adecuado vertido de sus aguas residuales, ocasionando poco a poco serios problemas a la red matriz de alcantarillado por ello se plantea el problema general: No se está realizando una buena gestión de las aguas residuales generadas por los restaurantes que exceden los valores máximos permisibles de acuerdo al D. S. N° 010-2019-VIVIENDA. Y como problemas específicos tenemos: (1) el desconocimiento del uso y eficiencia de las trampas de grasa para reducir las concentraciones de DQO y DBO<sub>5</sub> generadas por las grasas y aceites de los restaurantes, (2) No se cuenta con un sistema adecuado de tratamiento para reducir las cantidades DQO y DBO<sub>5</sub> y grasas presentes en las aguas

residuales generadas por los restaurantes y (3) no se reutilizan las aguas residuales producidas en los restaurantes de Ica.

Sobre los antecedentes se tienen a Obeid M., Katherine y Ramírez C. Adriana (2018). “*Diseño de una trampa de grasas en la planta de tratamiento de aguas residuales en una planta panificadora ubicada en el departamento del atlántico*”. el trabajo propuso una solución al problema de tratamiento de aguas residuales en una panadería de la Provincia del Atlántico mediante el desarrollo de un separador de grasas para evitar el incumplimiento total de la Resolución 0631 de 2015 sobre grasas. Considerando la situación anterior, se recomienda diseñar dos separadores de grasa que operen simultáneamente para evitar detener el proceso de limpieza en caso de ser necesario, es decir, solo un separador de grasa opera cuando la capa de espuma es de aprox. Se debe realizar una limpieza profunda en el colector de grasas de 3 cm de espesor, para ello utilice los sifones disponibles. Se sabe que esta solución es viable, ya que se realizaron pruebas con un separador de grasa, donde se logró una tasa de eliminación del 78,3%.

En base a estos resultados se pueden realizar los cálculos adecuados y seleccionar los equipos y accesorios necesarios para el proceso, teniendo en cuenta las posibilidades técnicas, económicas y ambientales. Durante el trabajo se observaron detalladamente los métodos de muestreo y los resultados obtenidos.

Lucas A., Jhan (2017). “*Tratamiento de aguas grises domésticas mediante un sistema de biofiltros en la urbanización de José Carlos Mariátegui S.J.L.*”. Nos dice que los sistemas de biofiltración son una tecnología creada por el hombre. Sus funciones y procedimientos son similares a los de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que el sistema implementado se divide en tres etapas, iniciando con el pretratamiento, que tiene como objetivo eliminar las partículas sólidas de mayor tamaño a través de dos tamices de 3x3. mm y aberturas de 1x1 mm, continuando con el tratamiento primario (tanque) diseñado para retener sólidos en suspensión, aceites y grasas y completando el sistema, se cuenta también con un tratamiento secundario (biofiltro), que además de este estudio hace más énfasis en el tratamiento secundario, se debe tener en cuenta que se utilizan dos tipos de biofiltros, ambos con el mismo sustrato, en lugar de incluir microorganismos efectivos en el primer biofiltro. Las reacciones químicas y físicas ocurren en todo el sistema, garantizando que las aguas residuales domésticas se traten de manera sostenible, innovadora, económica y eficiente.

El objetivo del estudio fue evaluar los resultados del tratamiento de aguas residuales municipales utilizando un sistema de biofiltración y determinar la eficiencia del sistema. El agua utilizada para la potabilización fue recolectada del sistema de alcantarillado de una vivienda particular ubicada en la urbanización José Carlos María Tegui del distrito de San Juan Lurigancho en Lima. El control se lleva a cabo de acuerdo con el procedimiento de control de calidad de las aguas residuales domésticas o de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas. La alta eficiencia de separación obtenida a partir de los parámetros analizados llevó a concluir que el sistema de biofiltración es efectivo para el tratamiento de aguas residuales domésticas.

Ardila Galvis, M. (2013). "*Viabilidad técnica y económica del aprovechamiento de aguas grises domésticas*". En su investigación evaluó la viabilidad técnica y económica del tratamiento de aguas residuales domésticas en zonas residenciales. El sistema seleccionado consistió en: un tanque de almacenamiento de agua, mallas finas, coagulación-floculación con sulfato de aluminio (177,56 mg/L,  $t = 16,37$  min), un sistema de filtración y un tanque de almacenamiento de agua purificada para desinfección.

También se determinó la viabilidad técnica de los espacios disponibles en las áreas comunes (25 m<sup>2</sup> y 4 m de altura) para la instalación de tuberías hidráulicas y sanitarias para la separación de aguas grises y negras y el retorno de agua purificada para su reutilización en otras estancias. Meta. No es necesario beber agua. La implantación de dicha solución resulta económicamente beneficiosa, pues se han recuperado las inversiones necesarias, ahorrándose un 35% y un 50% en abastecimiento de agua y alcantarillado, respectivamente, sin incrementar la tarifa de gestión, lo que supone un 5,75% del caudal anual. Con un valor de beneficio de 21 millones de dólares se podrán utilizar para mejorar la calidad de vida de los usuarios.

Martín Chinchilla Paniagua. "*Relación de sólidos sedimentados con la eficiencia de las trampas de grasas (desengrasadores)*". *Artículo científico*. Este artículo se centra en evaluar los parámetros de diseño de los separadores de grasa para su eficiencia en la eliminación de grasa y aceite de las aguas residuales industriales generadas en las cafeterías. Se tomaron treinta muestras, arrojando un consumo promedio de agua de 2,28 m<sup>3</sup> por día, contenido de grasa de 94 mg/l, DBO<sub>5</sub> de 1103 mg/l, DQO de 2109 mg/l, sólidos suspendidos de 1,5 mg/l y sólidos suspendidos de 1,5 mg/l. La concentración media es de 276 mg/l y 0,45 cm<sup>3</sup>/l. I. sólido Se puede depositar.

La correlación de las variables se examinó mediante un modelo estadístico de regresión múltiple utilizando el programa estadístico SPSS, que mostró que R2 fue del 55% para la relación entre la eficiencia de la trampa y el volumen y flujo de entrada, lo que resultó en Los sólidos sedimentados con coeficiente de correlación de Pearson fue de 0,996 para el volumen de la trampa de grasa. y la grasa acumulada fue de 0,952. Esto cambia la fórmula de cálculo para calcular la capacidad total del interceptor de grasa, que ahora se basa en cuatro variables adicionales: días de operación, horas de operación, producción diaria de grasa y sólidos diarios, en términos básicamente totales. De tres volúmenes, proyecto, grasa y sedimento:

$$V_{TR} = V_D + V_{GA} + V_{SS}. \text{ Donde } V_D = Q \cdot TRH \cdot 60, V_{GA} = Q \cdot D \cdot H \cdot 3600 \cdot V_G, V_{SS} = Q \cdot D \cdot H \cdot 3600 \cdot V_S.$$

Vásquez Gargate, J. (2022). “Propuesta de diseño de una trampa de aceites y grasas convencional en la depuración básica de un efluente de lavado de vehículos – nivel de laboratorio”. Este estudio investigó el efecto de modificar el diseño de una trampa de grasa tradicional cambiando el ancho de los compartimentos. Este estudio se realizó a nivel de laboratorio. Las dimensiones de A fueron 30 cm, 20 cm y 10 cm respectivamente. B fue 40 cm, 10 cm y 10 cm respectivamente. También se produjeron aguas residuales a partir de cierta cantidad de aceite de motor quemado y cacao en polvo.

Los parámetros evaluados incluyeron la concentración de sólidos totales, la demanda bioquímica de oxígeno, el separador de grasa con un tiempo de retención hidráulica esperado de 45 minutos y el diseño del separador de grasa. Los resultados obtenidos muestran que la trampa de diseño A, compuesta por compartimentos dispuestos de mayor a menor capacidad, incrementa la eficiencia de remoción del contenido graso, así como la materia seca total y la demanda bioquímica de oxígeno, alcanzando valores de 95,20% para el %. eliminación, 91,00% para % de eliminación, respectivamente. 83% y 38,27%. Utilizando la prueba de Tukey, se concluyó que existía una diferencia significativa entre los diseños de separadores de grasa A y B, y el análisis se realizó con un nivel de confianza del 95.

Paz Corrales, O. (2021). “Caracterización de las aguas residuales de la trampa de grasa de la empresa Inversiones Turísticas AQP S.A.C.y propuesta de tratamiento”. El objetivo del estudio fue caracterizar las aguas residuales del separador de grasas de la empresa Inversiones Turísticas AQP S.A.C. y recomendar alternativas de tratamiento. Se utilizó un enfoque cuantitativo, no experimental y descriptivo. Se tomaron muestras de las aguas residuales de la trampa de grasas de la empresa

Inversiones Turísticas AQP S.A.C. Se realizaron análisis de laboratorio y se encontró que el contenido de sulfuro era de 6 mg/l, que es mayor que los 5 mg/l prescritos por la VMA.

El valor del potencial de hidrógeno es de 7,3 unidades, superior a las 6 unidades especificadas por la VMA. Los parámetros restantes están por debajo del VMA. Con base en los datos obtenidos se elaboraron recomendaciones de tratamiento para reducir los parámetros que exceden el VMA. Para concentrar los sulfuros se recomienda la oxidación química y el uso de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) para bajar el pH.

Cristhian Loarte. *“Mejoramiento del diseño convencional de trampa de grasa para cumplimiento de los VMA en condiciones de flujo continuo e intermitente de las descargas reales de establecimientos comerciales”*. Realizó pruebas utilizando la separación gravitacional diferencial de grasas con muestras suministradas por diferentes tiendas comerciales de la ciudad de Lima, un separador de grasas convencional, así como un diseño modificado con placas internas verticales alternas. Las plantas se construyeron a escala real para lograr capacidad de remoción de aceites y grasas con tiempos de retención de tratamiento de 10, 20 y 40 minutos.

El sistema de operación se simula de acuerdo a las condiciones reales de operación, es decir, la presencia de agentes activos estirantes de aceite (detergentes) en la descarga de residuos emulsionados y la evaluación del flujo continuo e intermitente. Las concentraciones de aceite y grasa en el agua de entrada y salida se determinaron mediante extracción y análisis gravimétrico utilizando el método 1664 con extractos de hexano. Finalmente, los resultados se probaron para una distribución t de media unilateral para demostrar que el aceite y la grasa se ajustan a la VMA; . Los resultados muestran que para un volumen de entrada de 600 a 700  $\mu\text{m}$ , un separador de grasas con pantallas internas verticales puede mejorar la eliminación de aceite y grasa del 80% al 85% y del 93% al 96%, respectivamente, con tiempos de residencia de 10 y 20 minutos. . También por motivos de diseño, se garantiza un tiempo de procesamiento de 20 minutos para cumplir con el tiempo de retención especificado por la VMA.

Respecto a la justificación e importancia de la investigación, en el tratamiento de las aguas residuales ya sean domiciliarias e industriales hoy en día se han desarrollado una serie de tecnologías que utilizan procesos físicos, químicos y biológicos, cada uno se caracteriza por su aplicabilidad, su eficiencia y por su costo; Las trampas de grasa se caracterizan por ser un proceso físico por su función depuradora sin utilizar ningún tipo de reactivo adicional, es decir, la separación de sólidos por la

diferencia de densidades, por flotación o sedimentación y ser retirados posteriormente en forma manual o mecánica. (Guzmán 2019).

El implementar un tipo de trampa de grasa que mejore y optimice la tecnología existente para que sea más eficiente, manipulable y de fácil mantenimiento durante el proceso de recuperación de los aceites y grasas es factible para el “tratamiento de las aguas residuales” proveniente de los restaurantes y afines.

Ambientalmente en el caso de las trampas de grasa, las actividades humanas, ya sean domésticas, comerciales o industriales, producen aguas residuales (grises o negras) que se vierten en las alcantarillas, las cuales a su vez se vierten a plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y, si no se tratan, terminan directamente en los cuerpos de agua.

En este caso, las aguas residuales saturadas de grasa tienen un impacto extremadamente negativo en el receptor, formando una capa grasosa en la superficie del agua que bloquea el intercambio de oxígeno y la penetración de la radiación solar. Por ello, siempre se realizan investigaciones para crear o mejorar nuevas tecnologías para paliar los problemas ambientales.

Por las razones antes mencionadas, este estudio es justificado e importante, ya que actualmente las trampas de grasa son reconocidas por su gran aporte a la protección del medio ambiente y son utilizadas en toda América Latina y Europa. (iglesia, etc.)

La investigación tuvo como objetivo general Gestionar adecuadamente el uso de las aguas residuales de los restaurantes para su reutilización y disposición final. Por ello se tiene como objetivos específicos: (1) determinar la caracterización de las aguas residuales generadas por los restaurantes, de acuerdo al “D. S. N° 010-2019-VIVIENDA. (2) establecer un sistema adecuado de tratamiento de las aguas residuales generados por los restaurantes y (3) Reutilizar las aguas residuales generadas en los restaurantes de Ica.

Como estrategia metodológica utiliza se realizó una estructura para todas las etapas de la investigación desde el inicio hasta su culminación. En este sentido, se estableció un enfoque que proporcionó una estructura clara para planificar y desarrollar cada etapa que se investigó.

## II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

Se realizó una estructura para todas las etapas de la investigación desde el inicio hasta su culminación. En este sentido, se estableció un enfoque que proporcionó una estructura clara para planificar y desarrollar cada etapa que se investiga.

### 2.1 Tipo y diseño de la investigación

#### 2.1.1 Tipo de Investigación

La investigación es del tipo descriptivo-experimental, porque cuando se obtenga datos sobre la caracterización de las aguas residuales de los restaurantes se determinarán las condiciones óptimas y es experimental porque se intervendrán modelos de trampa de grasa para optimizar su sistema y así gestionar adecuadamente su tratamiento, disposición final y/o reutilización.

#### 2.1.2 Diseño de Investigación

La investigación tuvo la siguiente secuencia:

- Conceptualización de la información bibliográfica sobre los componentes de las aguas grises, reutilización y disposición final.
- Caracterización de las aguas grises de restaurantes de Ica.
- Análisis e interpretación de resultados.
- Gestionar adecuadamente las aguas grises de restaurantes de Ica.

Para la conducción de la investigación se siguió la metodología cascada que sigue una secuencia lineal y secuencial de las actividades, donde preferentemente cada fase se completa antes de pasar a la siguiente.

## **2.2 Técnicas e instrumentos de recolección de la información**

### **2.2.1 Técnicas de recolección de información**

Para obtener información confiable se realizaron visitas de campo (a restaurantes de Ica) para su observación y obtener muestras para su estudio.

### **2.2.2 Instrumento de procesamiento y análisis de los datos**

Se utilizó el procesamiento de datos mecanizado usando el diario de campo, ficha de registro de datos, cuaderno y dispositivos mecanizados.

## **2.3 Análisis e interpretación de los resultados**

Se utilizó la codificación de las muestras y transcripción de los resultados y su posterior interpretación que permite interpretar el fenómeno de estudio y lograr los objetivos propuestos.

En esta última etapa, se realizó un análisis estadístico, se interpretaron los resultados obtenidos en cada prueba experimental, con el objetivo de dar respuesta al problema planteado y obtener los resultados esperados de la investigación, es decir, se planteó una alternativa de gestión de las aguas residuales de restaurantes de Ica para su reutilización y disposición final adecuada.

## **2.4 Procedimiento de caracterización de las aguas residuales domésticas**

### **2.4.1 Muestreo**

El primer paso fue obtener muestras representativas del agua residual.

#### **2.4.1.1 Tipo de muestra**

La muestra fue compuesta. Se realizaron 04 tomas de cada restaurante.

#### **2.4.1.2 Frecuencia**

Se hicieron cada lunes durante cuatro semanas.

#### **2.4.1.3 Preservación**

Ninguna, se analizaron el mismo día de recolección.

### **2.4.2 Análisis de parámetros físicos**

#### **2.4.2.1 Temperatura**

Es un parámetro físico clave, ya que influye en la actividad biológica, la solubilidad del oxígeno y la eficiencia de los tratamientos. Ver anexo 1.

#### **2.4.2.2 Color**

La determinación del color de las aguas residuales domésticas es un parámetro físico útil como indicador visual del grado de contaminación, especialmente de la presencia de materia orgánica, compuestos químicos y procesos de oxidación. Existen dos formas de evaluarlo. Ver anexo 2.

#### **2.4.2.3 Turbidez**

Es la presencia de sólidos suspendidos. Ver anexo 3.

#### **2.4.2.4 Sólidos Totales (ST)**

La determinación de sólidos totales en aguas residuales domésticas permite conocer la carga de materia presente en forma suspendida y disuelta. Se expresa en mg/L y es fundamental para evaluar el nivel de contaminación y el tipo de tratamiento necesario. Ver Anexo 4.

#### **2.4.2.5 Sólidos Disueltos Totales (SDT)**

La determinación de Sólidos Disueltos Totales (SDT) en aguas residuales domésticas es esencial para evaluar la carga de sales minerales, materia orgánica soluble y compuestos químicos que no pueden ser eliminados por filtración. Es un parámetro clave para el diseño de sistemas de tratamiento y la evaluación de impactos ambientales. Ver Anexo 5.

#### **2.4.2.6 Sólidos Sedimentables**

La determinación de sólidos sedimentables en aguas residuales domésticas permite cuantificar el volumen de partículas pesadas que se depositan por gravedad en un periodo determinado (habitualmente 1 hora). Es un parámetro útil para prever la formación de lodos y diseñar sistemas de tratamiento primario como sedimentadores. Ver Anexo 6.

### **2.4.3 Parámetros químicos**

#### **2.4.3.1 pH**

El pH (potencial de hidrógeno) mide la concentración de iones hidrógeno ( $H^+$ ) en una solución. Su escala va de 0 a 14.

El procedimiento es fundamental para evaluar su calidad y su impacto en el medio ambiente o en los procesos de tratamiento. El pH indica el grado de acidez o alcalinidad del agua, y puede influir en la eficiencia de los procesos biológicos y químicos en plantas de tratamiento. Ver anexo 7.

#### **2.4.3.2 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

El análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ) es uno de los métodos más importantes para evaluar la contaminación orgánica de aguas residuales. Este parámetro mide la cantidad de oxígeno disuelto que los microorganismos requieren para descomponer la materia orgánica biodegradable en un periodo de 5 días a 20 °C.

La  $DBO_5$  se expresa en  $mg\ O_2/L$  y representa la demanda de oxígeno durante 5 días. Es un indicador indirecto de la carga de materia orgánica en el agua. Valores altos de DBO indican contaminación severa. Ver anexo 8.

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

Cantidad de oxígeno necesario para oxidar toda la materia orgánica (biodegradable y no biodegradable).

El análisis de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) mide la cantidad total de oxígeno necesaria para oxidar químicamente la materia orgánica (y parte de la inorgánica) presente en una muestra de agua, usando un agente oxidante fuerte, como el dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ) en medio ácido.

Este parámetro es más rápido que la DBO y abarca más tipos de compuestos, por lo que es muy útil para caracterizar aguas residuales. Ver anexo 9.

#### **2.4.3.4 Nutrientes**

El análisis de nutrientes nitrogenados [Nitrógeno Total (NT), amoniacal ( $N-NH_4^+$ ), nitritos ( $NO_2^-$ ), nitratos ( $NO_3^-$ )] en aguas residuales es

esencial para evaluar el impacto ambiental y controlar el proceso de tratamiento de aguas. Estos compuestos son indicadores de contaminación orgánica, y en exceso, pueden causar eutrofización en cuerpos de agua. Ver anexo 10.

#### **2.4.3.5 Fósforo total**

Es un parámetro clave para evaluar la eutrofización potencial de cuerpos de agua y la eficiencia del tratamiento de aguas residuales, ya que incluye todas las formas de fósforo: orgánico, inorgánico, disuelto y particulado. Fósforo total es la suma de Fósforo ortofosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), Fósforo orgánico, Fósforo polifosfato (condensado) y Fósforo particulado. Ver anexo 11.

#### **2.4.3.6 Grasas y aceites**

Son sustancias hidrofóbicas de origen animal, vegetal o mineral que incluyen las grasas animales, aceites vegetales e hidrocarburos del petróleo (lubricantes, diésel, etc.)

El análisis de grasas y aceites (G&A) en aguas residuales es esencial para evaluar su impacto sobre los cuerpos receptores y sobre los sistemas de tratamiento, ya que pueden obstruir tuberías, afectar procesos biológicos y alterar la calidad del efluente. Anexo 12

#### **2.4.3.7 Detergentes**

El análisis de detergentes en aguas residuales, también conocidos como tensioactivos (especialmente los tensioactivos aniónicos como el LAS – linear alkylbenzene sulfonates), es importante porque estos compuestos son tóxicos para organismos acuáticos, pueden interferir en los tratamientos biológicos y son indicadores de contaminación doméstica o industrial. Mide la concentración de tensioactivos aniónicos (los más comunes en detergentes domésticos), expresada en mg/L. Ver Anexo 13.

#### **2.4.3.8 Metales pesados** (si se sospecha contaminación adicional)

El análisis de metales pesados en aguas residuales es esencial para controlar la contaminación y cumplir con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por normativas ambientales (como el D.S. N.º 010-2019-VIVIENDA en Perú). Los metales más comunes en aguas residuales son: Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Mercurio (Hg), Cromo(Cr) (total y hexavalente), Níquel (Ni), Zinc (Zn), Cobre (Cu) y Arsénico (As).

Mide la concentración total o disuelta de metales pesados, generalmente en mg/L o µg/L, tras digestión ácida y lectura instrumental. Ver Anexo 14.

### **2.4.4 Parámetros microbiológicos**

#### **2.4.4.1 Coliformes totales y fecales**

La determinación de coliformes totales y fecales en aguas residuales domésticas es un análisis microbiológico esencial para evaluar la contaminación fecal y la calidad sanitaria del agua. Existen diferentes métodos, pero los más comunes y aceptados son el método del Número Más Probable (NMP) y el método de filtración por membrana. Ver Anexo 15.

#### **2.4.4.2 Escherichia coli**

La determinación de Escherichia coli (E. coli) en aguas residuales es esencial para evaluar la contaminación fecal reciente, ya que esta bacteria es un indicador específico de contaminación por heces humanas o animales.

Existen dos métodos estandarizados y comúnmente usados. Ver Anexo 16

#### **2.4.4.3 Otros patógenos** (en estudios más específicos)

En el análisis microbiológico de aguas residuales, además de los coliformes y Escherichia coli, se puede investigar la presencia de otros patógenos de origen fecal o ambiental que representan riesgos para la salud pública. Estos análisis son más complejos, costosos y especializados, pero muy importantes, sobre todo en estudios epidemiológicos, control de calidad de aguas tratadas o reutilizadas, y vigilancia sanitaria.

### III. RESULTADOS

#### 3.1 Formato de Caracterización de Aguas Residuales Domésticas

##### 3.1.1 Datos Generales

*Tabla 1. Datos generales*

Ítem	Descripción
Ubicación del muestreo	Restaurantes de Ica cercado
Fecha del muestreo	Agosto de 2025
Hora de muestreo	08:00 a.m. (muestra compuesta)
Tipo de fuente	Efluente de uso doméstico (comercial)
Responsable de muestreo	Milagros Quiroz López

##### 3.1.2 Condiciones Ambientales

*Tabla 2. Condiciones ambientales*

Parámetro	Valor
Temperatura ambiental	26 °C
Clima	Soleado
Observaciones	Efluente directo a canal sin tratamiento previo

##### 3.1.3 Parámetros

*Tabla 3. Parámetros analizados.*

N°	Parámetro	Método de análisis	Unidad
1	pH	Potenciómetro	-
2	Temperatura	Termómetro digital	°C
3	DBO <sub>5</sub>	APHA 5210 B	mg/L
4	DQO	APHA 5220 D	mg/L
7	Nitrógeno Amoniacal (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	Método Nessler	mg/L
8	Fósforo Total	Espectrofotometría UV-Vis	mg/L
9	Aceites y grasas	EPA 1664	mg/L

### 3.2 Resultados obtenidos

Se muestra el consolidado de los resultados de cada análisis realizado.

#### 3.2.1 Temperatura

*Tabla 4. Temperatura.*

Restaurante	Temperatura de muestra (°C)				
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Promedio
1	21.4	22.0	21.8	21.9	21.78
2	21.1	22.2	21.9	21.7	21.73
3	20.7	21.9	21.4	21.7	21.43
4	20.9	21.5	21.1	20.9	21.10
5	21.4	21.2	21.2	21.0	21.20
Promedio total de muestras					21.45

**Nota:** Muestra tomada en el mes de agosto.

#### 3.2.2 Color

*Tabla 5. Color.*

Restaurante	Color de muestra ( )				
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Promedio
1	negro/gris	gris	negro oscuro	grisácea	Alta carga orgánica
2	Negro oscuro	Negro oscuro	grisácea	Negro oscuro	Alta carga orgánica
3	gris	gris	Negro grisácea	grisácea	Alta carga orgánica
4	gris	Negro grisácea	Negro grisácea	gris	Alta carga orgánica
5	gris	gris	Negro grisácea	gris	Alta carga orgánica
Promedio total de muestras					Alta carga orgánica

**Nota:** Muestra tomada en el mes de agosto.

#### 3.2.3 Turbidez

**Tabla 6.** Turbidez.

Restaurante	Turbidez de muestra (NTU)				
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Promedio
1	180	188	173	182	180.75
2	172	178	185	187	180.50
3	165	172	177	173	171.75
4	184	180	182	174	180.00
5	189	184	184	187	186.00
Promedio total de muestras					179.80

**Nota:** Muestra tomada en el mes de agosto.

### 3.2.4 pH

**Tabla 7.** pH.

Restaurante	pH				
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Promedio
1	7.1	7.2	7.2	7.2	7.18
2	7.2	7.3	7.2	7.1	7.20
3	7.3	7.1	6.9	7.1	7.10
4	6.9	6.9	7.2	7.2	7.05
5	7.0	6.9	7.3	3.3	6.13
Promedio total de muestras					6.93

**Nota:** Muestra tomada en el mes de agosto.

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

**Tabla 8.** Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>).

Restaurante	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) (mg/L)				
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Promedio
1	1860	1870	1790	1850	1842.50
2	1790	1880	1889	1809	1842.00
3	1780	1769	1787	1720	1764.00
4	1786	1798	1821	1841	1811.50
5	1875	1874	1840	1830	1854.75
Análisis el promedio muestras					1821.00

**Nota:** Muestras tomadas en el mes de Agosto.

### 3.2.6 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

**Tabla 9.** Demanda química de oxígeno (DQO).

Restaurante	Demanda química de oxígeno (DQO) (mg/L)				
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Promedio
1	3654	3623	3739	3625	3660.25
2	3576	3607	3765	3794	3685.50
3	3562	3581	3559	3678	3595.00
4	3817	3796	3881	3962	3864.00
5	3858	3883	3865	3826	3858.00
Análisis del promedio de muestras					3737.00

**Nota:** Muestra tomada en el mes de agosto.

### 3.2.7 Nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

**Tabla 10.** Nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).

Restaurante	Nitrógeno amoniacal (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) (mg/L)				
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Promedio
1	13	16	14	15	14.5
2	14	17	14	16	15.25
3	15	16	17	16	16
4	14	14	17	16	15.25
5	15	16	15	15	15.25
Promedio total de muestras					15.25

**Nota:** Muestra tomada en el mes de agosto.

### 3.2.8 Fósforo total

**Tabla 11.** Fósforo total.

Restaurante	Fósforo total (mg/L)				
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Promedio
1	7.9	8.3	8.7	8.4	8.325
2	7.1	7.4	6.8	7.9	7.3
3	6.1	6.5	6.2	6.9	6.425
4	7.4	7.2	7.8	7.3	7.425
5	7.3	7.3	7.8	7.9	7.575
Promedio total de muestras					7.41

**Nota:** Muestra tomada en el mes de agosto.

### 3.2.9 Grasas y aceites

**Tabla 12.** Grasas y aceites.

Restaurante	Grasas y aceites (mg/L)				
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Promedio
1	578	596	591	593	589.50
2	586	594	591	595	591.50
3	564	571	583	589	576.75
4	675	682	658	682	674.25
5	643	652	667	684	661.50
Análisis promedio de muestras					655.00

**Nota:** Muestra tomada en el mes de agosto.

### 3.2.10 Resumen de Análisis obtenidos

**Tabla 13.** Resumen de parámetros analizados.

N°	Parámetro	Método de análisis	Unidad	Valor obtenido	VMP(D.S.10-2019-VIVIENDA)
1	pH	Potenciómetro	-	6.3	6.0 - 9.0
2	Temperatura	Termómetro digital	°C	21.45	< 35
3	DBO <sub>5</sub>	APHA 5210 B	mg/L	1821	500
4	DQO	APHA 5220 D	mg/L	3737	1000
7	Nitrógeno (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	Amoniacal Método Nessler	mg/L	15.25	80
8	Fósforo Total	Espectrofotometría UV-Vis	mg/L	7.41	2
9	Aceites y grasas	EPA 1664	mg/L	655	100

### 3.3 Trampa de grasas

#### 3.3.1 Encuesta a restaurantes

De la encuesta realizada se obtuvieron los siguientes resultados. En el anexo 17 se muestra el tipo de encuesta realizada a los restaurantes seleccionados.

1. ¿Cuántos días a la semana opera el restaurante?

Restaurante	Días de atención
1	6
2	6
3	7
4	6
5	7

2. ¿Cuál es el horario de atención?

Restaurante	Horario de atención
1	9:00 a.m. a 5:00 p.m.
2	9:00 a.m. a 10:00 p.m.
3	9:00 a.m. a 5:00 p.m.
4	11:00 a.m. a 11:00 p.m.
5	11:00 a.m. a 12:00 p.m.

3. ¿Cuántos comensales atiende diariamente (promedio)?  <50     50 - 100  
 101 - 200     > 200

Restaurante	Promedio de atención
1	101 - 200
2	101 - 200
3	101 - 200
4	101 - 200
5	101 - 200

4. ¿Cuántos empleados trabajan en la cocina?

Restaurante	Empleados en cocina
1	4
2	6
3	5
4	7
5	6

5. ¿Cuántas comidas principales se preparan al día?  Desayuno     Almuerzo  
 Cena     Todas

Restaurante	Comidas
1	D y A
2	Todas
3	D y A
4	Todas
5	Todas

6. Marque los equipos que usa en la cocina:  Freidoras  Sartenes industriales  
 Lavaderos de platos  Lavavajillas automático  Hornos   
Fregaderos múltiples  Otros: \_\_\_\_\_

Restaurante	Freidora	Sartén Ind.	Lavadero de platos	Lavavajillas automático	Horno	Fregadero	Otros
1	X	X	X	-	X	X	
2	X	X	X	-	X	X	
3	X	X	X	-	X	X	
4	X	X	X	-	X	X	
5	X	X	X	-	X	X	

7. ¿Cuenta con un sistema actual de recolección de grasas?  Sí  No  
Si respondió 'Sí', describa:

Restaurante	Sistema de trampa de grasa
1	Si*
2	No
3	No
4	No
5	No

\*Cuenta con trampa de grasa pero no está conectado a todos los lavaderos.

8. ¿Con qué frecuencia limpia los drenajes de la cocina?  Diariamente

Semanalmente     Mensualmente     Nunca

Restaurante	Diario	Semanal	mensual	Nunca
1	-	-	x	-
2	-	-	x	-
3	-	-	x	-
4	-	-	x	-
5	-	-	x	-

9. ¿Qué tipo de desechos se vierten en el lavadero?  Restos de comida  
 Aceites y grasas     Detergentes     Otros: \_\_\_\_\_

Restaurante	Restos de comida	Aceites y grasas	Detergentes	otros
1	X	X	X	-
2	X	X	X	-
3	X	X	X	-
4	X	X	X	-
5	X	X	X	-

10. ¿Qué volumen de agua se estima que se utiliza en cocina por día?

<300 L     300-600 L     601-1000 L     >1000 L

Restaurante	Volumen de agua (L)
1	600
2	800
3	800
4	1000
5	700

11. Diámetro aproximado del desagüe de la cocina:  2"  3"  4"  No se conoce

Restaurante	Diámetro de tubería
1	2
2	2
3	2
4	2
5	2

12. ¿Cuál es el espacio disponible para instalar una trampa de grasa?  < 1 m<sup>2</sup>  1-2 m<sup>2</sup>  > 2 m<sup>2</sup>  No se dispone de espacio.

Restaurante	Disponibilidad de espacio
1	<1 m <sup>2</sup>
2	<1 m <sup>2</sup>
3	<1 m <sup>2</sup>
4	<1 m <sup>2</sup>
5	<1 m <sup>2</sup>

13. ¿Preferiría una trampa de grasa de tipo?  Subterránea  Sobre el piso  No tiene preferencia.

Restaurante	Tipo de trampa de grasa
1	Sobre el piso
2	Sobre el piso
3	Sobre el piso
4	Sobre el piso
5	Sobre el piso

14. ¿Desea recibir una propuesta de diseño personalizada? [ ] Sí [ ] No

Restaurante	Desea una propuesta
1	Si
2	Si
3	Si
4	Si
5	Si

### 3.3.2 Partes básicas de una trampa de grasa

Entrada del agua residual.

Compartimento de retención de grasa.

Compartimento de sedimentación.

Salida del agua tratada.

Tapa de inspección y limpieza.

### 3.3.3 Normas y mantenimiento

Existen normas técnicas locales (por ejemplo, en Perú, el RAS del MVCS).

Se recomienda su limpieza regular (cada 1 a 4 semanas según uso).

Deben ser diseñadas según el caudal de agua y la carga de grasa.

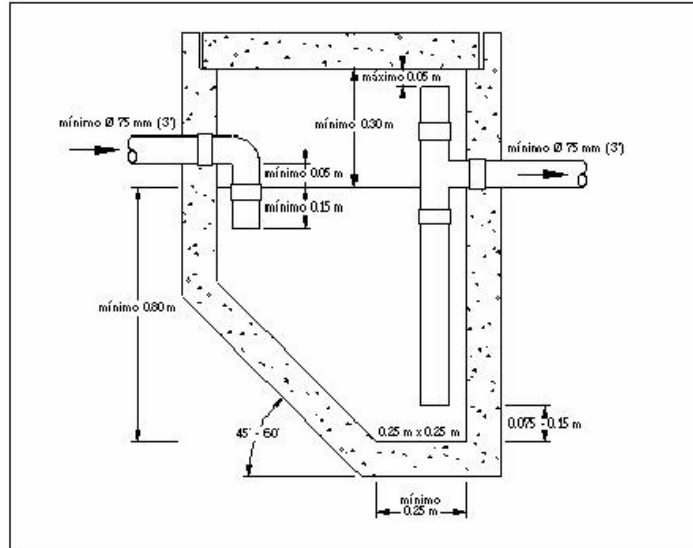
### 3.3.4 Diseño de la trampa de grasa

#### 3.3.4.1 Características de la trampa de grasa

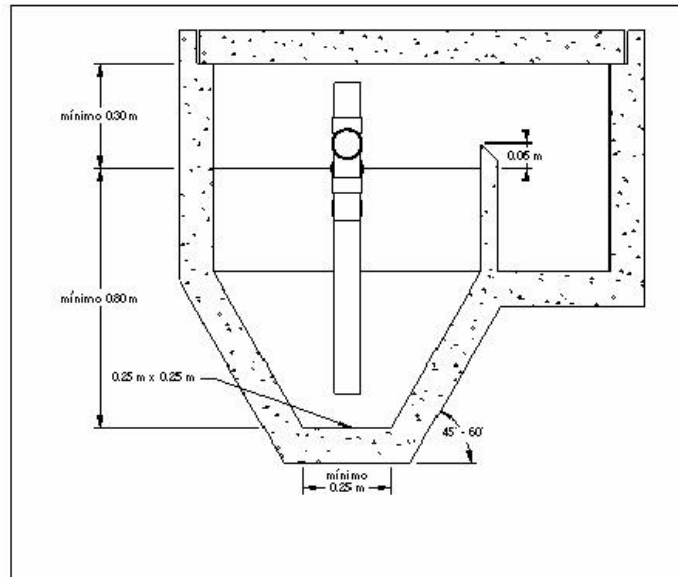
a) Relación largo : ancho del área superficial de la trampa de grasa deberá estar entre 2:1 a 3:2.

- b) La profundidad no debe ser menor a 0,30 m.
- c) El ingreso a la trampa de grasa se hará por medio de un codo de 90° y un diámetro mínimo de 75 mm. La salida será por medio de una tee con un diámetro mínimo de 75 mm.
- d) La parte inferior del codo de entrada deberá prolongarse hasta 0,15 m por debajo del nivel del líquido.
- e) La diferencia de nivel entre tubería de ingreso y de salida deberá de ser no menos a 0,05 m.
- f) La parte superior del dispositivo de salida deberá dejar una luz libre para ventilación de no más de 0,05 m por debajo del nivel de la losa del techo.
- g) La parte inferior de la tubería de salida deberá estar no menos de 0,075 m ni más de 0.15 m del fondo.
- h) El espacio sobre el nivel del líquido y la parte inferior de la tapa deberá ser como mínimo 0,30 m.
- i) La trampa de grasa puede ser de forma tronco cónica o piramidal invertida con la pared del lado de salida vertical. El área horizontal de la base deberá ser de por lo menos 0,25 x 0,25 m por lado o de 0,25 m de diámetro. El lado inclinado deberá tener una pendiente entre 45° a 60° con respecto a la horizontal (Ver figura 1).
- j) Se podrá aceptar diseños con un depósito adjunto para almacenamiento de grasas, cuando la capacidad total supere los 0,6 m<sup>3</sup> o donde el establecimiento trabaje en forma continua por más de 16 horas diarias.
- k) La trampa de grasa y el compartimiento de almacenamiento de grasa estarán conectados a través de un vertedor de rebose, el cual deberá estar a 0,05 m por encima del nivel del agua. El volumen máximo de

acumulación de grasa será de por lo menos 1/3 del volumen total de la trampa de grasa (Ver figura 2).



*Figura 1. Trampa de grasa simple.*



*Figura 2. Trampa de grasa con depósito.*

### 3.3.4.2 Consideraciones de Diseño

Cantidad de comensales: 120 personas

Promedio de agua servida (lavado de vajilla, utensilios, etc.): 20 L/persona/día.

### 3.3.4.3 Caudal promedio estimado

$$Q = 120 \text{ comensales} \times 20 \text{ L/día} = 2400 \text{ L/día}$$

$$Q = 2.4 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \approx 0,1 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Para este caudal, una trampa de grasa convencional debe tener un tiempo de retención de 30 minutos mínimo.

### 3.3.4.4 Volumen requerido

$$\text{Volumen} = Q_{\text{hora}} \cdot t = 0,1 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 0,5 \text{ h}$$

$$\text{Volumen} = 0,05 \text{ m}^3 \approx 50 \text{ L}$$

Se recomienda sobredimensionar al menos al doble para mayor eficiencia (0,1 m<sup>3</sup>)

### 3.3.4.5 Dimensiones sugeridas (tanque rectangular)

Largo: ? cm

Ancho: 40 cm

Altura útil: 40 cm

$$V = \text{Largo} \times \text{Ancho} \times \text{Altura}$$

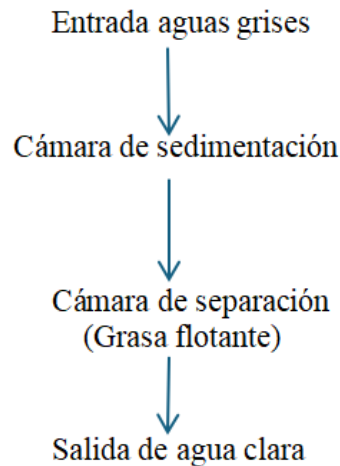
$$0,1 \text{ m}^3 = \text{Largo} \times 0,4 \text{ m} \times 0,4 \text{ m}$$

$$\text{Largo} = 0,625 \text{ m}$$

$$\text{Largo} = 62,5 \text{ cm}$$

Largo (L)	Ancho (A)	Altura (H)	Volumen
62.5 m	40 cm	40 cm	0.1 m <sup>3</sup> (100 L)

#### 3.3.4.6 Esquema de Funcionamiento



*Figura 3. Esquema de funcionamiento de la trampa de grasa.*

#### 3.3.4.7 Diseño interno

La trampa se dividirá en dos cámaras:

Cámara de sedimentación (40%)

Cámara de retención de grasas (60%)

Además, tendrá:

**Entrada:** Tubo PVC de 2”

**Salida:** Tubo PVC de 2” con codo en “T” invertida

**Tabique divisor:** Con espacio inferior para permitir paso del agua sin mover las grasas flotantes

**Tapa removible:** Para mantenimiento

**Material sugerido:** HDPE o concreto prefabricado

#### IV. DISCUSIÓN

La gestión de aguas residuales generadas por restaurantes en Ica aborda tanto el tratamiento adecuado de estas aguas como su posible reutilización y correcta disposición final. La investigación describe un modelo general de gestión integral de aguas residuales de restaurantes en Ica.

El objetivo es plantear el diseño de trampa de grasa como un medio de remoción del material graso de las aguas residuales de establecimientos en donde se preparen y expendan alimentos y que el empleo de la trampa de grasa sea de carácter obligatorio para el acondicionamiento de las descargas de los lavaderos, lavaplatos u otros aparatos sanitarios instalados en restaurantes, cocinas de hoteles, hospitales y similares, donde exista peligro de introducir cantidad suficiente de grasa que afecte el buen funcionamiento del sistema de evacuación de las aguas residuales.

Las etapas que se han considerado para realizar una adecuada gestión de las aguas residuales domésticas fueron (1) el pretratamiento en el punto de generación, (2) la instalación de trampas de grasa, (3) el uso de rejillas o filtros para retener sólidos y la separación de sólidos orgánicos para compostaje o biodigestión. Para el caso de Tratamiento para Reutilización se ha considerado el tratamiento primario (Decantación y trampas de grasa), el tratamiento secundario (Filtros biológicos, biodiscos, humedales o biofiltros) y el tratamiento terciario como opcional (Desinfección mediante cloro o radiación UV).

Para la disposición final de las aguas residuales se considera el vertido a red de alcantarillado, cumpliendo con LMP establecidos y en zonas sin alcantarillado se consideran los pozos de percolación y los sistemas de infiltración controlada.

Todo ello enmarcado en las normativas aplicables como D.S. N.º 010-2019-VIVIENDA sobre los límites máximos permisibles, la Ley N.º 29338: Ley de Recursos Hídricos y las ordenanzas municipales específicas para restaurantes en Ica.

Para el correcto uso se recomienda capacitar al personal de cocina, usar tecnologías compactas de tratamiento, supervisar y monitorear con las autoridades locales y formular ordenanzas para obligatoriedad de trampas de grasa.

La caracterización de las aguas residuales domésticas es un proceso fundamental para conocer su composición y evaluar su impacto ambiental, así como para diseñar el sistema de tratamiento adecuado. Este proceso implica analizar una serie de parámetros físicos, químicos y biológicos.

Es importante porque la caracterización permite (1) Evaluar el grado de contaminación, (2) Diseñar adecuadamente la trampa de grasas, (3) Monitorear la eficiencia de sistemas existentes y (4) Cumplir con normativas ambientales

Para la caracterización de las aguas residuales domésticas se escogieron al azar 5 restaurantes del cercado del distrito de Ica; las condiciones ambientales se muestran en la tabla 2 y los parámetros analizados se detallan en la tabla 3. Se realizaron pruebas durante cuatro semanas a cinco restaurantes, las muestras se analizaron en la facultad de Ingeniería ambiental de la UNICA y en el laboratorio externo Environmental Quality Analytical Services S.A. acreditado por INACAL.

Sobre los resultados obtenidos se muestra en la tabla 4 el consolidado de cada análisis realizado de la cual se tiene un promedio del total de las muestras de 21.45 °C. muy por debajo del límite máximo permitido de 35°C, esto debido posiblemente al friaje sentido en los meses de agosto y setiembre.

En la tabla 5 se puede ver que el análisis de color se realizo de forma visual, los resultados muestran mayormente una coloración negra / grisácea que muestran una alta carga contaminante.

Teniendo en cuenta que las aguas domésticas tienen una alta carga contaminante se realizo el estudio de turbidez mostrado en la tabla 6, obteniendo un promedio del total de las muestras de 179.80 NTU y el pH promedio del total de las muestras fué de 6.93 mostrando un promedio aceptable encontrándose dentro de los parámetros aceptables.

De los análisis químicos realizados se tiene la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), en la tabla 8 se muestran los análisis de cada muestra analizada, de las cuales se obtuvo un promedio de 1821 mg/L siendo estos valores excesivamente elevados, es decir las aguas residuales están altamente contaminadas. De igual forma se realizaron los análisis de demanda química de oxígeno (DQO) a cada muestra

encontrando un valor promedio de 3737 mg/L el cual excede extremadamente los 1000 mg/L de acuerdo a la normativa vigente.

La Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO) son parámetros esenciales que han permitido medir la calidad de los efluentes y poder evaluar su nivel de contaminación. Al conocer sus valores se ha permitido implementar estrategias efectivas para el tratamiento y garantizar que los efluentes cumplan con las normativas ambientales contribuyendo a la protección del medio ambiente.

Para los análisis de nitrógeno se realizó el estudio de nitrógeno amoniacal ( $\text{N-NH}_4^+$ ) mostrados en la tabla 10, encontrando un promedio de 15.25 mg/L y que están superando los límites máximos 80 mg/L permitidos.

En la Tabla 11 sobre fósforo total se obtuvo un promedio de las muestras de 7.41 mg/L que también sobrepasan los 2 mg/L permitidos en la normativa.

Sobre las grasas y aceites presentes en las aguas residuales domésticas en la tabla 12 se muestran los resultados obtenidos de cada muestra analizada, el promedio encontrado de 655 mg/L se puede ver que supera extremadamente los 100 mg/L de la normativa vigente, lo que nos indica además el descontrol de los restaurantes en verter sus aceites y grasas directamente a los fregaderos y como consecuencia ir directamente a los desagües generando un alto nivel de contaminación ambiental.

En consecuencia, se ha determinado que las aguas residuales provenientes de restaurantes contienen principalmente grasas y aceites, restos de alimentos, detergentes y productos químicos de limpieza, materia orgánica biodegradable y cargas microbianas (Bacterias coliformes, E. coli). Estas aguas son consideradas domésticas con alta carga orgánica y no deben ser vertidas sin previo tratamiento.

Respecto a las encuestas a restaurantes en el anexo 17 se muestra el tipo de encuesta realizada a los restaurantes seleccionados y sobre la mayoría de los restaurantes trabajan entre 6 y 7 días de la semana, empiezan su horario de atención a partir de las 7:00 a.m. en adelante y todo el día y en algunos casos hasta las 11 :00 p.m.

La cantidad de comensales atendidos superan las 100 personas llegando a las casi 200 personas en los fines de semana.

Para su atención cuentan con 5 a 6 personas que se hacen cargo de de la preparación de los alimentos, el lavado de utensilios y limpieza del local.

Los restaurantes preparan mayormente desayunos y almuerzos y algunos hasta la cena, para ello cuentan con freidora, sartén industrial, horno, fregaderos, lavadero de platos, etc.

De la encuesta manifiestan que no cuentan con un sistema de trampa de grasa por lo que todos los residuos pasan directamente al sistema de alcantarillado y que la frecuencia promedio de limpieza de los drenajes de la cocina lo realizan mensualmente a más y son conscientes que los desechos que vierten en el lavadero son restos de comida, aceites y grasas, detergentes entre otros.

Sobre el volumen de agua que utilizan en la cocina manifiestan que estas llegan a un promedio de 800 litros por día En la encuesta se preguntó además sobre el diámetro aproximado de la tubería de descarga del desagüe de la cocina expresando todos que es de 2” y que el espacio disponible para instalar una trampa de grasa es  $< 1 \text{ m}^2$ , teniendo preferiría para instalar una trampa de grasa de sobre el piso y que si desean recibir una propuesta de diseño personalizada.

La encuesta a permitido recoger información directa del campo y obtener datos reales de los restaurantes de Ica sobre cómo manejan actualmente sus aguas residuales, si cuentan con sistemas de tratamiento o separación de grasas, qué conocimientos o prácticas ambientales aplican, permite determinar que nivel de disposición tienen hacia la reutilización del agua tratada (por ejemplo, para riego o limpieza), cuáles son las limitaciones o barreras (económicas, técnicas o de conocimiento) que enfrentan los restaurantes. Esto da una visión real y contextualizada del problema y sirve de base para el análisis de resultados, con los datos obtenidos se puede cuantificar las prácticas actuales (porcentaje de restaurantes con trampas de grasa, con vertimientos directos, etc.).

En términos metodológicos, la encuesta se alinea con el objetivo general que es gestionar adecuadamente el uso de las aguas residuales de los restaurantes para su reutilización y disposición final y los objetivos específicos: (1) determinar la caracterización de las aguas residuales generadas por los restaurantes, de acuerdo al D. S. N° 010-2019-VIVIENDA. (2) establecer un sistema adecuado de tratamiento de las aguas residuales generados por los restaurantes y (3) Reutilizar las aguas residuales generadas en los restaurantes de Ica. Además, con la variable independiente: Gestión de aguas residuales y variable dependiente: Reutilización y disposición final sostenible.

Una trampa de grasa (también llamada separador de grasas o desgrasadora) es un dispositivo de tratamiento primario diseñado para capturar y retener grasas, aceites y sólidos flotantes presentes en las

aguas residuales domésticas, antes de que estas ingresen al sistema de alcantarillado o plantas de tratamiento.

Una trampa de grasa es un sistema sencillo pero fundamental que previene la acumulación de grasas y aceites en los sistemas de alcantarillado, protegiendo las redes sanitarias y mejorando la eficiencia del tratamiento de aguas residuales.

Se aplica para el tratamiento de aguas residuales domésticas de viviendas, restaurantes, comedores, hospitales o industrias alimentarias. Las trampas de grasa se colocan en la salida de fregaderos o desagües de cocina para evitar el taponamiento en las tuberías y malos olores, la contaminación del sistema de alcantarillado y problemas en plantas de tratamiento de aguas residuales.

Para el diseño se ha considerado como principio básico de funcionamiento la separación por gravedad.

El agua residual proveniente de cocinas, lavaderos o restaurantes entra al sistema.

La grasa y el aceite, que son menos densos que el agua, flotan en la superficie.

Los sólidos pesados se sedimentan en el fondo.

El agua relativamente libre de grasas continúa hacia el sistema de desagüe.

La grasa y los sólidos quedan atrapados y deben ser retirados periódicamente.

Las especificaciones técnicas para la construcción de una trampa de grasa se muestran en el siguiente cuadro.

Parámetro	Especificación
Volumen total	2.4 m <sup>3</sup> (2400 litros)
Tiempo de retención	30 minutos
Caudal estimado admisible	0.1 m <sup>3</sup> /hora (100 L/h)
Dimensiones externas	L: 62.5 cm, A: 40 cm, H: 40 cm
Número de cámaras	2 (sedimentación y retención)
Entrada/Salida	Tubo PVC Ø 2"
Material	Concreto armado / HDPE / acero inoxidable
Limpieza	Recomendado cada 5 a 7 días

Las partes del sistema constructivo son:

Cámara de entrada (sedimentación): Retiene sólidos grandes y alimentos.

Cámara intermedia (flotación): Se separan las grasas y aceites (más ligeros que el agua). Se acumulan en la parte superior.

Cámara de salida: Con tubo en T invertida, para evitar salida de grasa superficial.

Con respecto a las Especificaciones Constructivas se tienen:

La cámara de sedimentación con entrada directa desde el lavadero, permite decantación de sólidos pesados. Tiene fondo plano y base antideslizante (opcional).

Cámara de retención de grasas que contiene el codo de salida tipo “T” que toma el agua desde el fondo, dejando grasa flotante en la parte superior.

El tabique divisor con una Altura inferior a la altura del recipiente para permitir paso controlado de agua.

La tapa removible que es accesible para limpieza, con cierre hermético si es enterrada.

Sobre las recomendaciones para su instalación es importante considerar la instalación lo más cerca posible del punto de uso (lavadero o cocina), facilitar acceso para el mantenimiento, evitar tuberías muy largas o con codos innecesarios antes de la trampa, Asegurar que esté nivelada y sin fugas y considerar ventilación pasiva si es subterránea.

Una vez construido la trampa de grasa para su mantenimiento se sugiere una frecuencia de limpieza cada 7 a 15 días, dependiendo del uso; extraer las grasas de forma manual con espátula o bomba de vacío; evitar el uso de detergentes que emulsifiquen las grasas (dificultan su separación).

Sobre las recomendaciones y consideraciones previos al uso de las trampa de grasa se consideran que los desechos de los desmenuzadores de desperdicios no se deben descargar a la trampa de grasa, las trampas de grasa deberán ubicarse próximas a los aparatos sanitarios que descarguen desechos grasos y por ningún motivo deberán ingresar aguas residuales provenientes de servicios higiénicos, las trampas de grasa deberán proyectarse de modo que sean fácilmente accesibles para su limpieza y eliminación o extracción de las grasas acumuladas y deben ubicarse en lugares cercanos en donde se preparan los alimentos.

En cuanto a la reutilización de las aguas residuales generadas se debe tener en cuenta:

a) La separación y aprovechamiento de las grasas recuperados para someterla a la producción de biodiésel mediante transesterificación, la fabricación de jabones o detergentes (proceso saponificación) y como materia prima para velas o bioplásticos. Sin embargo estos procesos requieren empresas especializadas en gestión de aceites usados.

b) Tratamiento de las aguas sin grasas (efluente clarificado): Una vez separadas las grasas, el agua resultante puede someterse a tratamientos que permiten su reutilización, tales como el tratamiento fisicoquímico (coagulación, floculación y filtración para remover sólidos y grasas remanentes), tratamiento biológico (lodos activados, biodiscos o reactores anaerobios que reducen la demanda química y bioquímica de oxígeno) y humedales artificiales o biorreactores con plantas acuáticas como opción más económica y ecológica.

Después del tratamiento, estas aguas pueden reutilizarse en riego de áreas verdes (si cumplen parámetros microbiológicos), limpieza de pisos, áreas exteriores o camiones recolectores y agua de descarga sanitaria (inodoros), previa desinfección con cloro o UV.

c) Valorización energética como la digestión anaerobia de los lodos y grasas que generan biogás (metano) que puede usarse como combustible para cocinas o calderas, la codigestión con residuos orgánicos de cocina en biodigestores que permite mayor producción de biogás.

d) Uso agrícola controlado, los lodos estabilizados pueden transformarse en compost o enmienda orgánica (tras un tratamiento adecuado para reducir patógenos y metales pesados) y El agua tratada puede emplearse en riego de cultivos no comestibles (ej. forestales, bioenergía).

El estudio a permitido determinar que la implementación de tecnologías compactas, la capacitación del personal y la regulación municipal son esenciales para una gestión eficiente y sostenible de las aguas residuales en el sector gastronómico de Ica.

## V. CONCLUSIONES

1. Se ha realizado una gestión adecuada de las aguas residuales de los restaurantes para su reutilización y disposición final.
  
2. Se determina la caracterización de las aguas residuales generadas por los restaurantes, de acuerdo al D. S. N° 010-2019-VIVIENDA, determinando que el efluente doméstico presenta altos niveles de contaminación orgánica y microbiológica, por lo que no debe descargarse sin tratamiento previo.

N°	Parámetro	Método de análisis	Unidad	Valor obtenido	VMP (D.S. 010-2019-VIVIENDA)
1	pH	Potenciómetro	-	6.93	6.0 - 9.0
2	Temperatura	Termómetro digital	°C	21.45	< 35
3	DBO <sub>5</sub>	APHA 5210 B	mg/L	1821	500
4	DQO	APHA 5220 D	mg/L	3737	1000
7	Nitrógeno Amoniacal (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	Método Nessler	mg/L	15.25	80
8	Fósforo Total	Espectrofotometría UV-Vis	mg/L	7.41	2
9	Aceites y grasas	EPA 1664	mg/L	655	100

3. Se ha realizado el diseño de un sistema de trampa de grasa para establecer un adecuado tratamiento de las aguas residuales generados por los restaurantes .
  
4. Se ha determinado que se pueden reutilizan las aguas residuales generadas en los restaurantes de Ica.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda implementar un sistema de tratamiento primario y secundario (tanque séptico + filtro percolador).
2. Se sugiere realizar monitoreo trimestral para evaluar variaciones estacionales.
3. La municipalidad provincial de Ica debe adoptar políticas públicas esenciales para una gestión eficiente y sostenible de las aguas residuales en el sector gastronómico de Ica.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ardila Galvis, M. (2013). Viabilidad técnica y económica del aprovechamiento de aguas grises domésticas.
- Ayquipa, N. (2021). Evaluación de la eficiencia de una trampa de grasa (interceptor de grasa hidromecánico) para el pretratamiento de aguas residuales grises en viviendas unifamiliares del distrito de Lares-Cusco - 2021. Universidad Continental, Cusco, Perú.
- Beltrán, B. J., & Torres, A. (2020). Trampa de grasa para el tratamiento de aguas residuales (Patente de Perú. No. PE20200491). INDECOPI. Dirección de Innovación y Nuevas tecnologías. <https://hdl.handle.net/11537/31116>
- Carhuamaca Paucar, C. y Mejia Beraun, J. (2020). Efecto del número de mamparas y el tiempo de contacto en la trampa de grasas para evaluar su capacidad de remoción. Huancayo - Perú.
- Chinchilla, M. (2016). Relación de sólidos sedimentados con la eficiencia de las trampas de grasas (desengrasadores). Agua, Saneamiento & Ambiente, 11(1), 44–53. <https://doi.org/10.36829/08ASA.v11i1.1443>
- Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA (2019). Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/306588/DS\\_010-2019-VIVIENDA.pdf?v=1554760385](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/306588/DS_010-2019-VIVIENDA.pdf?v=1554760385).
- Dueñas Tinedo, E. (2024). Diseño de un tratamiento para la reducción de la concentración de DQO y DBO<sub>5</sub> de aguas residuales generadas por el restaurante Ya Pez Gringo. Universidad Católica Sedes Sapientiae. Huacho, Lima.

- Franco Alvarado, M. (2007). Tratamiento y reutilización de aguas grises con aplicación a caso en Chile. URI: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/104596>
- Gonzales Ramirez, K. (2023). Evaluación de la eficiencia de trampas de grasa con microorganismos eficientes para el tratamiento de efluentes proveniente de restaurantes, Tarapoto, 2022. Universidad César Vallejo. Tarapoto.
- Guzmán, Ginger. (2019). Analisis de metodos para reducir los índices de grasa y aceites en los efluentes del área del comedor operativo de la empresa Naportec S.A. Universidad de Guayaquil.
- Iglesias, D., Carreño, F. y Jim, A. (2015). Sustentabilidad productiva sectorial [online]. México. Available from:  
<http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/68709> Libro temático especializado
- Loarte, C. Mejoramiento del diseño convencional de trampa de grasa para cumplimiento de los VMA en condiciones de flujo continuo e intermitente de las descargas reales de establecimientos comerciales. Artículo, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima – Perú.
- Lucas A., Jhan (2017). Tratamiento de aguas grises domesticas mediante un sistema de biofiltros en la urbanización de José Carlos Mariátegui S.J.L en el año 2017. Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/34807>
- Obeid M., Katherine y Ramírez C. Adriana (2018). Diseño de una trampa de grasas en la planta de tratamiento de aguas residuales en una planta panificadora ubicada en el departamento del atlántico. Tesis de la Universidad de San Buenaventura, Cartagena Colombia.
- Pari Quispe, P. (2018). Reutilización de Aguas Grises Domésticas ante la Insuficiencia de Agua Potable en Edificios Multifamiliares – Lima. <https://hdl.handle.net/20.500.12848/782>
- Paz Corrales, O. (2021). Caracterización de las aguas residuales de la trampa de grasa de la empresa Inversiones Turísticas AQP S.A.C. y propuesta de tratamiento, Arequipa, 2021. URI <https://hdl.handle.net/20.500.12867/4859>

- Ramírez Olives, R. (2023). Establecimiento de un sistema piloto para tratamiento de aguas grises domésticas empleando fibra de coco en la comunidad “JABONCILLO”, Parroquia Picoazá.
- Torres Puentes, A. (2017). Evaluación de parámetros en la filtración rápida como tratamiento de agua gris doméstica. Uniandes. Disponible en: <http://hdl.handle.net/1992/13975>
- Ubalde Vargas, B. (2021). Caracterización de las aguas residuales de la trampa de grasa de la empresa Inversiones Turísticas AQP S.A.C. y propuesta de tratamiento, Arequipa, 2021. Universidad Tecnológica del Perú. Arequipa – Perú.
- Vásquez Gargate, J. (2022). Propuesta de diseño de una trampa de aceites y grasas convencional en la depuración básica de un efluente de lavado de vehículos – nivel de laboratorio. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María.

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1. **Determinación de la temperatura.**

#### **1. Equipos y materiales necesarios**

Termómetro digital resistente al agua o sonda multiparamétrica  
Recipiente limpio de vidrio o plástico (si se recolecta la muestra)  
Hoja de registro o bitácora de campo

#### **2. Procedimiento paso a paso**

##### **A. Medición directa en campo (recomendada)**

###### **Preparación del equipo:**

Calibra el termómetro digital si es necesario.  
Asegúrate de que esté limpio y funcionando correctamente.

###### **Inserción del sensor:**

Introduce el sensor del termómetro directamente en el flujo del agua residual o en el punto de descarga.  
Si hay turbulencia, selecciona un punto con flujo estable para una lectura más precisa.

###### **Esperar estabilización:**

Espera unos **30 a 60 segundos** o hasta que la lectura deje de fluctuar.

###### **Lectura y registro:**

Anota el valor en grados Celsius (°C).  
Registra también la hora y condiciones ambientales (clima, ubicación, etc.).

##### **B. Medición inmediata**

Mide la temperatura inmediatamente después de recolectar la muestra.  
No deben pasar más de 15 minutos para garantizar la precisión.

#### **Notas importantes**

Se recomienda usar termómetros digitales con precisión de al menos  $\pm 0.1$  °C.  
La temperatura típica de aguas residuales domésticas varía entre 20 °C y 30 °C, dependiendo del clima y hábitos de uso.  
La medición debe realizarse in situ para evitar alteraciones por exposición al ambiente.  
Registrar fecha, hora y observaciones junto con el valor medido.

#### **Normas de referencia**

APHA (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd ed.)  
ASTM D5461 – Standard Guide for Temperature Measurement of Water

## Anexo 2. Determinación del color.

### 1. Tipos de color en aguas residuales

**Color aparente:** el observado directamente en la muestra, incluye sólidos suspendidos.

**Color verdadero:** se mide después de filtrar o centrifugar la muestra para eliminar turbidez.

### 2. Métodos para determinar el color

#### A. Método visual (estimación básica)

Se compara el color de la muestra con una escala estándar o referencia visual. Es útil como evaluación rápida.

##### Pasos:

Llenar un cilindro o tubo transparente con la muestra.

Observar el color en un fondo blanco.

Comparar con una escala de colores típicos de aguas residuales:

**Incolora a amarilla clara:** agua ligeramente contaminada.

**Amarillo oscuro a marrón:** contaminación orgánica media-alta.

**Marrón oscuro a negro:** alta carga orgánica, aguas sépticas, descomposición anaerobia.

**Verde:** presencia de algas o procesos de eutrofización.

**Grisácea:** aguas negras con detergentes o desechos domésticos.

○

**Limitación:** método subjetivo, depende de la iluminación y percepción del observador.

#### B. Método colorimétrico con espectrofotómetro (cuantitativo)

Usa un equipo que mide la absorción de luz por la muestra a una longitud de onda específica, expresando el color en unidades de platino-cobalto (Pt-Co).

Procedimiento (según APHA 2120 C):

Filtrar la muestra para eliminar sólidos suspendidos.

Colocar la muestra en una celda óptica limpia.

Medir la absorbancia a 455 nm con espectrofotómetro.

Comparar con una curva de calibración estándar de cloroplatinato de potasio, expresando el color en unidades Pt-Co.

#### Interpretación del color (en unidades Pt-Co)

Color (Pt-Co)	Grado de contaminación
0–15	Agua limpia o potable
15–50	Ligeramente contaminada
50–100	Contaminación media
100–500	Alta carga orgánica
>500	Contaminación severa (aguas negras, sépticas)

#### Normas de referencia

APHA Standard Methods 2120 C

ISO 7887: Water quality – Examination and determination of color

#### Recomendación

Si no se dispone de un espectrofotómetro, el método visual puede usarse como guía, pero para estudios serios (como una tesis o informes técnicos), es recomendable usar el método espectrofotométrico y expresar resultados en Pt-Co.

### Anexo 3. Determinación de la Turbidez de Aguas Residuales Domésticas.

#### 1. Equipos y Materiales Necesarios

Turbidímetro (nefelómetro) calibrado

Vasos o celdas de muestra limpias

Paño sin pelusa

Muestra de agua residual recién recolectada

#### 2. Procedimiento Paso a Paso

##### A. Preparación del equipo

Enciende el turbidímetro y espera su estabilización.

Calibra usando estándares (0, 20, 100, 500 NTU).

Limpia externamente las celdas con un paño suave.

##### B. Preparación de la muestra

Agita suavemente si hay grumos o burbujas.

Llena la celda dejando 1 cm libre (sin rebalsar).

Asegúrate de que no haya burbujas visibles.

##### C. Medición

Introduce la celda en el turbidímetro.

Cierra la tapa y ejecuta la medición.

Espera a que se estabilice y registra el valor en NTU.

#### 3. Interpretación de Resultados

Turbidez (NTU)	Evaluación
< 5	Baja (agua clara o potable)
5 – 50	Moderada
50 – 200	Alta turbidez
> 200	Muy alta (aguas negras/cradas)

#### 4. Observaciones

La turbidez varía según el tipo de descarga y momento.

No filtrar la muestra.

Evitar agitación excesiva para no resuspender sólidos.

#### 5. Normas de Referencia

APHA Standard Methods 2130 B

USEPA Method 180.1

ISO 7027

#### 6. Valores Típicos de Turbidez en Diferentes Tipos de Agua

Tipo de Agua	Turbidez (NTU)
Agua potable tratada	0 – 5
Agua subterránea clara	5 – 20
Agua residual tratada	20 – 100
Agua residual doméstica cruda	100 – 500+
Aguas sépticas	> 500

## Anexo 4. Determinación de Sólidos Totales en Aguas Residuales Domésticas.

### 1. ¿Qué son los sólidos totales?

Son la **suma de todos los sólidos suspendidos y disueltos** presentes en una muestra. Se clasifican en:

**Sólidos Suspendidos Totales (SST):** partículas visibles, separables por filtración.

**Sólidos Disueltos Totales (SDT):** sales, minerales, materia orgánica que pasan a través del filtro.

**Sólidos Totales (ST) = SST + SDT**

### 2. Equipos y materiales necesarios

Cápsula de porcelana o platillo de evaporación

Balanza analítica (precisión de 0.1 mg)

Estufa (103 °C a 105 °C)

Desecador

Horno (opcional, para ignición)

Pipetas o probetas

Muestra de agua residual homogénea

### 3. Procedimiento paso a paso (según APHA 2540 B)

#### A. Preparación del recipiente

Limpia la cápsula de porcelana.

Seca en la estufa a 103–105 °C durante 1 hora.

Enfría en desecador y pésala (anotar como peso inicial: P<sub>1</sub>).

#### B. Evaporación de la muestra

Medir un volumen conocido de muestra (por ejemplo, 100 mL).

Verter en la cápsula y evaporar lentamente sobre una placa calefactora o baño María.

Una vez seco, transferir a la estufa.

#### C. Secado y pesaje

Secar en estufa a 103–105 °C durante al menos 1 hora.

Retirar, enfriar en desecador y pesar nuevamente (peso final: P<sub>2</sub>).

Repetir secado y pesado hasta obtener peso constante (variación < 0.5 mg).

### 4. Cálculo

$$ST \text{ (mg/L)} = \frac{(P_2 - P_1) \times 1000}{\text{Volumen(mL)}}$$

### 5. Normas de referencia

APHA Standard Methods 2540 B – Total Solids Dried at 103–105 °C

EPA 160.1 – Total Solids Gravimetric Method

### 6. Observaciones

Si deseas separar sólidos suspendidos y disueltos, primero debes filtrar la muestra.

El análisis debe realizarse lo antes posible tras la recolección para evitar degradación biológica.

Usar guantes y evitar contaminación para garantizar resultados precisos.

## Anexo 5. **Determinación de Sólidos Disueltos Totales (SDT).**

### **1. ¿Qué son los SDT?**

Son los sólidos que pasan a través de un filtro (generalmente de 1.5 µm de poro) y permanecen después de evaporar el agua y secar el residuo a 180 °C. Incluyen:

Sales inorgánicas (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, etc.)

Materia orgánica soluble

Contaminantes iónicos

### **2. Equipos y materiales necesarios**

Filtro de fibra de vidrio o membrana (1.5 µm)

Cápsula de porcelana o platillo de evaporación

Balanza analítica (0.1 mg precisión)

Estufa a 180 °C

Desecador

Probeta o pipeta graduada

Muestra de agua residual

### **3. Procedimiento paso a paso (según APHA 2540 C)**

#### ***A. Preparación del recipiente***

Lavar y secar la cápsula en la estufa a 180 °C por 1 hora.

Enfriar en desecador y pesar (anotar como P<sub>1</sub>).

#### ***B. Preparación de la muestra***

Filtrar la muestra usando filtro de fibra de vidrio.

Medir un volumen conocido (ej. 100 mL) del filtrado.

#### ***C. Evaporación y secado***

Verter el filtrado en la cápsula y evaporar lentamente.

Una vez seca, llevar la cápsula a la estufa a 180 °C durante al menos 1 hora.

Enfriar en desecador y pesar (anotar como P<sub>2</sub>).

Repetir el secado y pesado hasta peso constante.

### **4. Cálculo**

$$\text{SDT (mg/L)} = \frac{(P_2 - P_1) \times 1000}{\text{Volumen de muestra (mL)}}$$

### **5. Normas de referencia**

APHA Standard Methods 2540 C

EPA Method 160.1 – Total Dissolved Solids (TDS)

ISO 11923

### **6. Observaciones**

No se debe agitar excesivamente la muestra antes de la filtración.

La cápsula debe estar completamente seca antes de pesar.

Analizar lo más pronto posible después del muestreo.

Este procedimiento no separa individualmente cada ion, solo el total de sólidos disueltos.

## Anexo 6. **Determinación de Sólidos Sedimentables.**

Son las partículas en suspensión que se asientan por acción de la gravedad en un tiempo específico. Se expresan en mL/L y representan parte de los sólidos suspendidos totales (SST).

### **1. Equipos y materiales necesarios**

Imhoff cono graduado de 1 litro (de vidrio o plástico transparente)

Cronómetro o reloj

Muestra de agua residual doméstica

Varilla o agitador (opcional)

### **2. Procedimiento paso a paso (según APHA 2540 F)**

#### ***A. Recolección de muestra***

Homogeneizar bien la muestra de agua residual agitando suavemente (no batir).

Verter exactamente 1 litro de muestra en el cono Imhoff.

#### ***B. Sedimentación***

Colocar el cono en una superficie estable y dejar sedimentar durante 1 hora.

No mover ni agitar el cono durante este tiempo.

#### ***C. Lectura***

Al cabo de 60 minutos, observar la cantidad de lodo sedimentado en la parte inferior del cono.

Leer el volumen directamente en mL/L.

### **3. Interpretación de resultados**

<b>Sólidos Sedimentables (mL/L)</b>	<b>Evaluación general</b>
0 – 1	Baja sedimentabilidad, agua pretratada
1 – 10	Carga moderada, agua doméstica común
> 10	Alta carga orgánica, agua cruda o séptica

*Valores altos indican necesidad de tratamiento primario intensivo o control de sólidos.*

### **4. Observaciones**

Si se forman burbujas, agitarlas ligeramente con varilla antes de sedimentar.

Evitar exponer el cono al sol directo o vibraciones.

El lodo puede contener gas (fermentación), lo cual no debe confundirse con volumen real de sedimento.

Este método no mide peso seco, solo **volumen sedimentado**.

### **5. Normas de referencia**

APHA Standard Methods 2540 F – Settleable Solids

EPA 160.5 – Settleable Solids by Imhoff Cone

ISO 11733 – Water quality – Evaluation of sedimentation

## Anexo 7. Métodos para determinar el pH en aguas residuales.

### 1. Uso de un potenciómetro (pH-metro)

Es el método más **preciso y confiable**.

#### **Procedimiento general:**

Calibrar el pH-metro usando soluciones buffer estándar (normalmente pH 4, 7 y 10).

Enjuagar el electrodo con agua destilada.

Sumergir el electrodo en una muestra representativa de las aguas residuales.

Esperar a que se estabilice la lectura.

Registrar el valor del pH.

#### **Ventajas:**

Alta precisión.

Lectura digital directa.

Permite mediciones continuas en campo o laboratorio.

### 2. Indicadores de pH (papel indicador o tiras reactivas)

Utilizado para análisis rápidos **in situ**, aunque menos exacto.

#### **Procedimiento:**

Sumergir la tira reactiva en la muestra.

Comparar el color resultante con la escala de colores provista.

Estimar el pH en base al color.

#### **Ventajas:**

Económico.

Rápido.

No requiere electricidad ni equipos especiales.

#### **Desventajas:**

Menor exactitud.

No adecuado para aguas muy turbias o coloreadas.

### 3. Indicadores líquidos

Se agregan gotas de un reactivo que cambia de color según el pH.

#### **Procedimiento:**

Añadir unas gotas del indicador a una muestra pequeña.

Observar el cambio de color.

Comparar con una escala visual.

Factores que pueden afectar la medición del pH:

Temperatura de la muestra.

Presencia de aceites, grasas o sólidos en suspensión.

Gases disueltos (como CO<sub>2</sub> o H<sub>2</sub>S).

Tiempo desde la recolección (el pH puede cambiar con el tiempo).

#### **Referencia normativa:**

DS N.º 010-2019-VIVIENDA (Perú): establece los parámetros de vertimiento de aguas residuales.

APHA 4500-H<sup>+</sup>: método estándar para pH en el "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater".

## Anexo 8. Procedimiento estándar para analizar la DBO<sub>5</sub>.

### 1. Recolección y conservación de la muestra

Tomar la muestra en frascos **limpios, oscuros y sin burbujas**.

Si no se analiza inmediatamente, refrigerar a **4 °C** (máximo 24 h).

Evitar la entrada de aire que pueda modificar el contenido de oxígeno.

### 2. Preparación de diluciones

Se prepara una serie de **diluciones** de la muestra con **agua de dilución aireada** que contiene nutrientes y microorganismos.

El agua de dilución debe contener:

Fosfato (buffer)

Cloruro de magnesio

Sulfato de calcio

Cloruro férrico

Semilla bacteriana (opcional si la muestra no contiene suficiente biota)

### 3. Medición del oxígeno disuelto inicial (D<sub>0</sub>)

Se mide el oxígeno disuelto de la muestra diluida **al inicio (día 0)** con un **oxímetro de membrana** o por método de **Winkler modificado**.

### 4. Incubación

Se incuban los frascos a **20 °C ± 1 °C** por **5 días** en **oscuridad total** para evitar fotosíntesis.

Los frascos deben estar sellados para evitar la entrada de aire.

### 5. Medición del oxígeno disuelto final (D<sub>5</sub>)

Después de 5 días, se mide nuevamente el oxígeno disuelto.

### 5. Cálculo de la DBO<sub>5</sub>

$$DBO_5 = D_0 - D_5$$

Donde:

D<sub>0</sub>: Oxígeno disuelto inicial (mg/L)

D<sub>5</sub>: Oxígeno disuelto después de 5 días (mg/L)

### Importancia del análisis de DBO<sub>5</sub>

Evalúa la carga orgánica biodegradable.

Es un parámetro clave para el diseño y control de plantas de tratamiento.

Es un criterio legal en los LMP de vertimientos (según regulaciones como el D.S. 010-2019-VIVIENDA en Perú).

Factores que afectan la DBO:

Temperatura de incubación.

Presencia de sustancias tóxicas que inhiban la actividad bacteriana.

Nivel de aireación del agua de dilución.

Tiempo entre el muestreo y el análisis.

Referencias normativas:

**APHA Standard Methods 5210 B**

**EPA 405.1**

**D. S. N.º 010-2019-VIVIENDA (Perú)**

## Anexo 9. Análisis de DO.

Método estándar: **Oxidación con dicromato** (según APHA 5220 B)

### Reactivos principales:

Dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ): oxidante fuerte.

Ácido sulfúrico concentrado con sulfato de plata ( $Ag_2SO_4$ ): medio ácido y catalizador.

Sulfato de mercurio ( $HgSO_4$ ): elimina interferencias por cloruros.

Fenantrolina férrica o ferroína: indicador (si se realiza titulación).

Sulfato de hierro (II) y amonio (FAS): para la titulación (si no es colorimétrico).

Agua destilada.

### Procedimiento general (reflujo cerrado o digestión colorimétrica):

#### 1. Preparación de la muestra

Tomar una alícuota representativa (generalmente 2 mL a 10 mL).

Agregar reactivos ( $HgSO_4$ ,  $K_2Cr_2O_7$ ,  $H_2SO_4$  con  $Ag_2SO_4$ ).

Colocar en tubos de digestión o matraces de reflujo.

#### 2. Digestión

Calentar a 150 °C durante 2 horas (en bloque digestor o reflujo).

El dicromato oxida la materia orgánica, y se reduce a  $Cr^{3+}$ .

#### 3. Enfriamiento

Dejar enfriar los tubos o matraces a temperatura ambiente.

#### 4. Determinación del exceso de dicromato:

Hay dos formas principales:

##### a. Colorimétrica (más usada hoy)

Se mide con espectrofotómetro a 600 nm.

Se compara contra una curva de calibración.

##### b. Titulación (método clásico)

Se titula el exceso de dicromato con FAS ( $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ ).

Se usa ferroína como indicador (cambio de color de azul verdoso a rojo vino).

**Cálculo de la DQO** (si se titula):

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

Donde:

A = Volumen de FAS gastado en el blanco (mL)

B = Volumen de FAS gastado en la muestra (mL)

N = Normalidad del FAS

8000 = Factor de conversión a mg/L de oxígeno

### Precauciones:

Usar campana extractora: se trabaja con ácidos concentrados y cromo hexavalente (tóxico).

Desechar los residuos como material peligroso.

El  $HgSO_4$  es contaminante; manipular con cuidado.

Referencias:

APHA 5220 B – *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

EPA Method 410.4.

Anexo 10. **procedimientos estandarizados** para cada parámetro, basados en los métodos recomendados por la **APHA, EPA** y normativa internacional.

### **1. NITRÓGENO TOTAL (NT o N-TOT)**

El Nitrógeno Total incluye todas las formas de nitrógeno: orgánico, amoniacal, nitritos y nitratos.

**Método: Digestión oxidativa + espectrofotometría**

(Referencia: APHA 4500-N C o D, o EPA 351.2)

**Procedimiento:**

Digestión previa: la muestra se digiere con persulfato de potasio o ácido sulfúrico y catalizador para convertir todo el nitrógeno en nitrato.

Se neutraliza la muestra tras la digestión.

Se analiza como nitrato mediante espectrofotometría UV o reducción con cadmio + Griess.

**Equipos:**

Digestor térmico

Espectrofotómetro (220–275 nm o colorimetría a 540 nm)

### **2. NITRÓGENO AMONIA CAL (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)**

Cantidad de ion amonio presente (forma reducida del nitrógeno). Frecuente en aguas residuales crudas.

**Método: Colorimétrico con salicilato o Nessler**

(Referencia: APHA 4500-NH<sub>3</sub> F o G, o EPA 350.1)

**Procedimiento:**

Filtrar o decantar la muestra si es muy turbia.

Ajustar pH a >11 para liberar NH<sub>3</sub> (si se usa método Nessler).

Añadir reactivos específicos:

Salicilato de sodio + hipoclorito (verde/azul).

O reactivo de Nessler (amarillo/anaranjado).

Leer absorbancia en 630 nm (salicilato) o 425 nm (Nessler).

Calcular concentración a partir de curva de calibración.

**Interferencias:**

Cloro residual.

Turbidez o color fuerte.

### **3. NITRITOS (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)**

Nitrógeno en forma de nitrito, una forma intermedia de oxidación en el ciclo del nitrógeno.

**Método: Colorimétrico con reactivo de Griess**

(Referencia: APHA 4500-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> B, o EPA 354.1)

**Procedimiento:**

Filtrar la muestra si es necesario.

Añadir reactivo de Griess (sulfanilamida + NED).

Se forma un compuesto rosado.

Medir absorbancia a 540 nm.

Comparar con curva estándar de nitrito.

### **4. NITRATOS (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)**

Nitrógeno en forma de nitrato, la forma más oxidada y soluble. Indicador de aguas contaminadas por fertilizantes o procesos de nitrificación.

**Métodos comunes:**

Espectrofotometría UV directa (220 y 275 nm)

Reducción con cadmio + Griess (colorimétrico)  
Ion selectivo (ISE) o cromatografía iónica

**Procedimiento (colorimétrico con cadmio):**

Pasar la muestra por una columna con cadmio reducido  $\rightarrow$   $\text{NO}_3^-$  se convierte en  $\text{NO}_2^-$ .

Añadir reactivo de Griess.

Leer absorbancia a 540 nm.

Restar el valor del  $\text{NO}_2^-$  ya presente (si se desea solo  $\text{NO}_3^-$ ).

**Consideraciones importantes:**

Filtrar si hay sólidos en suspensión.

Neutralizar el pH si es muy ácido o alcalino.

Preparar curvas de calibración para cada parámetro.

Usar blanco, duplicados y estándares para validar resultados.

**Normas de referencia:**

APHA 4500-N series

EPA 350.1, 351.2, 353.2, 354.1

Normas técnicas peruanas (NTP 900.058:2001)

## Anexo 11. Método estándar para el análisis de Fósforo total.

### **Digestión + Método colorimétrico (ácido ascórbico)**

Basado en la norma APHA 4500-P E o EPA 365.1 / 365.2

#### **Procedimiento general**

##### **1. Digestión de la muestra**

Convierte todo el fósforo a ortofosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), que es la forma detectable.

##### **Materiales y reactivos:**

Ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

Persulfato de potasio ( $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ) o ácido nítrico (según método)

Digestor o autoclave (120 °C – 130 °C durante 30–60 min)

##### **Pasos:**

Tomar una alícuota de muestra (25–50 mL).

Añadir ácido sulfúrico y persulfato.

Calentar a 120–130 °C durante 30–60 minutos.

Dejar enfriar y ajustar pH ( $\approx 5$  a 10) si es necesario.

##### **2. Análisis colorimétrico con ácido ascórbico**

Después de la digestión, se usa el método del ácido ascórbico para medir el ortofosfato liberado:

##### **Reactivos:**

Reactivo combinado: ácido ascórbico, molibdato de amonio, tartrato y antimonil potásico.

Se forma un complejo azul (fosfomolibdeno).

##### **Pasos:**

Añadir reactivo combinado a la muestra digerida.

Esperar 10–30 minutos para que se desarrolle el color.

Medir absorbancia a 880 nm en espectrofotómetro (o 650 nm si es turbio).

##### **Cálculo:**

$$P(\text{mg/L}) = [\text{Lectura de absorbancia}] \Rightarrow \text{Interpolar en la curva de calibración}$$

##### **Consideraciones importantes:**

Filtrar antes de digerir si se desea separar disuelto y total.

Usar vidrio o plásticos libres de fósforo.

Preparar siempre curva de calibración con estándares conocidos.

El método es sensible a la temperatura, acidez y tiempo de reacción.

##### **Referencias normativas:**

APHA Standard Methods 4500-P E

EPA Method 365.1 / 365.2

NTP 900.043:2001 (Perú)

## Anexo12. Método estándar para la determinación de Grasas y Aceites.

Método: Extracción con disolventes + gravimetría o espectrofotometría  
Procedimiento general (según EPA 1664B – método más usado)

### 1. Preparación de la muestra

Filtrar si hay sólidos grandes.

Acidificar a  $\text{pH} \leq 2$  con ácido sulfúrico (para mejorar la extracción).

Si hay emulsiones, se puede usar sal o etanol para romperlas.

### 2. Extracción con disolvente

Agitar la muestra con hexano o éter de petróleo en embudo de separación.

Generalmente se hacen tres extracciones sucesivas con 30–50 mL de disolvente cada una.

Combinar los extractos.

### 3. Evaporación del disolvente

El extracto se transfiere a un vaso previamente tarado (peso conocido).

Se evapora el disolvente en una estufa a 40–70 °C o en una unidad de evaporación rotatoria.

Se seca a peso constante.

### 4. Cálculo por gravimetría

#### Alternativas al método gravimétrico

Espectrofotometría IR (EPA 418.1)

Se mide la absorción infrarroja del extracto.

Más rápida, pero requiere equipo especializado.

#### Métodos fotométricos con reactivos específicos

Algunos kits rápidos utilizan **colorantes** que reaccionan con grasas.

Útiles para monitoreo, pero menos precisos.

#### Consideraciones de seguridad:

Los disolventes como hexano y éter de petróleo son tóxicos e inflamables.

Se debe trabajar bajo campana de extracción.

El residuo debe eliminarse como residuo peligroso.

#### Normas de referencia:

EPA 1664B (modificada): extracción con hexano y cuantificación por pesada (gravimetría)

APHA 5520 B o D: extracción con éter de petróleo, freón u otro disolvente

NTP 900.059:2001 (Perú)

### Anexo 13. **Método estándar para el análisis de detergentes.**

Método: Azul de metileno activo (MBAS)

Este método se basa en la formación de un complejo azul entre los detergentes aniónicos y el reactivo azul de metileno, el cual se extrae con cloroformo y se mide por espectrofotometría.

Procedimiento general (MBAS).

#### **1. Preparación de reactivos**

Reactivo azul de metileno (solución acuosa)

Solución tampón fosfato (pH 7): controla el pH de reacción

Cloroformo (CHCl<sub>3</sub>): para la extracción

Soluciones estándar de LAS (dodecibenceno sulfonato de sodio)

#### **2. Preparación de la muestra**

Filtrar si hay sólidos grandes.

Tomar una alícuota (ej. 100 mL) de la muestra.

#### **3. Reacción y extracción**

Añadir:

25 mL de reactivo de azul de metileno

20 mL de tampón fosfato

25 mL de cloroformo

Agitar vigorosamente (por 5 minutos en embudo de separación).

Separar la fase inferior (cloroformo).

Repetir la extracción dos veces más (con 15 mL de cloroformo).

Combinar los extractos de cloroformo.

#### **4. Medición**

Leer la absorbancia de la fase orgánica (cloroformo) a 652 nm en un espectrofotómetro.

Comparar con una curva de calibración preparada con estándares de LAS.

Cálculo:

Detergentes (mg/L) = Absorbancia → Interpolar en la curva estandar

Consideraciones importantes:

El cloroformo es tóxico y cancerígeno → usar campana extractora.

El azul de metileno también puede teñir la piel o contaminar equipos.

Controlar bien el pH de la muestra (~7) para buena reacción.

Hacer blanco, duplicados y estándares para validación.

Referencias normativas:

APHA Standard Methods 5540 C: Surfactants as Methylene Blue Active Substances (MBAS)

EPA 425.1

NTP 900.055:2001 (Perú)

## Anexo 14. Análisis de metales pesados.

### Métodos de análisis más comunes

<b>Metal</b>	<b>Método instrumental estándar</b>
Todos	Espectrofotometría de Absorción Atómica (AAS)
Todos	ICP-OES / ICP-MS ( <i>más preciso y multielemento</i> )
Hg	Espectrofotometría de absorción atómica con vapor frío
Cr(VI)	Colorimetría con difenilcarbazida

### Procedimiento general para metales totales (basado en APHA 3030 E + 3111 o 3120)

#### 1. Conservación de la muestra

Recoger en frasco de polietileno o vidrio ácido lavado.  
Acidificar a pH < 2 con ácido nítrico concentrado (HNO<sub>3</sub>).  
Conservar refrigerada a 4 °C.

#### 2. Digestión ácida (pretratamiento)

*Objetivo:*

Liberar los metales ligados a partículas, materia orgánica o complejos químicos.

##### **Reactivos:**

Ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>)

Ácido perclórico (HClO<sub>4</sub>) o sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) (en algunos métodos)

##### **Pasos:**

Tomar alícuota (ej. 100 mL) de la muestra.

Añadir 5–10 mL de HNO<sub>3</sub> concentrado.

Calentar en placa o bloque digestor a 85–95 °C hasta volumen reducido (≈15 mL).

Filtrar (si hay precipitados) y llevar a volumen final con agua destilada desionizada.

#### 3. Lectura instrumental

*a) AAS (Absorción atómica)*

Técnica más común en laboratorios ambientales.

Cada metal tiene una longitud de onda específica.

La muestra se aspira en una llama o horno de grafito.

*b) ICP-OES o ICP-MS*

Alta sensibilidad y lectura multielemento simultánea.

Requiere equipos más complejos.

#### 4. Cálculo de concentración

$$\text{Concentración (mg/L)} = \text{Lectura del equipo (mg/L)} \times \text{factor de dilución}$$

Consideraciones importantes:

Usar siempre blancos, patrones y curvas de calibración.

Filtrar la muestra si se desea medir solo metales disueltos.

El mercurio requiere técnicas específicas por su volatilidad.

Evitar contaminación cruzada: todo debe estar libre de metales.

Normas y métodos de referencia:  
APHA Standard Methods 3030, 3111, 3120, 3113  
EPA 200.7 (ICP-OES), 200.8 (ICP-MS), 245.1 (Hg)  
NTP 900.058:2001 / 900.014:1998 (Perú)

## Anexo 15. Análisis de Coliformes.

### MÉTODO 1: Número Más Probable (NMP)

#### 1. Materiales y equipos:

Tubos con caldo Lauril Sulfato Triptosa (LST) o Lauril Triptosa bilis

Tubos con caldo Verde Brillante bilis (BGB) para confirmación

Tubos con caldo EC (para coliformes fecales)

Tubos Durham (para detectar gas)

Autoclave

Estufa incubadora (35°C y 44.5°C)

Agua destilada estéril

Pipetas estériles

Gradillas

#### 2. Procedimiento:

##### *Fase Presuntiva (coliformes totales):*

Preparar series de diluciones del agua residual (por ejemplo,  $10^0$ ,  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ).

Inocular 1 mL de cada dilución en tubos con caldo LST con tubo Durham.

Incubar a  $35 \pm 0.5$  °C durante 24–48 horas.

Registrar la formación de gas (presencia presuntiva de coliformes).

##### *Fase Confirmativa (coliformes totales):*

Transferir un asa de los tubos positivos a tubos con caldo BGB.

Incubar a  $35 \pm 0.5$  °C durante 48 horas.

Si hay gas, se confirma presencia de coliformes totales.

##### *Fase para coliformes fecales:*

De los tubos presuntivos positivos, transferir a caldo EC.

Incubar a  $44.5 \pm 0.2$  °C durante 24 horas.

Presencia de gas confirma coliformes fecales.

#### 3. Interpretación de resultados:

Se utiliza una tabla de NMP (por ejemplo, la de McCrady) para determinar el número de coliformes por 100 mL con base en los tubos positivos por dilución.

Reporte como NMP/100 mL.

### MÉTODO 2: Filtración por membrana

**Norma referencial:** EPA Method 1604, Standard Methods 9222B (totales) y 9222D (fecales)

#### 1. Materiales y equipos:

Filtros de membrana estériles (0.45  $\mu\text{m}$ )

Embudos de filtración y bomba de vacío

Caldo de cultivo: m-Endo Agar LES (totales), m-FC Agar (fecales)

Incubadoras a 35°C y 44.5°C

Pinzas estériles

Caja Petri

Agua estéril

Gradilla

## **2. Procedimiento:**

### ***Para coliformes totales:***

Filtrar 100 mL de muestra (o diluciones si es agua muy contaminada).

Colocar el filtro sobre agar m-Endo.

Incubar a  $35 \pm 0.5$  °C durante 24 horas.

Contar colonias de color rojo metálico o con centro metálico = **coliformes totales**.

### ***Para coliformes fecales:***

Filtrar 100 mL en membrana.

Colocar sobre agar m-FC.

Incubar a  $44.5 \pm 0.2$  °C durante 24 horas.

Contar colonias azul oscuro = **coliformes fecales**.

## **3. Interpretación:**

Reportar el número de colonias formadoras de unidades (UFC) por 100 mL.

Consideraciones generales:

Utilizar controles negativos y positivos para validar el análisis.

Esterilizar correctamente todo el material reutilizable.

El análisis debe realizarse dentro de las 6 horas posteriores al muestreo.

**Norma referencial:** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - APHA

## Anexo 16. *Escherichia coli* (**E. coli**).

### 1. MÉTODO DE FILTRACIÓN POR MEMBRANA (FM)

**Norma referencial:** Standard Methods 9222G o EPA Method 1603

**Principio:**

Se filtra una muestra de agua a través de una membrana de 0.45 µm, que retiene las bacterias. El filtro se incuba sobre un medio selectivo que favorece el crecimiento de *E. coli* y permite su identificación visual por coloración característica.

#### **Materiales y equipos:**

Filtros de membrana estériles (0.45 µm)

Embudos de filtración estériles y bomba de vacío

Medio cromogénico m-ColiBlue24 o agar Chromocult, o medio mTEC (según el método)

Placas Petri estériles

Agua estéril para enjuague

Incubadoras a 35 °C y 44.5 °C

Pinzas estériles

Gradilla para placas

#### **Procedimiento:**

##### **Filtración:**

Filtrar 100 mL (o volumen ajustado si hay alta carga microbiana) de la muestra de agua residual.

Usar pinzas estériles para colocar el filtro en la base del embudo de filtración.

Aplicar vacío y dejar pasar el volumen total.

##### **Cultivo:**

Colocar el filtro en una placa con el medio de cultivo selectivo (por ejemplo, mTEC o m-ColiBlue24).

Incubar:

m-ColiBlue24: 35 ± 0.5 °C por 24 horas.

mTEC: 35 °C por 2 horas (recovery) y luego 44.5 °C por 22 horas.

##### **Lectura de resultados:**

Las colonias de *E. coli* aparecerán:

m-ColiBlue24: Colonias azules oscuras.

Chromocult o EC-MUG: Fluorescencia bajo luz UV si hay producción de β-glucuronidasa (enzima específica).

mTEC: Colonias rojas o magenta.

**Interpretación:**

Contar las colonias características y reportar como: UFC de *E. coli*/100 mL

### 2. MÉTODO DEL NÚMERO MÁS PROBABLE (NMP) con EC-MUG

**Norma referencial:** Standard Methods 9221F o EPA 1604

**Principio:**

Se inocula la muestra en tubos con caldo EC-MUG, un medio que contiene un sustrato fluorescente que es hidrolizado por una enzima específica de *E. coli* (β-glucuronidasa).

**Materiales:**

Tubos con caldo EC-MUG (EC + 4-metilumbeliferil- $\beta$ -D-glucuronida)  
Tubos Durham para detección de gas  
Incubadora a 44.5 °C  
Cámara UV (365 nm)  
Pipetas y material estéril

**Procedimiento:**

Inocular diferentes diluciones (por ejemplo,  $10^0$ ,  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ) en tubos EC-MUG.  
Incubar a  $44.5 \pm 0.2$  °C durante 24 horas.

**Observar:**

Producción de gas (presencia de coliformes fecales).  
Fluorescencia azul bajo luz UV: presencia de *E. coli*.

**Interpretación:**

Usar tabla de NMP para determinar el número más probable de *E. coli*/100 mL.

**Consideraciones:**

El análisis debe realizarse dentro de las 6 horas de tomada la muestra.  
Utilizar controles positivos (*E. coli* ATCC 25922) y negativos (agua estéril).  
Los resultados ayudan a evaluar el grado de contaminación microbiológica en aguas residuales tratadas o crudas.

Anexo 17. Encuesta para el diseño de trampas de grasa en restaurantes.

**ENCUESTA**

**Objetivo:** Recopilar información sobre el volumen de aguas residuales grasas generadas en el restaurante, así como las características operativas, para diseñar un sistema de tratamiento adecuado (trampa de grasa).

I. Datos Generales del Establecimiento

1. Nombre del restaurante: Olé
2. Dirección: Calle Castrovirreyna N° 142
3. Nombre del responsable: Alfredo Carrasco Cárdenas
4. Teléfono de contacto: 981477375
5. Correo electrónico: grupocards@hotmail.com
6. Tipo de establecimiento:  Restaurante tradicional     Comida rápida     Cafetería     Otro: \_\_\_\_\_

II. Operación del Restaurante

7. ¿Cuántos días a la semana opera el restaurante? 06 días
8. ¿Cuál es el horario de atención? Desde: 09:00 a.m hasta: 17:00 p.m
9. ¿Cuántos comensales atiende diariamente (promedio)?  <50  50 - 100  101 - 200  >200
10. ¿Cuántos empleados trabajan en la cocina? 4 personas
11. ¿Cuántas comidas principales se preparan al día?  Desayuno  Almuerzo  Cena  Todas

III. Equipamiento de Cocina

12. Marque los equipos que usa en la cocina:  Freidoras  Sartenes industriales  Lavaderos de platos  Lavavajillas automático  Hornos  Fregaderos múltiples  Otros: \_\_\_\_\_
  13. ¿Cuenta con un sistema actual de recolección de grasas?  Sí     No
- Si respondió 'Sí', describa: Cuenta con trampa de grasa pero no está conectado a todos los lavaderos.

IV. Manejo de Aguas Grasas y Desechos

14. ¿Con qué frecuencia limpia los drenajes de la cocina?  Diariamente     Semanalmente  Mensualmente     Nunca

15. ¿Qué tipo de desechos se vierten en el lavadero?  Restos de comida  Aceites y grasas  Detergentes  Otros: \_\_\_\_\_

16. ¿Qué volumen de agua se estima que se utiliza en cocina por día?

<300 L  300-600 L  601-1000 L  >1000 L

#### V. Condiciones Técnicas

17. Diámetro aproximado del desagüe de la cocina:  2"  3"  4"  No se conoce

18. ¿Cuál es el espacio disponible para instalar una trampa de grasa?  <1 m<sup>2</sup>  1-2 m<sup>2</sup>  >2 m<sup>2</sup>  No se dispone de espacio.

19. ¿Preferiría una trampa de grasa de tipo?  Subterránea  Sobre el piso  No tiene preferencia.

#### VI. Comentarios Adicionales

20. ¿Desea recibir una propuesta de diseño personalizada?  Sí  No

21. Comentarios o sugerencias: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Anexo 18: Evidencias.





## INFORME DE ENSAYO N° A3821/25

Solicitante : MILAGROS ISABEL QUIROZ LOPEZ  
Dirección : Calle Castrovirreyña N 142

Procedencia : INVERSIONES OLÉ OLÉ SAC  
Distrito: Ica – Provincia: Ica – Departamento: Ica

(\*) Matriz de la Muestra : Agua Residual Municipal

(\*) Fecha de Muestreo : 09 – Setiembre – 2 025  
(\*) Responsable del Muestreo : Milagros Isabel Quiroz Lopez

Fecha y Hora de Recepción : 10 – Setiembre – 2 025/ 08:20 h  
Fecha de Ejecución del Ensayo : 10 al 17 – Setiembre – 2 025  
Código Interno : L3821/25



PARÁMETROS	3821 - 1 (*)		Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	(*)	AR-01 # (13:40 h)		
Aceites y Grasas		655,0	mg /L	EPA 1664 (-)

(\*) Código de Laboratorio

(\*) Código del Solicitante y hora de muestreo

### REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

- Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 24 th Ed. APHA, AWWA WEF, 2023.
- Method 1664, Revision 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.
- (-) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el IAS, TL-1011.

### ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

- La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizada.

### OBSERVACIONES.-

- (\*) Datos proporcionados por el cliente. EQUAS S.A. no asume responsabilidad de los datos brindados que puedan afectar la validez de los resultados.
- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

Lima, 17 de Setiembre de 2 025.

**EQUAS S.A.**  
  
Ing. Eusebio Victor Cándor Evaristo  
Gerente General

Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra delosente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días hábiles antes de su vencimiento.



## INFORME DE ENSAYO N° A3821/25

Solicitante : MILAGROS ISABEL QUIROZ LOPEZ  
Dirección : Calle Castrovirreyana N 142

Procedencia : INVERSIONES OLÉ OLÉ SAC  
Distrito: Ica – Provincia: Ica – Departamento: Ica

(\*) Matriz de la Muestra : Agua Residual Municipal

(\*) Fecha de Muestreo : 09 – Setiembre – 2 025  
(\*) Responsable del Muestreo : Milagros Isabel Quiroz Lopez

Fecha y Hora de Recepción : 10 – Setiembre – 2 025/ 08:20 h  
Fecha de Ejecución del Ensayo : 10 al 17 – Setiembre – 2 025  
Código Interno : L3821/25

PARÁMETROS	3821 - 2 (*)		Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	(*)	AR-02 # (13:48 h)		
Demanda Bioquímica de Oxígeno		1 821	mg /L	APHA 5210 B (*)

(\*) Código de Laboratorio

(\*) Código del Solicitante y hora de muestreo

### REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

- Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 24 th Ed. APHA, AWWA WEF, 2023.
- (\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.

### ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

- La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizadas.

### OBSERVACIONES.-

- (\*) Datos proporcionados por el cliente. EQUAS S.A. no asume responsabilidad de los datos brindados que puedan afectar la validez de los resultados.
- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

Lima, 17 de Setiembre de 2 025.

**EQUAS S.A.**  
  
Ing. Eusebio Victor Cándor Evaristo  
Gerente General

Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra únicamente para los ensayos de metales, la solicitud de devolución ante la comisión debe realizarse diez días antes de su vencimiento.



## INFORME DE ENSAYO N° A3821/25

Solicitante : MILAGROS ISABEL QUIROZ LOPEZ  
Dirección : Calle Castrovirreyña N 142

Procedencia : INVERSIONES OLÉ OLÉ SAC  
Distrito: Ica – Provincia: Ica – Departamento: Ica

(\*) Matriz de la Muestra : Agua Residual Municipal

(\*) Fecha de Muestreo : 09 – Setiembre – 2 025  
(\*) Responsable del Muestreo : Milagros Isabel Quiroz Lopez

Fecha y Hora de Recepción : 10 – Setiembre – 2 025/ 08:20 h  
Fecha de Ejecución del Ensayo : 10 al 17 – Setiembre – 2 025  
Código Interno : L3821/25

PARÁMETROS	3821 - 3 (*)		Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	(*)	AR-01 (*) (13:59 h)		
Demanda Química de Oxígeno		3 737	mg O <sub>2</sub> /L	APHA 5220 D (*)

(\*) Código de Laboratorio

(\*) Código del Solicitante y hora de muestreo

### REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

- Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 24 th Ed. APHA, AWWA WEF, 2023.
- (\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.

### ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

- La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizadas.

### OBSERVACIONES.-

- (\*) Datos proporcionados por el cliente. EQUAS S.A. no asume responsabilidad de los datos brindados que puedan afectar la validez de los resultados.
- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

Lima, 17 de Setiembre de 2 025.

**EQUAS S.A.**  
  
Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo  
Gerente General

*Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente – EQUAS S.A.*

*Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras empaquetadas.*

*Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.*

*El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra únicamente para los ensayos de metales, la solicitud de devolución ante la comisión debe realizarse diez días hábiles antes de su vencimiento.*



## INFORME DE ENSAYO N° A3821/25

Solicitante : MILAGROS ISABEL QUIROZ LOPEZ  
Dirección : Calle Castrovirreyana N 142

Procedencia : INVERSIONES OLÉ OLÉ SAC  
Distrito: Ica – Provincia: Ica – Departamento: Ica

(\*) Matriz de la Muestra : Agua Residual Municipal

(\*) Fecha de Muestreo : 09 – Setiembre – 2 025  
(\*) Responsable del Muestreo : Milagros Isabel Quiroz Lopez

Fecha y Hora de Recepción : 10 – Setiembre – 2 025/ 08:20 h  
Fecha de Ejecución del Ensayo : 10 al 17 – Setiembre – 2 025  
Código Interno : L3821/25

PARÁMETROS	3821 - 4 <sup>(*)</sup>		Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	(*)	AR-04 <sup>(*)</sup> (14:10 h)		
Sólidos Suspendidos Totales		1 420	mg/L	APHA 2540 D (*)

(\*) Código de Laboratorio

(\*) Código del Solicitante y hora de muestreo

### REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

- Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 24 th Ed. APHA, AWWA WEF, 2023.
- (\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.

### ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

- La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizada.

### OBSERVACIONES.-

- (\*) Datos proporcionados por el cliente. EQUAS S.A. no asume responsabilidad de los datos brindados que puedan afectar la validez de los resultados.
- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

Lima, 17 de Setiembre de 2 025.

**EQUAS S.A.**  
  
Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo  
Gerente General

Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra únicamente para los ensayos de muestra, la solicitud de devolución ante la comisión debe realizarse diez días hábiles antes de su vencimiento.