



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante la  
implementación de una fosa séptica y un humedal artificial en  
Tocache, Perú

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Ambiental

**AUTORES:**

Chuco Vasquez, Paul William (orcid.org/0000-0001-5857-4582)

Maldonado Dueñas, Jesus Dario (orcid.org/0000-0002-4159-4541)

**ASESOR:**

Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto (orcid.org/0000-0002-8683-5054)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2023

## **Dedicatoria**

A nuestros padres que siempre nos brindaron su apoyo incondicional, este gran logro es por ustedes y para ustedes.

A nuestros familiares y amigos que siempre nos apoyaron con aliento y esperanza de poder cumplir con nuestros objetivos para alcanzar nuestros más grandes sueños.

## **Agradecimiento**

A Dios gracias, por la bendición de poder cumplir nuestras metas cada día, por la fuerza e ímpetu con la cual nos fortalece.

A nuestros amados padres, hermanos y entorno que nos brindaron su apoyo en el desarrollo de nuestra investigación.

Finalmente, a nuestra respetada Institución por las enseñanzas que nos brindaron hasta cumplir nuestra meta.

## Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas.....	vi
Índice de figuras.....	vii
Resumen .....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA .....	9
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	9
3.2. Variables y operacionalización .....	9
3.3. Población, muestra y muestreo .....	9
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	10
3.5. Procedimiento.....	11
3.6. Método de análisis de datos .....	18
3.7. Aspectos éticos .....	18
IV. RESULTADOS .....	19
4.1. Parámetros físicos, antes y después de cada tratamiento .....	19
4.1.1. Potencial de hidrógeno.....	19
4.1.2. Conductividad eléctrica .....	19
4.2. Parámetros químicos, antes y después de cada tratamiento .....	20
4.1.3. Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) .....	20
4.1.4. Demanda química de oxígeno (DQO) .....	21
4.1.5. Aceites y Grasas .....	22
4.3. Parámetros microbiológicos, antes y después de cada tratamiento.....	23
4.1.6. Coliformes termotolerantes.....	23
4.4. Comparación con LMP de efluentes .....	24
4.4.1. Comparación de la concentración inicial del agua residual.....	24
4.5. Prueba estadística de los parámetros analizados.....	28
4.5.1. Prueba de normalidad .....	28
4.5.2. Prueba de correlación .....	29

V. DISCUSIÓN.....	30
VI. CONCLUSIONES .....	34
VII. RECOMENDACIONES.....	35
REFERENCIAS .....	36
ANEXOS.....	43

## Índice de tablas

Tabla 1. Valoración de los instrumentos de recolección de datos. ....	11
Tabla 2. Características para toma de muestra. ....	16
Tabla 3. Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas. ....	18
Tabla 4. Potencial de hidrógeno, antes y después de cada tratamiento. ....	19
Tabla 5. Conductividad eléctrica, antes y después de cada tratamiento. ....	19
Tabla 6. Concentración del DBO <sub>5</sub> , antes y después de cada tratamiento. ....	20
Tabla 7. Concentración del DQO, antes y después de cada tratamiento. ....	21
Tabla 8. Aceites y grasas, antes y después de cada tratamiento. ....	22
Tabla 9. Coliformes termotolerantes antes y después de cada tratamiento. ....	23
Tabla 10. Comparación de los valores iniciales del agua residual. ....	24
Tabla 11. Comparación del agua residual del tratamiento 1. ....	25
Tabla 12. Comparación del agua residual del tratamiento 2. ....	26
Tabla 13. Comparación del agua residual del tratamiento 3. ....	27
Tabla 14. Prueba Kolmogorov - Smirnov para una muestra. ....	28
Tabla 15. Correlación de Pearson y Spearman de los parámetros analizados. ....	29

## Índice de figuras

Figura 1. Procedimiento experimental. ....	11
Figura 2. Ubicación de la zona de estudio.....	12
Figura 3. Adaptación del <i>Chrysopogon zizanioides</i> : a) Proceso de adaptación (inicial), b). Aplicación de Codi Raíz Tropical, c) Proceso de adaptación (20 días), d) Distribución del <i>Chrysopogon zizanioides</i> en los humedales. ....	13
Figura 4. Diseño del tratamiento 1: fosa séptica.....	14
Figura 5. Diseño del tratamiento 2: humedal artificial. ....	14
Figura 6. Diseño del tratamiento 3: fosa séptica y humedal artificial. ....	15
Figura 7. Recolección de la muestra de agua residual doméstica. ....	15
Figura 8. Refrigeración de las muestras.....	16
Figura 9. Proceso experimental del agua residual doméstica.....	17
Figura 10. Eficiencia de remoción del $\text{DBO}_5$ en cada tratamiento. ....	20
Figura 11. Eficiencia de remoción del DQO en cada tratamiento. ....	21
Figura 12. Eficiencia de remoción de aceites y grasas en cada tratamiento....	22
Figura 13. Eficiencia de remoción de cada tratamiento, después de 5 y 10 días.....	23

## Resumen

El vertido de aguas residuales genera una preocupación debido a la contaminación de los cuerpos de agua, constituyendo un problema ambiental. Por ello, el objetivo de la investigación fue evaluar la eficiencia mediante la implementación de una fosa séptica y un humedal artificial en el tratamiento de aguas residuales domésticas en Tocache, Perú. El tratamiento se realizó durante 5 y 10 días para la fosa séptica, humedal artificial y con la combinación de ambos sistemas, analizándose los parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Los resultados indicaron que, la combinación de ambos sistemas obtuvo la mayor eficiencia de remoción, para el DBO<sub>5</sub>, DQO, aceites y grasas y coliformes termotolerantes, alcanzando valores de 99.167, 95.215, 54.546 y 100%, respectivamente. Finalmente, se concluye que el sistema compuesto por la fosa séptica y el humedal artificial podría utilizarse como alternativa para mejorar la calidad de las aguas residuales ser vertidas en cuerpos de agua.

**Palabras clave:** aguas residuales domésticas, fosa séptica, humedal artificial, *Chrysopongo zizanioides*, tratamiento.

## **Abstract**

The discharge of wastewater generates concern due to the contamination of water bodies, constituting an environmental problem. Therefore, the objective of the research was to evaluate the efficiency through the implementation of a septic pit and an artificial wetland in the treatment of domestic wastewater in Tocache, Peru. The treatment was carried out for 5 and 10 days for the septic pit, artificial wetland and with the combination of both systems, analyzing the physical, chemical and microbiological parameters. The results indicated that the combination of both systems obtained the highest removal efficiency for BOD<sub>5</sub>, COD, oils and fats and thermotolerant coliforms, reaching values of 99.167, 95.215, 54.546 and 100%, respectively. Finally, it is concluded that the system composed of the septic pit and the artificial wetland could be used as an alternative to improve the quality of wastewater and could be used for irrigation of vegetables and animal beverages.

**Keywords:** domestic wastewater, septic pit, artificial wetland, *Chrysopongo zizanioides*, treatment.

## I. INTRODUCCIÓN

Del total de la superficie de la tierra, el agua representa el 71 % y solo el 2.5 % es agua dulce (Rajasulochana et al., 2016), convirtiéndose en un recurso natural importante; sin embargo, producto del crecimiento exponencial de la población aumenta la demanda del consumo de agua y por consecuente el vertido de aguas residuales. Esto representa un problema medioambiental generando un riesgo para la salud y una amenaza para la escasez del agua (Alateeqi et al., 2023).

En Latinoamérica se estima que alrededor de cuatrocientos metros cúbicos de agua residual sin un tratamiento adecuado son vertidos a diferentes fuentes superficiales (Silva, Torres y Madera 2008). Estas aguas residuales provienen de los desechos de fuentes agrícolas y domésticas (Vargas et al., 2020). Por tal razón, es indispensable diseñar e implementar sistemas para tratar aguas crudas para la reducción de contaminantes y contribuir a conservar las masas de aguas (Salazar et al., 2019).

El tratamiento de las aguas residuales domésticas en el Perú es una prioridad para la población, debido a que estas son un peligro para el ambiente y la salud (Centeno et al., 2019). Sin embargo, muchas ciudades del país se ven afectadas por el precario manejo de estas aguas con alto déficit en su transporte, recolección y destino final (Delgadillo et al., 2010). Por ende, las depuraciones de aguas residuales domésticas requieren de soluciones eficientes y económicas, que respondan a las necesidades de saneamiento y a la normativa establecida (Gandarillas et al., 2017).

En el ámbito regional, las plantas para tratar aguas residuales son escasas, algunas se encuentran en ejecución y otras en mal estado, por ello se precisa obtener un mecanismo que cuente con un funcionamiento adecuado. Solo una pequeña parte de la región obtiene beneficios de estos sistemas de tratamientos depurando las aguas crudas que se generan en la región (Rubio et al., 2018).

Por lo tanto, en base a la problemática mencionada, se planteó el siguiente problema general: ¿Cuánto es la eficiencia al implementar una fosa séptica y un humedal artificial en el tratamiento de aguas residuales domésticas en Tocache,

Perú?, y como problemas específicos se plantearon los siguientes: 1) ¿Cuánto es la reducción de los parámetros físicos al implementar de una fosa séptica, humedal artificial y la combinación de ambos en el tratamiento de aguas residuales domésticas en Tocache, Perú?, 2) ¿Cuánto es la reducción de los parámetros químicos al implementar una fosa séptica, humedal artificial y la combinación de ambos en el tratamiento de aguas residuales domésticas en Tocache, Perú?, 3) ¿Cuánto es la reducción de los parámetros microbiológicos al implementar una fosa séptica, humedal artificial y la combinación de ambos en el tratamiento de aguas residuales domésticas en Tocache, Perú?.

El proyecto se justifica desde la perspectiva ambiental, porque los tratamientos (fosa séptica y humedal) son eco amigables; es así que, por medio de procesos naturales mejora los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Así mismo, ayuda a la distribución de aguas menos contaminadas que pueden verterse a los cuerpos de agua, cumpliendo la legislación ambiental vigente. Se justifica de manera social en la implementación del tratamiento mediante una fosa séptica y un humedal artificial, brindando beneficios a la población, obteniendo aguas para riego en la agricultura mejorando la calidad de sus ríos y el espacio donde habitan, reduciendo los parámetros encontrados en las aguas no tratadas. Se justifica de manera económica, porque los tratamientos implementados de una fosa séptica y humedal artificial son accesibles en costo de operación y mantenimiento, en comparativa con otros sistemas.

Para demostrar la investigación se presenta como objetivo general: evaluar la eficiencia mediante la implementación de una fosa séptica y un humedal artificial en el tratamiento de aguas residuales domésticas en Tocache, Perú. Como objetivos específicos se plantea: determinar los parámetros físicos antes y después del tratamiento de aguas residuales domésticas, al implementar una fosa séptica, humedal artificial y la combinación de ambos; determinar los parámetros químicos antes y después del tratamiento de aguas residuales domésticas, al implementar una fosa séptica, humedal artificial y la combinación de ambos y determinar los parámetros microbiológicos antes y después del tratamiento de aguas residuales domésticas, al implementar una fosa séptica, humedal artificial y la combinación de ambos.

Se plantea como hipótesis general que: el tratamiento de aguas residuales domésticas de la ciudad de Tocache, mediante la implementación de una fosa séptica y un humedal artificial es eficiente.

## II. MARCO TEÓRICO

**El agua residual doméstica** se define por la alteración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, producidas por hogares individuales (Pishgar et al., 2021). Debido a las grandes cantidades de compuestos orgánicos (Do et al., 2022). Además, cuenta con grasas y proteínas que al mezclarse disminuyen la calidad del agua (Dorji et al., 2022). De tal manera, éstas son vertidas a las alcantarillas o cuerpos de agua (Tauseef et al., 2023) Por ello, para reducir las concentraciones de contaminantes (Imron et al.,2023) se implementan medidas de solución puesto que toda agua de uso doméstico, tiene que pasar un proceso de sistemas de tratamiento cumpliendo con los parámetros establecidos en la legislación ambiental, brindando seguridad en su consumo (OEFA,2014).

**Los humedales artificiales** son sistemas ecológicos que cumplen una función importante en el ambiente, debido al beneficio que brindan sus componentes naturales (agua y especies vegetativas), que son aprovechados por la población (Granados et al., 2019). Además, este sistema es de bajo costo con altas eficiencias de remoción (Alarcón et al., 2015).

Cáceres et al. (2021) determinaron la eficiencia de sistemas con *Eichornia crassipes*, *Eisenia foetida* e hipoclorito de calcio para tratar aguas residuales doméstica, y obtuvieron como resultado que el sistema conformado por las especies *Eichornia crassipes* y *Eisenia foetida* fue el más eficiente, con remociones del DBO<sub>5</sub> en un 98.41 % y de coliformes termotolerantes del 100 %. Del mismo modo, Ngilangil y Quinquito (2020) determinaron la efectividad del vetiver para tratar aguas residuales de granjas porcinas, después de 5 semanas de tratamiento observaron que la remoción de materia orgánica se evidencia en el crecimiento radicular y en el aumento de la altura del brote del vetiver, obtuvieron una reducción de 96.85 % del DBO<sub>5</sub>.

Davamani et al. (2021) evaluaron la eficiencia del sistema hidropónico flotante con la especie *Chrysopongo zizanioides* con y sin aireación, para tratar efluentes de una fábrica de cartón, y obtuvieron que en los sistemas sin aireación los valores del pH disminuyeron debido a la liberación de exudados de las raíces de la planta y los sistemas con aireación afectan positivamente el intercambio de

oxígeno y dióxido de carbono, y por consiguiente son más eficientes, con remociones de 55.68 % del DBO<sub>5</sub> y 58.01 % del DQO. De igual modo, Durand y García (2022) evaluaron la eficiencia de remoción usando vetiver para tratar aguas residuales de una granja de cerdos e indicó que, a mayor crecimiento de las raíces del vetiver, mayor remoción.

Purihuamán y Rojas (2018) emplearon humedales artificiales de flujo subsuperficial con vetiver para tratar aguas residuales de origen doméstico, y después de 2 meses debido al contacto del agua con el material de relleno (rocas, piedra chancada, arena, tierra agrícola y humus) el pH disminuyó de 8.26 a 4.35, asimismo este sistema logró remociones del 83.89 %, 88.89 %, 72.97 % y 99.99 % de DBO<sub>5</sub>, aceites y grasas, DQO y coliformes termotolerantes.

Ramírez (2018) aplicó humedales artificiales con *Chrysopogon zizanioides* y *Pennisetum purpureum* para tratar aguas residuales domésticas, presentando eficiencias del 74.12 % y 57.41 % para DBO<sub>5</sub>, 77.92 % y 65.61 % para DQO, respectivamente. Asimismo, el autor obtuvo una disminución del pH, el cual se debe a los desechos ácidos producidos cuando los microorganismos oxidan la materia orgánica.

Gómez (2017) evaluó la eficiencia de humedales verticales con *Chrysopogon zizanioides* y *Cyperus alternifolius* para tratar agua servidas y producto de la exudación radicular de sales y minerales, la conductividad eléctrica se incrementó respecto al inicial de 1742.4 µS/cm a 1913.7 y 2210.9 µS/cm, respectivamente. El autor concluyó que el sistema con vetiver presentó ventaja respecto al mantenimiento, debido a que la planta continua en constante crecimiento después de podar. Asimismo, Vargas (2021) evaluó la eficiencia del humedal artificial de flujo vertical con vetiver para tratar aguas grises de una vivienda y obtuvo eficiencias del 98.80 % de DBO<sub>5</sub> y 97.81 % de DQO. Además, Nguyen et al. (2023) ejecutaron humedales artificiales de flujo vertical con vetiver para eliminar la materia orgánica de aguas superficiales, logrando una eficiencia de remoción de DBO<sub>5</sub> en un 90 % y de DQO en mayor a 80 %, concluyeron que el efluente tratado cumple los estándares de calidad para su reutilización en riego.

Moreno y Rangel (2018) utilizaron un pozo séptico como pre tratamiento y humedales artificiales con vetiver para tratar aguas residuales, y obtuvieron una reducción del DQO en un 82 % y el DBO<sub>5</sub> en 86 %. Del mismo modo, Almeida et al. (2019) determinaron la fitorremediación de las especies vegetativas de *Vetiveria zizanioides* y *Oriza zativa* en sistemas de humedales artificiales de flujo vertical con sus respectivas cargas hidráulicas durante 22 semanas para la eliminación de materia orgánica (DQO).

Guerra (2018) ejecutó un humedal artificial con especie vegetal *Schoenoplectus californicus* (Tatora), para tratar aguas residuales generadas en industrias lácteas, monitoreó durante 2 meses los parámetros físicos, químicos, mencionó que el depósito de almacenamiento antes de ingresar al humedal funciona como una fosa séptica haciendo que las grasas se mantengan suspendidos en la parte superior y con la ayuda de medio filtrantes pueden ser removidos en su totalidad.

Colares et al. (2019) desarrollaron sistemas combinado de cuatro reactores anaeróbicos y tres humedales artificiales a escala piloto más una unidad de ionización para el tratamiento y reutilización de efluentes, realizaron el tratamiento durante 8 meses obteniendo un porcentaje de remoción parámetros analizados como el DBO<sub>5</sub> en un 84.4 %, en el DQO en un 81.6 % y en los coliformes totales en un 99.9 %. Asimismo, Lutterbeck et al. (2018) investigaron la eficiencia de un sistema integrado por una unidad anaeróbica, cuatro humedales artificiales subterráneos y dos fotorreactores. finalmente concluyeron que el sistema integrado es eficiente.

Chen et al. (2023) ejecutaron humedales flotantes para tratar el exceso de antibióticos en las aguas residuales domésticas como alternativa de saneamiento descentralizado. concluyeron que la combinación de fotocatalisis y el humedal artificial mejoró la eliminación de los antibióticos y obtuvieron una reducción en el DQO en un 79,28 %.

Kabbour et al. (2022) observaron el procedimiento de un sistema de humedal artificial de flujo de marea con *Alpinia galanga* durante 60 días de tratamiento obtuvieron reducciones en el DBO<sub>5</sub> en un 70 % y en el DQO en un

80 %. También, Decezaró et al. (2018) investigaron el desempeño de un sistema de tanque séptico y un humedal artificial de flujo vertical plantando con *Heliconia psittacorum*, donde trataron efluentes anaeróbicos, se analizaron durante 5 meses los parámetros físicoquímicos donde alcanzaron una alta eficiencia en los parámetros analizados. De igual modo, Oliveira et al. (2021) estudiaron acerca de los humedales flotantes para tratar aguas residuales domésticas mediante un análisis bibliométrico y concluyeron que estos sistemas mejoran la calidad del efluente; sin embargo, existe una brecha de conocimiento respecto a los parámetros operativos, a la combinación con otros procesos de tratamiento y la reutilización del efluente tratado. Además, Farheen et al. (2021) determinaron el estado actual de los humedales artificiales en la India, mediante la recopilación de información, encontrando que los humedales artificiales de flujo vertical y horizontal son eficientes para eliminar DBO y los humedales artificiales híbridos para eliminar DQO.

**La fosa séptica** son estructuras cimentadas que tienen volumen de acumulación de lodos y son utilizadas para los tratamientos de aguas domésticas, su estructura permite la separación de los sólidos mediante un sistema de percolación (Schneider et al.,2016).

Rodríguez et al. (2021) evaluaron sistemas de tanque séptico y filtros anaeróbicos para tratar aguas residuales donde realizaron análisis de los parámetros físicos y químicos durante 15 meses de tratamiento, como resultado obtuvieron eficiencias del 93 % de DBO y 83 % de DQO. Asimismo, Adhikari y Lohani (2019) ejecutaron un sistema combinado de tanque séptico y un reactor anaeróbico UASB para tratar aguas residuales doméstica, tuvieron como resultado una eficiencia de eliminación de DQO en un 88 %, respectivamente.

Córdova et al. (2021) ejecutaron un reactor anaeróbico para la reutilización del efluente en cultivos agrícolas, mediante 2 monitoreos realizados en febrero y abril durante 32 h de retención hidráulica, obtuvieron una eficiencia del 81.94 % y 79.11 % del DBO<sub>5</sub> y del 80.17 % y 77.30 % del DQO y los coliformes termotolerantes se redujeron de 3200000 NMP/100ml a 890 NMP/100ml y de 3500000 NMP/100ml a 920 NMP/100ml, respectivamente. Asimismo, Saeed et al. (2021) aplicaron fosas sépticas con biorreactor a escala piloto y un sistema

de humedal artificial flotante para tratar aguas residuales domésticas, demostrando que la aplicación de este sistema mejora la calidad del agua residual. Del mismo modo, Singh et al. (2019) investigaron el rendimiento de un tanque séptica en tratamiento de aguas residuales domésticas, donde obtuvieron altas tasas de eliminación de  $\text{DBO}_5$  y de DQO, reflejando la eficiencia de los tanques sépticos modificados.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

El enfoque de la investigación fue cuantitativo, porque estuvo basado en la recopilación de datos representados numéricamente con la finalidad de demostrar la hipótesis con análisis estadísticos (Hernández y Torres, 2018). Y de tipo aplicada, porque se comprobó un modelo innovador y creativo, mejorando la situación particular y específica (Vargas Cordero, 2009).

El diseño de investigación fue experimental puro porque se evaluó la eficiencia mediante la implementación de una fosa séptica y un humedal artificial en el tratamiento de aguas residuales domésticas; manipulando de forma intencional la variable independiente (Hernández y Torres, 2018).

El nivel de investigación fue explicativo, porque en base a la información se realizó el análisis del agua residual doméstica antes y después de la fosa séptica, humedal artificial y la combinación de ambos, para luego calcular la reducción de los contaminantes. Según Hernández y Torres (2018), este nivel se basa en explicar las causas del objeto que se estudia.

#### **3.2. Variables y operacionalización**

En el proyecto de investigación se utilizó la variable independiente y variable dependiente.

##### **Variable Independiente**

- Fosa séptica y humedal artificial

##### **Variable dependiente**

- Tratamiento de aguas residuales domésticas

#### **3.3. Población, muestra y muestreo**

La población se conformó por el total de aguas residuales domésticas generadas en la ciudad de Tocache. Según Hernández y Torres (2018), mencionan que la población es un grupo mayor o pequeño, que coinciden con

serie de especificaciones llevando al análisis de los casos establecidos para recolectar la muestra.

La muestra fue de 160 L de agua residual doméstica; de los cuales 45 L se requirió para la fosa séptica, 45 L para el humedal artificial y 70 L para la combinación de ambos sistemas. Según Hernández y Torres (2018), la muestra es la parte mínima de la población donde se obtendrán datos, con la finalidad de establecer parámetros.

El muestreo fue por aleatorio simple. Según Carpio y Hernández (2019), todas las muestras presentan una probabilidad igual de ser elegida. La misma que fue obtenida del agua residual de las viviendas del sector Shiringal de la ciudad de Tocache.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Se utilizó la técnica de observación, que permitió observar el estado inicial y final de las aguas residuales de las viviendas de la ciudad de Tocache, que fueron sometidos a la fosa séptica, humedal artificial y la combinación de ambos.

Los instrumentos fueron las siguientes fichas de registros:

Ficha 1. Ubicación y recolección de la muestra

Ficha 2. Medidas y componentes de trabajo de la fosa séptica, humedal artificial y la combinación de ambos sistemas.

Ficha 3. Medición de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas residuales domésticas, antes y después de cada tratamiento.

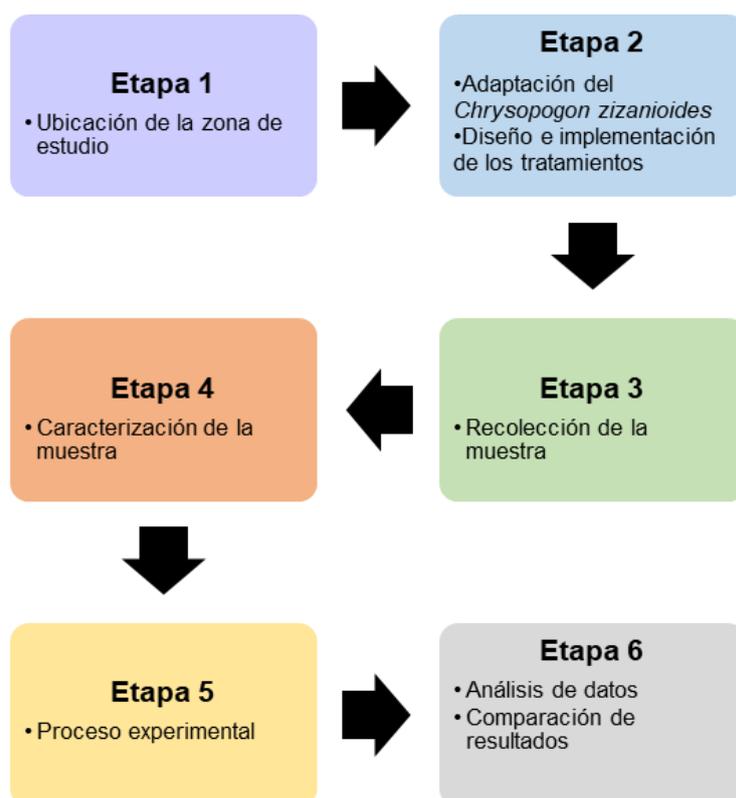
La validez de los instrumentos para la recolección de datos fue evaluada por 3 especialistas en la línea de investigación y mediante sus criterios profesionales, revisaron cada ficha para luego colocar su firma (Tabla 1).

**Tabla 1.** Valoración de los instrumentos de recolección de datos.

N°	Experto	CIP	Valoración (%)		
			Instrumento 1	Instrumento 2	Instrumento 3
01	Dr. Carlos Alberto Castañeda Olivera	130267	90	90	90
02	Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar	25450	85	85	85
03	Mg. Rita Jaqueline Cabellos Torres	145791	90	90	90
<b>Promedio de Valoración</b>			<b>88.33</b>		

### 3.5. Procedimiento

En la Figura 1 se presenta el procedimiento que se utilizó en la parte experimental.



**Figura 1.** Procedimiento experimental.

## Etapa 1: Ubicación de la zona de estudio

La zona de estudio constó de dos puntos; el primero referente al lugar donde se recolectó la muestra inicial del agua residual doméstica y el segundo, donde se instaló los tratamientos y sus posteriores muestreos. Ambos puntos, se encuentran ubicados en la provincia y distrito de Tocache (Figura 2).

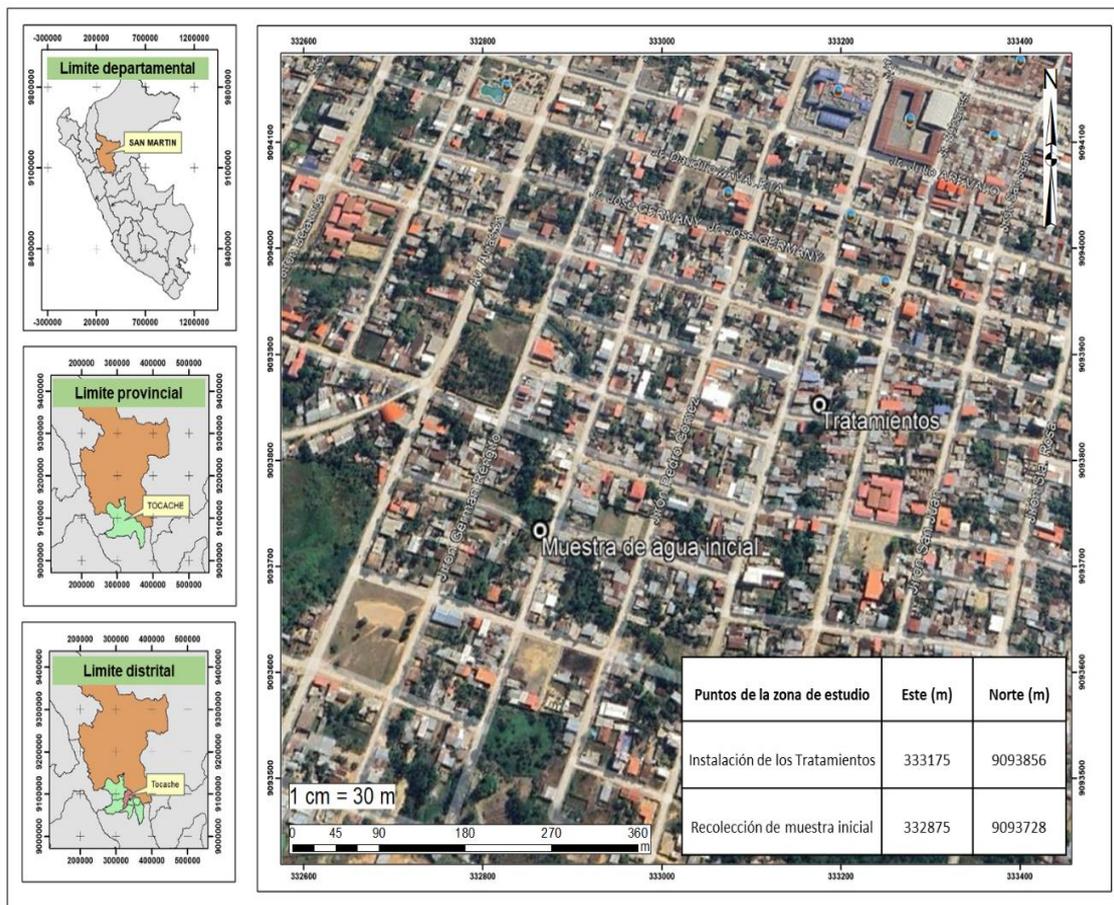


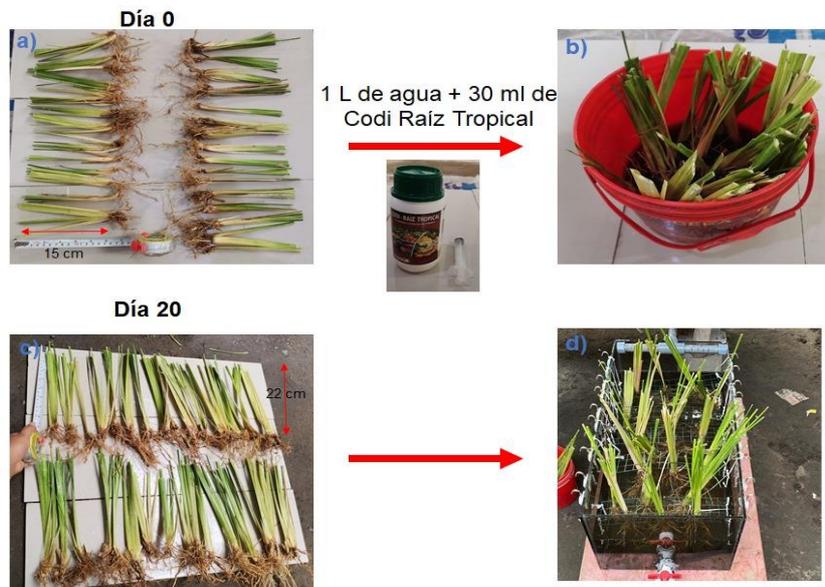
Figura 2. Ubicación de la zona de estudio.

## Etapa 2: Adaptación del *Chrysopogon zizanioides*, diseño e implementación de los tratamientos

### - Adaptación del *Chrysopogon zizanioides*

Para el proceso de adaptación, las especies de *Chrysopogon zizanioides* se cortaron a 15 cm desde la base del tallo y se sumergió durante 1 h en 1 L de agua con 30 ml del producto químico de nombre Codi Raíz Tropical. Posteriormente, las especies se colocaron en un recipiente con 1 L de agua, cambiando cada 3 días y añadiendo diez gotas del producto químico cada semana.

Este procedimiento permitió el crecimiento radicular y del tallo de las especies durante los 20 días de adaptación. Luego se colocó quince especies en cada humedal artificial. Ver Figura 3.



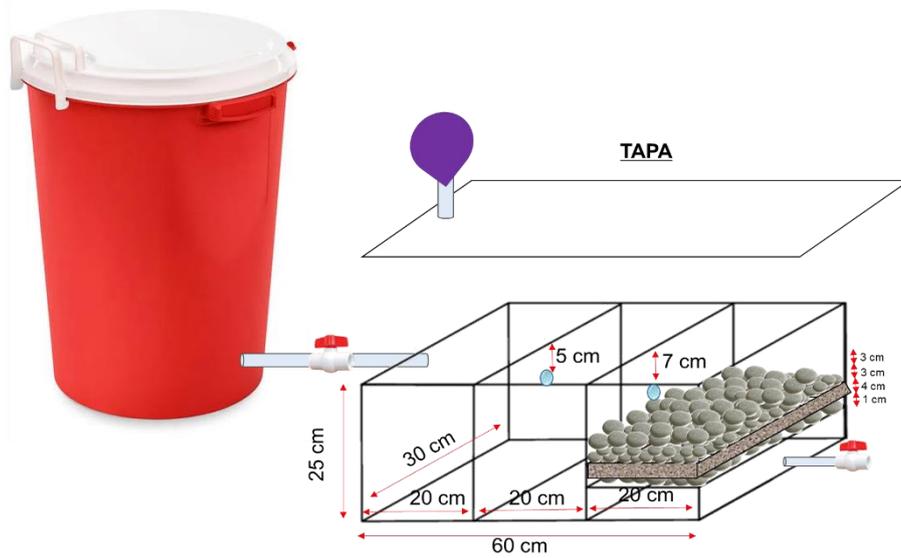
**Figura 3.** Adaptación del *Chrysopogon zizanioides*: a) Proceso de adaptación (inicial), b). Aplicación de Codi Raíz Tropical, c) Proceso de adaptación (20 días), d) Distribución del *Chrysopogon zizanioides* en los humedales.

#### - Diseño e implementación de la fosa séptica

Se diseñó con un ancho de 30 cm, un largo de 60 cm y una altura de 25 cm, con tres cámaras de separaciones, ubicadas a 20 cm de largo cada una. Las dos primeras fueron de sedimentación y la tercera de filtración.

La etapa de filtración estuvo constituida por tres capas de piedras y una de arena. En la primera y última capa se añadió piedras de 2.5 a 3 cm de diámetro aproximadamente. En la segunda capa se añadió piedras de menor tamaño de 1 a 1.5 cm aproximadamente; por último, en la tercera capa se añadió arena de río.

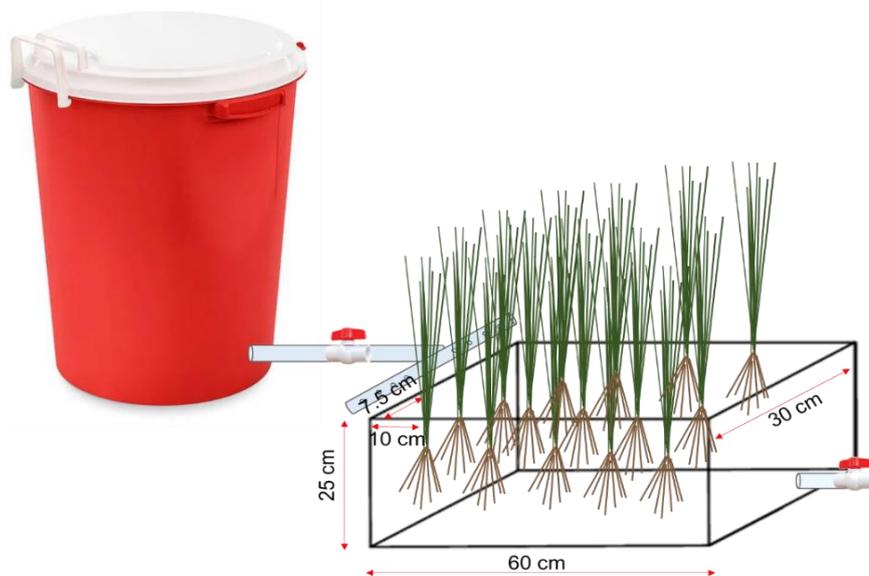
Asimismo, cada fosa séptica contó con una tapa, donde en la primera separación estuvo ubicado un tubo y un globo, lo cual permitió evidenciar la salida de gases. Por último, se conectó un recipiente de 45 L con una llave de paso a la entrada y salida del sistema, lo cual permitió la regulación del caudal que fue de 9 L/día. Ver Figura 4.



**Figura 4.** Diseño del tratamiento 1: fosa séptica.

#### - Diseño e implementación del humedal artificial

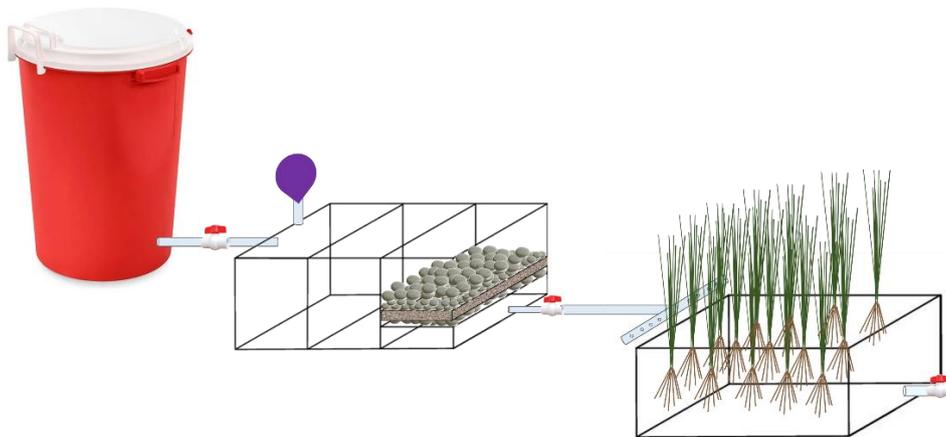
Se diseñó con un ancho de 30 cm, largo de 60 cm y una altura de 25 cm. Asimismo, las quince especies de *Chrysopogon zizanioides* estuvieron ubicados cada 10 cm y 7.5 cm de largo y ancho, respectivamente; permitiendo el crecimiento radicular de la especie. Por último, se conectó un recipiente de 45 L con una llave de paso a la entrada y salida del sistema, lo cual permitió la regulación del caudal que fue de 9 L/día. Ver Figura 5.



**Figura 5.** Diseño del tratamiento 2: humedal artificial.

### - Diseño e implementación de la combinación de ambos

Se diseñó la fosa séptica y humedal artificial con las mismas características descritas anteriormente. A este, se conectó un recipiente de 70 L con una llave de paso a la entrada y salida de cada sistema, lo cual permitió la regulación del caudal que fue de 18 L/día. Ver Figura 6.



**Figura 6.** Diseño del tratamiento 3: fosa séptica y humedal artificial.

### Etapa 3: Recolección de la muestra

Se recolectaron 160 L de aguas residuales domésticas para la fosa séptica, humedal artificial y la combinación de ambos, y se utilizó implementos de protección personal. Ver Figura 7.



**Figura 7.** Recolección de la muestra de agua residual doméstica.

#### Etapa 4: Caracterización de la muestra

Para medir el pH y conductividad eléctrica, se utilizó un potenciómetro de mano, Marca EZODO MP-103 y el equipo MILWAUKEE - EC60, respectivamente.

Respecto al DBO<sub>5</sub>, aceites y grasas, DQO, y coliformes termotolerantes, se tuvo en cuenta el volumen mínimo de muestra y si requiere de algún preservante. Ver Tabla 2.

**Tabla 2.** Características para toma de muestra.

Parámetro	Volumen mínimo	Preservación
DBO <sub>5</sub>	1L	No requiere
DQO	250 ml	Agregar 2 ml de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Aceites y grasas	1L	Agregar 3 ml de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Coliformes termotolerantes	500 ml	No requiere

Luego, las muestras se colocaron en un recipiente hermético con hielo seco a una temperatura menor a 6°C. Posteriormente, se llenó la hoja de custodia y se envió las muestras al laboratorio Hidrolab. Ver Figura 8.



**Figura 8.** Refrigeración de las muestras.

## Etapa 5: Proceso experimental

La muestra del agua residual (160 L) se colocó en recipientes de 45 y 70 L para su ingreso a la fosa séptica, humedal artificial y la combinación de ambos para su tratamiento correspondiente, y después de 5 y 10 días se tomó muestras al final de cada sistema para el análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Ver Figura 9.



**Figura 9.** Proceso experimental del agua residual doméstica.

## Etapa 6: Análisis de los datos y comparación de resultados

Para evaluar la eficiencia de los tratamientos en cada parámetro, se aplicó la siguiente fórmula:

$$E(\%) = \frac{C_i - C_f}{C_i} * 100 \dots\dots (1)$$

Donde:

- E : Eficiencia de remoción
- C<sub>i</sub> : Concentración inicial
- C<sub>f</sub> : Concentración final

Asimismo, los datos se compararon con los Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, excepto el parámetro de conductividad eléctrica porque no está categorizado (Tabla 3).

**Tabla 3.** Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas.

Parámetro	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de agua
pH	6.5-8.5
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	100
DQO (mg/L)	200
Aceites y grasas (mg/L)	20
Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	10000

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

### 3.6. Método de análisis de datos

Para el proceso estadístico y análisis de datos se utilizó el programa Microsoft Excel y el software SPSS. Por último, los resultados de los parámetros, antes y después de cada tratamiento se presentaron mediante gráficos.

### 3.7. Aspectos éticos

Para realizar el proyecto de investigación se respetó las líneas de investigación, las normas de investigación, códigos de ética y la guía de productos de investigación 2023 de la Universidad César Vallejo. Asimismo, se siguió la norma ISO-690 para las referencias y citación en el proyecto de investigación. Por otra parte, para verificar la veracidad y la originalidad del documento, se empleó la herramienta de Turnitin.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Parámetros físicos, antes y después de cada tratamiento

#### 4.1.1. Potencial de hidrógeno

La Tabla 4 muestra el pH del agua residual, antes y después de cada tratamiento.

**Tabla 4.** Potencial de hidrógeno, antes y después de cada tratamiento.

Tratamiento	Inicial	Después	
	0 días	5 días	10 días
T <sub>1</sub> (fosa séptica)	6.97	6.93	6.48
T <sub>2</sub> (humedal artificial)	6.97	6.78	6.57
T <sub>3</sub> (combinación de ambos)	6.97	6.75	6.69

: T<sub>1</sub>: tratamiento 1, T<sub>2</sub>: tratamiento 2 y T<sub>3</sub>: tratamiento 3.

A partir de la Tabla 4 se observó que el pH inicial del agua residual en todos los tratamientos fue 6.97 y después de 5 y 10 días disminuyó más en el tratamiento 3 obteniendo un valor de 6.75 y en el tratamiento 1 un valor de 6.48. Asimismo, en todos los tratamientos disminuyó más durante un periodo de 10 días, en comparación a 5 días.

#### 4.1.2. Conductividad eléctrica

La Tabla 5 muestra la conductividad eléctrica del agua residual, antes y después de cada tratamiento.

**Tabla 5.** Conductividad eléctrica, antes y después de cada tratamiento.

Tratamiento	Unidad	Inicial	Después	
		0 días	5 días	10 días
T <sub>1</sub> (fosa séptica)	μS/cm	370	400	430
T <sub>2</sub> (humedal artificial)	μS/cm	370	430	490
T <sub>3</sub> (combinación de ambos)	μS/cm	370	450	500

: T<sub>1</sub>: tratamiento 1, T<sub>2</sub>: tratamiento 2 y T<sub>3</sub>: tratamiento 3.

A partir de la Tabla 5 se observó que la conductividad eléctrica inicial en todos los tratamientos fue 370 μS/cm y después de 5 y 10 días tuvo el incremento más alto en el tratamiento 3, alcanzando valores de 450 y 500 μS/cm; respectivamente. Asimismo, en todos los tratamientos aumentó en mayor cantidad durante un periodo de 10 días, en comparación a 5 días.

## 4.2. Parámetros químicos, antes y después de cada tratamiento

### 4.1.3. Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

La Tabla 6 muestra las concentraciones del DBO<sub>5</sub> del agua residual, antes y después de cada tratamiento.

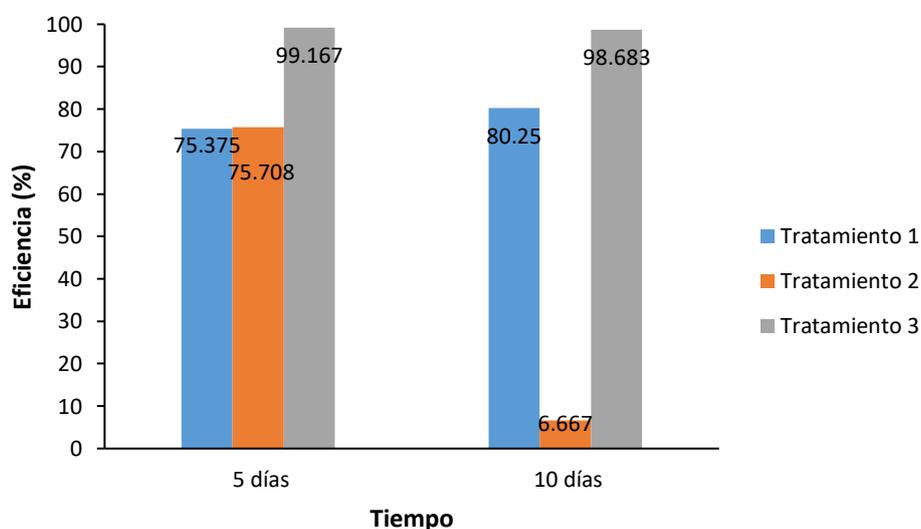
**Tabla 6.** Concentración del DBO<sub>5</sub>, antes y después de cada tratamiento.

Tratamiento	Unidad	Inicial	Después	
		0 días	5 días	10 días
T <sub>1</sub> (fosa séptica)	mg/L	240	59.1	47.4
T <sub>2</sub> (humedal artificial)	mg/L	240	58.3	224
T <sub>3</sub> (combinación de ambos)	mg/L	240	<2	3.16

: T<sub>1</sub>: tratamiento 1, T<sub>2</sub>: tratamiento 2 y T<sub>3</sub>: tratamiento 3.

A partir de la Tabla 6 se observó que el DBO<sub>5</sub> inicial del agua residual en todos los tratamientos fue 240 mg/L y después de 5 y 10 días disminuyó en mayor concentración en el tratamiento 3, alcanzando valores menores a 2 mg/L (valor con límite de detección) y 3.16 mg/L, respectivamente. Además, se observó que la concentración en todos los tratamientos disminuyó después de 5 días, luego aumentó en los tratamientos 2 y 3.

Respecto a la eficiencia de remoción del DBO<sub>5</sub> en cada tratamiento, se muestra en la Figura 10.



**Figura 10.** Eficiencia de remoción del DBO<sub>5</sub> en cada tratamiento.

A partir de la Figura 10 se observó que después de 5 y 10 días, el tratamiento 3 presentó mayor eficiencia de remoción con valores mayores a 99.167 y 98.683 %, respectivamente. Asimismo, el tratamiento 1 presentó mayor eficiencia de remoción después de 10 días y los tratamientos 2 y 3 después de 5 días.

#### 4.1.4. Demanda química de oxígeno (DQO)

La Tabla 7 muestra las concentraciones del DQO del agua residual, antes y después de cada tratamiento.

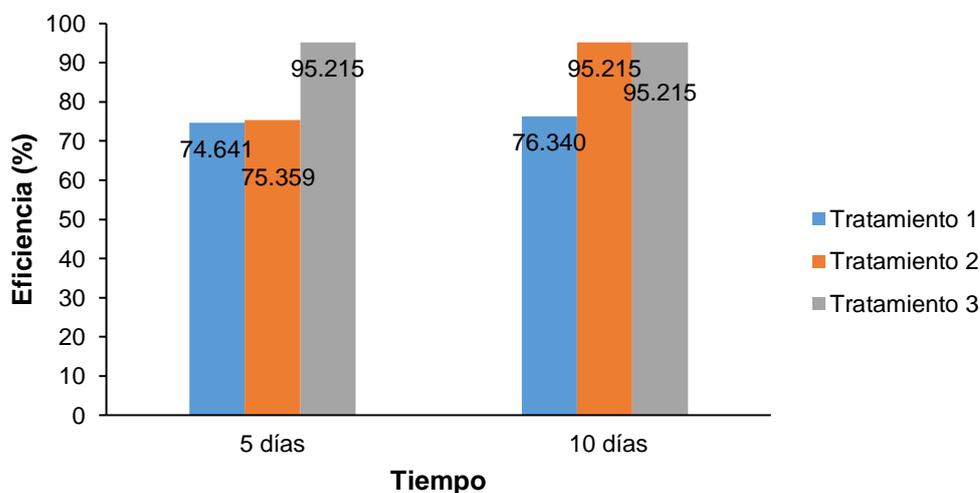
**Tabla 7.** Concentración del DQO, antes y después de cada tratamiento.

Tratamiento	Unidad	Inicial	Después	
		0 días	5 días	10 días
T <sub>1</sub> (fosa séptica)	mg/L	418	106	98.9
T <sub>2</sub> (humedal artificial)	mg/L	418	103	<20
T <sub>3</sub> (combinación de ambos)	mg/L	418	<20	<20

: T<sub>1</sub>: tratamiento 1, T<sub>2</sub>: tratamiento 2 y T<sub>3</sub>: tratamiento 3.

A partir de la Tabla 7 se observó que el DQO inicial en todos los tratamientos fue 418 mg/L y después de 5 y 10 días disminuyó en mayor concentración en el tratamiento 3, alcanzando un valor menor a 20 mg/L (valor con límite de detección) para ambos periodos.

Respecto a la eficiencia de remoción del DQO en cada tratamiento, se muestra en la Figura 11.



**Figura 11.** Eficiencia de remoción del DQO en cada tratamiento.

A partir de la Figura 11 se observó que después de 5 días el tratamiento 3 presentó mayor eficiencia de remoción, alcanzando valores mayores a 95.215 % y en 10 días los tratamientos 2 y 3, ambos alcanzaron un valor mayor a 95.215 %. Asimismo, en todos los tratamientos la mayor eficiencia de remoción fue después de 10 días.

#### 4.1.5. Aceites y Grasas

La Tabla 8 muestra las concentraciones de aceites y grasas, antes y después de cada tratamiento.

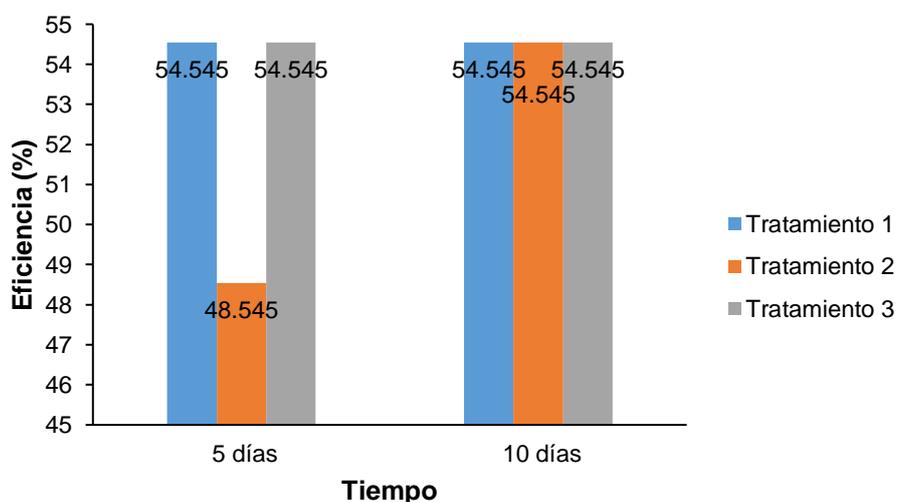
**Tabla 8.** Aceites y grasas, antes y después de cada tratamiento.

Tratamiento	Unidad	Inicial	Después	
		0 días	5 días	10 días
T <sub>1</sub> (fosa séptica)	mg/L	11	<5	<5
T <sub>2</sub> (humedal artificial)	mg/L	11	5.66	<5
T <sub>3</sub> (combinación de ambos)	mg/L	11	<5	<5

: T<sub>1</sub>: tratamiento 1, T<sub>2</sub>: tratamiento 2 y T<sub>3</sub>: tratamiento 3.

A partir de la Tabla 8 se observó que el valor inicial de aceites y grasas fue 11 mg/L y después de 5 y 10 disminuyó hasta valores menores a 5 mg/L (valor con límite de detección) en todos los tratamientos, menos en el tratamiento 2, alcanzando un valor de 5.66 mg/L después de 5 días.

Respecto a la eficiencia de remoción de aceites y grasas en cada tratamiento, se muestra en la Figura 12.



**Figura 12.** Eficiencia de remoción de aceites y grasas en cada tratamiento.

A partir de la Figura 12 se observó que después de 5 y 10 días la eficiencia de remoción en todos los tratamientos fue más de 54.546 % menos en el tratamiento 2, que después de 5 días alcanzó un valor de 48.545 %.

### 4.3. Parámetros microbiológicos, antes y después de cada tratamiento

#### 4.1.6. Coliformes termotolerantes

La Tabla 9 muestra los coliformes termotolerantes antes y después de cada tratamiento.

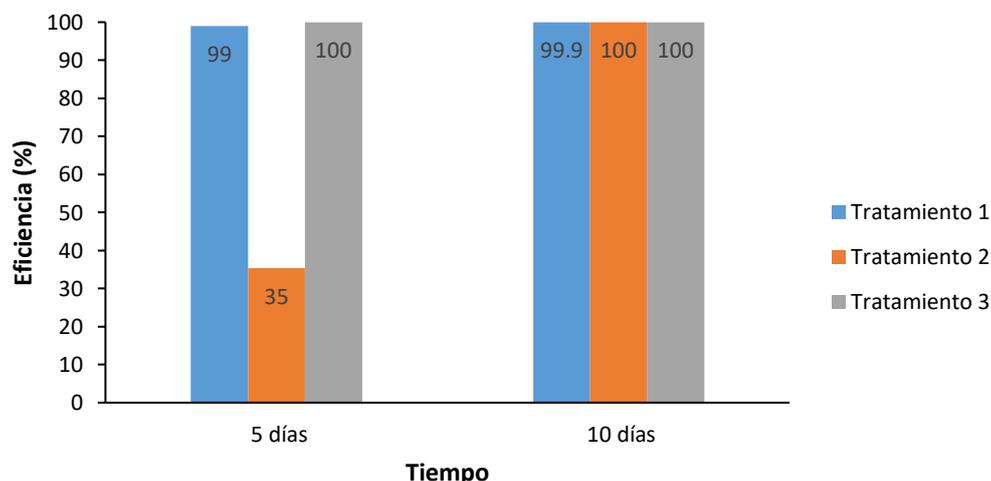
**Tabla 9.** Coliformes termotolerantes antes y después de cada tratamiento.

Tratamiento	Unidad	Inicial	Después	
		0 días	5 días	10 días
T <sub>1</sub> (fosa séptica)	NMP/100 mL	170000000	1700000	170000
T <sub>2</sub> (humedal artificial)	NMP/100 mL	170000000	110000000	490
T <sub>3</sub> (combinación de ambos)	NMP/100 mL	170000000	230	790

: T<sub>1</sub>: tratamiento 1, T<sub>2</sub>: tratamiento 2 y T<sub>3</sub>: tratamiento 3.

A partir de la Tabla 9 se observó que inicialmente los coliformes termotolerantes fueron 170000000 NMP/ 100 mL y después de un periodo de 5 y 10 días disminuyó en mayor cantidad en el tratamiento 3, alcanzando un valor de 230 NMP/100 mL y en el tratamiento 2 un valor de 490 NMP/100 mL, respectivamente.

Respecto a la eficiencia de remoción de los coliformes termotolerantes en cada tratamiento, se muestra en la Figura 13.



**Figura 13.** Eficiencia de remoción de cada tratamiento, después de 5 y 10 días.

A partir de la Figura 13 se observó que la mayor eficiencia de remoción después de 5 días fue en el tratamiento 3, alcanzando un valor de 100 % y para 10 días fueron los tratamientos 2 y 3, logrando 100 % de eficiencia. Asimismo, se observó que en todos los tratamientos la mayor eficiencia de remoción fue durante 10 días.

#### 4.4. Comparación con los Límites Máximos Permisibles de efluentes para vertidos a cuerpos de agua

##### 4.4.1. Comparación de la concentración inicial del agua residual

La Tabla 10 muestra la comparación de los valores iniciales del agua residual con los Límites Máximos Permisibles de efluentes para vertidos a cuerpos de agua.

**Tabla 10.** Comparación de los valores iniciales del agua residual.

Parámetro	Inicial	LMP
	0 días	
pH	6.97	6.5 - 8.5
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	<b>240</b>	100
DQO (mg/L)	<b>418</b>	200
Aceites y grasas (mg/L)	11	20
Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	<b>1.7 x 10<sup>8</sup></b>	10000
Conclusión		
Cumplen/ no cumplen el LMP		2/3
Cumplen el LMP (%)		40
No cumplen el LMP (%)		60

∴ LMP: Límite Máximo Permissible.

A partir de la Tabla 10 se observó que, los valores de pH y aceites y grasas de la muestra inicial de agua residual se encuentran dentro de Límites Máximos Permisibles, cumpliendo en un 40 %; sin embargo, los demás parámetros que se analizaron no se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles, siendo un 60 %.

#### 4.4.1.1. Comparación del tratamiento 1

La Tabla 11 muestra la comparación del agua residual del tratamiento 1 después de 5 y 10 días con los Límites Máximos Permisibles de efluentes para vertidos a cuerpos de agua.

**Tabla 11.** Comparación del agua residual del tratamiento 1.

Parámetro	Después		LMP
	5 días	10 días	
pH	6.93	<b>6.48</b>	6.5 - 8.5
Aceites y Grasas (mg/L)	<5	<5	20
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	59.1	47.4	100
DQO (mg/L)	106	98.9	200
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	<b>1700000</b>	<b>170000</b>	10000
<b>Conclusión (5 días)</b>			
Cumplen/ no cumplen el LMP			4/1
Cumplen el LMP (%)			80
No cumplen el LMP (%)			20
<b>Conclusión (10 días)</b>			
Cumplen/ no cumplen el LMP			3/2
Cumplen el LMP (%)			60
No cumplen el LMP (%)			40

∴ LMP: Límite Máximo Permissible.

A partir de la Tabla 11 se observó que después de 5 días de tratamiento la concentración de coliformes termotolerantes no se encuentra dentro de los Límites Máximos Permisibles, por consecuente se cumplió en un 80 %. Mientras que, en 10 días de tratamiento el pH disminuyó hasta por debajo del rango del Límite Máximo Permissible, cumpliendo en un 60 %.

#### 4.4.1.2. Comparación del tratamiento 2

La Tabla 12 muestra la comparación del agua residual del tratamiento 2 después de 5 y 10 días con los Límites Máximos Permisibles de efluentes para vertidos a cuerpos de agua.

**Tabla 12.** Comparación del agua residual del tratamiento 2.

Parámetro	Después		LMP
	5 días	10 días	
pH	6.78	6.57	6.5 - 8.5
Aceites y Grasas (mg/L)	5.66	<5	20
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	58.3	<b>224</b>	100
DQO (mg/L)	103	<20	200
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	<b>110000000</b>	490	10000
<b>Conclusión (5 días)</b>			
Cumplen/ no cumplen el LMP			4/1
Cumplen el LMP (%)			80
No cumplen el LMP (%)			20
<b>Conclusión (10 días)</b>			
Cumplen/ no cumplen el LMP			4/1
Cumplen el LMP (%)			80
No cumplen el LMP (%)			20

∴ LMP: Límite Máximo Permissible.

A partir de la Tabla 12 se observó que después de 5 días de tratamiento la concentración de coliformes termotolerantes no se encuentran dentro del Límite Máximo Permissible, cumpliendo en un 80 %. Mientras que, después de 10 días la concentración del DBO<sub>5</sub> aumentó hasta por encima del Límite Máximo Permissible, cumpliendo en un 80 %.

#### 4.4.1.3. Comparación del tratamiento 3

La Tabla 13 muestra la comparación del agua residual del tratamiento 3 después de 5 y 10 días con los Límites Máximos Permisibles de efluentes para vertidos a cuerpos de agua.

**Tabla 13.** Comparación del agua residual del tratamiento 3.

Parámetro	Después		LMP
	5 días	10 días	
pH	6.75	6.69	6.5 - 8.5
Aceites y Grasas (mg/L)	<5	<5	20
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	<2	3.16	100
DQO (mg/L)	<20	<20	200
Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	230	790	10000
<b>Conclusión (5 días)</b>			
Cumplen/ no cumplen el LMP			5/0
Cumplen el LMP (%)			100
No cumplen el LMP (%)			0
<b>Conclusión (10 días)</b>			
Cumplen/ no cumplen el LMP			5/0
Cumplen el LMP (%)			100
No cumplen el LMP (%)			0

∴ LMP: Límite Máximo Permisible.

A partir de la Tabla 13 se observó que después de 5 y 10 días de tratamiento, todos los parámetros cumplen en un 100% los Límites Máximos Permisibles.

## 4.5. Prueba estadística de los parámetros analizados

### 4.5.1. Prueba de normalidad

#### - Hipótesis

$H_0$  : Los datos presentan distribución normal

$H_a$  : Los datos no presentan distribución normal

#### - Nivel de significancia

Confianza : 95 %

Significancia : 5 %

#### - Decisión

Si:  $P\text{-valor} \leq \alpha$ , se rechaza el  $H_0$

Si:  $P\text{-valor} > \alpha$ , se acepta  $H_0$  y se rechaza la  $H_a$

La Tabla 14 muestra los valores de la prueba Kolmogorov – Smirnov para una muestra de los parámetros analizados en este proyecto.

**Tabla 14.** Prueba Kolmogorov - Smirnov para una muestra.

Parámetros	pH	Conductividad	Aceites y grasas	DBO <sub>5</sub>	DQO	Coliformes termotolerantes
Estadístico de prueba	0.220	0.189	<b>0.341</b>	<b>0.301</b>	0.228	<b>0.346</b>
Significancia	0.200	0.200	<b>0.003</b>	<b>0.018</b>	0.196	<b>0.003</b>

A partir de la Tabla 14 se observó que los datos presentaron distribución normal para pH, conductividad eléctrica y DQO, puesto que el p-valor es mayor a 0.05 (datos sin formato negrita) y se empleó la prueba Rho de Pearson para determinar la correlación de los parámetros.

Sin embargo, los datos de aceites y grasas, DBO<sub>5</sub> y coliformes termotolerantes no presentaron distribución normal, puesto que el p-valor es menor a 0.05 (datos con formato negrita) y se empleó la prueba Rho de Spearman.

#### 4.5.2. Prueba de correlación

- **Hipótesis**

$H_0$  : No existe correlación entre los parámetros analizados

$H_a$  : Existe correlación entre los parámetros analizados

- **Nivel de significancia**

Confianza : 95%                      Significancia : 5%

- **Decisión**

Si:  $P\text{-valor} \leq \alpha$ , se rechaza el  $H_0$

Si:  $P\text{-valor} > \alpha$ , se acepta  $H_0$  y se rechaza la  $H_a$

La Tabla 15 muestra la correlación de Pearson y Spearman existentes entre los parámetros analizados.

**Tabla 15.** Correlación de Pearson y Spearman de los parámetros analizados.

Parámetros		pH	Conductividad	Aceites y Grasas	DBO <sub>5</sub>	DQO	Coliformes termotolerantes
pH	Correlación	1	-.776*	<b>.853**</b>	<b>.724*</b>	.742*	<b>.828**</b>
	Sig. (bilateral)		0.014	<b>0.003</b>	<b>0.027</b>	0.022	<b>0.006</b>
Conductividad	Correlación	-.776*	1	<b>-.828**</b>	<b>-.788*</b>	-.934**	<b>-.900**</b>
	Sig. (bilateral)	0.014		<b>0.006</b>	<b>0.012</b>	0.000	<b>0.001</b>
Aceites y Grasas	Correlación	<b>.853**</b>	<b>-.828**</b>	1	<b>.796*</b>	<b>.868**</b>	<b>.910**</b>
	Sig. (bilateral)	<b>0.003</b>	<b>0.006</b>		<b>0.010</b>	<b>0.002</b>	<b>0.001</b>
DBO <sub>5</sub>	Correlación	<b>.724*</b>	<b>-.788*</b>	<b>.796*</b>	1	<b>.825**</b>	<b>.810**</b>
	Sig. (bilateral)	<b>0.027</b>	<b>0.012</b>	<b>0.010</b>		<b>0.006</b>	<b>0.008</b>
DQO	Correlación	.742*	-.934**	<b>.868**</b>	<b>.825**</b>	1	<b>.965**</b>
	Sig. (bilateral)	0.022	0.000	<b>0.002</b>	<b>0.006</b>		<b>0.000</b>
Coliformes termotolerantes	Correlación	<b>.828**</b>	<b>-.900**</b>	<b>.910**</b>	<b>.810**</b>	<b>.965**</b>	1
	Sig. (bilateral)	<b>0.006</b>	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	<b>0.008</b>	<b>0.000</b>	

∴ \*: La correlación es significativa en el nivel 0.05 (bilateral). \*\*: La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

A partir de la Tabla 15 se observó que los datos para la prueba Rho Pearson (datos sin formato negrita) y Rho Spearman (datos con formato negrita) presentaron una correlación significativa. Asimismo, los datos positivos indicaron una relación directa, mientras que los datos negativos una relación inversa.

## V. DISCUSIÓN

En la presente investigación, la combinación de ambos sistemas (fosa séptica y humedal artificial) presentó eficiencias de remoción de los parámetros evaluados, debido al cumplimiento en los límites máximos permisibles.

En relación a los parámetros físicos, antes del tratamiento el pH obtuvo un valor de 6.97, y después de 5 y 10 días de tratamiento disminuyó en la fosa séptica, humedal artificial y en la combinación de ambos, producto de la liberación de exudados de las raíces del *Chrysopogon zizanioides* en el humedal artificial (Davamani et al., 2021), al contacto del agua residual con el material de relleno de la fosa séptica (arena y piedra). Según Ramírez (2018), se debe a los desechos ácidos producidos cuando los microorganismos oxidan la materia orgánica. Estos resultados coinciden con Rojas y Purihuamán (2018) que emplearon un humedal de flujo subsuperficial con vetiver para tratar aguas residuales de origen doméstico, y después de 2 meses de tratamiento debido al contacto del agua con el material de relleno (rocas, piedra chancada, arena, tierra agrícola y humus) el pH disminuyó de 8.26 a 4.35. Asimismo, la conductividad eléctrica antes del tratamiento obtuvo un valor de 370  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , y después de 5 y 10 días de tratamiento ha ido incrementando en la fosa séptica, humedal artificial y la combinación de ambos. Estos son corroborados con Gómez (2017) evaluó la eficiencia de humedales verticales con *Chrysopogon zizanioides* y *Cyperus alternifolius* para tratar aguas servidas y producto de la exudación radicular de sales y minerales, la conductividad eléctrica se incrementó respecto al inicial de 1742.4  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 1913.7 y 2210.9  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , respectivamente.

Respecto con los parámetros químicos, después de 5 y 10 días de tratamiento en la fosa séptica se obtuvo eficiencias de remoción de  $\text{DBO}_5$ , DQO y de aceites y grasas, alcanzando valores mayores a 75.375, 6.667, 55.545%, respectivamente; en el humedal artificial las eficiencias fueron 75.708, 75.359 y 48.545%, respectivamente, y con la combinación de ambos, alcanzaron valores mayores a 98.683, 95.215, 54.546%, respectivamente; mostrando que la combinación de ambos sistemas presenta mayor eficiencia de reducción en las concentraciones de los parámetros analizados, respecto a la muestra inicial.

La reducción del  $\text{DBO}_5$  se debe a la oxigenación del agua mediante el proceso de fotosíntesis del vetiver (Nguyen et al., 2023), y este oxígeno es utilizado por los microorganismos para los procesos de degradación de sustancias orgánicas y por consecuencia se disminuye la concentración de  $\text{DBO}_5$  (Parihuaman y Rojas 2018), y la reducción del DQO es producto de la degradación de materia orgánica e inorgánica de las bacterias anaeróbicas (Moreno y Rangel 2018). Durante los 5 y 10 días de tratamiento se evidencia la formación de biopelículas en las raíces. Según Moreno y Rangel (2018), en las biopelículas de las raíces hay presencia de microorganismos que degradan la materia orgánica. Por otro lado, la disminución de la materia orgánica también se debe a los procesos de sedimentación, filtración y adsorción (Saedd, et al., 2021), a los procesos de absorción, metabolización y al óptimo tiempo de retención hidráulica, permitiendo una degradación más efectiva sin exceder procesos de oxidación (consumo de oxígeno) de las sustancias (Moreno y Rangel 2018), y la reducción de los aceites y grasas se debe a que las grasas se mantienen suspendidos en la parte superior y con la ayuda de medio filtrantes pueden ser removidos en su totalidad (Guerra , 2018).

Asimismo, el sistema combinado presenta eficiencias mayores, estos son corroborados con Ngilangil y Quinquito (2020) donde determinaron la efectividad del vetiver para tratar aguas residuales de granjas porcinas en y después de 5 semanas de tratamiento obtuvieron una reducción de 96.85 % del  $\text{DBO}_5$ . Además, Davamani et al. (2021) aplicaron un sistema hidropónico flotante con vetiver para el tratamiento de aguas residuales de fábricas de cartón, donde el sistema con aireación obtuvo mayores eficiencias del  $\text{DBO}_5$  y DQO con 55.68 % y 58.01 %, respectivamente. También, Rojas y Purihuamán (2018) emplearon un humedal de flujo subsuperficial con vetiver para tratar aguas residuales de origen doméstico, y después de 2 meses de tratamiento obtuvieron una remoción del  $\text{DBO}_5$  en 83.89 %, el DQO en 72.97 % y aceites y grasas en 88.89 %. Del mismo modo, Moreno y Rangel (2018) utilizaron un pozo séptico como pre tratamiento y humedales artificiales con vetiver para tratar aguas residuales, y obtuvieron una reducción del DQO en un 82% y el  $\text{DBO}_5$  en 86%. De igual modo, Córdova et al. (2021) ejecutaron un reactor anaeróbico para la reutilización del efluente en cultivos agrícolas, y en 2 monitoreos realizados en febrero y abril durante 32

h de retención hidráulica, obtuvieron una eficiencia del 81.94 % y 79.11 % del DBO<sub>5</sub> y del 80.17% y 77.30 % del DQO, respectivamente. También, Cáceres et al. (2021) emplearon sistemas con *Eisenia foetida*, *Eichornia crassipes* e hipoclorito de calcio para tratar aguas residuales domésticas y obtuvieron como resultado que el sistema conformado por las especies *Eichornia crassipes* y *Eisenia foetida* fue el más eficiente, con remociones del DBO<sub>5</sub> en un 98.41 %. De igual modo, Nguyen et al. (2023) ejecutaron humedales artificiales de flujo vertical con la aplicación de pasto vetiver, demostrando una eficiencia del DBO<sub>5</sub> en un 90% y DQO en un 80%. Asimismo, Chen et al. (2023) emplearon sistemas de humedales artificiales mejorados con fotocátalisis que eliminan eficazmente a los microorganismos encontrados en las aguas residuales, obtuvieron una reducción en el DQO en un 79,28% De igual modo, Kabbour et al. (2022) utilizaron un sistema de humedales artificiales de flujo de marea con *Alpinia galanga* durante 60 días y obtuvieron reducciones del DBO<sub>5</sub> en un 70% y el DQO en un 80%. Además, Singh et al. (2019) indicaron que el sistema modificado de fosa séptica en tratamiento de aguas residuales domésticas tiene altas tasas de eliminación de DBO<sub>5</sub> y de DQO, reflejando la eficiencia de los tanques sépticos modificados.

Respecto con los parámetros microbiológicos, después de 5 días de tratamiento con la fosa séptica, humedal artificial y combinación de ambos se obtuvieron eficiencia de remoción de 99, 35 y 100 %, respectivamente. Mientras que en 10 días de tratamiento alcanzaron una eficiencia de 99.9, 100 y 100%, respectivamente. En el tratamiento de la combinación de ambos en 5 y 10 días de tratamiento presentó mayor eficiencia de reducción del parámetro en relación al resultado inicial; esto se debe a la filtración, extinción natural y exposición a radiación ultravioleta (Saedd et al., 2021), a los ataques por antibióticos excretados por las raíces de las plantas, al prolongado tiempo de retención hidráulica que permiten la sedimentación y su posterior muerte natural (Gómez, 2017), y a la presencia de aerénquima que permite la difusión gaseosa y produce procesos oxidativos mediante la rizofiltración (Parihuaman y Rojas, 2018). Los resultados coinciden con Rojas y Purihuamán (2018) emplearon un humedal de flujo subsuperficial con vetiver para tratar aguas residuales de origen doméstico, y después de 2 meses de tratamiento obtuvieron una remoción de los coliformes

termotolerantes del 99.99 %. Por su parte, Córdova et al. (2021) ejecutaron un reactor anaeróbico para la reutilización del efluente en cultivos agrícolas, y en 2 monitoreos realizados en febrero y abril durante 32 h de retención hidráulica, los coliformes termotolerantes se redujeron de 3200000 NMP/100ml a 890 NMP/100ml y de 3500000 NMP/100ml a 920 NMP/100ml, respectivamente.

Respecto a la comparación con los Límites Máximos Permisibles, el agua residual doméstica antes del tratamiento no se encuentra dentro de los LMP para coliformes termotolerantes, aceites y grasas, DQO y DBO<sub>5</sub>, y después de 5 y 10 días de tratamiento en la combinación de ambos sistemas se cumplen en los LMP en todos los parámetros evaluados, y éstas puede ser vertidas en cuerpos de aguas. La eficiencia del sistema combinado se debe a los diseños de la fosa séptica y el humedal artificial con vetiver. La fosa séptica al estar cerrada no está expuesta a condiciones atmosféricas, según Vargas (2021), cuando la muestra no está expuesta se evita los malos olores, presencia de vectores y el contacto directo con las personas. Además, la arena y las piedras de diferente granulometría permiten la adsorción química y la adecuada filtración. Asimismo, el diseño del humedal artificial cuenta con tuberías para airear el sistema, mejorando los procesos de degradación aeróbica (Vargas, 2021). A ello Davamani et al. (2021) indican que un sistema de aireación afecta positivamente el intercambio gaseoso (oxígeno y dióxido de carbono). También, el humedal es flotante porque son tecnologías que presentan eficiencia en el tratamiento de aguas residuales domésticas (Oliveira et al. 2021). Según Parihuaman y Rojas (2018) y Gómez, (2017), la aplicación de un humedal artificial con vetiver, es ambiental y económicamente viable con menores costos de operación y mantenimiento porque no se requiere de personal especializado y el vetiver permanece en constante crecimiento después de podar. Además, Saeed et al. (2021) indican que la aplicación de un tanque séptico biorreactor y un humedal flotante mejora la calidad del agua residual.

## VI. CONCLUSIONES

La implementación del sistema combinado (fosa séptica y humedal artificial) fue eficiente en la remoción de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

- Los parámetros físicos, el agua residual antes del tratamiento con la fosa séptica, humedal artificial y la combinación de ambos alcanzó un pH de 6.97 y una conductividad eléctrica de 370  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , y después de 5 días de tratamiento el pH disminuyó a 6.93, 6.78 y 6.75, respectivamente y la conductividad eléctrica aumentó a 400, 430 y 450  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , respectivamente.
- Los parámetros químicos, el agua residual antes del tratamiento con la fosa séptica, humedal artificial y la combinación de ambos, el DBO obtuvo un valor de 240 mg/L, el DQO un valor de 418 mg/L y aceites y grasas un valor de 11 mg/L, y después de 10 días de tratamiento en la fosa séptica se obtuvo mayores reducciones alcanzando valores de 47.4 mg/L del  $\text{DBO}_5$ , 98.9 mg/L del DQO y <5 de aceites y grasas; en el humedal artificial se obtuvo mayores reducciones después de 10 días de tratamiento, alcanzando valores de 224 mg/L del  $\text{DBO}_5$ , <20 mg/L del DQO y <5 de aceites y grasas; y en la combinación de ambos se obtuvo mayores reducciones después de 5 días de tratamiento, alcanzando valores de <2 mg/L del  $\text{DBO}_5$ , <20 mg/L del DQO y <5 de aceites y grasas.
- Los parámetros microbiológicos, el agua residual antes del tratamiento con la fosa séptica, humedal artificial y la combinación de ambos, los coliformes termotolerantes obtuvieron un valor de 170000000 NMP/100 mL, y después 10 de tratamiento en la fosa séptica se obtuvo mayores reducciones alcanzando valores de 170000 NMP/100 mL; en el humedal artificial se obtuvo mayores reducciones después de 10 días de tratamiento, alcanzando valores de 490 NMP/100 mL; y en la combinación de ambos se obtuvo mayores reducciones después de 5 días de tratamiento, alcanzando valores de 230 NMP/100 mL, encontrando así una mayor eficiencia de remoción (100%) de coliformes termotolerantes.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Evaluar la eficiencia de la fosa séptica y humedal artificial en el tratamiento de otros parámetros físicos, químicos y microbiológicos.
- Evaluar la eficiencia de la fosa séptica y humedal artificial con otros sustratos y especies vegetativas.
- Evaluar la eficiencia de la fosa séptica y humedal artificial con tiempos de retención mayores a lo evaluado.

## REFERENCIAS

- ADHIKARI, J. R. y S. P. LOHANI. Design, installation, operation and experimentation of septic tank – UASB wastewater treatment system. *Renewable Energy* [en línea]. 2019, **143**, pp.1406–1415 [consultado el 20 de junio de 2023]. ISSN 0960-1481. Disponible en: doi:10.1016/j.renene.2019.04.059
- ALATEEQI, Munira et al. Greywater Treatment using Vertical Subsurface Flow Constructed Wetland System. *Journal of Engineering Research* [en línea]. 2023, p. 100052 [consultado el 4 de mayo de 2023]. ISSN 2307-1877. Disponible en: doi: 10.1016/j.jer.2023.100052
- ALMEIDA, Adelaide, Carlos RIBEIRO, Fátima CARVALHO, Anabela DURAO, Piotr BUGAJSKI et al. Phytoremediation potential of *Vetiveria zizanioides* and *Oryza sativa* to nitrate and organic substance removal in vertical flow constructed wetland systems. *Ecological Engineering* [en línea]. 2019, **138**, pp. 19–27 [consultado el 20 de junio de 2023]. ISSN 0925-8574. Disponible en: doi: 10.1016/j.ecoleng.2019.06.020
- ÁVILA, Cristina, María J. GARCÍA-GALÁN, Carles M. BORREGO, Sara RODRÍGUEZ-MOZAZ, Joan GARCÍA et al.. New insights on the combined removal of antibiotics and ARGs in urban wastewater through the use of two configurations of vertical subsurface flow constructed wetlands. *Science of The Total Environment* [en línea]. 2021, **755**, p. 142554 [consultado el 18 de abril de 2023]. ISSN 0048-9697. Disponible en: doi:10.1016/j.scitotenv.2020.142554
- CÁCERES POMA, Deybi Karin, Gisela Milagros CALISAYA VERA y Edgar BEDOYA-JUSTO. Eficiencia de *Eisenia foetida*, *Eichornia crassipes* e hipoclorito de calcio en la depuración de aguas residuales domésticas en Moquegua, Perú. *Ecología Aplicada* [en línea]. 2021, **20**(1), p 83 [consultado el 20 de mayo de 2023]. ISSN 1993-9507. Disponible en: doi:10.21704/rea.v20i1.1692
- CENTENO CALDERÓN, Luis Gabriel. Efecto de un consorcio microbiano en la eficacia del tratamiento de aguas residuales, Trujillo, Perú. *Arnaldoa* [en

- línea]. 2019, **26**(1) [consultado el 27 de abril de 2023]. ISSN 2413-3299. Disponible en: doi:10.22497/arnaldoa.261.26123
- COLARES, Gustavo Stolzenberg et al. Combined system for the treatment and reuse of urban wastewater: the efficiency of anaerobic reactors + hybrid constructed wetlands + ozonation. *Water Science and Technology* [en línea]. 2019, 80(2), 254–264 [consultado el 6 de diciembre de 2023]. ISSN 1996-9732. Disponible en: doi:10.2166/wst.2019.270
- CÓRDOVA MENDOZA, Pedro et al. Tratamiento de aguas residuales domesticas mediante reactor anaerobio para la reutilización del efluente en cultivos agrícolas. *Revista Alfa* [en línea]. 2021, **5**(14),pp.250–261. ISSN 2664-0902. Disponible en: doi:10.33996/revistaalfa.v5i14.114
- CHEN, Pingping, Xiaofei YU y Jingyao ZHANG. Photocatalysis enhanced constructed wetlands effectively remove antibiotic resistance genes from domestic wastewater. *Chemosphere* [en línea]. 2023,p. 138330. ISSN 0045-6535. Disponible en: doi:10.1016/j.chemosphere.2023.138330
- DAVAMANI, Veeraswamy et al. Hydroponic phytoremediation of paperboard mill wastewater by using vetiver (*Chrysopogon zizanioides*). *Journal of Environmental Chemical Engineering* [en línea]. 2021, **9**(4),p. 105528. ISSN 2213-3437. Disponible en: doi:10.1016/j.jece.2021.105528
- DECEZARO, Samara Terezinha et al. Vertical flow constructed wetland planted with *Heliconia psittacorum* used as decentralized post-treatment of anaerobic effluent in Southern Brazil. *Journal of Environmental Science and Health, Part A* [en línea]. 2018, **53**(13), pp. 1131–1138. ISSN 1532-4117. Disponible en: doi:10.1080/10934529.2018.1530106
- DELGADILLO, Marcelo. y CONDORI, Luisa. Planta de tratamiento de aguas residuales con macrófitas para comunidades cercanas al Lago Titicaca. *Revista Boliviano de Ciencias*. 2010. ISSN 2075-8936. Disponible en: [http://revistasbolivianas.umsa.bo/pdf/jbc/v7n21/a13\\_v7n21](http://revistasbolivianas.umsa.bo/pdf/jbc/v7n21/a13_v7n21)
- DO, Cam Van T. et al. Microalgae and bioremediation of domestic wastewater. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry* [en línea]. 2022, **34**, p 100595. ISSN 2452-2236. Disponible en: doi:10.1016/j.cogsc.2022.100595

- DORJI, Ugyen et al. On-site domestic wastewater treatment system using shredded waste plastic bottles as biofilter media: Pilot-scale study on effluent standards in Bhutan. *Chemosphere* [en línea]. 2022, **286**, p. 131729. ISSN 0045-6535. Disponible en: doi:10.1016/j.chemosphere.2021.131729
- DURAND, Rodolfo., GARCÍA, Carlos. Aplicación del vetiver (vetiveria zizanoides), para tratar aguas residuales generadas en una granja porcina, San Martín 2022. Tarapoto: [tesis de título,Universidad César Vallejo], 2022. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/92281>
- FARHEEN N. J. Reyes L. H. Kim. Constructed Wetlands in Treating Domestic and Industrial Wastewater in India: A Review. *Journal of Wetlands Research* [en línea], 2021, **23**, p 3, ISSN 2384-0056. Disponible en: <https://doi.org/10.17663/JWR.2021.23.3.242>.
- GANDARILLAS R., Vanessa et al. REVISIÓN DE LAS EXPERIENCIAS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS MEDIANTE REACTORES UASB EN COCHABAMBA-BOLIVIA COMPARADAS CON LAS DE LATINOAMÉRICA, INDIA Y EUROPA. *INVESTIGACION & DESARROLLO* [en línea]. 2017, **17**(1), pp. 83–98. ISSN 2518-4431. Disponible en: doi:10.23881/idupbo.017.1-7i
- GRANADOS LAUDINO, Daniel, Acela MONTES DE OCA HERNÁNDEZ y Sergio MOCTEZUMA PÉREZ. Humedales artificiales para el desarrollo comunitario: el caso de una comunidad Mazahua de México. *Ciencia, Ambiente y Clima* [en línea]. 2019, **2**(1), pp. 35–43. ISSN 2636-2333. Disponible en: doi:10.22206/cac.2019.v2i1.pp35-43
- GÓMEZ, Yelhsin. Evaluación de la eficiencia de humedales artificiales verticales empleando *Cyperus alternifolius* y *Chrysopogon zizanioides* para el tratamiento de aguas servidas. Lima: [tesis de título,Universidad Nacional Agraria La Molina], 2017. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2875>
- GUERRA, Bryan. Tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria de productos lácteos San Salvador- Cantón Riobamba, mediante fitorremediación con humedales artificiales empleando Totorá. Ecuador:

[tesis de título, Universidad Nacional de Chimborazo], 2018. Disponible en : <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/4523>.

HERNÁNDEZ, Carlos E. y Natalia CARPIO. Introducción a los tipos de muestreo. ALERTA Revista Científica del Instituto Nacional de Salud [en línea]. 2019, 2(1), pp. 75–79. ISSN 2617-5274. Disponible en: doi:10.5377/alerta.v2i1.7535

IMRON, Muhammad Fauzul et al. Phytotechnology for domestic wastewater treatment: Performance of Pistia stratiotes in eradicating pollutants and future prospects. Journal of Water Process Engineering [en línea]. 2023, 51,. 103429. ISSN 2214-7144. Disponible en: doi:10.1016/j.jwpe.2022.103429

KABBOUR, Amal et al. Domestic wastewater treatment using tidal flow constructed wetland. DESALINATION AND WATER TREATMENT [en línea]. 2022, 257, pp. 91–95. Disponible en: doi:10.5004/dwt.2022.28475

LUTTERBECK, Carlos Alexandre et al. Integrated system with constructed wetlands for the treatment of domestic wastewaters generated at a rural property – Evaluation of general parameters ecotoxicity and cytogenetics. Ecological Engineering [en línea]. 2018, 115, pp. 1–8. ISSN 0925-8574. Disponible en: doi:10.1016/j.ecoleng.2018.01.004

MORENO, Javier., RANGEL, Jhennifer. Evaluación de un humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal prototipo plantado con sistema vetiver para el tratamiento de aguas residuales en una vivienda rural en el municipio de Floridablanca. Colombia:[ tesis de título, Universidad Pontificia Bolivariana], 2018. Disponible en: <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/5590>

NASR, Fayza Aly y Basem MIKHAEL. Treatment of domestic wastewater using conventional and baffled septic tanks. Environmental Technology [en línea]. 2013, 34(16), 2337–2343. ISSN 1479-487X. Disponible en: doi:10.1080/09593330.2013.767285

NGILANGIL, Leonora.E. y QUINQUITO, Joana.N. Effectiveness of vetiver (vetiver zizanioides) in purifying wastewater from pig farm. Chemical Engineering Transactions. [en línea]. 2020, 78, ISSN 22839216.DOI

- 10.3303/CET2078044. Disponible en:  
<https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/78171243/044-libre.pdf?1641440433>
- NGUYEN, Minh Ky et al. Application of vetiver grass (*Vetiveria Zizanioides* L.) for organic matter removal from contaminated surface water. *Bioresource Technology Reports* [en línea]. 2023, p 101431. ISSN 2589-014X. Disponible en: doi:10.1016/j.biteb.2023.101431
- OEFA. Fiscalización ambiental en aguas residuales. Organismo de evaluación y Fiscalización Ambiental [en línea], pp. 36, 2014. Disponible en: [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827).
- OLIVEIRA, Gislayne A. et al. Floating treatment wetlands in domestic wastewater treatment as a decentralized sanitation alternative. *Science of The Total Environment* [en línea]. 2021, **773**, 145609. ISSN 0048-9697. Disponible en: doi:10.1016/j.scitotenv.2021.145609
- PISHGAR, Roya et al. Characterization of domestic wastewater released from 'green' households and field study of the performance of onsite septic tanks retrofitted into aerobic bioreactors in cold climate. *Science of The Total Environment* [en línea]. 2021, **755**, 142446. ISSN 0048-9697. Disponible en: doi:10.1016/j.scitotenv.2020.142446
- PURIHUAMÁN LEONARDO, Celso Nazario y María Ysabel ROJAS DÍAZ. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS CON LA ESPECIE VETIVER (*chrysopogon zizanioides*) EN HUMEDALES DE FLUJO SUBSUPERFICIAL. *TZHOECOEN* [en línea]. 2018, **10**(1), 13–24. ISSN 1997-8731. Disponible en: doi:10.26495/rtzh1810.125751
- RAJASULOCHANA, P. y V. PREETHY. Comparison on efficiency of various techniques in treatment of waste and sewage water – A comprehensive review. *Resource-Efficient Technologies* [en línea]. 2016, **2**(4), 175–184. ISSN 2405-6537. Disponible en: doi:10.1016/j.reffit.2016.09.004
- RAMÍREZ, Juan .D. Evaluation of vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) and the elephant grass (*Pennisetum purpureum*) in the characterization of constructed wetlands for domestic wastewater treatment. *Revista Científica en Ciencias Ambientales y Sostenibilidad CAS*. 2018, **4**, ISSN 2382 - 4514 -

Disponible en: <https://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/CAA> 1

RODRIGUES MESQUITA, Tayane Cristiele et al. Decentralized management of sewage using septic tanks and anaerobic filters and its potential to comply with required standards in a developing country: a case study in Brazil. *Environmental Science and Pollution Research* [en línea]. 2021, **28**(36), pp 50001–50016 [consultado el 21 de junio de 2023]. ISSN 1614-7499. Disponible en: doi:10.1007/s11356-021-14172-2

RUBIO, Jorge.L. y QUIROZ, Alexis.M. Humedal Artificial en el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la 3ra Brigada de Fuerzas Especiales, batallón de servicios N° 300, Distrito de Rioja, Provincia de Rioja, Departamento de San Martín, Moyobamba:[ tesis de título,Universidad Nacional de San Martín], 2018. Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2844721>

SAEED, Tanveer et al. Bioreactor septic tank for on-site wastewater treatment: Floating constructed wetland integration. *Journal of Environmental Chemical Engineering* [en línea]. 2021, **9**(4), 105606 [consultado el 20 de junio de 2023]. ISSN 2213-3437. Disponible en: doi:10.1016/j.jece.2021.105606

SALAZAR LARROTA, Luis et al. Análisis de la eficiencia de reactores UASB en una planta de tratamiento de aguas residuales municipales. *DYNA* [en línea]. 2019, **86**(209), pp. 319–326 [consultado el 18 de abril de 2023]. ISSN 2346-2183. Disponible en: doi:10.15446/dyna.v86n209.70332

SILVA, J., TORRES, P. y MADERA, C. (2008). Domestic wastewater reuse in agriculture. A review. *Agronomía Colombiana*, vol. **26**, no. 2 , pp.347-359. ISSN.0120-9965. Disponible en: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/13521/14204>

SCHAIDER, Laurel A., Janet M. ACKERMAN y Ruthann A. RUDEL. Septic systems as sources of organic wastewater compounds in domestic drinking water wells in a shallow sand and gravel aquifer. *Science of The Total Environment* [en línea]. 2016, **547**, pp 470–481 [consultado el 20 de junio de 2023]. ISSN 0048-9697. Disponible en: doi:10.1016/j.scitotenv.2015.12.081

SINGH, Rajendra Prasad, Wei KUN y Dafang FU. Designing process and

operational effect of modified septic tank for the pre-treatment of rural domestic sewage. *Journal of Environmental Management* [en línea]. 2019, **251**, p 109552 [consultado el 17 de mayo de 2023]. ISSN 0301-4797. Disponible en: doi:10.1016/j.jenvman.2019.109552

TAUSEEF, Azka et al. Applicability of hybrid treatment to reduce the footprint of domestic and industrial wastewater of developing countries. *Journal of Water Process Engineering* [en línea]. 2023, **56**, p 104339 [consultado el 21 de junio de 2023]. ISSN 2214-7144. Disponible en: doi:10.1016/j.jwpe.2023.104339

GONZÁLEZ MARES, Magdalena. Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. *Revista Universitaria Digital de Ciencias Sociales (RUDICS)* [en línea]. 2019, **10(18)**, pp 92–95 [consultado el 17 de mayo de 2023]. ISSN 2007-2236. Disponible en: doi:10.22201/fesc.20072236e.2019.10.18.6

VARGAS CORDERO, Zoila Rosa. La Investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación* [en línea]. 2009, **33(1)**, p 155 [consultado el 18 de abril de 2023]. ISSN 2215-2644. Disponible en: doi:10.15517/revedu.v33i1.538

VARGAS, Ronald. A. Evaluación de la eficiencia de un humedal artificial de flujo vertical con *Chrysopogon zizanioides* para el tratamiento de aguas grises en la urbanización El Cóndor-Callao, 2021. Lima:[ tesis de título, Universidad César Vallejo], 2021. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/81433>

VARGAS, Adriana K. N. et al. Análisis de los principales sistemas biológicos de tratamiento de aguas residuales domésticas en Colombia. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería* [en línea]. 2020, **28(2)**, pp 315–322 [consultado el 4 de mayo de 2023]. ISSN 0718-3305. Disponible en: doi:10.4067/s0718-33052020000200315

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

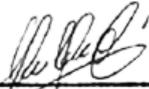
Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante la implementación de una fosa séptica y un humedal artificial en Tocache, Perú							
Variables de estudio		Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones		Indicadores	Escala de medición / Unidad
Variable independiente	Fosa séptica y humedal artificial	<p>Los tanques sépticos tienen como objetivo acelerar el proceso de digestión de la materia orgánica, eliminando los sólidos sedimentales mediante un biorreactor anaeróbico (Nasr et al.,2013)</p> <p>Los humedales artificiales son sistemas implementados con especies vegetativas que ayudan al tratamiento de aguas residuales de una manera eficiente y sostenible (Ávila et al.,2021)</p>	Se implementó una fosa séptica, un humedal artificial y la combinación de ambos sistemas	Fosa séptica	Arena	Peso	Razón/Kg
					Piedra	Peso	Razón/Kg
				Humedal artificial	Agua residual	Litros	L
					<i>Chrysopogon zizanioides</i>	Cantidad de esquejes	Unidad
				Fosa séptica y humedal artificial	Arena	Peso	Razón/Kg
					Piedra	Peso	Razón/Kg
					Agua residual	Litros	L
				<i>Chrysopogon zizanioides</i>	Cantidad de esquejes	Unidad	
Variable dependiente	Tratamiento de aguas residuales domésticas	El agua residual doméstica se define por la alteración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, producidas por hogares individuales (Pishgar et al., 2021).	Se verificó las características físicas, químicas y microbiológicas de las aguas residuales domésticas antes y después de cada tratamiento.	Físicos		pH	-
						Conductividad eléctrica	µS/cm
				Químico		DQO	mg/L
						DBO <sub>5</sub>	mg/L
						Aceites y Grasas	mg/L
Microbiológicos		Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL				

## Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos y formatos de validación



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

<b>Ficha 1</b>		<b>Ubicación y recolección de la muestra</b>						
<b>Título</b>		Tratamiento de aguas residuales doméstica mediante la implementación de una fosa séptica y un humedal artificial en Tocache, Perú						
<b>Línea de investigación</b>		Calidad y gestión de los recursos naturales						
<b>Responsables</b>		- Chuco Vásquez, Paul William - Maldonado Dueñas, Jesús Dario						
<b>Asesor</b>		Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto						
<b>Lugar</b>		<b>Distrito</b>						
<b>Provincia</b>		<b>Departamento</b>						
<b>Datos del lugar del estudio</b>								
N° de muestra	Coordenadas UTM		Volumen (L)	Parámetros medidos <i>in situ</i>		Fecha	Hora	Observaciones
	Norte	Este		Conductividad	pH			

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

  
**Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasmaber**  
 CIP N° 25450  
 RENACYT: P0030155

Rita Jaqueline Cabello Torres  
 DNI N° 08947396-CIP: 145791



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador/UCV Campus Los Olivos
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tecnología Mineral y Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ubicación y recolección de la muestra
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Chuco Vásquez, Paul William – Maldonado Dueñas, Jesús Dario

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											x		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											x		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											x		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											x		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											x		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											x		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											x		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											x		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											x		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											x		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%
-----

Lima, 06 de junio del 2023

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente/ UCV Campus los Olivos
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ingeniería Química y Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ubicación y recolección de la muestra
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Chuco Vásquez, Paul William – Maldonado Dueñas, Jesús Dario

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										x			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										x			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										x			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										x			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										x			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										x			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										x			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										x			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										x			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										x			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

<b>85%</b>
------------

Lima, 06 de junio del 2023

  
 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP N° 25450  
 RENACTY: P0030155

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Mg. Cabello Torres, Rita Jaqueline**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Campus LIMA- ESTE**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Química**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ubicación y recolección de la muestra**
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Chuco Vásquez, Paul William – Maldonado Dueñas, Jesús Dario**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											x		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											x		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											x		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											x		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											x		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											x		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											x		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											x		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											x		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											x		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

<b>90%</b>
------------

Lima, 06 de junio del 2023

Rita Jaqueline Cabello Torres  
DNI N° 08947396-CIP: 145791





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

<b>Ficha 2</b>	<b>Medidas y componentes de trabajo de la fosa séptica y del humedal artificial</b>			
<b>Título</b>	Tratamiento de aguas residuales doméstica mediante la implementación de una fosa séptica y un humedal artificial en Tocache, Perú			
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y gestión de los recursos naturales			
<b>Responsables</b>	- Chuco Vásquez, Paul William - Maldonado Dueñas, Jesús Dario			
<b>Asesor</b>	Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto			
<b>Sistemas de tratamiento</b>				
<b>Fosa séptica</b>	<b>Medidas</b>	<b>Valor</b>	<b>Componentes</b>	<b>Valor</b>
	Longitud (m)		Arena (Kg)	
	Ancho (m)		Piedra (Kg)	
	Profundidad(m)		Volumen (L)	
<b>Humedal artificial</b>	Longitud (m)		Volumen (L)	
	Ancho (m)		<i>Chrysopogon zizanioides</i>	
	Profundidad(m)			

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
DOCENTE E INVESTIGADOR  
CIP: 130267  
RENACYT: P0078275

  
**Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasmaber**  
CIP N° 25450  
RENACYT: P0030155

**Rita Jaqueline Cabello Torres**  
DNI N° 08947396-CIP: 145791



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**  
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Campus Los Olivos**  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Medidas y componentes de trabajo de la fosa séptica y del humedal artificial**  
 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Chuco Vásquez, Paul William – Maldonado Dueñas, Jesús Dario**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											x		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											x		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											x		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											x		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											x		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											x		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											x		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											x		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											x		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											x		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

<b>90%</b>
------------

Lima, 06 de junio del 2023

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente/ UCV Campus los Olivos**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Química y Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Medidas y componentes de trabajo de la fosa séptica y del humedal artificial**
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Chuco Vásquez, Paul William – Maldonado Dueñas, Jesús Dario**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										x			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										x			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										x			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										x			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										x			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										x			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										x			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										x			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										x			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										x			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

<b>85%</b>
------------

Lima, 08 de junio del 2023

  
 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP N° 25450  
 RENACYT: P0030155

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Mg. Cabello Torres, Rita Jaqueline**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Campus LIMA-ESTE**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Química**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Medidas y componentes de trabajo de la fosa séptica y del humedal artificial**
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Chuco Vásquez, Paul William – Maldonado Dueñas, Jesús Dario**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											x		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											x		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											x		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											x		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											x		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											x		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											x		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											x		
9. METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											x		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											x		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

<b>90%</b>
------------

Lima, 06 de junio del 2023

Rita Jaqueline Cabello Torres  
DNI N° 08947396-CIP: 145791





<b>Ficha 3</b>	<b>Medición de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas residuales domésticas, antes y después de tratamiento</b>
<b>Título</b>	Tratamiento de aguas residuales doméstica mediante la implementación de una fosa séptica y un humedal artificial en Tocache, Perú
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y gestión de los recursos naturales
<b>Responsables</b>	- Chuco Vásquez, Paul William - Maldonado Dueñas, Jesús Dario
<b>Asesor</b>	Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto

**Parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas residuales domésticas, antes y después de tratamiento**

	Parámetro	Unidades	Valores		Reducción (%)		Parámetro	Unidades	Valores		Reducción (%)
			Inicial	Final					Inicial	Final	
Fosa séptica	pH	-			-	Humedal artificial	pH	-			-
	Conductividad eléctrica	µS/cm			-		Conductividad eléctrica	µS/cm			-
	DQO	mg/L					DQO	mg/L			
	DBO5	mg/L					DBO5	mg/L			
	Aceites y Grasas	mg/L					Aceites y Grasas	mg/L			
	Coliformes termotolerantes	NMP/100ml					Coliformes termotolerantes	NMP/100ml			

**Combinación de ambos sistemas**

Parámetro	Unidades	Valores		Reducción (%)
		Inicial	Final	
pH	-			-
Conductividad eléctrica	µS/cm			-
DQO	mg/L			
DBO5	mg/L			
Aceites y Grasas	mg/L			
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml			

**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

**Dr. Emsterio Horacio Acosta Suasmobar**  
 CIP N° 25450  
 RENACYT: P0030155

**Rita Jaqueline Cabello Torres**  
 DNI N° 08947396-CIP: 145791

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

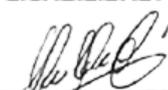
### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador/UCV Campus Los Olivos
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tecnología Mineral y Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Medición de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas residuales domésticas, antes y después de tratamiento.
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Chuco Vásquez, Paul William – Maldonado Dueñas, Jesús Dario

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											x		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											x		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											x		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											x		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											x		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											x		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											x		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											x		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											x		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											x		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- |   
 - | Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera

DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

SI
-

### IV. PROME

90%
-----

Lima, 06 de junio del 2023

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente/ UCV Campus los Olivos
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ingeniería Química y Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Medición de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas residuales domésticas, antes y después de tratamiento.
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Chuco Vásquez, Paul William – Maldonado Dueñas, Jesús Dario

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										x			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										x			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										x			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										x			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										x			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										x			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										x			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										x			
9. METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										x			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										x			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%
-----

Lima, 08 de junio del 2023

  
 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP No. 23420  
 RENACYT: P0030155

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Mg. Cabello Torres, Rita Jaqueline
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador/UCV Campus LIMA- ESTE
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ingeniería Química
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Medición de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas residuales domésticas, antes y después de tratamiento.
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Chuco Vásquez, Paul William – Maldonado Dueñas, Jesús Dario

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											x		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											x		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											x		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											x		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											x		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											x		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											x		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											x		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											x		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											x		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

<b>90%</b>
------------

Rita Jaqueline Cabello Torres  
DNI N° 08947396-CIP: 145791



Lima, 06 de junio del 2023

### Anexo 3. Comparación de las concentraciones analizadas con los límites máximos permisibles (LMP)

	Parámetro	Después		LMP	Conclusión	
		5 días	10 días		Después de 5 días	Después de 10 días
Fosa séptica	pH	6.93	<b>6.48</b>	6.5-8.5	Si	<b>No</b>
	Aceites y Grasas (mg/l)	<5	<5	20	Si	Si
	DBO5 (mg/l)	59.1	47.4	100	Si	Si
	DQO (mg/l)	106	98.9	200	Si	Si
	Coliformes Termotolerantes (NMP/100)	<b>1700000</b>	<b>170000</b>	10000	<b>No</b>	<b>No</b>
	Total, Si (%)					80
Humedal artificial	pH	6.78	6.57	6.5-8.5	Si	Si
	Aceites y Grasas (mg/l)	5.66	<5	20	Si	Si
	DBO5 (mg/l)	58.3	<b>224</b>	100	Si	<b>No</b>
	DQO (mg/l)	103	<20	200	Si	Si
	Coliformes Termotolerantes (NMP/100)	<b>11000000</b>	490	10000	<b>No</b>	Si
	Total, Si (%)					80
Combinación de ambos	pH	6.75	6.69	6.5-8.5	Si	Si
	Aceites y Grasas (mg/l)	<5	<5	20	Si	Si
	DBO5 (mg/l)	<2	3.16	100	Si	Si
	DQO (mg/l)	<20	<20	200	Si	Si
	Coliformes Termotolerantes (NMP/100)	230	790	10000	Si	Si
	Total, Si (%)					100

∴ LMP: Límite Máximo Permissible.

#### Anexo 4. Evidencia del procedimiento



## Anexo 5. Informe de análisis de los resultados.

Análisis de la muestra inicial de los parámetros químicos y microbiológicos.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-  
DA CON REGISTRO N° LE-077



Informe de Análisis 443963/2023.1

Este informe de análisis cancela y sustituye el informe 443963/2023.0

Cotización: C9586/2023.3

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 02-11-2023 16:25

Identificación del Cliente	
Cliente: MALDONADO DUEÑAS JESUS DARIO	
Dirección: Jr. Jorge Chávez Cuadra. 13 - Tocache - San Martín - Peru	
Contacto: Jesus Dueña Maldonado	Teléfono: 921363042

N° Muestra: 443963-1/2023.1 - Id: 861830 - ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL	
Matriz: Agua residual	
Término de muestreo: 12-10-2023 14:30	Fecha de Recepción: 13-10-2023 11:23
Departamento: San Martín	Provincia: Tocache
Distrito: Tocache	Punto de muestreo: MI
Dirección de muestreo: Agua residual de vivienda - Tocache / San Martín	Tipo de muestreo: Puntual
Coordenadas: E: 333147 ; N: 9093852	Muestreado por: El Cliente
Instrumento ambiental: ---	Proyecto: ---

### Resultados Analíticos

#### Análisis Acreditados

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Aceites y grasas	11 mg/L	5 mg/L	EPA 1664 Rev B (EPA-821-R-10-001)	13-10-2023 11:50
Demanda Bioquímica de Oxígeno	240 mg/L	2 mg/L	SM 5210 B	13-10-2023 11:59
Demanda Química de Oxígeno	418 mg/L	20 mg/L	SM 5220 D	14-10-2023 10:32
Determinación de Coliformes fecales	1,7E+8 NMP/100 mL	1,8 NMP/100 mL	SM 9221 E.1	13-10-2023 12:00

#### Notas

ND: No determinado.  
LD: Límite de Detección.  
SM: *Standard Methods* for the Examination of Water and Wastewater, 23rd. Edition 2017.  
\*: Parametro Subcontratado

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.  
Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.  
Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.

Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017

Raquel Rosales Torres  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 209612

# Análisis de los parámetros químicos y microbiológicos, después de 5 días de tratamiento en la fosa séptica.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-  
DA CON REGISTRO N° LE-077



Informe de Análisis 451102/2023.1  
Este informe de análisis cancela y sustituye el Informe 451102/2023.0

Cotización: C9586/2023.3

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 02-11-2023 16:39

Identificación del Cliente	
Cliente: MALDONADO DUEÑAS JESUS DARIO	
Dirección: Jr. Jorge Chávez Cuadra. 13 - Tocache - San Martín - Peru	
Contacto: Jesus Dueña Maldonado	Teléfono: 921363042

N° Muestra: 451102-1/2023.1 - Id: 861879 - ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL	
Matriz: Agua residual	
Término de muestreo: 17-10-2023 13:00	Fecha de Recepción: 18-10-2023 11:31
Departamento: San Martín	Provincia: Tocache
Distrito: Tocache	Punto de muestreo: T1-F
Dirección de muestreo: Agua residual de vivienda - Tocache / San Martín	Tipo de muestreo: Puntual
Coordenadas: E: 333147 ; N: 9093852	Muestreado por: El Cliente
Instrumento ambiental: ---	Proyecto: ---

## Resultados Analíticos

### Análisis Acreditados

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Aceites y grasas	< 5 mg/L	5 mg/L	EPA 1664 Rev B (EPA-821-R-10-001)	18-10-2023 15:00
Demanda Bioquímica de Oxígeno	59,1 mg/L	2 mg/L	SM 5210 B	18-10-2023 15:10
Demanda Química de Oxígeno	106 mg/L	20 mg/L	SM 5220 D	19-10-2023 08:47
Determinación de Coliformes fecales	1,7E+6 NMP/100 mL	1,8 NMP/100 mL	SM 9221 E.1	18-10-2023 11:50

### Notas

ND: No determinado.  
LD: Límite de Detección.  
SM: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 23rd. Edition 2017.  
\*: Parametro Subcontratado

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.  
Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.  
Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.

Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017

Raquel Rosales Torres  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 209612

# Análisis de los parámetros químicos y microbiológicos, después de 5 días de tratamiento en el humedal artificial.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-  
DA CON REGISTRO N° LE-077



Informe de Análisis 452550/2023.2  
Este informe de análisis cancela y sustituye el informe 452550/2023.1

Cotización: C9586/2023.3

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 09-11-2023 09:51

Identificación del Cliente	
<b>Cliente:</b>	MALDONADO DUEÑAS JESUS DARIO
<b>Dirección:</b>	Jr. Jorge Chávez Cuadra. 13 - Tocache - San Martín - Peru
<b>Contacto:</b>	Jesus Dueña Maldonado <span style="float: right;"><b>Teléfono:</b> 921363042</span>

N° Muestra: 452550-1/2023.2 - Id: 873286 - ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL	
<b>Matriz:</b>	Agua residual
<b>Término de muestreo:</b>	17-10-2023 15:30 <span style="float: right;"><b>Fecha de Recepción:</b> 18-10-2023 11:03</span>
<b>Departamento:</b>	San Martín <span style="float: right;"><b>Provincia:</b> Tocache</span>
<b>Distrito:</b>	Tocache <span style="float: right;"><b>Punto de muestreo:</b> T2-F</span>
<b>Dirección de muestreo:</b>	Agua residual de viviendas - Tocache / San Martín <span style="float: right;"><b>Tipo de muestreo:</b> Puntual</span>
<b>Coordenadas:</b>	E: 333147 ; N: 9093852 <span style="float: right;"><b>Muestreado por:</b> El Cliente</span>
<b>Instrumento ambiental:</b>	--- <span style="float: right;"><b>Proyecto:</b> ---</span>

## Resultados Analíticos

### Análisis Acreditados

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Aceites y grasas	5,66 mg/L	5 mg/L	EPA 1664 Rev B (EPA-821-R-10-001)	18-10-2023 15:00
Demanda Bioquímica de Oxígeno	58,3 mg/L	2 mg/L	SM 5210 B	18-10-2023 15:10
Demanda Química de Oxígeno	103 mg/L	20 mg/L	SM 5220 D	19-10-2023 08:47
Determinación de Coliformes fecales	1,1E+8 NMP/100 mL	1,8 NMP/100 mL	SM 9221 E.1	18-10-2023 11:40

### Notas

ND: No determinado.  
LD: Límite de Detección.  
SM: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 23rd. Edition 2017.  
\*: Parametro Subcontratado

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.  
Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.

Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017

Raquel Rosales Torres  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 209612

# Análisis de los parámetros químicos y microbiológicos, después de 5 días de tratamiento en la combinación de ambos sistemas.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-  
DA CON REGISTRO N° LE-077



Informe de Análisis 452536/2023.1  
Este informe de análisis cancela y sustituye el informe 452536/2023.0

Cotización: C9586/2023.3

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 02-11-2023 16:39

Identificación del Cliente	
<b>Cliente:</b>	MALDONADO DUEÑAS JESUS DARIO
<b>Dirección:</b>	Jr. Jorge Chávez Cuadra. 13 - Tocache - San Martín - Peru
<b>Contacto:</b>	Jesus Dueña Maldonado <span style="float: right;"><b>Teléfono:</b> 921363042</span>

N° Muestra: 452536-1/2023.1 - Id: 861880 - ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL	
<b>Matriz:</b>	Agua residual
<b>Término de muestreo:</b>	17-10-2023 14:00 <span style="float: right;"><b>Fecha de Recepción:</b> 18-10-2023 10:51</span>
<b>Departamento:</b>	San Martín <span style="float: right;"><b>Provincia:</b> Tocache</span>
<b>Distrito:</b>	Tocache <span style="float: right;"><b>Punto de muestreo:</b> T3-F</span>
<b>Dirección de muestreo:</b>	Agua residual de vivienda - Tocache / San Martín <span style="float: right;"><b>Tipo de muestreo:</b> Puntual</span>
<b>Coordenadas:</b>	E: 333147 ; N: 9093852 <span style="float: right;"><b>Muestreado por:</b> El Cliente</span>
<b>Instrumento ambiental:</b>	--- <span style="float: right;"><b>Proyecto:</b> ---</span>

## Resultados Analíticos

### Análisis Acreditados

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Aceites y grasas	< 5 mg/L	5 mg/L	EPA 1664 Rev B (EPA-821-R-10-001)	18-10-2023 15:00
Demanda Bioquímica de Oxígeno	< 2 mg/L	2 mg/L	SM 5210 B	18-10-2023 15:10
Demanda Química de Oxígeno	< 20 mg/L	20 mg/L	SM 5220 D	19-10-2023 08:47
Determinación de Coliformes fecales	230 NMP/100 mL	1,80 NMP/100 mL	SM 9221 E.1	18-10-2023 11:00

### Notas

ND: No determinado.  
LD: Límite de Detección.  
SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd. Edition 2017.  
\*: Parametro Subcontratado

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.  
Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.  
Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.

Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017

Raquel Rosales Torres  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 209612

# Análisis de los parámetros químicos y microbiológicos, después de 10 días de tratamiento en la fosa séptica.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-  
DA CON REGISTRO N° LE-077  
Informe de Análisis 459111/2023.0



Cotización: C9586/2023.3

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 02-11-2023 16:38

Identificación del Cliente	
<b>Cliente:</b>	MALDONADO DUEÑAS JESUS DARIO
<b>Dirección:</b>	Jr. Jorge Chávez Cuadra. 13 - Tocache - San Martín - Peru
<b>Contacto:</b>	Jesus Dueña Maldonado <b>Teléfono:</b> 921363042

N° Muestra: 459111-1/2023.0 - Id: 822060 - ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL	
<b>Matriz:</b>	Agua residual
<b>Término de muestreo:</b>	22-10-2023 14:00 <b>Fecha de Recepción:</b> 23-10-2023 10:23
<b>Departamento:</b>	San Martín <b>Provincia:</b> Tocache
<b>Distrito:</b>	Tocache <b>Punto de muestreo:</b> T1-F
<b>Dirección de muestreo:</b>	Agua residual de vivienda - Tocache / San Martín <b>Tipo de muestreo:</b> Puntual
<b>Coordenadas:</b>	E: 333178 ; N: 9093853 <b>Muestreado por:</b> El Cliente
<b>Instrumento ambiental:</b>	--- <b>Proyecto:</b> ---

## Resultados Analíticos

### Análisis Acreditados

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Aceites y grasas	< 5 mg/L	5 mg/L	EPA 1664 Rev B (EPA-821-R-10-001)	23-10-2023 11:22
Demanda Bioquímica de Oxígeno	47,4 mg/L	2 mg/L	SM 5210 B	23-10-2023 11:08
Demanda Química de Oxígeno	98,9 mg/L	20 mg/L	SM 5220 D	25-10-2023 10:01
Determinación de Coliformes fecales	1,7E+5 NMP/100 mL	1,8 NMP/100 mL	SM 9221 E.1	23-10-2023 11:10

### Notas

ND: No determinado.  
LD: Límite de Detección.  
SM: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 23rd. Edition 2017.  
\*. Parametro Subcontratado

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.  
Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.  
Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.

Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017

Raquel Rosales Torres  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 209612

# Análisis de los parámetros químicos y microbiológicos, después de 10 días de tratamiento en el humedal artificial.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-  
DA CON REGISTRO N° LE-077

Informe de Análisis 459126/2023.0



Cotización: C9586/2023.3

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 02-11-2023 16:38

Identificación del Cliente	
<b>Cliente:</b>	MALDONADO DUEÑAS JESUS DARIO
<b>Dirección:</b>	Jr. Jorge Chávez Cuadra. 13 - Tocache - San Martín - Peru
<b>Contacto:</b>	Jesus Dueña Maldonado
<b>Teléfono:</b>	921363042

N° Muestra: 459126-1/2023.0 - Id: 822061 - ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL	
<b>Matriz:</b>	Agua residual
<b>Término de muestreo:</b>	22-10-2023 14:30
<b>Fecha de Recepción:</b>	23-10-2023 10:36
<b>Departamento:</b>	San Martín
<b>Provincia:</b>	Tocache
<b>Distrito:</b>	Tocache
<b>Punto de muestreo:</b>	T2-F
<b>Dirección de muestreo:</b>	Agua residual de vivienda - Tocache / San Martín
<b>Tipo de muestreo:</b>	Puntual
<b>Coordenadas:</b>	E: 333178 ; N: 9093853
<b>Muestreado por:</b>	El Cliente
<b>Instrumento ambiental:</b>	---
<b>Proyecto:</b>	---

## Resultados Analíticos

### Análisis Acreditados

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Aceites y grasas	< 5 mg/L	5 mg/L	EPA 1664 Rev B (EPA-821-R-10-001)	24-10-2023 15:40
Demanda Bioquímica de Oxígeno	224 mg/L	2 mg/L	SM 5210 B	23-10-2023 11:08
Demanda Química de Oxígeno	< 20 mg/L	20 mg/L	SM 5220 D	23-10-2023 11:51
Determinación de Coliformes fecales	490 NMP/100 mL	1,80 NMP/100 mL	SM 9221 E.1	23-10-2023 11:25

### Notas

ND: No determinado.  
LD: Límite de Detección.  
SM: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 23rd. Edition 2017.  
\*: Parametro Subcontratado

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.  
Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.  
Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.

Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017

Raquel Rosales Torres  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 209612

# Análisis de los parámetros químicos y microbiológicos, después de 10 días de tratamiento en la combinación de ambos sistemas.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-  
DA CON REGISTRO N° LE-077  
Informe de Análisis 459229/2023.0



Cotización: C9586/2023.3

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 02-11-2023 16:38

Identificación del Cliente	
<b>Cliente:</b>	MALDONADO DUEÑAS JESUS DARIO
<b>Dirección:</b>	Jr. Jorge Chávez Cuadra. 13 - Tocache - San Martín - Peru
<b>Contacto:</b>	Jesus Dueña Maldonado <span style="float: right;"><b>Teléfono:</b> 921363042</span>

N° Muestra: 459229-1/2023.0 - Id: 822062 - ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL	
<b>Matriz:</b>	Agua residual
<b>Término de muestreo:</b>	22-10-2023 15:00
<b>Fecha de Recepción:</b>	23-10-2023 10:59
<b>Departamento:</b>	San Martín
<b>Provincia:</b>	Tocache
<b>Distrito:</b>	Tocache
<b>Punto de muestreo:</b>	T3-F
<b>Dirección de muestreo:</b>	Agua residual de vivienda - Tocache / San Martín
<b>Tipo de muestreo:</b>	Puntual
<b>Coordenadas:</b>	E: 333178 ; N: 9093853
<b>Muestreado por:</b>	El Cliente
<b>Instrumento ambiental:</b>	---
<b>Proyecto:</b>	---

## Resultados Analíticos

### Análisis Acreditados

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Aceites y grasas	< 5 mg/L	5 mg/L	EPA 1664 Rev B (EPA-821-R-10-001)	23-10-2023 11:47
Demanda Bioquímica de Oxígeno	3,16 mg/L	2 mg/L	SM 5210 B	23-10-2023 11:08
Demanda Química de Oxígeno	< 20 mg/L	20 mg/L	SM 5220 D	23-10-2023 11:51
Determinación de Coliformes fecales	790 NMP/100 mL	1,80 NMP/100 mL	SM 9221 E.1	23-10-2023 11:40

### Notas

ND: No determinado.  
LD: Límite de Detección.  
SM: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 23rd. Edition 2017.  
\*: Parametro Subcontratado

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.  
Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.  
Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.

Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017

Raquel Rosales Torres  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 209612



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, CASTAÑEDA OLIVERA CARLOS ALBERTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante la implementación de una fosa séptica y un humedal artificial en Tocache, Perú", cuyos autores son MALDONADO DUEÑAS JESUS DARIO, CHUCO VASQUEZ PAUL WILLIAM, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 17.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 12 de Diciembre del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
CASTAÑEDA OLIVERA CARLOS ALBERTO <b>DNI:</b> 42922258 <b>ORCID:</b> 0000-0002-8683-5054	Firmado electrónicamente por: CCASTANEDAOL el 12-12-2023 21:37:05

Código documento Trilce: TRI - 0694465