

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

“Implementación de un sistema de tratamiento a escala piloto por el método de fitorremediación con la especie (Pistia Stratiotes) en aguas residuales domésticas del Distrito de Santa María del Valle – Huánuco - 2022”

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA
AMBIENTAL**

AUTOR: Bravo Mejía, Jennyfer Sally

ASESOR: Cabrera Montalvo, Abrahams Moisés

HUÁNUCO – PERÚ

2023

U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Biotecnología y Nanotecnología

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Biotecnología ambiental

Disciplina: Biotecnología ambiental

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniera ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

D

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 71499069

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 71034553

Grado/Título: Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental

Código ORCID: 0000-0003-2052-0081

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Calixto Vargas, Simeón Edmundo	Maestro en administración de la educación	22471306	0000-0002-5114-4114
2	Cámara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405
3	Morales Aquino, Milton Edwin	Maestro en ingeniería, con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible	44342697	0000-0002-2250-3288

H



UNIVERSIDAD DE HUANUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) AMBIENTAL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 15:00 horas del día 30 del mes de junio del año 2023, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

- Mg. Simeón Edmundo Calixto Vargas (Presidente)
- Mg. Frank Erick Cámara Llanos (Secretario)
- Mg. Milton Edwin Morales Aquino (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 1415-2023-D-FI-UDH**, para evaluar la Tesis intitulada: **"IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO A ESCALA PILOTO POR EL MÉTODO DE FITORREMEDIACIÓN CON LA ESPECIE (*Pistia stratiotes*) EN AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DEL DISTRITO DE SANTA MARÍA DEL VALLE - HUANUCO - 2022"**, presentado por el (la) Bach. **BRAVO MEJIA, JENNYFER SALLY**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) APROBADA..... por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 16... y cualitativo de BUENO..... (Art. 47)

Siendo las 16:20 horas del día 30 del mes de JUNIO del año 2023, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

Mg. Simeón Edmundo Calixto Vargas
ORCID: 0000-0002-5114-4114
Presidente

Mg. Frank Erick Cámara Llanos
ORCID: 0000-0001-9180-7405
Secretario

Mg. Milton Edwin Morales Aquino
ORCID: 0000-0002-2250-3288
Vocal



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, **CABRERA MONTALVO ABRAHAMS MOISES**, asesor(a) del PA de **INGENIERÍA AMBIENTAL** y designado(a) mediante documento: **RESOLUCIÓN N° 682-2021-D-FI-UDH del 02 de julio del 2021** de la bachiller **BRAVO MEJIA, JENNYFER SALLY**, de la investigación titulada **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO A ESCALA PILOTO POR EL MÉTODO DE FITORREMEDIACIÓN CON LA ESPECIE (*Pistia stratiotes*) EN AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DEL DISTRITO DE SANTA MARÍA DEL VALLE – HUÁNUCO – 2022”**.

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del **23%** verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 11 de julio del 2023

CABRERA MONTALVO ABRAHAMS MOISES

DNI N° 71034553

Código Orcid N° 0000-0003-2052-0081

"IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO A ESCALA PILOTO POR EL MÉTODO DE FITORREMEDIACIÓN CON LA ESPECIE Pistia stratiotes EN AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DEL DISTRITO DE SANTA MARÍA DEL VALLE - H

ORIGINALITY REPORT

23%

SIMILARITY INDEX

22%

INTERNET SOURCES

5%

PUBLICATIONS

8%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repositorio.udh.edu.pe Internet Source	6%
2	hdl.handle.net Internet Source	4%
3	repositorio.uta.edu.ec Internet Source	1%
4	repository.usta.edu.co Internet Source	1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Student Paper	1%
6	Submitted to Universidad Continental Student Paper	1%
7	repositorio.ucv.edu.pe Internet Source	1%
8	floramontiberica.files.wordpress.com Internet Source	1%

Apellidos y Nombres: Cabrera Montalvo
Abrahams Moises DNI N°: 71034553 Código
ORCID N° 0000-0003-2052-0081

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme concluir una etapa más en mi vida, gracias por como misteriosamente has actuado en mi vida y guiarme hasta concluir la presente.

A mi madre, Arminda Mejía Campo por haberme dado la vida y ser una excelente madre, una excelente amiga, por estar para mí en todas estas etapas de mi vida y alentarme día a día de manera incansable alcanzar todos mis objetivos.

A mi padre, Néstor Bravo Hidalgo por su apoyo incansable, por complementar tu fuerza con la mía y apoyarme en todo proyectos los proyectos que he establecido en mi vida.

AGRADECIMIENTO

A mi Madre, Arminda Mejía Campo, por brindarme las herramientas y soporte para poder iniciar y concretar este objetivo académico; a mi Padre, Néstor Bravo Hidalgo, por su apoyo incondicional y hermanos por alentarme y apoyarme en alcanzar este objetivo.

A mi E.A.P de Ingeniería Ambiental por brindarme las enseñanzas e instrumentos necesarios para afrontar mi vida profesional.

A mis asesores por guiarme con sus enseñanzas y brindarme las herramientas necesarias para concluir con este estudio.

Agradezco a la Municipalidad de Santa María del Valle, por su compromiso y apoyo con los estudiantes, por brindarme las facilidades para concluir el proceso de ejecución.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
INTRODUCCIÓN	XI
CAPÍTULO I	13
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	13
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	15
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	15
1.3. OBJETIVOS	15
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	15
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	17
CAPÍTULO II	18
MARCO TEÓRICO	18
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	18
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	18
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	21
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	24
2.2. BASES TEÓRICAS	25
2.2.1. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	25
2.2.2. CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	26
2.2.3. CARACTERÍSTICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS	27

2.2.4. PARÁMETROS EVALUADOS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.....	31
2.2.5. TIPOS DE SISTEMAS DE SISTEMA DE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS	32
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	45
2.4. HIPÓTESIS	46
2.5. VARIABLES	46
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE	46
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE	46
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	47
CAPÍTULO III.....	48
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	48
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	48
3.1.1. ENFOQUE	48
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	48
3.1.3. DISEÑO	48
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	50
3.2.1. POBLACIÓN	50
3.2.2. MUESTRA	50
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS ...	51
3.3.1. TÉCNICAS.....	51
3.3.2. INSTRUMENTOS	52
3.4. TÉCNICAS PARA PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	52
3.4.1. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	52
3.4.2. TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	53
CAPÍTULO IV.....	55
RESULTADOS.....	55
4.1. ANALISIS DESCRIPTIVO.....	55
4.2. ANÁLISIS INFERENCIAL	62
CAPITULO V.....	64
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	64
CONCLUSIONES	68

RECOMENDACIONES.....	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
ANEXOS.....	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Parámetros a evaluar.....	31
Tabla 2 Clasificación de estanques o lagunaje	32
Tabla 3 Tipo de fitorremediación.....	38
Tabla 4 Matriz para la toma de muestra	51
Tabla 5 Parámetros físicos en las aguas residuales domesticas del Distrito de Santa María del Valle, Huánuco 2022	55
Tabla 6 Parametros quimicos en las aguas residuales domesticas del Distrito de Santa María del Valle, Huánuco 2022	56
Tabla 7 Parametros microbiológicos en las aguas residuales domesticas del Distrito de Santa María del Valle, Huánuco 2022	57
Tabla 8 Parametros fisicos después del tratamiento a escala piloto por el método de fitorremediación en las aguas residuales domesticas del Distrito de Santa María del Valle, Huánuco 2022	57
Tabla 9 Parametros quimicos después del tratamiento a escala piloto por el método de fitorremediación en las aguas residuales domesticas del Distrito de Santa María del Valle, Huánuco 2022	59
Tabla 10 el método de fitorremediación en las aguas residuales domesticas del Distrito de Santa María del Valle, Huánuco 2022.....	60
Tabla 11 Efectividad del sistema de tratamiento a escala piloto por el método de fitorremediación de los parametros fisicos en las aguas residuales domesticas del Distrito de Santa María del Valle, Huánuco 2022.....	62
Tabla 12 fitorremediación de los parametros quimicos en las aguas residuales domesticas del Distrito de Santa María del Valle, Huánuco 2022.....	62
Tabla 13 fitorremediación de los parametros microbiológicos en las aguas residuales domesticas del Distrito de Santa María del Valle, Huánuco 2022	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Representación de un esquema de un estanque facultativo	33
Figura 2 Representación de un esquema de un estanque de maduración..	34
Figura 3 Representación de un esquema de un humedal artificial de flujo superficial libre	35
Figura 4 Representación de un humedal subsuperficial de flujo horizontal .	36
Figura 5 Representación de un humedal subsuperficial de flujo vertical	37
Figura 6 Representación de un esquema de tipos biológicos de plantas acuáticas.....	41
Figura 7 Representación de la especie Pistia stratiotes	43
Figura 8 Parámetros físicos en las aguas residuales domesticas del Distrito de Santa María del Valle, Huánuco 2022	55
Figura 9 Parametros quimicos en las aguas residuales domesticas del Distrito de Santa María del Valle, Huánuco 2022	56
Figura 10 Parametros físicos después del tratamiento a escala piloto por el método de fitorremediación en las aguas residuales domesticas del Distrito de Santa María del Valle, Huánuco 2022	58
Figura 11 Parametros microbiológicos después del tratamiento a escala piloto por el método de fitorremediación en las aguas residuales domesticas del Distrito de Santa María del Valle, Huánuco 2022	61

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la efectividad del sistema de tratamiento a escala piloto mediante la fitorremediación con especie *Pistia stratiotes* en aguas residuales domésticas del Distrito de Santamaría del Valle – Huánuco- 2022. Como estudio de tipo aplicativo, experimental, longitudinal y analítico dirigido a la determinación inicial de parámetros físicos, químicos y microbiológicos; donde se diseñó un sistema de tratamiento mediante la fitorremediación a través de la especie *Pistia stratiotes* durante 30 días con 10 muestras. Obteniendo como resultado que en los parámetros físicos hubo variabilidad la conductividad de 867 $\mu\text{s}/\text{cm}$ a 2175 $\mu\text{s}/\text{cm}$; pH de 7,08 a 7,40 y la temperatura de 24 °C a 19 °C. Los parámetros químicos mostraron disminución en color de 450 CU a 91 CU; la DBO de 800 mg O₂/L a 422 mg O₂/L; La DQO de 1200 mg O₂/L a 663 mg O₂/L; el nitrógeno amoniacal de 6,41 mg NH₃/L a M₉= 1 mg NH₃/L; los sólidos totales de 1500 mg ST/L a 130 mg ST/L y la turbidez de 350 NTU a 54 NTU. Finalmente, los microbiológicos de 100000 NMP/100 ml a 15000 NMP/100 ml. También se concluyó que el sistema de tratamiento por el método de fitorremediación mediante la especie *Pistia stratiotes* es efectiva con p- valor < 0,05 (0,000).

Palabras claves: Implementación, Sistema, tratamiento, escala, método, aguas residuales.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effectiveness of the treatment system on a pilot scale by the phytoremediation method with the *Pistia stratiotes* species in domestic wastewater from the District of Santamaría del Valle - Huánuco- 2022. Being an applicative, experimental, longitudinal and analytical where it is intended to study the initial determination of the physical, chemical and microbiological parameters; A treatment system was designed through phytoremediation through the *Pistia stratiotes* species for 30 days with 10 samples. Obtaining as a result that in the physical parameters there was variability in conductivity from 867 $\mu\text{s}/\text{cm}$ to 2175 $\mu\text{s}/\text{cm}$; pH from 7.08 to 7.40 and the temperature from 24 °C to 19 °C. The chemical parameters showed a decrease in color from 450 CU to 91 CU; BOD from 800 mg O₂/L to 422 mg O₂/L; COD from 1200 mg O₂/L to 663 mg O₂/L; ammoniacal nitrogen of 6.41 mg NH₃/L at M9= 1 mg NH₃/L; total solids from 1500 mg ST/L to 130 mg ST/L and turbidity from 350 NTU to 54 NTU. Finally, the microbiological ones from 100,000 NMP/100 ml to 15,000 NMP/100 ml. Coming to the conclusion that the treatment system by the phytoremediation method through the *Pistia stratiotes* species is effective with p-value < 0.05 (0.000).

Keywords: Implementation, System, treatment, scale, method, wastewater.

INTRODUCCIÓN

Considere que en la mayor parte del mundo, los ríos, arroyos, arroyos, etc. son fuentes de contaminación. Son vertidos sin tratar, y la contaminación de las aguas es uno de los problemas a nivel mundial, que se ha constituido en graves problemas sociales y ambientales. Aguas residuales domésticas o semitratadas debido a la rápida urbanización, falta de tecnología de tratamiento y mala gestión; un componente importante del capital económico.

Asimismo, las técnicas de fitodescontaminación no solo están dirigidas a construir plantas de tratamiento eficientes, sostenibles y de bajo coste, sino que también se aplican a las plantas de tratamiento disfuncionales para restaurar su potencial de forma económica y sostenible. En cuanto al uso de las plantas para reducir la concentración de contaminantes orgánicos e inorgánicos presentes en el agua y el suelo, las plantas y los microorganismos se asocian a sus raíces a través de procesos metabólicos para desarrollar los procesos bioquímicos de su vida

Debido a este problema, se han propuesto nuevas tecnologías para abordar y reducir el impacto ambiental causado por la falta de tratamiento de aguas residuales. Se basa en filtros biológicos o también llamados humedales construidos, donde el agua residual pre tratada es absorbida por el lecho filtrante, que entra en contacto con microorganismos aeróbicos y anaeróbicos, depura el agua residual y pasa por la filtración y sedimentación de materia orgánica.

Por ello, estudio titulado “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO A ESCALA PILOTO POR EL MÉTODO DE FITORREMEDIACIÓN CON LA ESPECIE *Pistia stratiotes* EN AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DEL DISTRITO DE SANTA MARÍA DEL VALLE – HUANUCO - 2022”; donde el objetivo del emprendimiento fue evaluar la efectividad de un sistema de tratamiento a escala piloto para especies de *Pistia stratiotes* en aguas residuales domésticas en el Distrito de Santamaría del Valle, mediante fitorremediación, con el fin de utilizar los hallazgos obtenidos, estrategias, intervenciones y programas ambientales para el acceso a sistemas de agua con saneamiento óptimo en zonas rurales.

Siendo un estudio de enfoque cuantitativo con un alcance y diseño cuasi experimental donde se realiza el estudio preliminar de las muestras de aguas residuales domesticos de los parametros fisicos, quimicos y microbiológicos para su posterior aplicación del diseño del sistema de tratamiento con la especie Pistia Stratiotes encontrando como varianza la cantidad de días que se aplica la escala piloto para su posterior post evaluación de las muestras de agua.

La población de estudio esta contituido en base al agua remanente del Distrito Santa María del Valle, de los cuales se utilizaron 11 muestras para la medición de los parametros fisicos, quimicos y microbiológicos; la recolección es 1 cada 3 días durante los 30 días del tratamiento de acuerdo a la RM N° 273-2013-VIVIENDA "Esquema de Monitoreo de la Calidad de las Aguas Residuales para Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales".

En este sentido, este estudio se divide en seis capítulos. Por lo tanto, el primer capítulo incluye la pregunta de investigación, el Capítulo 2 introduce el marco teórico, el Capítulo 3 incluye todos los métodos de investigación, el Capítulo 4 presenta los resultados obtenidos en el estudio y sus respectivas validaciones de las hipótesis, y capítulo 5 discute los resultados. Finalmente, en el Capítulo VI también se incluyen conclusiones y recomendaciones, bibliografía y anexos.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El agua es un elemento esencial para el ser humano y es el mayor consumidor en comparación con otras especies que utilizan este recurso. (Raymundo, 2017) Cuando se utiliza este recurso, durante el ciclo del agua se producen subproductos que afectan la calidad del agua, lo que lleva a la contaminación del agua conocida como agua residual. (Villanueva & Jance, 2017)

Asimismo, la contaminación acuática provoca un desequilibrio general en los sistemas acuáticos y los ecosistemas terrestres que rodean a estos cuerpos. (Fernández González, 2000). Todas las actividades humanas están asociadas a la generación de aguas residuales, las cuales deben ser tratadas para asegurar la continuidad del ciclo de consumo del recurso.

(Pescod, 1992). Muestra claramente que la humanidad se enfrenta a una amenaza invisible para la calidad del agua, ya que la falta de este elemento líquido afecta por igual a los países desarrollados y en desarrollo, y reduce en un tercio el potencial de crecimiento y desarrollo económico en regiones muy contaminadas. Además, las crisis amenazan incluso la salud de los empleados y el medio ambiente.

Como resultado, la organización de las Naciones Unidas estima que el 80% de las aguas residuales del mundo no se eliminan de los contaminantes antes de ser vertidas a su destino, y en realidad pueden contaminar plantas y animales, causando enfermedades, infecciones y muerte prematura.

Como resultado, en América Latina, el nivel de tratamiento desagregado de aguas residuales domésticas es muy bajo, 13,7% (Olguin, Gonzales Portela, Sanchez Galván, Zamora Castro y Owen, 2010). De manera similar, (Fernández Gonzales, 2000) al menos el 57% de las aguas residuales vertidas al Ministerio de Construcción y Saneamiento en 2013, sin embargo, solo el 22% de las aguas residuales domésticas fueron tratadas y solo el 6% fue tratada con un estándar aceptable.

Nuevamente, la Agencia de Evaluación y Control Ambiental, la situación no es solo mundial sino también nacional, ya que en todo el territorio peruano se produce un promedio diario de 2.217.946 metros cúbicos de aguas residuales, las cuales son introducidas a las empresas de la red desde las instalaciones sanitarias privadas y solo 32 % logró recibir tratamiento. En otras palabras, las plantas de tratamiento de aguas residuales, independientemente de su origen, no están bien equipadas para operar de manera óptima, ni utilizan tecnologías apropiadas en función de los desafíos del área donde están instaladas. (Núñez López, Meas, Ortega y Olguín, 2004).

Según el sistema de información ambiental regional, el 49,53% de las aguas servidas domésticas en la región no han sido tratadas, y el 64,6% de la población adulta mayor registrada por la Oficina Nacional de Estadística vive en zonas rurales, es decir, de 865 a 944 personas. Viven en centros rurales densamente poblados donde solo alrededor de la mitad de los habitantes (50,7%) disponen de aguas residuales a través de inodoros y biodigestores, es decir, la brecha de población rural en la región se mantiene en 49,3% por falta de saneamiento. Libre acceso al medio ambiente, pastos, suelo, arroyos y otros cuerpos de agua. (Condori & Delgadillo, 2010)

Por tal motivo, el distrito de Santa María del Valle cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales conformada por lagunas facultativas que no tratan adecuadamente el agua allí tratada, lo que genera un tratamiento insuficiente de las aguas residuales del río Huallaga y acelera el incremento de parámetros físicos, químicos y microbiológicos. significativamente.

Por ello, en este estudio se pretende utilizar *Pistia stratiotes* L, conocida como lechuguilla de agua, la cual es una planta acuática flotante perteneciente a la familia Araceae. Además, una sola planta puede producir una pequeña colonia debido a la multiplicación de (Neuenshwander, Julien, Center, & Hill, 2009)

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuán efectivo es la implementación de un sistema de tratamiento a escala piloto por el método de fitorremediación con la especie *Pistia stratiotes* en aguas residuales domésticas Distrito de Santa María del Valle Huánuco - 2022?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuáles serán los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en las aguas residuales domésticas del Distrito de Santamaría del Valle Huánuco - 2022?
- ¿Cómo será el sistema de tratamiento a escala piloto por el método de fitorremediación mediante la utilización de la especie *Pistia stratiotes*?
- ¿Cuáles serán los parámetros físico químico y microbiológico después del tratamiento a escala piloto por el método de fitorremediación mediante la utilización de la especie *Pistia stratiotes*?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la efectividad del sistema de tratamiento a escala piloto por el método de fitorremediación con la especie *Pistia stratiotes* en aguas residuales domésticas del Distrito de Santamaría del Valle – Huánuco-2022.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en las aguas residuales domésticas del Distrito de Santamaría del Valle – Huánuco- 2022.
- Establecer un sistema de tratamiento a escala piloto por el método de fitorremediación mediante la utilización de la especie *Pistia stratiotes*.

- Analizar los parámetros físico químico y microbiológico después del tratamiento a escala piloto por el método de fitorremediación mediante la utilización de la especie *Pistia stratiotes*.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación tiene como justificación:

- (Sandoval, Celis, & Junod, 2005) Demostraron que se ha demostrado que el uso de plantas acuáticas en el tratamiento secundario y terciario de aguas residuales elimina de manera efectiva diversas materias orgánicas, así como nutrientes y metales pesados, y crea condiciones favorables para la descomposición de la materia orgánica. (Peterson y Thiel, 1996)
- El aumento de los costos y la eficacia limitada de los tratamientos físicos y químicos han estimulado el desarrollo de nuevas tecnologías. Además, la fitorremediación es, por lo tanto, una alternativa sostenible y de bajo costo para restaurar ambientes afectados por contaminantes naturales y antropogénicos.
- Los humedales construidos son una tecnología sostenible que no requiere una instalación compleja y es de bajo mantenimiento. Tomando como ejemplo este estudio, se utiliza un humedal artificial de flujo somero con plantas acuáticas flotantes, y el mecanismo de tratamiento es la infiltración de la rizosfera.
- Esta investigación integra la generación de conocimiento y su aplicación en el desarrollo tecnológico a corto o mediano plazo para brindar soluciones a los problemas ambientales que afectan el campo de estudio.
- La importancia de las plantas acuáticas radica en su facilidad de uso en áreas rurales por el bajo consumo de fuentes de energía convencionales y la practicidad de instalar y operar sistemas de tratamiento, además de que agregan belleza al paisaje circundante y mejoran la percepción de la entorno, lugar de aplicación y son muy fáciles de replicar en otros proyectos pequeños. (Caviedes & Ricardo, 2016).

- Este estudio tuvo como objetivo someter las macrofitas flotantes, “Pistia stratiotes” en aguas residuales del distrito de Santa María del Valle. La inserción de estas grandes plantas no requiere altos costos y es económicamente viable.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La limitante del presente estudio fue:

- El precio para analizar los resultados de los parámetros físico, químico y biológico del agua residual doméstico.
- La obtención de instrumentos para la construcción del sistema de tratamiento secundario a escala piloto.
- El inadecuado acceso para la toma de muestras del efluente de la laguna facultativa.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La viabilidad del estudio se basó en lo siguiente:

- Acceso a información sobre el tema de fitorremediación en aguas residuales domésticas, también con antecedentes de temas de investigación en la Universidad de Huánuco, que se pueden encontrar en repositorios, revistas y libros.
- La Municipalidad de Santa María del Valle autorizó la investigación.
- Los terrenos adyacentes a las lagunas facultativas estuvieron disponibles para la implementación de sistemas de tratamiento secundario a escala de laboratorio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

(Poveda, 2018), menciona en su tesis titulada: “Evaluación de Fitorremediación de Especies Acuáticas Flotantes para Aguas Residuales Industriales y Uso Agrícola Previamente Caracterizadas en el Estado Ambato, Provincia de Tungurawa”. “El objetivo es identificar su uso potencial como especies fitorremediadoras, cumpliendo así con las normas ambientales nacionales vigentes en el Texto Uniforme de Legislación Ambiental Secundaria y las normas INEN. Asimismo, el método de evaluación incluyó la exposición a diferentes especies acuáticas flotantes: Azolla App., lenteja de agua, salvia, jacinto de agua y trébol de agua. muestra. Además, los resultados obtenidos fueron el porcentaje de especies acuáticas en las muestras de agua, y semanalmente se recogieron los datos del número de hojas verdes. Para determinar el porcentaje de producción de biomasa se adquirieron datos de peso seco semanalmente y se determinó el tratamiento óptimo con un 95% de confianza utilizando el programa estadístico Statgraphics y la prueba TUKEY. El jacinto de agua y la lenteja de agua resultaron ser las plantas más prometedoras para iniciar la fitorremediación, las muestras de aguas residuales se caracterizaron por: pH, conductividad, sólidos totales, sólidos disueltos, sólidos en suspensión, DQO, DBO, grasa, detergente, coliformes fecales, color, turbidez, alcalinidad, dureza, nitrato y cloruro; durante estas 3 semanas, al comparar las gráficas y tablas de pesos, la mayoría de los parámetros identificados para ambas especies disminuyeron. Se concluyó que los cambios en las condiciones ambientales identificados como el desarrollo de diferentes especies acuáticas flotantes, como el pH y la conductividad del agua y el incremento semanal de biomasa utilizado para determinar el porcentaje de producción de biomasa, nos permiten conocer al menos ambos son

adaptado. Especies con mayor producción de biomasa durante los 30 días de la fase”.

(Andrade, 2016), en su tesis titulada: "Fitorremediación mediante el uso de dos plantas *Eichhornia crassipes* mart., *Pistia stratiotes* L. para el tratamiento de aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia de Unión Milagreña, estado Joya de los Sachas, provincia de Orellana". "El propósito es caracterizar las aguas residuales domésticas de la Parroquia Unión Milagreña, Joya de los Sachas, Provincia de Orellana, el método de investigación es el análisis de campo e inspección de laboratorio, el resultado contiene 0.74 mg/L, ST 825.86 mg/L, promedio 381,41 mg/L, total 124 mg/L, fósforo total 12,85 mg/L, nitrito 0,06 mg/L, nitrato 0,8 mg/L, coliformes totales 84X10⁵, Bacterias coliformes fecales 42X10⁵, comparado con los valores descritos en la Tabla 10 del Libro VI de TULSMA, Anexo 1, donde se determinan los valores permisibles para la descarga de cuerpos de agua dulce, estos valores fueron probados en inspecciones de laboratorio de agua dulce y obtuvo valores superiores a los límites Permisibles, impacto negativo en la autolimpieza del estero s/n en la parroquia Unión de los Milagros. Asimismo, el sistema de tratamiento de aguas residuales para sistemas de fitorremediación está diseñado para mitigar el impacto del agua sin tratar en el medio ambiente, ya que es utilizada por la población aledaña para la agricultura, la piscicultura, para implementar el proceso de fitorremediación, y está diseñado como un pequeño prototipo. para uso en los hogares Aguas residuales, pasándolas por el sistema de nivelación, el tanque de grasa y el tanque de sedimentación, y luego fluyen continuamente al sistema de tratamiento del mercado de jacinto de agua. *Pistia stratiotes* L. La eficiencia de las plantas como plantas de tratamiento se obtuvo a través de pruebas botánicas para determinar si el uso de dichas plantas para la depuración de aguas residuales domésticas era efectivo”.

(Contreras, Rodríguez, & Vargas, 2016) En su investigación experimental titulada: "Evaluación del potencial de un humedal

construido piloto implementado con una especie de nautilus para remediar las aguas residuales domésticas de bajo flujo en las estribaciones rurales". "El objetivo de este trabajo fue evaluar la capacidad de remediación de humedales artificiales subterráneos horizontales con la especie vegetal *Heliconia psittacorum*, a escala piloto y en tres réplicas, en el tratamiento de aguas residuales domésticas de bajo caudal generadas en áreas urbanas pequeñas. Además, se recomienda su uso en áreas remotas. Se utilizó un enfoque de diseño factorial mixto 3X2 donde se manipuló la variable tiempo de retención hidráulica y la concentración inicial de cargas orgánicas definidas en demanda biológica de oxígeno para determinar el porcentaje de remoción de contaminantes en DBO, demanda química de oxígeno y parámetros de Sólidos Suspendidos Totales para cada uno de los 6 tratamientos o experimentos generados por el diseño. Nuevamente, los resultados nos permitieron confirmar que este sistema no convencional eliminó efectivamente los contaminantes en los líquidos afectados, con una tasa de remoción promedio de 86.5% para DBO, 76.1% para DQO y 76.1% para SST entre los seis tratamientos. tasa fue del 76,4%. Asimismo, las TRH con mejores resultados fueron 170 mg/l por 2 días y 340 mg/l por 8 días. Además, la eficiencia de eliminación de DBO fue superior en aproximadamente un 14 % en comparación con otros estudios similares. Por lo tanto, se planea utilizar esta tecnología para tratar las aguas residuales domésticas en otras áreas del piedemonte, un total de 20 municipios, con una concentración máxima de 170 mg/l durante 2 días y 340 mg/l durante 8 días. presión hidráulica y tiempo de permanencia. Por tanto, concluye tres supuestos del diseño experimental, de los cuales el análisis estadístico nos permite aprobar la tercera hipótesis, que especifica el efecto principal de la interacción inicial TRH-DBO sobre el comportamiento de los humedales artificiales".

Discusión: "Entre los tres antecedentes considerados, los antecedentes de los resultados finales confirmaron que Aguas chinensis fue la planta acuática con mayor porcentaje de producción de biomasa, mientras que la planta acuática Jacinto de agua fue la de menor

crecimiento, de lo cual se puede inferir que los resultados serán consistentes con las dos primeras especies y el ciclo de vida de cada especie están relacionados, ya que en el primer caso el pato colorado puede duplicar su biomasa en pocos días, como menciona García 2011 que el pato colorado puede duplicar su La biomasa se duplica en 3 días, es decir se reproduce más rápido, en cambio Lechuguín llega a la etapa reproductiva y por su tamaño tarda más días”.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

(Alvarado & Mananay, 2020) En la tesis titulada: **"Uso de jacinto de agua (jacinto de agua) para tratar aguas residuales domésticas en humedales artificiales"**. “Donde el propósito del estudio fue sintetizar información sobre el uso de EC para tratar aguas residuales domésticas en humedales construidos. Además, la metodología del trabajo de investigación es cualitativo, empleando un diseño narrativo temático, revisando sistemáticamente varios estudios que utilizan EC, una macrófita flotante con propiedades de tratamiento para un humedal artificial de flujo libre. Para realizar la reducción de parámetros físicos y químicos como DBO y DQO. Los resultados de varios estudios que se muestran en la Tabla 4 indican que al usar plantas acuáticas EC para tratar las aguas residuales, estas aguas residuales pueden reciclarse y reutilizarse para biocompostaje, riego y producción acuicultura, estos resultados son consistentes con M. Cruz et al. Al. Los estudios en humanos son similares porque al comparar los resultados del análisis mensual con los parámetros del D.S. N° 003-2010-MINAM-LMP se encuentran dentro del rango máximo permitido. Y se concluye que el humedal construido es un sistema de depuración con bajos costos de instalación, operación y mantenimiento, es apto para el tratamiento de aguas residuales, porque se ajusta a las características de la vegetación actual para depurar aguas contaminadas, es conveniente para la recuperación y reutilización del agua, y también puede simular humedales construidos, usar diferentes sistemas piloto o escalar, tales como: cubetas de vidrio, baldes, contenedores, peceras y tanques de

vidrio, estos últimos empleando el 31% del laboratorio; mientras que los sistemas antes mencionados, cada piloto el sistema tiene 1% de empleabilidad”.

(Nuñez E. , 2019) En la tesis titulada: **“Evaluación de la eficiencia de un sistema de fitorremediación utilizando especies palustres y flotantes, cala y jacinto de agua, en el tratamiento de aguas residuales domésticas en el espacio natural de Quechua-Cajamarca”**. “El objetivo fue evaluar la eficiencia de los sistemas de fitorremediación utilizando especies pantanosas y fflotante en el tratamiento de aguas residuales domésticas en el área natural de Quechua-Cajamarca. Para ello utilicé un método de evaluación preliminar que permitió ubicar los puntos de captación y la ubicación del sistema, el cual luego fue diseñado en serie y excavado utilizando madera, tubería y doble plástico para evitar la penetración en los humedales subterráneos horizontales. 1,3456 metros cúbicos en volumen, luego 1,55 metros cúbicos a humedales superficiales. De igual manera, el tratamiento tuvo una duración de 3 meses desde el inicio de la operación, luego se monitorearon los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del afluente y efluente, los resultados de remoción fueron 76% de grasa, 95% de DBO5, 92% de DQO, 95% de SST, turbidez 96%, N-NH3 64%, Conductividad 59%, los valores más bajos son respectivamente; Color 34% y CTT 22%. Asimismo, en el análisis, no solo CTT cumplió con LMP, sin embargo, para RCT aceites, color, conductividad, temperatura, pH, TSS, turbidez y los que no cumplieron con N-NH3, DBO5, DQO, OD y CTT. Nuevamente, el estudio concluyó que el estudio logró una eficiencia del 70%, lo que implica un buen nivel de remoción, sin embargo, para cumplir con los parámetros no alcanzados para la remoción de LMP y ECA, se decidió implementar el tratamiento primario necesario para obtener mejores resultados y eficiencia esperada, permitiendo la autorización de instalación del sistema y su normal vertido de aguas residuales o su reutilización para riego agrícola”.

(Saavedra, 2017), En la tesis titulada: **“Aplicación de Plantas Acuáticas Flotantes en el Tratamiento de Aguas Residuales de la Laguna UDEP”**. “El objetivo fue evaluar las mejoras que ofrecen los sistemas de macrófitos de flotación en lagunas facultativamente estables comparando los resultados de los sistemas convencionales con un innovador sistema de fitofiltración aplicado. Nuevamente, la metodología de este estudio nos dice que se realizó en la laguna secundaria opcional del sistema de tratamiento UDEP. Asimismo, para la evaluación, por un lado, se modificó la laguna secundaria para homogeneizar el flujo de agua paralelo y uniforme en todo su recorrido y dividirla en dos partes, una de las cuales mantuvo las condiciones regulares de la laguna y la otra . Otra app que distribuye sistemas de depuración de plantas. Por ello, el sistema FMF consiste en piezas flotantes de plástico en las que se colocan plantas de carrizo que han sido cultivadas en dos viveros consecutivos mediante preselección genética de semillas germinadas. Además, una vez que el sistema se instala en un sector designado, ambos sectores se evalúan mediante pruebas de calidad del agua. A pesar de algunas dificultades para hacer comparaciones durante el período de investigación, todavía se puede demostrar que el sistema FMF puede mejorar el manejo rutinario de las lagunas facultativas. En comparación con el sector de laguna tradicional, el sector que utiliza el sistema FMF presentó niveles más altos de STS, DBO5, DQO, coliformes fecales, N total y P total. De esta forma, presenta un comportamiento más resiliente ante los cambios de carga que se producen en la entrada de la laguna. Concluyó que hubo algunas dificultades durante el desarrollo del estudio, tales como: falta de estanqueidad entre las dos partes de la laguna, degradación de la vegetación, colapso y deterioro del sistema FMF, dificultad para lograr una distribución equitativa de los caudales en la laguna entrada y en cada zona Presencia desigual de flotadores. A pesar de estas dificultades que pueden afectar los resultados obtenidos desde una perspectiva comparativa, los sectores que utilizan el sistema FMF lograron mejores resultados en comparación con los sectores convencionales”.

Discusión: “De los tres antecedentes, los resultados obtenidos en los siguientes parámetros monitoreados en lagunas de oxidación de aguas residuales observaron que un sistema FMF implementado en lagunas puede conducir a importantes mejoras. condiciones para demostrar el potencial de este sistema no son las más favorables, entonces se puede decir que el sistema FMF es un sistema capaz de mejorar la estabilidad del estanque y el tratamiento de aguas residuales domésticas en este sistema contra la contaminación ecológica y epidemiológica”.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

(Carhuaricra, 2019) En la tesis titulada: “Fitorremediación por proceso de fitodegradación con dos macrófitas, *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes*, para el tratamiento de aguas residuales domésticas de una laguna facultativa en la localidad de Pacaypampa, distrito de Santa María del Valle (Huánuco), agosto-septiembre 2018”. El objetivo fue determinar a escala experimental la capacidad fitorremediadora de los procesos de fitodegradación en el tratamiento de aguas residuales utilizando dos especies acuáticas, *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes*. De igual forma, los resultados obtenidos de los tratamientos descritos fueron: Para sólidos totales en suspensión después del tratamiento, reducciones: 23.4 horas (132 mg/L), 31.2 horas (26 mg/L), 39 horas (31 mg/L) y 46.8 horas (68mg/L). Asimismo, para DBO tratada, los tiempos de reducción fueron: 23,4 horas (99,8 mg/L), 31,2 horas (42,5 mg/L), 39 horas (34,7 mg/L) y 46±0,8 horas (36,5 mg/L). Asimismo, para DQO tratada, los tiempos de reducción fueron: 23,4 horas (271,1 mg/L), 31,2 horas (156,8 mg/L), 39 horas (128,4 mg/L) y 46,8 horas (166,9 mg/L). Además, el pH después del tratamiento aumentó en los siguientes tiempos: 23,4 horas (6,2), 31,2 horas (6,6), 39 horas (6,7) y 46,8 horas (7,5). Así, para la temperatura de posprocesamiento, aumenta en los siguientes tiempos: 23,4 horas (21 °C), 31,2 horas (24 °C), 39 horas (27 °C) y 46,8 horas (24 °C). Asimismo, para la conductividad tratada, desciende en los siguientes tiempos: 23,4

horas (487 $\mu\text{S/cm}$), 31,2 horas (414 $\mu\text{S/cm}$), 39 horas (342 $\mu\text{S/cm}$) y 46,8 horas (315 $\mu\text{S/cm}$). Para heces termotolerantes o coliformes, el tratamiento se redujo en los siguientes tiempos: 23,4 horas (1 300 000 NMP/100 ml), 31,2 horas (7900 NMP/100 ml), 39 horas (230 NMP/100 ml) y 46,8 horas (790 NMP/100 ml). Concluyó que la capacidad fitorremediadora del proceso estaba por debajo del límite máximo permisible de descarga de la planta de tratamiento de aguas residuales

*Discusión: “De acuerdo a la investigación de la relación que existe entre las aguas residuales basadas en tiempo de retención y la fitorremediación basada en parámetros microbianos en el sistema experimental propuesto, donde *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes* Para heces o coliformes termotolerantes, los resultados obtenidos después del tratamiento mostraron una reducción: 23,4 horas, 31,2 horas, 39 horas y 46,8 hora, también vemos resultados obtenidos por debajo del límite máximo permisible para efluentes de EDAR”.*

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

“La ingeniería hidráulica y las plantas de tratamiento de agua son un conjunto de operaciones y sistemas físicos, químicos o biológicos distintos que tienen por objeto eliminar o reducir la contaminación o las características indeseables del agua, ya sea natural, suministrada, procesada o residual, mediante equipos. El objetivo de estas operaciones es obtener agua con propiedades adecuadas para su uso, por lo que la composición exacta y las propiedades del proceso dependen de la naturaleza del agua de partida y de su destino final. Las aguas residuales pueden provenir de actividades industriales o agrícolas, así como del uso doméstico”. (AGUASISTEC, 2019).

2.2.1.1. LÍNEA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

En este tema existen dos líneas de tratamiento:

- a.** Líneas de agua: son procesos o tratamientos que contribuye a reducir contaminante en agua residual, se pueden identificar 4 tipos de tratamiento (Alianzaporelagua & CENTA, 2008):
- b.** Pretratamiento: su propósito es remover objetos gruesos, arena y grasa (Alianzaporelagua & CENTA, 2008).
- c.** Tratamiento primario: su propósito es remover la materia sedimentable y flotante (Alianzaporelagua & CENTA, 2008).
- d.** Tratamiento secundario: El objetivo es depurar materia orgánica disuelta o coloidal (Alianzaporelagua & CENTA, 2008).
- e.** Tratamiento terciario: remoción de sólidos en suspensión, materia orgánica residual así como de nutrientes y patógenos (Alianzaporelagua & CENTA, 2008).
- f.** Línea de Lodos: Esta línea maneja subproductos provenientes de la línea de agua, los tipos de líneas de lodos son: Espesamiento, Estabilización, Acondicionamiento y Deshidratación (Alianzaporelagua & CENTA, 2008).

2.2.2. CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

- a.** Agua residual doméstica o cloacal: proveniente de estiércol humano, higienes personales, cocinas y limpiezas de las casas. Suele contener gran cantidad de materias orgánicas y microorganismo, y traza de jabón, detergente, lejía y grasa (Espigares García & Pérez López, 1985).
- b.** Agua blanca: puede provenir de la atmósfera o de calles, parques y lugares públicos para riego y limpieza. Además, donde las precipitaciones atmosféricas son muy altas, se puede vaciar por separado para no saturar el sistema de depuraciones (Espigares García & Pérez López, 1985).

- c. Agua Residual Industrial: Proceso de fábrica e instalación industrial, incluyendo aceite, detergente, antibiótico, ácido, grasa y otro producto y subproducto de orígenes minerales, químicos, vegetales o animales. Sus composiciones varía mucho en función de la distinta actividad industrial. (Espigares García & Pérez López, 1985).
- d. Agua residual agrícola: trabajos agrícolas en zonas rurales. En cuanto a la fuente de agua, esta agua suele provenir de las ciudades y se utiliza en muchos lugares para el riego agrícola, con o sin pretratamiento. (Espigares García & Pérez López, 1985).

2.2.3. CARACTERÍSTICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

En estos hay composiciones uniformes y son fáciles de tratar, son diferentes del agua residual industrial y tiene característica diferente. El agua residual doméstica tiene propiedad física, química y biológica. (Espigares García & Pérez López, 1985).

- a. **Características físicas:** Alguna de la característica física del agua residual municipal son:
 - Temperatura: Suelen ser superiores a las del agua potable, esta temperatura superior puede afectar negativamente al agua receptora, alterando las floras y faunas de esta agua y provocando los crecimientos indeseables de alga, hongo, etc. Además, las temperaturas elevadas conducen a agotar el OD, ya que las solubilidades de oxígenos disminuyen al aumentar las temperaturas (Espigares García & Pérez López, 1985).
 - Turbidez: Son las cantidades de materia en suspensiones en el agua residual. Además, estas turbideces afectan las penetraciones de las luces en las aguas receptoras, provocando unas disminuciones de las productividades primarias (Espigares García y Pérez López, 1985).
 - Color: suelen ser grises o marrones, pero pueden volverse negras debido a proceso biológico privados de oxígeno. (Espigares García & Pérez López, 1985).

Sólidos se pueden clasificar en:

- **Totales:** Residuo que queda después de que las muestras se evaporaron 60 mm y se secaron a 130 °C (Espigares García & Pérez López, 1985).
 - **Fijación:** el residuo que queda tras las evaporaciones y carbonizaciones a 600 °C durante unos segundos (Espigares García & Pérez López, 1985).
 - **Volátil:** son las diferencias entre sólido total y sólido fijo. (Espigares García & Pérez López, 1985).
- b. Características Químicas:** Hay muchos parámetros que son de particular importancia en la descripción de la composición de las aguas residuales. (Espigares García & Pérez López, 1985).
- **Materia orgánica:** Este constituye un tercio del elemento del agua residual y el principal compuesto que se puede encontrar es: proteína (40-60%), hidrat de carbono (25-50%), grasa y aceite (10%). (Espigares García & Pérez López, 1985).
 - **Demandas Bioquímicas de Oxígenos (DBO):** Las cantidades de oxígenos requeridas por el microorganismo para degradar las materias orgánicas en las aguas. Las pruebas se realizan a 20 °C en 3 o 5 días, donde se denominan DBO o DBO5 respectivamente. Se puede obtener midiendo la DBO5 para determinar las concentraciones de oxígenos disueltos. Medición de emisiones de CO₂ de DBO5 (Espigares García & Pérez López, 1985).
 - **Demandas Químicas de Oxígenos (DQO):** Miden las cantidades de materias orgánicas en el agua para determinar el oxígeno necesario para su oxidación. Este parámetro no puede ser inferior a la DBO porque las cantidades de sustancia que puede oxidarse químicamente es mayor que la cantidad de sustancias que pueden oxidarse biológicamente. (Espigares García y Pérez López, 1985).

- Demandas Totales de Oxígenos (TOD): Estas pruebas se realizan en unas cámaras de combustión catalizada por platino donde los compuestos orgánicos se convierten en productos finales estables (<biblio>).
- pH: esta actividad biológica ocurre en un rango de pH generalmente estrecho. Asimismo, un pH entre 5 y 9 generalmente no tiene unos efectos significativos en las mayorías de la especie, aunque alguna especie es muy estricta al respecto. Unos aspectos importantes de pH son las agresividades del agua ácida, que provoca la disolución de las sustancias al atacar los materiales. (Espigares García & Pérez López, 1985).
- Cloruros: Se consideran unos indicadores indirectos de contaminaciones fecales, ya que los humanos excretamos aproximadamente 6 gramos de cloruros por día en las heces. Además, pueden existir otras fuentes de cloruro, como la infiltración de agua de mar, la entrada a acuíferos marinos o usos de sustancia suavizante en los tratamientos de aguas, que se producen cuando la dureza es mayor. En consecuencia, el cloruro han perdidos todos valores como indicadores de contaminaciones fecales en la actualidad (Espigares García & Pérez López, 1985).
- Alcalinidad: Miden las cantidades de carbonato, bicarbonato e hidróxido presente en las aguas. Por tanto, este ion es neutralizado por elementos como calcio, magnesio, sodio, potasio, amoníaco, etc. Además, las aguas residuales suelen tener cierta alcalinidad, cuyos orígenes son los aportes de agua de abastecimiento y productos del hogar. (Espigares García & Pérez López, 1985).
- Nitrógeno: Estos son esenciales para los crecimientos de microorganismo y planta; las limitaciones de nitrógenos provocan cambio en las composiciones bioquímicas del organismo y reduce su tasa de crecimientos. Pero cuando se encuentra en altas

concentraciones, también es un factor particular que conduce a la hipoxia y las eutrofizaciones del agua receptora. Además, este puede ser los resultados de las fertilizaciones agrícolas por fertilizante artificial y estiércol animal, que pueden causar problemas de suministro de agua si se filtra a la subterránea. (Espigares García & Pérez López, 1985).

- Fósforo: son esenciales para los crecimientos del organismo vivo. Existe en las aguas residuales en forma de ortofosfatos, polifosfatos y organofosfatos. Además, el fosfato puede satisfacer las necesidades de fósforo de todos los organismos vivos, y la cantidad es mucho menor que la del nitrógeno. Por lo tanto, es responsable del proceso de eutrofización. (Espigares García & Pérez López, 1985).
- Azufre: Requeridos para las síntesis de proteína, liberados cuando la proteína se descompone. Además, casi todo el microorganismo puede usar sulfatos como fuentes de azufres, pero alguna especie requiere forma más pequeña de compuestos para sus biosíntesis (Espigares García & Pérez López, 1985).
- Característica Biológica: es agua residual que, dependiendo de sus composiciones y concentraciones, puede llevar en sus interiores unas grandes cantidades de organismo. Además, las temperaturas y los pH también afecta a sus presencias, ya que cada organismo requieren de valor específico de los 2 parámetros para desarrollarse. (Espigares García & Pérez López, 1985).
- Bacterias: Pueden ser de origen fecal o bacterias involucradas en el proceso de biodegradación en la naturaleza y en las plantas de tratamiento. (Espigares García & Pérez López, 1985).
- Virus: Este proviene de las heces de un individuo infectado, ya sea humano o animal. Su capacidad para absorber sólidos fecales y otras partículas contribuye a su supervivencia a largo plazo en las aguas residuales. (Espigares García & Pérez López, 1985).

- Algas: La presencia de diferentes formas de fósforo y nitrógeno, así como de carbono y oligoelementos como el hierro y el cobalto, en las aguas residuales favorece su crecimiento, dando lugar al proceso de eutrofización. (Espigares García & Pérez López, 1985).
- Protozoos: el más común en el agua residual es la ameba, flagelado y ciliado libre y fijo. Este organismo juega un rol importante en la depuración biológica, en especial de filtro percolador y fango activado. Elimina bacteria suspendida en el agua al no sedimentar, evitando así aguas residuales turbias (Espigares García & Pérez López, 1985).
- Hongos: la mayoría de ellos son estrictamente aerobios, pueden tolerar un pH relativamente bajo y tienen bajos requerimientos de nitrógeno. (Espigares García & Pérez López, 1985).

2.2.4. PARÁMETROS EVALUADOS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

Los parámetros a evaluar son según el D.S 003-2010-MINAM, descritos en el siguiente cuadro.

Tabla 1
Parámetros a evaluar

Parámetro		Unidad	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de agua
Aceites y grasas		mg/L	20
Coliformes termotolerantes		NMP/100mL	10,000
Demanda Bioquímica de oxígeno	de	mg/L	100
Demanda Química Oxígeno	de	mg/L	200
pH		unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales Suspensión	en	mL/L	150
Temperatura		°C	<35

Nota: Adaptado de decreto supremo 003-10-MINAM, Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

2.2.5. TIPOS DE SISTEMAS DE SISTEMA DE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS

2.2.5.1. ESTANQUES

La técnica de estanque, también denominado lagunaje se clasifica, en correlación con la presencia de oxígeno y se clasifica de la siguiente manera (Metcalf & Eddy I.).

Tabla 2

Clasificación de estanques o lagunaje

clasificación de estanques o lagunaje	a) Aerobios.
	b) Facultativos.
	c) Maduración.
	d) Anaerobios.

Nota: Adaptado de (Metcalf & Eddy I.)

a. Estanques aerobios

Las lagunas de estabilización aeróbica son grandes estanques poco profundos excavados en el suelo para tratar el agua residual a través de procesos naturales que combinan algas y bacterias; los bastidores son de dos tipos, el primero con el objetivo principal de aumentar la producción de algas, y están espaciados de 15 cm a 50 cm, el segundo propósito principal es aumentar la producción de oxígeno y sus dimensiones varían desde los 50 cm hasta 1.5m (Metcalf & Eddy I. , 1995).

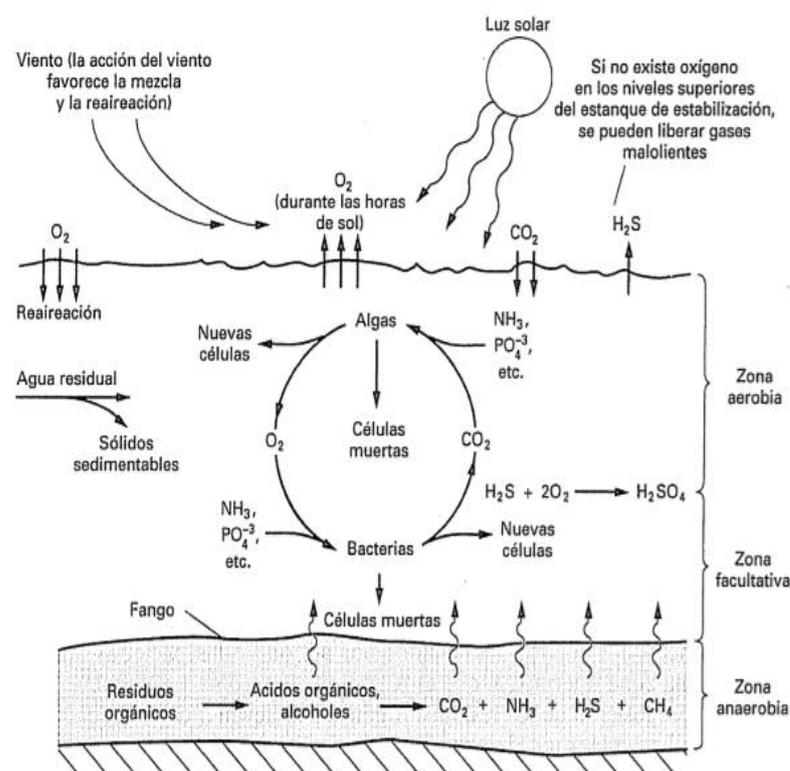
b. Estanques facultativos

Los estanques facultativos poseen una profundidad media, entre 1 y 2 m y posee la zona anaeróbica en la parte inferior. La amplitud relativa de estas dos regiones cambia a lo largo del año, dependiendo de la carga aplicada y la eficiencia de las regiones aeróbica y anaeróbica. (La iglesia Ganda rillas).

Dióxido de carbono producido durante la oxidación orgánica en estanques facultativos como fuente de carbono para algas. Por ello, la degradación anaeróbica de sólidos en la capa de lodo implica la generación de compuestos orgánicos disueltos y gases, el CO_2 (dióxido de carbono), el H_2S (ácido sulfhídrico) y el CH_4 (metano). Son oxidados por bacterias aeróbicas o liberados a la atmósfera. (Metcalf & Eddy I.).

Figura 1

Representación de un esquema de un estanque facultativo



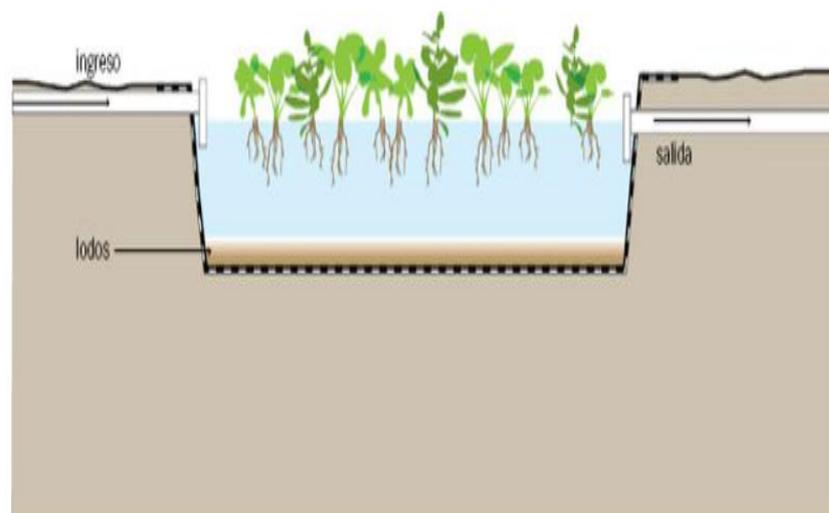
Nota: Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización, pg.498

c. Estanques de maduración terciarios

Estas son poco profundas que soportan poca o ninguna carga orgánica. La poca profundidad permite aislar casi toda la capa de agua, proliferando además bacterias aerobias, protozoos y algas, que aportan el oxígeno necesario para la degradación de las bacterias aerobias a través de la fotosíntesis. (La Iglesia Gandarillas, 2016).

Figura 2

Representación de un esquema de un estanque de maduración



Nota: tomado de: <http://alianzaporelagua.org/Compendio/tecnologias/d/d9.html>

d. Estanques anaerobios

Se utiliza para tratar aguas residuales con importante carga orgánica y concentración de sólidos. Por lo general, las excavaciones son profundas en un terreno con tuberías de entrada y salida adecuada (Metcalf & Eddy I. , 1995).

2.2.5.2. HUMEDALES DE TRATAMIENTO

Conocidos como humedales construidos o humedales artificiales, son sistemas de tratamiento de aguas residuales diseñados para separar los contaminantes de las aguas residuales y permitir el tratamiento y la eliminación adecuados de los desechos. Distintos de los humedales naturales (pantanos, ciénagas, etc.) que se consideran parte del medio ambiente receptor en lugar de parte del sistema de tratamiento (Alarcón et al., 2018).

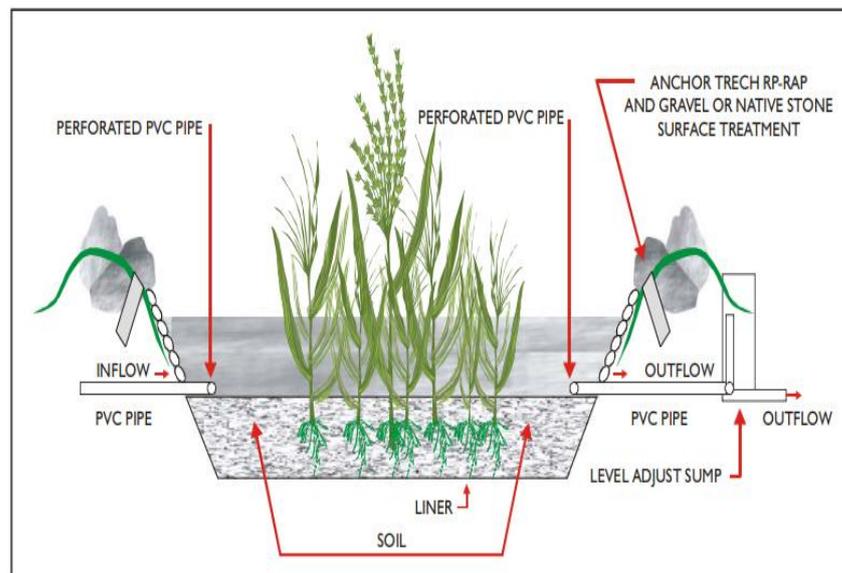
a. Tipos de humedales artificiales

Humedales artificiales de flujo superficial libre: estos son sistemas de estanques o canales que incluyen barreras

subterráneas para evitar filtraciones, suelo u otro medio adecuado para soportar la vegetación emergente y profundidades de agua relativamente poco profundas de 0,1 a 0,6 metros. Además, las profundidades de agua poco profundas, las bajas tasas de flujo y la presencia de tallos de plantas y escombros regulan el flujo de agua. Usar aguas residuales pretratadas que se tratan a medida que el agua fluye lentamente a través de los tallos y las raíces de las plantas emergentes (Llagas Chafloque & Guadalupe Gómez, 2006).

Figura 3

Representación de un esquema de un humedal artificial de flujo superficial libre

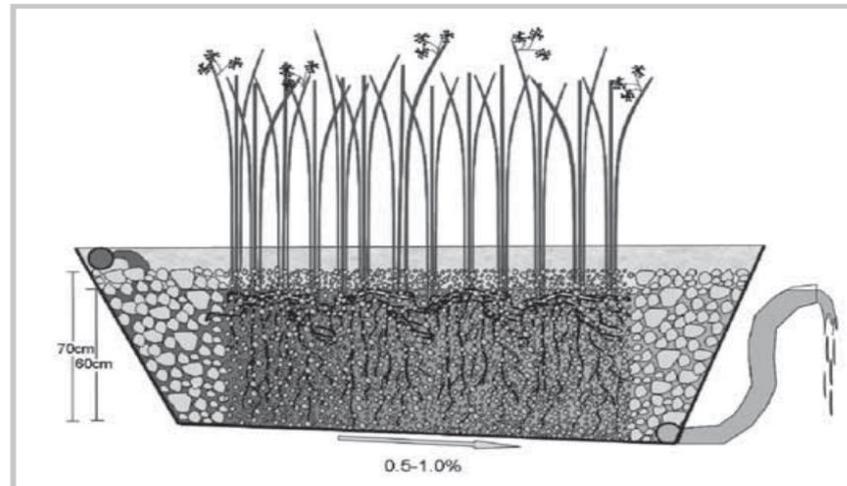


Nota: Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM, pg.89

Humedal subterráneo de flujo horizontal: bajo esta humedad artificial, el agua entra continuamente, la profundidad del lecho de diseño varía de 0,45 m a 1 m, la pendiente varía de 0,5 % a 1 %, y las aguas residuales fluyen lateralmente a través de los medios porosos. con composiciones de grava de mayor tamaño (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010).

Figura 4

Representación de un humedal subsuperficial de flujo horizontal

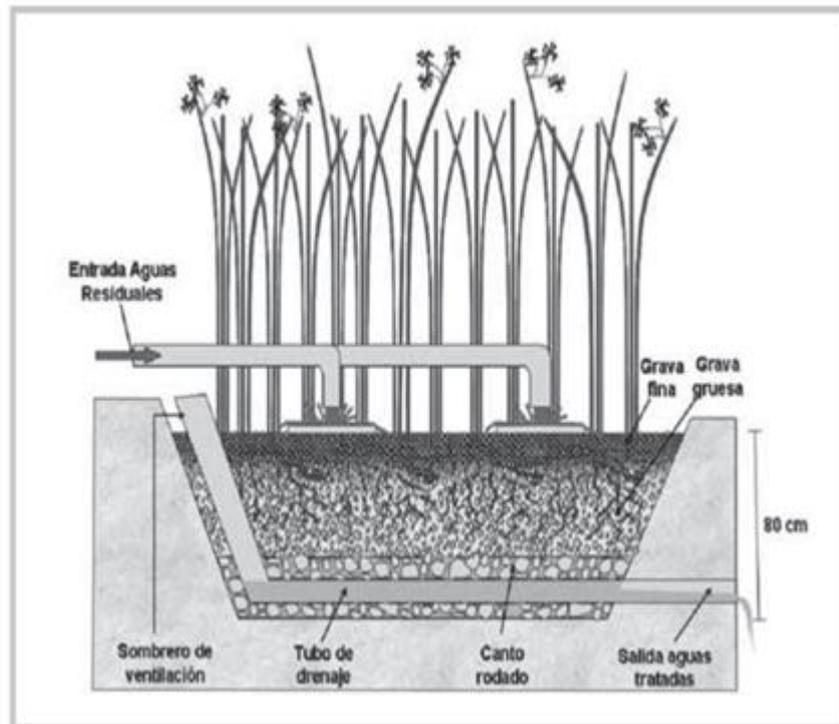


Nota: Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales, pg.10

Humedal Subsuperficial de Flujo Vertical: También conocido como filtro discontinuo, en este tipo de humedal las aguas residuales son recibidas de arriba hacia abajo a través de un sistema de tuberías. Además, las aguas residuales se filtran verticalmente a través de sustratos inertes (arena, grava) y se recogen en una red de drenaje en el fondo del humedal, durante este proceso se mantienen condiciones aeróbicas para maximizar la estimulación. Las plantas en germinación se cultivan en medios granulares. (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010).

Figura 5

Representación de un humedal subsuperficial de flujo vertical



Nota: Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales, pg.10

2.2.5.3. FITORREMEDIACIÓN

Es propiedad de ciertas plantas que deben absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el agua, el aire, el suelo o los sedimentos, tales como: metales pesados, metales radiactivos, compuestos orgánicos y compuestos derivados del petróleo; usados para remediar suelos contaminados y aguas residuales afectadas, fácil de usar y de bajo costo. (Delgadillo López, Gonzales Ramirez, Prieto Garcia et al., 2011).

Tipos de fitorremediación: se muestra en la siguiente tabla

Tabla 3

Tipo de fitorremediación

Tipo	Proceso involucrado	Contaminación tratada
Fitoextracción	Las plantas son usadas para almacenar metales en hojas y raíces.	Cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, plomo selenio, zinc.
Rizofiltración	Las raíces son usadas para absorber, precipitar y concentrar metales pesados a partir de efluentes contaminados y degradar compuestos orgánicos.	Cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, plomo selenio, zinc isótopos radioactivos, compuestos fenólicos.
Fitoestabilización	Las plantas tolerantes a metales se usan para reducir la movilidad de los mismos y evitar el pasaje a napas subterráneas o al aire.	Lagunas de deshecho de yacimientos mineros. Propuesto para fenólicos y compuestos clorados.
Fitoestimulación	Se usan los exudados radiculares para promover el desarrollo de microorganismos degradativos (bacterias y hongos).	Hidrocarburos derivados del petróleo y poliaromáticos, benceno, tolueno, atrazina, etc.
Fitovolatilización	Las plantas captan y modifican metales pesados o compuestos orgánicos y los liberan a la atmósfera con la transpiración.	Mercurio, selenio y solventes clorados (tetraclorometano y triclorometano).
Fitodegradación	Las plantas acuáticas y terrestres captan, almacenan y degradan compuestos orgánicos para dar subproductos menos tóxicos o no tóxicos.	Municiones (TNT, DNT, RDX, nitrobenzono, nitrotolueno), atrazina, solventes clorados, DDT, pesticidas fosfatados, fenoles y nitrilos, etc.

Nota: El uso de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales (FRERS, 2008), pg.305

2.2.5.4. HIDRÓFITAS

Plantas acuáticas (hidrófitas) en algunos casos considerado vegetación dominante en lagos, lagunas; considerados una plaga por su rápido crecimiento y su rápida invasión de cuerpos de agua, tienen utilidad en el tratamiento de aguas residuales, como la remoción eficiente de nutrientes y contaminantes de dichas aguas (Romero Ortiz, Ramirez Vives, Álvarez Silva, & Miranda Arce, 2011).

Tipos de hidrófitas acuáticas

La descripción de los tipos de hidrófitas acuáticas se realiza según (Ramos Ventura & Novelo Retana, 1993).

- a. Tolerantes (T): Las plantas que consideran terminar su ciclo de vida en suelos completamente secos, no obstante, pueden tolerar por periodos cortos de tiempo el suelo inundado o alta humedad en el suelo.
- b. Subacuáticas (S): se consideran a las plantas que pasan la mayor parte de su ciclo de vida en el agua y no pueden sobrevivir en suelo seco por mucho tiempo; se suelen encontrar en el margen de cuerpos de aguas.
- c. Acuáticas estrictas (A): se consideran a las plantas que inician y concluyen el ciclo de vida en el agua, ya sea que estén sumergidos, en la superficie o flotando.
- d. Hidrófitas enraizadas emergentes: Son especies adheridas al sustrato, con tallos, hojas y órganos reproductores aéreos por lo cual se encuentran por encima de la superficie del agua (Madrigal Guridi, Novelo Retana, & Chacón Torres, 2004).
- e. Hidrófitas enraizadas sumergidas: Esta forma de vida incluye las especies con estructuras foliares y reproductoras completamente sumergidas, aunque existen excepciones en los

que las especies acuáticas poseen órganos reproductores aéreos, emergiendo en la superficie o flotando (Madrigal Guridi, Novelo Retana, & Chacón Torres, 2004).

- f. Hidrófitas enraizadas de hojas flotantes: Son especies con raíces en el sustrato, con hojas flotantes sobre la superficie del agua y sus órganos reproductores emergen sobre el mismo (Madrigal Guridi, Novelo Retana, & Chacón Torres, 2004).
- g. Hidrófitas libremente sumergidas: No posee raíz en el fondo, posee estructura vegetativa sumergida y solamente los órganos reproductores emergen ligeramente de la superficie del agua (Madrigal Guridi, Novelo Retana, & Chacón Torres, 2004).

2.2.5.5. MICRÓFITOS ACUÁTICOS

Se definen a las plantas que tienen gran parte de las estructuras vegetativas son sumergidas o flotantes; al grupo se le suman plantas vasculares, ciertos géneros de briófitas y carófitas; son enteramente acuática (García Murillo, Fernández Zamudio, Cirujano Bracamonte, & Chirino Argenta , 2009)

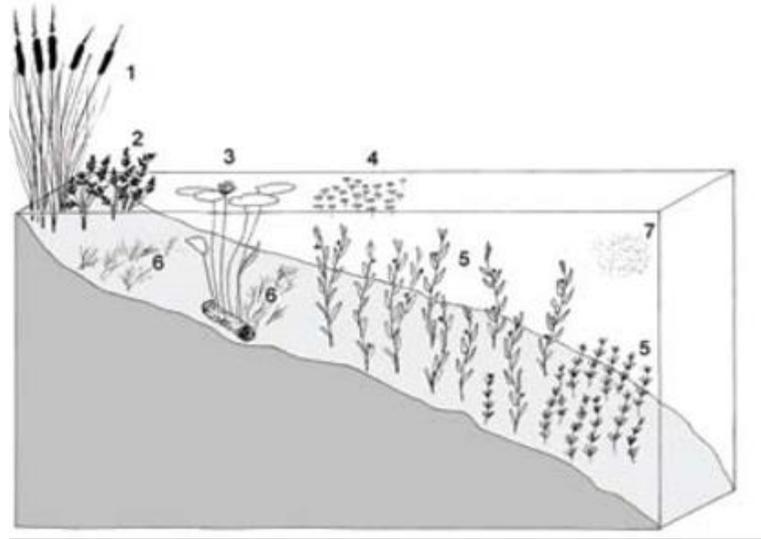
Tipos biológicos de macrófitos acuáticos

- a. Macrófitos flotantes: Son aquellas especies que no se adhiere a sustratos, como especies de Jacinto de agua , o la lenteja de agua (García Murillo, Fernández Zamudio, Cirujano Bracamonte, & Chirino Argenta , 2009).
- b. Macrófitos enraizados-flotantes: Son aquellas especies que siguen enraizados en el sustrato y tienen hojas de tamaño considerable flotando en la superficie, como los nenúfares (García Murillo, Fernández Zamudio, Cirujano Bracamonte, & Chirino Argenta , 2009).
- c. Macrófitos sumergidos: Son aquellas especies enraizadas con todas sus estructuras sumergidas en agua, como las del género

Zannichellia. (García Murillo, Fernández Zamudio, Cirujano Bracamonte, & Chirino Argenta , 2009).

Figura 6

Representación de un esquema de tipos biológicos de plantas acuáticas



Nota: *Habitantes de agua Macrófitos* (García Murillo, Fernández Zamudio, Cirujano Bracamonte, & Chirino Argenta , 2009), pg.31

La zonificación de la laguna y los diferentes tipos de plantas acuáticas que se pueden encontrar.

- Halófito o planta palustre.
- Higrófito.
- Macrófito enraizado-flotante.
- Macrofito flotante.
- Macrofito sumergido.
- Alga filamentosa.
- Fitoplancton.

Micrófito acuático utilizado en el sistema de tratamiento secundario a escala piloto

➤ **Pistia stratiotes (lechuga de agua o repollito de agua)**

- descripción: plantas acuáticos flotantes, sus ramas son muy cortas. Además, las raíces cuelgan de las hojas, hasta 50 cm de largo, en forma de horquilla ancha. Hojas de 0,6-17 x 0,8-8 cm de largo, formando densas rosetas espatuladas, margen superior más o menos ondulado, esponjoso, densamente cubierto de blanco tomentoso, nervios principales 5-13 casi paralelos, sobresaliendo de los siguientes. Floretes discretos en espigas carnosas (espádice), más cortos que las brácteas circundantes (espata). Espatas 5-6.5 mm, enrolladas, fusionadas en la base, abiertas en el ápice, superficie exterior tomentosa y flores sin perianto; flores masculinas 6-8, con 2 estambres, reunidas en medio de la inflorescencia; flores femeninas solitarias; hijos Locular solitario, con variable número de espermatóforos y frutos carnosos 4-15 semillas, 2,5 × 1,5 mm, en forma de barril, punteada (Cirujano Bracamonte, Meco Molina, Garcia Murillo, & Chirino Argenta, 2014).
- La clasificación taxonómica de la planta *Pistia stratiotes* es la siguiente:
 - Reino: Plantae
 - División: Magnoliophyta
 - Clase: Liliopsida
 - Orden: Alismatales
 - Familia: Araceae
 - Género: *Pistia*
 - Especie: *Pistia stratiotes*

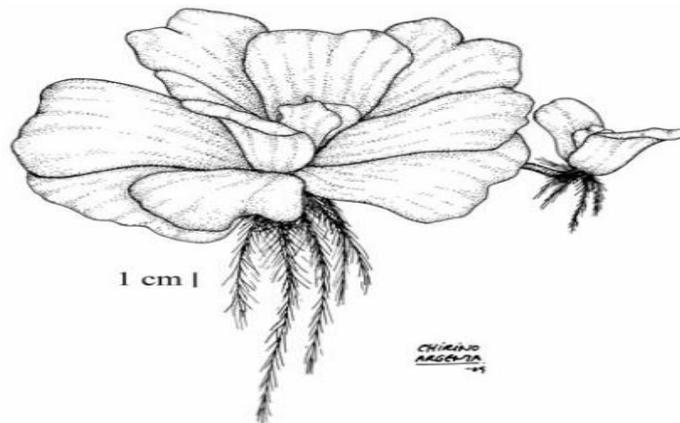
Por lo tanto, la planta *Pistia stratiotes* pertenece al reino Plantae, a la división Magnoliophyta (también llamada

Angiospermas), a la clase Liliopsida (también llamada monocotiledóneas), al orden Alismatales, a la familia Araceae (también llamada Aráceas) y al género Pistia. La especie específica es Pistia stratiotes.

Esta información taxonómica se utiliza para describir la posición sistemática de Pistia stratiotes dentro del árbol de la vida. La clasificación taxonómica se basa en características morfológicas, genéticas y evolutivas de la especie y se utiliza para establecer su relación con otras especies y para su identificación. En resumen, Pistia stratiotes es una planta angiosperma monocotiledónea que pertenece a la familia Araceae y al género Pistia.

Figura 7

Representación de la especie Pistia stratiotes



Nota: (Cirujano Bracamonte, Meco Molina, Garcia Murillo, & Chirino Argenta, 2014), pg.86

Familia: ARACEAE

Plantas herbáceas terrestres, acuáticas, epífitas o glicinias, aunque en España están representadas por las dos primeras formas. En copos o lotes enteros, en varias formas. Inflorescencias generalmente terminales, formadas por un raquis o raquis (mazorcas) más o menos carnosas, rodeadas de brácteas (yemas) más o menos vistosas. También, flores unisexuales, muy pequeñas,

sin perianto; los machos tienen 1-8 estambres; los ovarios femeninos tienen 1-3 cavidades y 1 o varios espermatozoides. Sarcoides cilíndricos o esféricos formados a partir de frutos carnosos (bayas). Cada baya tiene una o varias semillas, con diferentes tipos de decoración. Familia cosmopolita, muy diversa, que incluye un centenar de géneros y miles de especies. Es más típico en regiones tropicales y subtropicales, aunque también se puede encontrar en regiones templadas. (Cirujano Bracamonte, Meco Molina, Garcia Murillo, & Chirino Argenta, 2014).

Género: Pistia proviene de la palabra griega "pistra" que significa canal, estanque (refiriéndose a su hábitat acuático) Grandes plantas acuáticas que flotan en el agua y sus galerías eventualmente producirán nuevas plantas. Tiene varias raíces, con hojas flotantes o semitrepadoras en rosetas frondosas; hojas simples en forma de pala, truncadas o redondeadas en la parte superior, cubiertas de finos pelos de color verde a gris verdoso. No tiene pedúnculo y es muy corto. Asimismo, flores unisexuales en la misma planta, sin perianto. Fruto gris o amarronado. Incluye una especie con una variación morfológica significativa influenciada por las características ambientales y la densidad de población. (Cirujano Bracamonte, Meco Molina, Garcia Murillo, & Chirino Argenta, 2014).

Distribución: El origen es desconocido, se distribuye en regiones tropicales y subtropicales de África. Actualmente es considerada una planta exótica en diversas partes del mundo en climas tropicales, subtropicales y templados (García Murillo, Fernández Zamudio, Cirujano Bracamonte y Chirino Argenta, 2009).

Hábitat: Las especies de Pistia stratiotes habitan típicamente en aguas estancadas o eutróficas con poca corriente. Se utiliza comúnmente como especie ornamental para fuentes y estanques. (Cirujano Bracamonte, Meco Molina, Garcia Murillo, & Chirino

Argenta, 2014).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Humedal: Se refiere a una variedad de hábitats terrestres, costeros y marinos que comparten ciertas características comunes. Por lo general, se identifican como áreas inundadas temporalmente de suelos de baja permeabilidad donde el nivel freático es más alto que la superficie o están cubiertos por aguas poco profundas. (MINAM, 2015).

Sistema de tratamiento: Es el conjunto completo de procesos operativos, físicos, químicos y biológicos utilizados para purificar las aguas residuales hasta los niveles necesarios para su disposición final o reutilización. (SINIA, 2015).

Remoción: Simplemente quita o quita algo de su lugar, sea o no reemplazado por otro. (Oxford Lexico, 2021)

Monitorear: Controlar el desarrollo de acciones o eventos a través de uno o más monitores. (Oxford Lexico, 2021).

Monitoreo: Esto se puede definir como el papel y el efecto del monitoreo. Pero otro posible significado sería describir el proceso de recolectar, observar, investigar información y usarla para luego poder monitorear un programa o evento en particular. (Oxford Lexico, 2021).

Degradación biológica: El desarrollo de este proceso implica la pérdida de recursos naturales. Además, la contaminación antrópica, la sobreexplotación y el cambio climático son algunas de las causas de la degradación ambiental. (Uribe Botero, 2015).

Restauración: Es el acto de reparar daños en lugares causados por actividades humanas, industriales o desastres naturales. Además, la restauración ideal del medio ambiente es devolver lo más posible al estado natural antes de la perturbación. (Uribe Botero, 2015).

Fitorremediación: Se refiere a diversas técnicas basadas en el uso de plantas para purificar o rehabilitar ambientes contaminados como el agua, el suelo e incluso el aire. (Nuñez, Meas, Ortega, & Olguin, 2014).

Aguas residuales: Las propiedades originales de estas aguas han sido alteradas por las actividades humanas y, por su calidad de agua, requieren de un pretratamiento antes de ser reutilizadas, vertidas a cuerpos de agua naturales o vertidas a sistemas de alcantarillado. (OEFA, 2014).

2.4. HIPÓTESIS

Hi: La implementación del sistema de tratamiento a escala piloto por el método de fitorremediación con la especie *Pistia stratiotes* es efectivo en el tratamiento de aguas residuales domesticas del Distrito de Santamaría del Valle – Huánuco - 2022.

Ho: La implementación del sistema de tratamiento a escala piloto por el método de fitorremediación con la especie *Pistia stratiotes* no es efectivo en el tratamiento de aguas residuales domesticas del Distrito de Santamaría del Valle – Huánuco - 2022.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Aguas residuales domesticas

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Implementación del sistema de tratamiento

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala	Técnica e instrumento	
VARIABLE INDEPENDIENTE							
Sistema de tratamiento	Opción tecnológica para la remoción de contaminantes en efluentes domésticos.	Implementar un sistema de tratamiento secundario por el método de fitorremediación.	Fitorremediación	Eficiente No eficiente	razón	Técnica el Análisis documental.	
VARIABLE DEPENDIENTE							
Aguas residuales domesticas	Conjunto de características físicas, químicas y bacteriológicas que debe tener el agua que recibió ya un uso previo	Conjunto de características bacteriológicas que debe tener el agua para ser considerada como tal.	Microbiológica	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	Razón	Medios de cultivo. Espectrofotometría.
			Químicos	DBO	Mg/l		
				DQO	Mg/l		
				Nitrógeno amoniacal	mgNH ₃ /l		
				pH	Unidad de pH		
			Físicos	Solidos totales	MI/l		
				Conductividad	Us/cm		
				Temperatura	°C		
				Color	Pb/co		
			Turbiedad	UNT			

CAPÍTULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Esto es aplicación, ya que los conocimientos existentes se aplican para resolver problemas prácticos.

En cuanto a la intervención de los investigadores, el estudio fue experimental debido a la manipulación de una de las variables de estudio (el sistema de fitorremediación).

En cuanto al número de mediciones de la variable de estudio, es longitudinal debido a que el instrumento se aplicará en dos instantes y la variable se medirá más de una vez.

De acuerdo a la cantidad de variables estudiadas, es analítico porque el estudio utilizará dos variables. (Hernandez Sampieri, 2014).

3.1.1. ENFOQUE

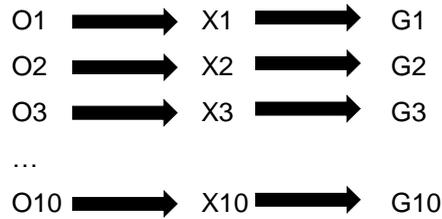
Este es cuantitativo ya que se basó en mediciones cuantitativas de la calidad del agua, sustentada en una base teórica que contribuye a este proceso. (Hernandez Sampieri, 2014).

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

El presente estudio tiene un alcance cuasi – experimental (Hernández, 2014).

3.1.3. DISEÑO

Utilizará un diseño cuasi-experimental. (Fonseca Livias, 2013)



Dónde:

O: Pre evaluación de las muestras de aguas residuales domésticas.

X: aplicación del sistema de tratamiento secundario, donde la varianza son la cantidad de días en los cuales se aplica el tratamiento.

G: Post evaluación de las muestras de aguas residuales domésticas.

- Estudio preliminar: determinación inicial de los parámetros físicos químicos y microbiológicos del agua residual, el cual se realizo tomando una muestra inicial el cual determinará los parámetros iniciales para su posterior tratamiento.
- Diseño del sistema de tratamiento: se diseño el sistema de tratamiento donde se aplicará la fitorremediación a las aguas residuales domésticas.
- Implementación del tratamiento: se implemento la fitorremediación a una escala piloto de las aguas residuales domesticas con la especie Pistia stratiotes, el cual tuvo una duración de 30 días, este tiempo se toma en consideración de acuerdo a las revisiones literarias y también la experiencia del investigador.
- Monitoreo de las muestras: se tomaron las muestras como se explicó en el ítem del muestreo, donde se va realizar la toma de 10 muestras posteriores a la aplicación del sistema de tratamiento, la toma de muestra se realizo cada 3 días por un periodo de 30 días.
- Análisis de los parámetros fisicoquímico y microbiológico: la determinación de los parámetros se realizo en un laboratorio

acreditado por la inacal, y la toma de muestra se realizo de acuerdo a la normativa de muestreo establecido en los instrumentos de investigación.

- Diagnóstico de la efectividad del tratamiento: por último, la comprobación de la efectividad se llevo a cabo con la prueba de hipótesis, para el cual se utilizará el estadístico que determine la prueba de normalidad que se aplicaran a las muestras de la investigación.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Es el conjunto de todos los elementos de una misma especie que presentan una determinada característica o se ajustan a la misma definición, cuyas características y relaciones se van a estudiar (Lerma, 2009). La población se estimará en base al agua remanente en la región de Santa María del Valle

3.2.2. MUESTRA

En el caso de los estudios experimentales en donde se aplica una intervención, lo que se pretende es conocer si hay diferencias entre los dos grupos pre y post para lo que se plantea un contraste de hipótesis, para lo cual se realizo el cálculo de tamaño de muestra se verificando la variabilidad de la misma. Por tal, se establecio 1 muestra de agua antes del tratamiento secundario, y 10 muestras pos-tratamiento secundario, haciendo un total de 11 muestras para la medición de los parámetros físico químico y bacteriológico. Teniendo en cuenta el muestreo no probabilístico por conveniencia.

La frecuencia de recolección de muestras post tratamiento será 1 por cada 3 días durante el periodo que dure la aplicación de la investigación.

Tabla 4*Matriz para la toma de muestra*

Pretratamiento	Días de tratamiento	Pos-tratamiento
O	X	G
1 muestra	X3	Muestra 1
	X6	Muestra 2
	X9	Muestra 3
	X12	Muestra 4
	X15	Muestra 5
	X18	Muestra 6
	X21	Muestra 7
	X24	Muestra 8
	X27	Muestra 9
	X30	Muestra 10

Nota: Donde se explica la matriz del experimento a realiza, para los tratamientos y para los muestreos..

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. TÉCNICAS

Para este estudio, se consideraron las observaciones experimentales utilizando el "Esquema de Monitoreo de la Calidad de las Aguas Residuales para Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales". (Anexo-rm-273-2013-MCVS), el cual incluye lineamientos básicos desde locales o puntos de muestreo, proceso de muestreo, según parámetros, etiquetado, cadena de custodia uso de preservantes y tipo de frasco para resultados confiables. (MINISTERIO DE VIVIENDA).

Igualmente, se realizaron 2 monitoreo de los parámetros seleccionados en la encuesta actual (antes y después de la implementación del sistema) serán monitoreados durante un período de 30 días para evaluar los cambios materiales que han ocurrido durante este período.

Asimismo, se realizaron muestreos de acuerdo a lo dispuesto en la RM N° 273-2013-VIVIENDA.

Finalmente, los trabajos de laboratorio para determinar los niveles de cada parámetro de esta investigación se realizaron en laboratorios acreditados por INDECOPI.

3.3.2. INSTRUMENTOS

El instrumento utilizado es una ficha de análisis de laboratorio o ficha de campo para la toma de muestras para evaluar la calidad del agua, incluye: el título de la encuesta, información específica del relleno (descripción), datos generales del punto de monitoreo (ubicación, coordenadas, fuente nombre, número de muestra, fecha y hora), resultados de laboratorio de análisis fisicoquímicos y microbiológicos) considerando parámetros de diagnóstico tales como coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, nitrógeno, amoníaco, pH, sólidos totales, tasa de conductividad, temperatura, color , turbidez.

3.4. TÉCNICAS PARA PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

3.4.1. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Procedimientos para lograr la efectividad de los sistemas de tratamiento secundario a través de la fitorremediación de especies (*Pistia stratiotes*) trata aguas residuales domésticas en el distrito de Santa María del Valle.

1. Estudio preliminar: determinación preliminar de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua residual, que determinará los parámetros iniciales de su posterior tratamiento mediante la toma de muestras iniciales.
2. Diseño del sistema de tratamiento: Se diseño un sistema de tratamiento donde se aplicaron la fitorremediación a las aguas residuales domésticas.

3. Implementación del tratamiento: La fitorremediación se realizaron utilizando especies de Pistia stratiotes en aguas residuales domésticas a escala piloto con una duración de 30 días, período considerado en base a la revisión bibliográfica y la experiencia de los investigadores.
4. Monitoreo de muestras: El muestreo se realizo de acuerdo a la descripción de los elementos de muestreo, entre los cuales se muestrearon 10 muestras después de la aplicación del sistema de tratamiento, una vez cada 3 días, y el período de muestreo es de 30 días.
5. Análisis de Parámetros Fisicoquímicos y Microbiológicos: La determinación de los parámetros se realizo en un laboratorio acreditado por el inacal y el muestreo se realizo de acuerdo con las normas de muestreo establecidas en el instrumento de investigación.
6. Diagnóstico de la efectividad del tratamiento: Finalmente, se utilizo la prueba de hipótesis para verificar la efectividad, para lo cual se utilizo la estadística para determinar la prueba de normalidad que se aplicaron a la muestra de estudio.

3.4.2. TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Con respecto a las técnicas de análisis de la información, este estudio se consideraron las siguientes actividades.

Elaboración de datos

Se presenta de la siguiente manera:

- Revisión de datos: Validación de instrumentos de investigación y control de calidad de cada instrumento para asegurar resultados consistentes y confiables.
- Codificación de datos: convertir el resultado obtenido en un código numérico.

- **Procesamiento de datos:** después de que los datos han sido revisados y codificados, se convierten en una base de datos virtual a través del programa Excel 2016 haciendo una tabla de matriz física para el procesamiento manual y, finalmente, utiliza el paquete estadístico IBM SSPS 23.0 para el procesamiento de datos, que es adecuado para ventanas.
- **Plan de Tabulación de Datos:** En base a los resultados obtenidos, se tabulan los datos.
- **Presentación de los datos:** Los datos obtenidos se presentan en forma tabular al igual que los datos académicos, para que cada dato pueda ser analizado e interpretado de acuerdo al marco teórico y conceptual correspondiente a las variables consideradas en el estudio.

Análisis e interpretación de datos

- **Análisis descriptivo:** Son las características de cada variable se construirán según el tipo de variable (cualitativa, cuantitativa) en la que se utilicen, se utilizarán números para facilitar y ayudar a la comprensión y los estímulos visuales se mantendrán sencillos y destacados.
- **Análisis inferencial:** Este se analiza a nivel cuantitativo con los valores alcanzados en el instrumento, para lo cual se deben cumplir los requisitos básicos de someter la distribución de contraste a una prueba de normalidad, para ello se utiliza el Kolmogorov - Smirnov prueba estadística con un contraste de normalidad, donde solo la significación de la prueba (p – valor) es importante para distinguir la normalidad.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. ANALISIS DESCRIPTIVO

Tabla 5

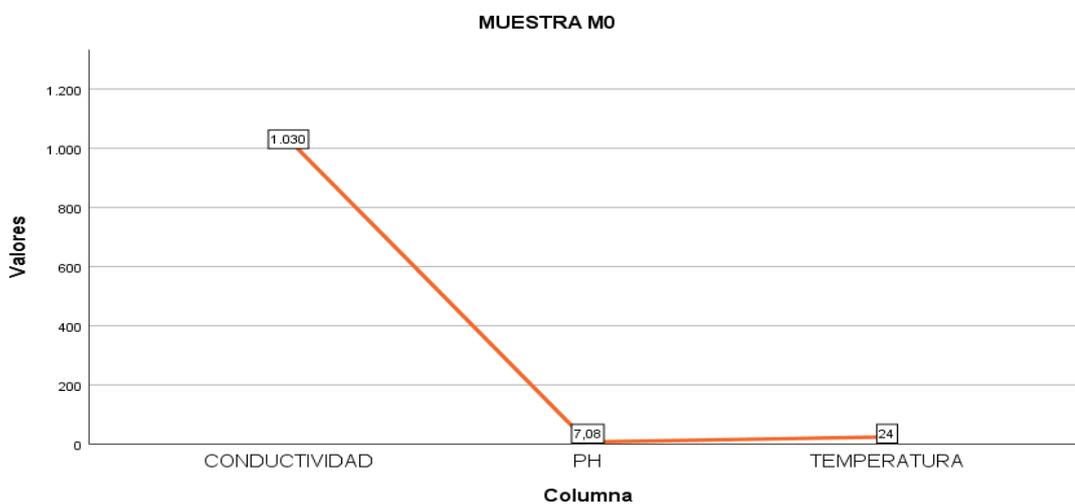
Parámetros físicos en las aguas residuales domesticas del Distrito de Santa María del Valle, Huánuco 2022

Muestra	MO	Conductividad	pH	Temperatura
		Media	Media	Media
		1030	7,08	24,00

Nota: Con relación a, la tabla 5 se detalla los parámetros físicos antes de aplicar el sistema de tratamiento observando la conductividad en 1030 $\mu\text{s}/\text{cm}$, el pH en 7,08 y la temperatura en 24 °C.

Figura 8

Parámetros físicos en las aguas residuales domesticas del Distrito de Santa María del Valle, Huánuco 2022



Nota: Con relación a, la figura 8 se detalla los parámetros físicos, conductividad en 1030 $\mu\text{s}/\text{cm}$, el pH en 7,08 y la temperatura en 24 °C.

Tabla 6

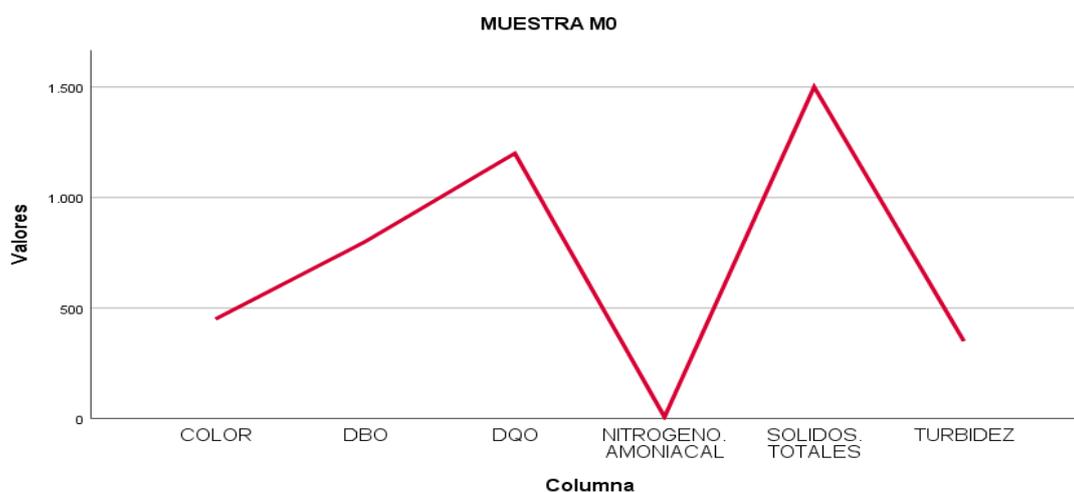
Parametros quimicos en las aguas residuales domesticas del Distrito de Santa María del Valle, Huánuco 2022

		Color	DBO	DQO	Nitrogeno amoniacoal	Solidos totales	Turbidez
		Media	Media	Media	Media	Media	Media
Muestra	M0	450	800	1200	6,41	1500	350

Nota: En relación con, la tabla 6 indica los parámetros químicos antes de aplicar el sistema de tratamiento observándose el color en 450 CU, la Demanda Bioquímica de Oxígeno en 800 mg O₂/L, la Demanda química de oxígeno en 1200 mg O₂/L, el nitrógeno amoniacoal en 6,41 mg NH₃/L, los sólidos totales en 1500 mg ST/L y la turbidez en 350 NTU.

Figura 9

Parametros quimicos en las aguas residuales domesticas del Distrito de Santa María del Valle, Huánuco 2022



Nota: En relación con, la figura 9 indica los parámetros químicos observándose el color en 450 CU, la Demanda Bioquímica de Oxígeno en 800 mg O₂/L, la Demanda química de oxígeno en 1200 mg O₂/L, el nitrógeno amoniacoal en 6,41 mg NH₃/L, los sólidos totales en 1500 mg ST/L y la turbidez en 350 NTU.

Tabla 7

Parámetros microbiológicos en las aguas residuales domesticas del Distrito de Santa María del Valle, Huánuco 2022

		Coliformes fecales	
		Media	
Muestra	M0		100000

Nota: Acerca de la tabla 7 señala los parámetros microbiológicos antes de aplicar el sistema de tratamiento observándose los coliformes fecales en 100000 NMP/100 ml.

Tabla 8

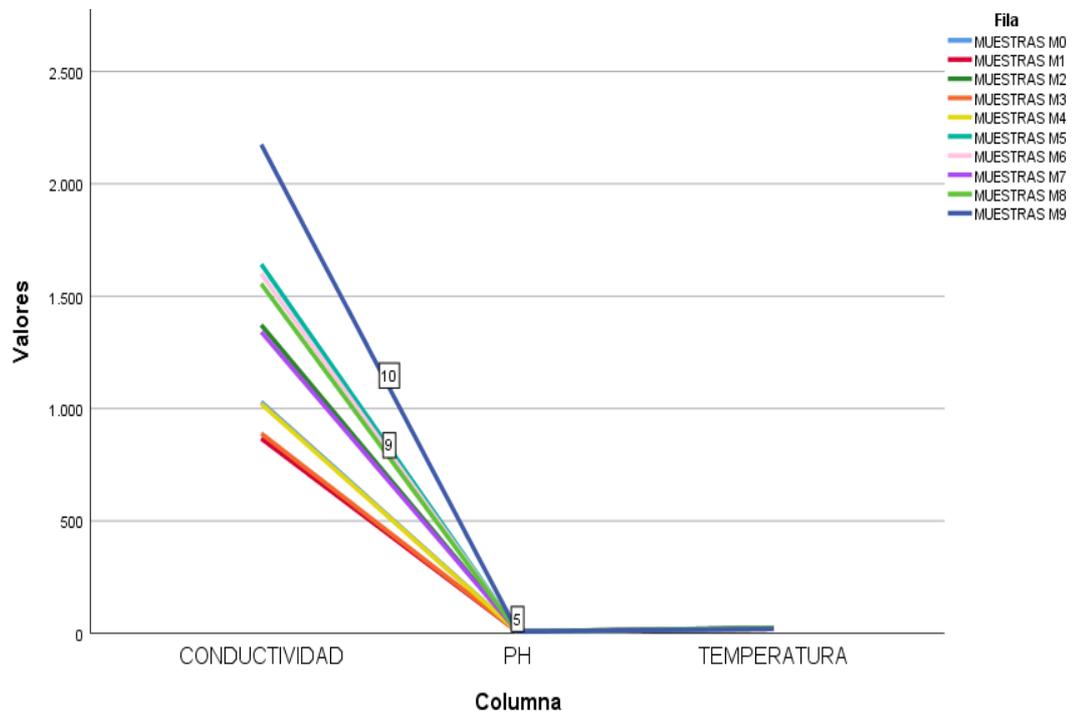
Parámetros físicos después del tratamiento a escala piloto por el método de fitorremediación en las aguas residuales domesticas del Distrito de Santa María del Valle, Huánuco 2022

		Conductividad	pH	Temperatura
		Media	Media	Media
Muestras	M0	1030	7,08	24,00
	M1	867	7,80	22,00
	M2	1372	7,04	21,00
	M3	889	7,50	19,00
	M4	1021	7,50	20,00
	M5	1642	7,50	20,00
	M6	1600	7,50	20,00
	M7	1341	7,40	23,00
	M8	1555	7,40	24,00
	M9	2175	7,40	19,00

Nota: Por lo que se refiere a, la tabla 8 indica los parámetros físicos después del tratamiento por el método de fitorremediación siendo que las muestras fueron recolectadas cada 3 días observándose que en la conductividad hubo variabilidad de los valores siendo un mínimo en la M1= 867 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y máximos en la M9= 2175 $\mu\text{s}/\text{cm}$. En relación al pH en la M0= 7,08 y M9= 7,40. Finalmente, en la temperatura en la M0= 24 °C y M9= 19 °C.

Figura 10

Parámetros físicos después del tratamiento a escala piloto por el método de fitorremediación en las aguas residuales domesticas del Distrito de Santa María del Valle, Huánuco 2022



Nota: Por lo que se refiere a, la figura 10 indica los parámetros físicos después del tratamiento por el método de fitorremediación, tales como: conductividad hubo variabilidad de los valores siendo un mínimo en la M1= 867 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y máximos en la M9= 2175 $\mu\text{s}/\text{cm}$. En relación al pH en la M0= 7,08 y M9= 7,40. Finalmente, en la temperatura en la M0= 24 °C y M9= 19 °C.

Tabla 9

Parámetros químicos después del tratamiento a escala piloto por el método de fitorremediación en las aguas residuales domésticas del Distrito de Santa María del Valle, Huánuco 2022

		Color	DBO	DQO	Nitrogeno amoniacoal	Solidos totales	Turbidez
		Media	Media	Media	Media	Media	Media
Muestras	M0	450	800	1200	6,41	1500	350
	M1	400	740	1100	6,00	1150	289
	M2	412	700	1050	6,00	1000	325
	M3	306	672	975	5,20	842	190
	M4	302	622	948	5,10	475	179
	M5	255	572	885	4,70	378	188
	M6	255	647	823	4,30	267	208
	M7	185	597	792	4,10	260	121
	M8	138	447	729	2,30	150	78
	M9	91	422	663	1,00	130	54

Nota: En relación con la tabla 9 se describe los parámetros químicos después del tratamiento por el método de fitorremediación siendo que las muestras fueron recolectadas cada 3 días observándose que en los parámetros hubo disminución desde la M0 a la M9. El color como máximo en la M0= 450 CU y mínimo en la M9= 91 CU; En cuanto al DBO en la M0= 800 mg O₂/L y la M9= 422 mg O₂/L; La DQO en la M0= 1200 mg O₂/L y la M9= 663 mg O₂/L; el nitrógeno amoniacoal en la M0= 6,41 mg NH₃/L y M9= 1 mg NH₃/L; los sólidos totales en la M0= 1500 mg ST/L y la M9= 130 mg ST/L. finalmente, la turbidez en la M0= 350 NTU y la M9= 54 NTU.

Tabla 10

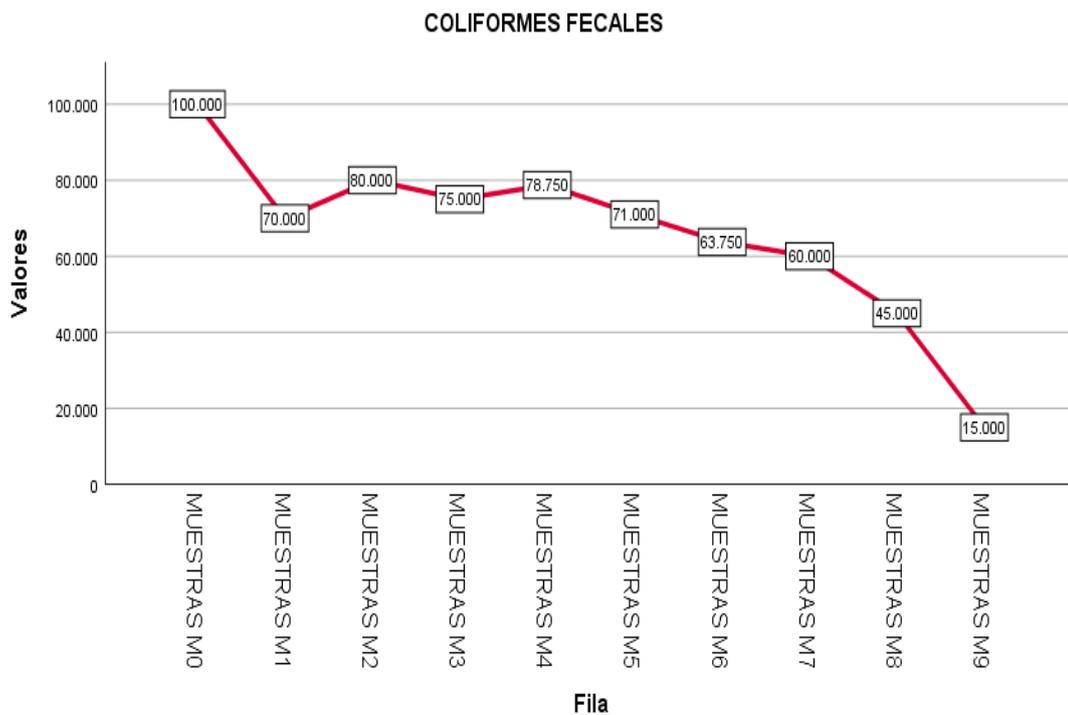
el método de fitorremediación en las aguas residuales domesticas del Distrito de Santa María del Valle, Huánuco 2022

		Coliformes fecales
		Media
Muestras	M0	100000
	M1	70000
	M2	80000
	M3	75000
	M4	78750
	M5	71000
	M6	63750
	M7	60000
	M8	45000
	M9	15000

Nota: En relación a, la tabla 10 señala los parámetros microbiológicos después del tratamiento por el método de fitorremediación siendo que las muestras fueron recolectadas cada 3 días observándose en el parámetro disminución desde la M0 a la M9. Siendo que en la M0= 100000 NMP/100 ml y la M9= 15000 NMP/100 ml.

Figura 11

Parámetros microbiológicos después del tratamiento a escala piloto por el método de fitorremediación en las aguas residuales domésticas del Distrito de Santa María del Valle, Huánuco 2022



Nota: En relación a, la figura 11 señala los parámetros microbiológicos después del tratamiento por el método de fitorremediación siendo que las muestras fueron recolectadas cada 3 días observándose en el parámetro disminución desde la M0 a la M9. Siendo que en la M0= 100000 NMP/100 ml y la M9= 15000 NMP/100 ml.

4.2. ANÁLISIS INFERENCIAL

Tabla 11

Efectividad del sistema de tratamiento a escala piloto por el método de fitorremediación de los parámetros físicos en las aguas residuales domésticas del Distrito de Santa María del Valle, Huánuco 2022

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias
Conductividad	10,357	9	,000	1349,200
pH	107,162	9	,000	7,41200
Temperatura	34,697	9	,000	21,20000

Nota: En la tabla 11 se aplica la prueba t a los parámetros físicos obteniendo un p-valor < 0,05 (0,000) por tal, se demuestra que el sistema de tratamiento por el método de fitorremediación a través de la especie *Pistia stratiotes* es efectiva.

Tabla 12

fitorremediación de los parámetros químicos en las aguas residuales domésticas del Distrito de Santa María del Valle, Huánuco 2022

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias
Color	7,408	9	,000	279,400
DBO	16,454	9	,000	621,900
DQO	17,021	9	,000	916,500
Nitrogeno amoniacal	8,341	9	,000	4,51100
Sólidos totales	4,083	9	,003	615,170
Turbidez	6,296	9	,000	198,200

Nota: En la tabla 12 se aplica la prueba t a los parámetros químicos obteniendo un p-valor < 0,05 (0,000) en dichos parámetros de color, DBO, DQO, Nitrógeno amoniacal y turbidez; el p-valor < 0,05 (0,003) en los sólidos totales por tal, se demuestra el sistema de tratamiento por el método de fitorremediación a través de la especie *Pistia stratiotes* es efectiva.

Tabla 13

fitorremediación de los parametros microbiológicos en las aguas residuales domesticas del Distrito de Santa María del Valle, Huánuco 2022

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias
Coliformes fecales	9,094	9	,000	65850,000

Nota: Con respecto a, la tabla 13 se aplica la prueba t a los parámetros microbiológicos obteniendo un p- valor < 0,05 (0,000) por tal, se demuestra que el sistema de tratamiento por el método de fitorremediación a través de la especie *Pistia stratiotes* es efectiva.

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El objetivo de este estudio fue evaluar la efectividad de un sistema de tratamiento a escala piloto para especies de *Pistia stratiotes* en aguas residuales domésticas del distrito de Santamaría del Valle mediante fitorremediación.

Según el Decreto Supremo N° 001-2010-AG (2010) y (Ley N° 29338) que aprueba el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, las aguas residuales domésticas son “aguas residuales residenciales, comerciales e institucionales provenientes de actividades humanas.

De esta forma, Martelo & Lara (2012) señalaron que el aumento de la población y de las actividades humanas ha tenido como consecuencia la generación de grandes cantidades de aguas residuales en nuestro planeta. Asimismo, Quevedo (2021) menciona que uno de los problemas que perjudican a la sociedad es la contaminación proveniente de la industria, agricultura, actividades mineras, etc. Esta situación ha impactado negativamente la calidad del agua y del suelo.

En este estudio se observó que el uso de especies de *Pistia stratiotes* por fitorremediación como sistema de tratamiento a escala piloto fue efectivo, ya que los parámetros físicos, químicos y microbiológicos disminuyeron significativamente en un periodo de 30 días.

De acuerdo con el estudio de Poveda, mencionó el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y la lenteja de agua (*Lemna spp.*) como las plantas más prometedoras para iniciar el proceso de fitorremediación de 3 semanas y determinó que estas dos especies causaron la mayor reducción en los parámetros. De esta forma, identificó cambios en las condiciones ambientales para el desarrollo de diferentes especies acuáticas flotantes, como el pH y la conductividad del agua, así como incrementos semanales en la biomasa.

Asimismo, el estudio de Castañeda & Flores (2013) mostró una reducción significativa en todos los parámetros estudiados, por lo que las plantas evaluadas podrían ser una alternativa sustentable para la remoción de cargas orgánicas y nutrientes presentes en las aguas residuales domésticas, con bajos costos de instalación, operación y mantenimiento. .

En el estudio de Andrade (2016), el objetivo fue mitigar el impacto ambiental del agua no tratada mediante la implementación de la fitorremediación a través del sistema de tratamiento Water Hyacinth Mart. (jacinto de agua) y Pistia stratiotes L. (lechuga de agua); plantas obtenidas por examen botánico para determinar su eficacia como purificadores. En la investigación de los parámetros químicos, se observó una reducción del 80 % en el color, una reducción del 47 % en la DBO, una reducción del 45 % en la DQO, una reducción del 84 % en el nitrógeno amoniacal, una reducción del 91,3 % en los SST y una reducción del 85 % en la turbidez para nueve tratamientos. Coincidiendo con el estudio de Contreras y Vargas, observó

Por lo tanto, la tasa de eliminación de DBO fue del 86,5 %, la tasa de eliminación de DQO fue del 76,1 % y la tasa de eliminación de SST fue del 76,4 %, el valor promedio de 6 tratamientos. Nuevamente, para mejores resultados, la TRH es de 2 días a 170 mg/l y de 8 días a 340 mg/l. Además, la eficiencia de eliminación de DBO fue mayor, alrededor del 14 %, en comparación con otros estudios similares. Además, en el estudio de Alvarado y Mananay lograron reducir los parámetros fisicoquímicos como DBO y DQO.

A diferencia del estudio de Núñez, que realizó un tratamiento durante 3 meses desde el inicio de su operación y luego monitoreó los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua afluente y efluente, los resultados de remoción arrojaron un contenido de grasa de 76%, DBO5 de 95%, y DQO del 92 %, SST 95 %, Turbidez 96%, N-NH3 64%, Conductividad 59%, los valores más bajos son respectivamente; Color 34% y CTT 22%.

Asimismo, en el estudio de Saavedra, ambos sectores fueron evaluados a través de pruebas de calidad del agua. Comparado con el sector laguna tradicional, el sector con sistema de fitorremediación mostró valores superiores en los parámetros analíticos de STS (72,78% vs -10,18%), DBO5

(65,18% vs 33,79%), DQO (57,18% vs 21,28%) Valores de remoción para eficiencia, coliformes fecales (95,52 % frente a 75,01 %), N total (30,56 % frente a 17,50 %) y P total (6, 18 % frente a 0,74 %).

En cuanto a los parámetros microbianos hubo una reducción del 85% de M0 a M9, coincidiendo con Aranda & Pinchi (2020) quienes determinaron que *E. crassipes* y *P. stratiotes* fueron capaces de reducir los coliformes fecales en muestras de aguas residuales domésticas de 33.000 MPN/100 ml a <1,8 MPN/100 ml y 99,6 MPN/100 ml, respectivamente, dentro de los 30 días del período de exposición. Por otro lado, Rodríguez & García (2012) determinaron que *E. crassipes* y *P. stratiotes* fueron capaces de remover 85.5% y 62.8% de coliformes totales, respectivamente, de muestras de aguas residuales en 38 días.

Los estudios de carhuaricra realizados a escala experimental utilizando dos especies acuáticas, *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales, demostraron que la capacidad de fitorremediación del proceso como resultado del tratamiento estaba por debajo del límite máximo permisible de efluentes de la PTAR.

Asimismo, el tratamiento de aguas residuales tiene como finalidad separar y/o transformar los distintos contaminantes presentes, garantizando su calidad y cumpliendo los requisitos reglamentarios..(Sorto & Romero, 2013). Asimismo, Torres et al (2021) lo mencionan sobre el atrapamiento de contaminantes mediante el uso de plantas, constituyendo un procedimiento de remediación natural in situ.

Asimismo, se considera un sistema eficiente, económico y sostenible. (Ortigoza, 2021). Los macrófitos juegan un papel importante en el tratamiento de aguas residuales porque sus altos requerimientos de nutrientes para nitrógeno (N) y fósforo (P) hacen que estas especies sean adecuadas para reducir los niveles de estos nutrientes en las aguas residuales. (Mendoza et al., 2021). , 2018)

Asimismo, se considera un sistema eficiente, económico y sostenible. (Ortigoza, 2021) mencionó que las macrófitas juegan un papel importante en

el tratamiento de aguas residuales debido a que sus altos requerimientos de nutrientes de nitrógeno (N) y fósforo (P) hacen que estas especies sean adecuadas para reducir los niveles de estos nutrientes en las aguas residuales..(Mendoza et al., 2018)

Previamente, nos permitió comprobar que es factible el uso de plantas en procesos de fitorremediación, ya que reducen la concentración de diferentes contaminantes, entre ellos los metales pesados. (Ortigoza González, 2021) Estos nutrientes son vitales para las propias plantas y son de fácil absorción, por ejemplo como; nitrato, amonio y fosfato, muchas especies de estas plantas son capaces de atrapar metales pesados como el cadmio y plomo que se acumulan en grandes cantidades . (Romero et al., 2009)

Por lo tanto, la tasa a la que las plantas eliminan los contaminantes varía ampliamente, dependiendo de la tasa de crecimiento de la planta y la concentración del contaminante en el tejido vegetal; en comparación con las plantas herbáceas, las plantas leñosas, es decir, árboles y arbustos, pueden almacenar la contaminación durante un cosa de mucho tiempo.(Castañeda & Flores, 2013)

En este estudio se utilizó la especie *Pistia stratiotes*, que se caracteriza porque sus raíces captan nutrientes del sustrato durante la época de lluvias y emergen del agua para mantener su intercambio gaseoso en el aire. La biodiversidad se ve afectada en su máxima proliferación, ya que grandes poblaciones de esta especie pueden formar tapetes reductores de oxígeno en el agua, provocando la muerte de los animales que habitan sus ecosistemas, que son considerados malezas en los cauces. (Saavedra, 2018))

Dada la disponibilidad de investigaciones que utilizan plantas acuáticas como fitorremediación, se pretende dar continuidad a las investigaciones de seguimiento.

CONCLUSIONES

- Se observaron los parámetros físicos antes del tratamiento fue 1030 $\mu\text{s/cm}$ en conductividad, el pH en 7,08 y la temperatura en 24 °C. Los parámetros químicos color en 450 CU, la Demanda Bioquímica de Oxígeno en 800 mg O₂/L, la Demanda química de oxígeno en 1200 mg O₂/L, el nitrógeno amoniacal en 6,41 mg NH₃/L, los sólidos totales en 1500 mg ST/L y la turbidez en 350 NTU. Y los microbiológicos coliformes fecales en 100000 NMP/100 ml.
- Se aplicó el sistema de tratamiento mediante la especie *Pistia stratiotes*, siendo que se realizó 2 monitoreos pre y post aplicación en un periodo de 30 días.
- Después del tratamiento en los parámetros físicos hubo reducción en la temperatura de 21%, en los parámetros químicos se puede observar una reducción del 80% en color, 47% en DBO, 45% en DQO, 84% en Nitrogeno amoniacal, 91,3% en SST y turbidez 85% en 9 tratamientos. En los parámetros microbiológicos hubo una reducción del 85% de la M0 a la M9
- En los parámetros físicos después del tratamiento las muestras fueron recolectadas cada 3 días observándose que en la conductividad hubo variabilidad de los valores siendo un mínimo en la M1= 867 $\mu\text{s/cm}$ y máximos en la M9= 2175 $\mu\text{s/cm}$. En relación al pH en la M0= 7,08 y M9= 7,40. Finalmente, en la temperatura en la M0= 24 °C y M9= 19 °C.
- Asimismo, en los parámetros químicos después del tratamiento se observa que en los parámetros hubo disminución desde la M0 a la M9 en relación al color, DBO, DQO, nitrógeno amoniacal, sólidos totales y turbidez.
- En cuanto, a los microbiológicos hubo disminución desde la M0 a la M9. Siendo que en la M0= 100000 NMP/100 ml y la M9= 15000 NMP/100 ml.
- Finalmente, realizado el análisis inferencial en el parámetros físicos, químicos y microbiológicos donde se demuestra que el sistema de

tratamiento por el método de fitorremediación a través de la especie *Pistia stratiotes* es efectiva con p- valor $< 0,05$ (0,000).

RECOMENDACIONES

- A la Oficina de Saneamiento del Municipio de Santa María del Valle, quien trabaja periódicamente para mejorar la calidad de las aguas residuales vertidas a los cuerpos de agua.
- Aprovechar las instalaciones de saneamiento que supervisan, controlan y monitorean la calidad de las aguas residuales domésticas en los centros densamente poblados.
- Emplear el humedal artificial con plantas acuáticas en zonas rurales de otros departamentos del país con características similares a las condiciones ambientales de las áreas estudiadas debido a que el sistema ha logrado buenos resultados en el tratamiento de aguas residuales domésticas en las instituciones educativas participantes en el estudio.
- Continuar con las investigaciones en la región de Huánuco, referente al uso de los humedales para el tratamiento de efluentes domésticos en las áreas rurales, otras especies de plantas acuáticas propios de cada lugar con la finalidad de determinar cuál es su eficiencia en el tratamiento, bajo las condiciones ambientales propios de cada lugar de la región Huánuco.
- Impulsar la aplicación de esta tecnología en nuestra región y país, tiene como propósito mejorar la calidad de vida de las personas y reducir el nivel de contaminación ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agua, A. p. (03 de abril de 2020). *Alianza por el agua*. Obtenido de Alianza por el agua: <http://alianzaporelagua.org/Compendio/tecnologias.html>
- AGUASISTEC. (2019). *AGUA SISTEC solucion en tratamiento de agua*. Obtenido de <http://www.aguasistec.com/planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales.php>
- Alarcón Herrera, T. (2018). *Humedales de tratamiento: Alternativa de saneamiento de aguas residuales aplicable en América Latina*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana Bogotá.
- Alianzaporelagua, & CENTA. (2008). *Manual de depuración de aguas residuales urbanas*. España.
- Alvarado, j., & Mananay, J. (2020). "Uso de la *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) para el tratamiento de aguas residuales domésticas en humedales". Chiclayo, Perú.
- Andrade, K. (2016). fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales *eichhornia crassipes* mart. (jacinto de agua), *pistia stratiotes* l. (lechuga de agua) en el tratamiento de aguas residuales domésticas procedentes de la planta de tratamiento de aguas residuales en. Nueva Loja, Ecuador.
- Brix, H., & Schierup, H. (1989). El uso de macrófitos acuáticos en la contaminación del agua. *En Ambio. Estocolmo*.
- Carhuaricra, P. (2019). *FITORREMEDIACIÓN POR EL PROCESO DE FITODEGRADACIÓN CON DOS ESPECIES MACRÓFITAS ACUÁTICAS, *Limnobium laevigatum* Y *Eichhornia crassipes* PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA LAGUNA FACULTATIVA EN LA LOCALIDAD DE PACAYPAMPA*. Universidad de Huánuco., Huánuco.
- Caviedes, D., & Ricardo, D. (2016). *Remoción de metales pesados*

comúnmente generados por la actividad industrial, empleando macrófitas neotropicales. Producción+Limpia, 11(2), 126-149.

Cirujano Bracamonte, S., Meco Molina, A., Garcia Murillo, P., & Chirino Argenta, M. (2014). *Flora Acuática Española Hidrófitos Vasculares*. Madrid: Real Jardín Botánico CSIC.

Condori, L., & Delgadillo, M. (2010). Planta de tratamiento de aguas residuales con macrofitas para comunidades cercanas al lago titicaca. *Journal Boliviano de Ciencias*.

Contreras, H., Rodriguez, S., & Vargas, Y. (18 de MARZO de 2016). *Evaluación del potencial de humedales artificiales piloto, implementados con la especie heliconia psittacorum, en la remediación de aguas residuales domésticas de bajo caudal para zonas rurales del piedemonte llanero*. bogota: Universidad Santo Tomás.

Delgadillo López, A. E., Gonzales Ramirez, C. A., Prieto Garcia, F., Villagómez Ibarra, J. R., & Acevedo Sandoval, O. (2011). Fitorremediación: Una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 597-612.

Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L. F., & Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. cochabamba : Centro andino para la gestión y uso del agua (centro AGUA).

Espigares García, M., & Pérez López, J. A. (1985). Obtenido de <http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/IndiDoc2.htm>

Fernandez Gonzales, J. (2000). Manual de fitodepuración. Filtros de macrofitas en flotacion. *Proyecto Life. Amb disponibilitat*. Recuperado el 17 de 08 de 2021, de [http://www. macrophytes.info/documentacion/](http://www.macrophytes.info/documentacion/)

Fonseca Livias, A. (2013). *Metodología de la investigacion*. peru.

FRERS, C. (2008). El uso de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas

residuales. *Observatorio Medioambiental*, 11, 301-305. Obtenido de <https://revistas.ucm.es/index.php/OBMD/article/view/OBMD>

García Murillo, P., Fernández Zamudio, R., Cirujano Bracamonte, S., & Chirino Argenta, M. (2009). Habitantes del agua macrófitos. *Macrófitos*. Andalucía, España: Agencia Andaluza del agua. Consejería de medio ambiente. Junta de Andalucía .

Hernandez Sampieri, R. (2014). Metodología de la investigación Sexta edición. Mexico DF, Mexico: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

La Iglesia Gandarillas, J. (2016). LAGUNAJE. *MÓDULO GESTIÓN DE AGUAS RESIDUALES Y REUTILIZACIÓN*. ESPAÑA: ESCUELA DE ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL.

Llagas Chafloque, M. A., & Guadalupe Gómez, E. (2006). Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM. *Revista del instituto de investigaciones FIGMMG*, 85-96.

Madrigal Guridi, X., Novelo Retana, A., & Chacón Torres, A. (2004). Flora y vegetación acuática del lago de Zirahuén, Michoacán, México. *Acta Botánica Mexicana*, 1-38.

Metcalf & Eddy, I. (1995). *INGENIERIA DE AGUAS RESIDUALES TRATAMIENTO, VERTIDO Y REUTILIZACIÓN*. ESPAÑA: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A.

Metcalf & Eddy, I. (1995). *INGENIERÍA DE AGUAS RESIDUALES TRATAMIENTO, VERTIDO Y REUTILIZACIÓN*. MADRID: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A.

MINAM. (2015). *¿Que son los humedales?* Lima: Ministerio del ambiente.

MINISTERIO DE VIVIENDA. (s.f.). *Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales” (Anexo-rm-273-2013-MCVS)*.

- Neuenschwander, P., Julien, H. M., Center, T. D., & Hill, M. P. (2009). *Pistia stratiotes* L.
- Nuñez López, R. A., Meas, V. Y., Ortega, B. R., & Olgúin, E. J. (2004). Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. *Ciencia*, 69-82.
- Nuñez, E. (2019). Evaluación de la eficiencia del sistema de fitorremediación mediante las especies palustre y flotante, *Zantedeschia aethiopica* y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales domésticas en la zona de la región natural Quechua-Cajamarca. Lima., Perú.
- Nuñez, R., Meas, Y., Ortega, R., & Olguin, E. (2014). Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. *revistaciencia*, 15.
- OEFA. (2014). FISCALIZACIÓN AMBIENTAL EN AGUAS RESIDUALES. *FISCALIZACIÓN AMBIENTAL PARA EL CAMBIO*, 2-10.
- Olguin, E. J., Gonzales Portela, R. E., Sanchez Galván, G., Zamora Castro, J. E., & Owen, T. (2010). Contaminación de rios urbanos. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*, 178-190.
- Oxford Lexico. (2021). *lexico.com*. Obtenido de <https://www.lexico.com/es/definicion/>
- Pescod, M. B. (1992). Tratamiento y uso de aguas residuales en la agricultura. *FAO*.
- Peterson, S., & Teal, J. (1996). El papel de las plantas en las aguas residuales diseñadas ecológicamente. *Ecological Engineering*.
- Poveda, R. (2018). *Evaluación de especies acuáticas flotantes para la fitorremediación de aguas residuales industrial y de uso agrícola previamente caracterizadas en el cantón ambato, provincia de tungurahua*. Ecuador.
- Ramos Ventura, L. J., & Novelo Retana, A. (1993). Vegetación y flora acuáticas de la laguna de Yuriria, Guanajuato, Mexico. *Acta Botánica Mexicana*, 61-79.

- Raymundo, J. R. (2017). Modelo de tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo superficial en el Centro Poblado La Punta - Sapallanga. *Universidad Nacional del Centro del Perú*, 1-193.
- Romero Ortiz, L., Ramirez Vives, F., Álvarez Silva, C., & Miranda Arce, M. G. (2011). Uso de hidrófitas y un sistema anaerobio para el tratamiento de agua residual de rastro. *Polibotánico*, 157-167.
- Saavedra, B. (2017). *aplicación de macrofitas en flotación como ayuda en el tratamiento de aguas residuales en la laguna udep*. Piura-Peru.
- Sandoval, M., Celis, J., & Junod, J. (2005). Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas. *Theoria*.
- SINIA. (2015). Sistema nacional de Información Ambiental. *Tratamiento y Reuso de Aguas Residuales*. Lima: SINIA.
- Uribe Botero, E. (2015). *El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina*. Chile: Naciones Unidas.
- Villanueva, L., & Jance, J. (2017). Mejoramiento de la eficiencia de remoción de materia orgánica y coliformes termotolerantes en la PTAR del Distrito de Huachac - Chupaca. *Universidad Nacional del Centro del Perú*, 1-86.
- Yee-Batista, C. (31 de Diciembre de 2013). *Un 70% de las aguas residuales de Latinoamérica vuelven a los ríos sin ser tratadas*. Obtenido de Banco Mundial, BIRF – AIF: <http://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/02/rios-de-latinoamerica-contaminados>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Bravo Mejía, J. (2023). *Implementación de un sistema de tratamiento a escala piloto por el método de fitorremediación con la especie (Pistia Stratiotes) en aguas residuales domésticas del Distrito de Santa María del Valle – Huánuco - 2022* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	indicador	metodología	Técnicas e instrumentos
<p>Problema general ¿Cuán efectivo es la implementación de un sistema de tratamiento a escala piloto por el método de fitorremediación con la especie Pistia stratiotes en aguas residuales domésticas Distrito de Santa María del Valle (Huánuco)?</p> <p>Problemas específicos P1: ¿Cuáles serán los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en las aguas residuales domésticas de la laguna facultativa del Distrito de Santamaría del Valle (Huánuco). O2: Establecer un sistema de tratamiento a escala piloto por el</p>	<p>Objetivo general Evaluar la efectividad del sistema de tratamiento a escala piloto por el método de fitorremediación con la especie Pistia Stratiotes en aguas residuales domesticas del Distrito de Santamaría del Valle (Huánuco)”</p> <p>Objetivos específicos O1: Conocer los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en las aguas residuales domesticas de la laguna facultativa del Distrito de Santamaría del Valle (Huánuco). O2: Establecer un sistema de tratamiento a escala piloto por el</p>	<p>Hi: La implementación del sistema de tratamiento a escala piloto por el método de fitorremediación con la especie Pistia Stratiotes es efectivo en aguas residuales domesticas de la laguna facultativa del Distrito de Santamaría del Valle (Huánuco)”</p> <p>Ho: La implementación del sistema de tratamiento a escala piloto por el método de fitorremediación con la especie Pistia Stratiotes</p>	<p>Variable Independiente. Sistema de tratamiento</p> <p>Variable dependiente. Aguas residuales domesticas</p>	<p>Eficiente</p> <p>No eficiente</p> <p>Coliformes</p> <p>Termotolerantes</p> <p>DBO</p> <p>DQO</p> <p>Nitrógeno amoniacal</p>	<p>Diseño: En el presente estudio se utilizó como diseño de estudio el cuasi experimental (Fonseca Livias, 2013). O1 → X → O2 O1: Pre evaluación de las muestras de agua X: aplicación del diseño elaborado O2: Post evaluación de las muestras. POBLACIÓN: La población se estimará por la cantidad de agua residual del distrito de santa maría del valle. MUESTRA: se establecerá 1 muestra de agua antes del tratamiento secundario, y 10 muestras post-tratamiento secundario, haciendo</p>	<p>técnicas e instrumentos de recolección de datos técnicas: Trabajo de campo: El trabajo de campo para la presente investigación tendrá en cuenta el “Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales” (Anexo-rm-273-2013-MCVS), el cual contempla las pautas fundamentales desde el lugar o punto de toma de muestras, el proceso de toma de muestras, el uso de preservantes y tipo de frasco de acuerdo al parámetro, el etiquetado, cadena de custodia, con la finalidad de obtener resultados confiables (MINISTERIO DE VIVIENDA). Frecuencia de Monitoreo: Se realizarán 2 monitoreos de los parámetros seleccionados en la presente investigación (pre y post aplicación del sistema), en un período de 15 días, esto con el fin de evaluar los cambios sustanciales que ocurren en este periodo de tiempo.</p>

<p>domesticas del Distrito de Santamaría del Valle (Huánuco)? P2: ¿Cómo será el sistema de tratamiento a escala piloto por el método de fitorremediación mediante la utilización de la especie <i>Pistia Stratiotes</i>? P3: 3 ¿Cuáles serán los parámetros físico químico y microbiológico después del tratamiento secundario a escala piloto por el método de fitorremediación mediante la utilización de la especie <i>Pistia Stratiotes</i>?</p>	<p>método de fitorremediación mediante la utilización de la especie <i>Pistia Stratiotes</i>. O3: Analizar los parámetros físico y microbiológico después del tratamiento secundario a escala piloto por el método de fitorremediación mediante la utilización de la especie <i>Pistia Stratiotes</i>.</p>	<p>no es efectivo en aguas residuales domesticas de la laguna facultativa del Distrito de Santamaría del Valle (Huánuco).</p>	<p>pH Solidos totales Conductividad Temperatura Color Turbiedad</p>	<p>un total de 11 muestras para la medición de los parámetros físico químicos y bacteriológicos. Teniendo en cuenta el muestreo no probabilístico por conveniencia. La frecuencia de recolección de muestras post tratamiento será 1 por cada 3 días durante el periodo que dure la aplicación de la investigación.</p>	<p>Toma de muestra del agua residual: La toma de muestra se realizará de acuerdo a lo que se indica en la RM N° 273-2013-VIVIENDA. Trabajo de laboratorio: El trabajo de laboratorio para la determinación de niveles de cada uno de los parámetros de la presente investigación se realizará en un laboratorio acreditado por INDECOPI. INSTRUMENTOS: Ficha de análisis de laboratorio o ficha de campo para la recolección de muestras para evaluar la calidad del agua; que consta de las siguientes partes: título de la investigación, información específica sobre el llenado (instrucciones), datos generales sobre el punto de monitoreo (ubicación, coordenadas, nombre de la fuente, numero de muestra, fecha y hora), resultados de laboratorio del análisis físico químico y microbiológico).</p>
--	---	---	--	---	---

ANEXO 2
GUIA DE ANALISIS DE FICHA DOCUMENTAL PARA
MONITOREO DE AGUAS RESIDUALES

Código:.....

2.1. DATOS GENERALES DEL INVESTIGADOR

Nombre del investigador:.....

2.2. DATOS GENERALES SOBRE PUNTO DE MONITOREO

Ubicación del punto de monitoreo

Departamento: _____ Punto de muestreo: _____

Provincia: _____ Finalidad del monitoreo: _____

Distrito: _____ Número de muestra: _____

Localidad: _____ Fecha y Hora de muestreo: _____

Nombre del cuerpo de agua: _____ Fecha y Hora de llegada a laboratorio: _____

Clasificación del cuerpo de agua: _____ Preservada: _____

Coordenadas (WGS84): Sistema de coordenadas: Proyección UTM
Geográficas

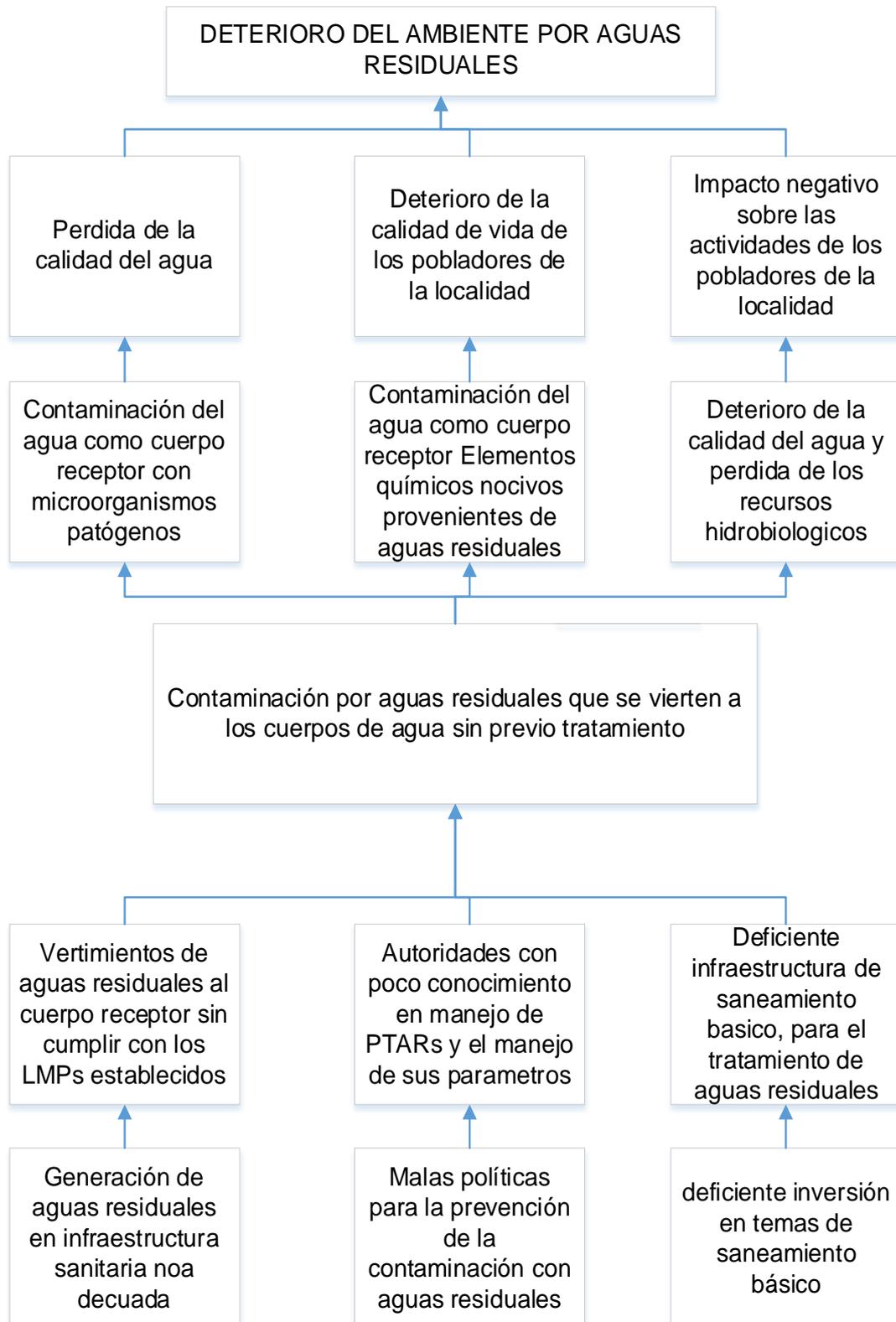
Latitud: _____ Zona: _____

Este/longitud: _____ Altitud: _____

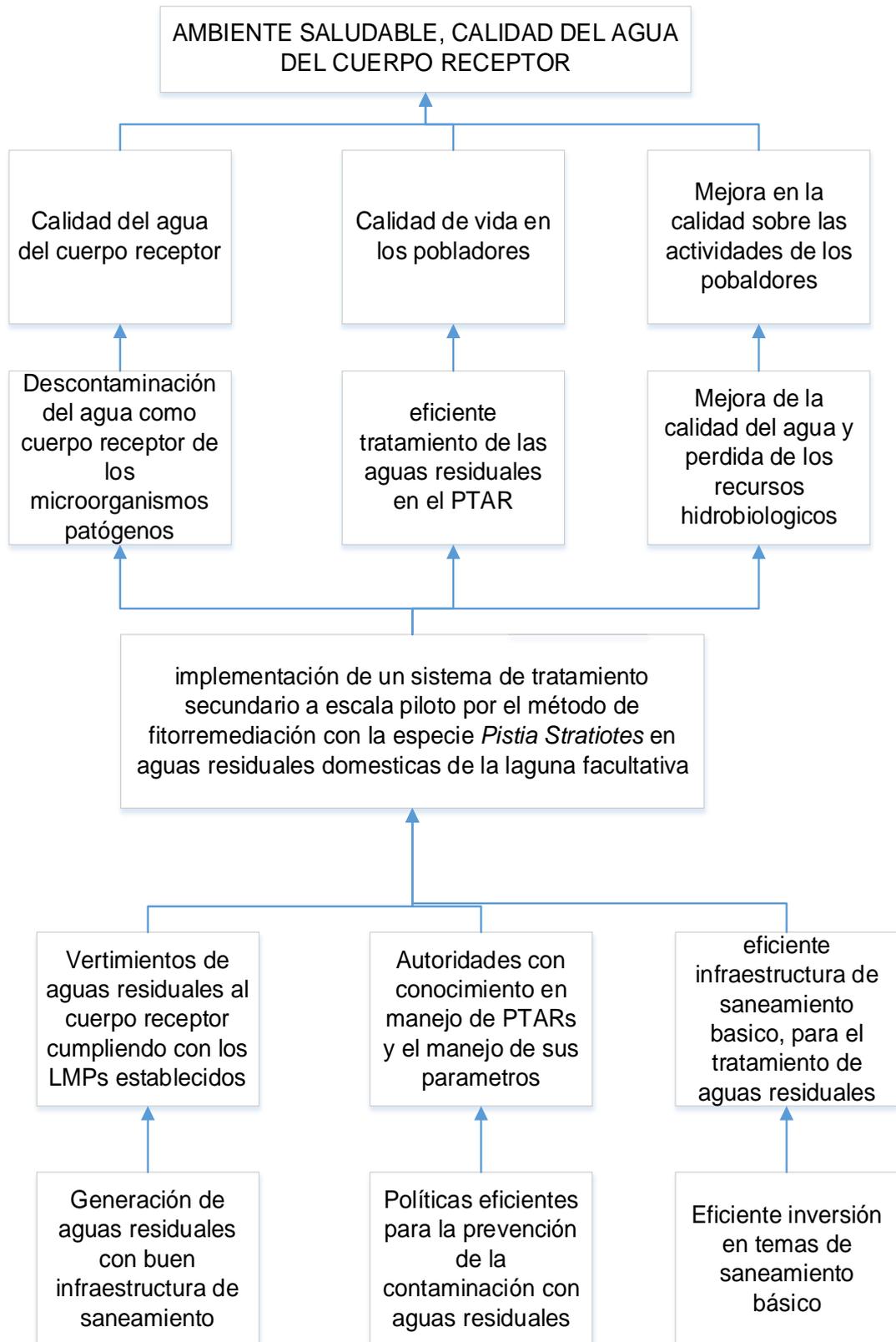
	PARAMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADOS
Microbiológica	Coliformes	NMP/100 mL	
	Termotolerantes		
Químicos	DBO	Mg/l	
	DQO	Mg/l	
	Nitrógeno amoniacal	mgNH ₃ /l	
	pH	Unidad de pH	
Físicos	Sólidos totales	MI/l	
	Conductividad	Us/cm	
	Temperatura	°C	
	Color	Pb/co	
	Turbiedad	UNT	

ANEXO 3

ÁRBOL DE CAUSA EFECTO



ANEXO 4



ANEXO 5 PLANO DE UBICACIÓN



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO E.A.P. DE INGENIERÍA AMBIENTAL	
Proyecto: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO SECUNDARIO POR EL MÉTODO DE FOTOBIOOXIDACIÓN CON LA ESPERIDIA PISTA STRATOPUS EN AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA LAGUNA FACULTATIVA DEL DISTRITO DE SANTA MARÍA DEL VALLE - HUÁNUCO, PERÚ (MARZO - MAYO 2021)	
MAPA DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN	
Testista: BACH. JENNYFER SALLY BRAVO MEJÍA	Lámina: 01
Asesor: ING. ABRAHAM MOSES CABRERA MONTALVO	
Sistema de Coordenadas geográficas: UTM-WGS84 - 18N	
Fuente: IGN, INEI, INGENMET, SENTINEL 2A	Escala: 1:3000

ANEXO 6

RESULTADOS DE LABORATORIO



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-099



INFORME DE ENSAYO N° 000094388

CLIENTE:	JENNYFER BRAVO MEJIA
DOMICILIO LEGAL:	(...)
REFERENCIA CLIENTE:	ARD-01
CÓDIGO TYPASA:	000075252
MATRIZ:	Agua Residual - Domestica
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Cotización N° 00020008822 Aproximadamente 3.7 L (Agua Residual - Domestica). Muestreo realizado por TYPASA PROYECTO: PROYECTO DE TESIS UDH
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:	PNTE-LTMO-03. Rev.03 Aguas residuales
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:	Despejado
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:	N: 8909839 / E: 0372912 PTAR - MUNICIPALIDAD DEL VALLE
FECHA DE TOMA:	11/08/2022 13:19:00 p.m.
FECHA DE RECEPCIÓN:	12/08/2022
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	12/08/2022 - 24/08/2022

RESULTADOS ANALÍTICOS IN SITU					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Conductividad a 25°C "in situ"	µS/cm	1030	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017	Conductivity. Laboratory Method	
pH "in situ"	ud. pH	7.08	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017	pH Value. Electrometric Method	
Temperatura del agua "in situ"	°C	24.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017	Temperature. Laboratory and Field Methods	

RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Color	CU	450	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 23rd Ed. 2017	Spectrophotometric-single-wavelength Method (proposed)	0.4
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O2/L	800	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	0.6
Demanda Química de Oxígeno	mg O2/L	1200	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	2.2
Nitrógeno amoniacal	mg NH3/L	6.41	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3 D, 23rd Ed. 2017	Nitrogen (Ammonia). Ammonia Selective Electrode Method	0.0283
Sólidos Totales (ST)	mg ST/L	1500	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 B, 23rd Ed. 2017	Solids. Suspended Solids Dried at 103-105°C	2.5
Turbidez	NTU	350	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23rd Ed. 2017	Turbidity. Nephelometric Method	0.02

RESULTADOS ANALÍTICOS MICROBIOLOGÍA					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.C.
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 mL	100000	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E1, 23rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. 1. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).	1.8

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

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

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que se haga bajo la autorización escrita de TYPASA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe.

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

LABORATORIO TYPASA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Tel 511-711-9736/711-9753 E-mail: labperu@typasa.com

MC2301-1

1/2

INFORME DE ENSAYO N° 000094405

CLIENTE:	JENNYFER BRAVO MEJIA
DOMICILIO LEGAL:	(...)
REFERENCIA CLIENTE:	ARD-01
CÓDIGO TYPESA:	000075289
MATRIZ:	Agua Residual - Domestica
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Cotización N° 00020008822 Aproximadamente 3.7 L (Agua Residual - Domestica). Muestreo realizado por TYPESA PROYECTO: PROYECTO DE TESIS UDH
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:	PNTE-LTMO-03. Rev.03 Aguas residuales
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:	Despejado
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:	N: 8909839 / E:0372912 PTAR - MUNICIPALIDAD DEL VALLE
FECHA DE TOMA:	15/08/2022 13:20:00 p.m.
FECHA DE RECEPCIÓN:	16/08/2022
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	16/08/2022 - 26/08/2022

RESULTADOS ANALÍTICOS IN SITU

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Conductividad a 25°C "in situ"	µS/cm	867	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017	Conductivity. Laboratory Method	
pH "in situ"	ud. pH	7.8	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017	pH Value. Electrometric Method	
Temperatura del agua "in situ"	°C	22.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017	Temperature. Laboratory and Field Methods	

RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Color	CU	400	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 23rd Ed. 2017	Spectrophotometric-single-wavelength Method (proposed)	0.4
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O ₂ /L	740.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	0.6
Demanda Química de Oxígeno	mg O ₂ /L	1100	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	2.2
Nitrógeno amoniacal	mg NH ₃ /L	6.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH ₃ D, 23rd Ed. 2017	Nitrogen (Ammonia). Ammonia Selective Electrode Method	0.0283
Sólidos Totales (ST)	mg ST/L	1150	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 B, 23rd Ed. 2017	Solids. Suspended Solids Dried at 103-105°C	2.5
Turbidez	NTU	289.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 0.02 Part 2130 B, 23rd Ed. 2017	Turbidity. Nephelometric Method	0.02

RESULTADOS ANALÍTICOS MICROBIOLOGÍA

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.C.
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 mL	70000	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E1, 23rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. 1. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).	1.8

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

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

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPESA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perechibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPESA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: labperu@typsa.com

INFORME DE ENSAYO N° 000094415

CLIENTE:	JENNYFER BRAVO MEJIA
DOMICILIO LEGAL:	(...)
REFERENCIA CLIENTE:	ARD-01
CÓDIGO TYPESA:	000075312
MATRIZ:	Agua Residual - Domestica
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Cotización N° 00020008822 Aproximadamente 3.7 L (Agua Residual - Domestica). Muestreo realizado por TYPESA PROYECTO: PROYECTO DE TESIS UDH
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:	PNTE-LTMO-03. Rev.03 Aguas residuales
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:	Despejado
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:	N: 8909839 / E:0372912 PTAR - MUNICIPALIDAD DEL VALLE
FECHA DE TOMA:	17/08/2022 13:30:00 p.m.
FECHA DE RECEPCIÓN:	18/08/2022
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	18/08/2022 - 29/08/2022

RESULTADOS ANALÍTICOS IN SITU

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Conductividad a 25°C "in situ"	µS/cm	1372	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017	Conductivity. Laboratory Method	
pH "in situ"	ud. pH	7.04	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017	pH Value. Electrometric Method	
Temperatura del agua "in situ"	°C	21.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017	Temperature. Laboratory and Field Methods	

RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Color	CU	412	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 23rd Ed. 2017	Spectrophotometric-single-wavelength Method (proposed)	0.4
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O ₂ /L	700.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	0.6
Demanda Química de Oxígeno	mg O ₂ /L	1050	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	2.2
Nitrógeno amoniacal	mg NH ₃ /L	6.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH ₃ D, 23rd Ed. 2017	Nitrogen (Ammonia). Ammonia Selective Electrode Method	0.0283
Sólidos Totales (ST)	mg ST/L	1000	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 B, 23rd Ed. 2017	Solids. Suspended Solids Dried at 103-105°C	2.5
Turbidez	NTU	325.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23rd Ed. 2017	Turbidity. Nephelometric Method	0.02

RESULTADOS ANALÍTICOS MICROBIOLOGÍA

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.C.
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 mL	80000	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E1, 23rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. 1. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).	1.8

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

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

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPESA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perechibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPESA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: labperu@typsa.com

INFORME DE ENSAYO N° 000094436

CLIENTE:	JENNYFER BRAVO MEJIA
DOMICILIO LEGAL:	(...)
REFERENCIA CLIENTE:	ARD-01
CÓDIGO TYPESA:	000075338
MATRIZ:	Agua Residual - Domestica
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Cotización N° 00020008822 Aproximadamente 3.7 L (Agua Residual - Domestica). Muestreo realizado por TYPESA PROYECTO: PROYECTO DE TESIS UDH
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:	PNTE-LTMO-03. Rev.03 Aguas residuales
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:	Despejado
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:	N: 8909839 / E:0372912 PTAR - MUNICIPALIDAD DEL VALLE
FECHA DE TOMA:	19/08/2022 12:00:00 p.m.
FECHA DE RECEPCIÓN:	20/08/2022
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	20/08/2022 - 03/09/2022

RESULTADOS ANALÍTICOS IN SITU

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Conductividad a 25°C "in situ"	µS/cm	889	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017	Conductivity. Laboratory Method	
pH "in situ"	ud. pH	7.5	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017	pH Value. Electrometric Method	
Temperatura del agua "in situ"	°C	19.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017	Temperature. Laboratory and Field Methods	

RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Color	CU	306.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 23rd Ed. 2017	Spectrophotometric-single-wavelength Method (proposed)	0.4
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O2/L	671.7	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	0.6
Demanda Química de Oxígeno	mg O2/L	975.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	2.2
Nitrógeno amoniacal	mg NH3/L	5.2	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3 D, 23rd Ed. 2017	Nitrogen (Ammonia). Ammonia Selective Electrode Method	0.0283
Sólidos Totales (ST)	mg ST/L	841.7	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 B, 23rd Ed. 2017	Solids. Suspended Solids Dried at 103-105°C	2.5
Turbidez	NTU	189.4	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23rd Ed. 2017	Turbidity. Nephelometric Method	0.02

RESULTADOS ANALÍTICOS MICROBIOLOGÍA

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.C.
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 mL	75000	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E1, 23rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. 1. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).	1.8

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

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

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPESA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPESA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: labperu@typsa.com

INFORME DE ENSAYO N° 000094458

CLIENTE:	JENNYFER BRAVO MEJIA
DOMICILIO LEGAL:	(...)
REFERENCIA CLIENTE:	ARD-01
CÓDIGO TYPSA:	000075252
MATRIZ:	Agua Residual - Domestica
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Coalización N° 00020008822 Aproximadamente 3.7 L (Agua Residual - Domestica). Muestreo realizado por TYPSA PROYECTO: PROYECTO DE TESIS UDH
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:	PNTE-LTMO-03. Rev.03 Aguas residuales
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:	Despejado
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:	N: 8909839 / E:0372912 PTAR - MUNICIPALIDAD DEL VALLE
FECHA DE TOMA:	22/08/2022 10:00:00 a.m.
FECHA DE RECEPCIÓN:	23/08/2022
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	23/08/2022 - 05/09/2022

RESULTADOS ANALÍTICOS IN SITU

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Conductividad a 25°C "in situ"	µS/cm	1021	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017	Conductivity. Laboratory Method	
pH "in situ"	ud. pH	7.5	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017	pH Value. Electrometric Method	
Temperatura del agua "in situ"	°C	20.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017	Temperature. Laboratory and Field Methods	

RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Color	CU	302.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 23rd Ed. 2017	Spectrophotometric-single-wavelength Method (proposed)	0.4
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O ₂ /L	621.7	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	0.6
Demanda Química de Oxígeno	mg O ₂ /L	947.9	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	2.2
Nitrógeno amoniacal	mg NH ₃ /L	5.1	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH ₃ D, 23rd Ed. 2017	Nitrogen (Ammonia). Ammonia Selective Electrode Method	0.0283
Sólidos Totales (ST)	mg ST/L	475.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 B, 23rd Ed. 2017	Solids. Suspended Solids Dried at 103-105°C	2.5
Turbidez	NTU	178.6	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 0.02 Part 2130 B, 23rd Ed. 2017	Turbidity. Nephelometric Method	0.02

RESULTADOS ANALÍTICOS MICROBIOLOGÍA

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.C.
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 mL	78750	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E1, 23rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. 1. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).	1.8

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

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

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: labperu@typsa.com

INFORME DE ENSAYO N° 000094469

CLIENTE:	JENNYFER BRAVO MEJIA
DOMICILIO LEGAL:	(...)
REFERENCIA CLIENTE:	ARD-01
CÓDIGO TYPESA:	000075420
MATRIZ:	Agua Residual - Domestica
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Cotización N° 00020008822 Aproximadamente 3.7 L (Agua Residual - Domestica). Muestreo realizado por TYPESA PROYECTO: PROYECTO DE TESIS UDH
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:	PNTE-LTMO-03. Rev.03 Aguas residuales
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:	Despejado
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:	N: 8909839 / E:0372912 PTAR - MUNICIPALIDAD DEL VALLE
FECHA DE TOMA:	25/08/2022 10:40:00 a.m.
FECHA DE RECEPCIÓN:	25/08/2022
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	25/08/2022 - 13/09/2022

RESULTADOS ANALÍTICOS IN SITU

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Conductividad a 25°C "in situ"	µS/cm	1642	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017	Conductivity. Laboratory Method	
pH "in situ"	ud. pH	7.5	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017	pH Value. Electrometric Method	
Temperatura del agua "in situ"	°C	20.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017	Temperature. Laboratory and Field Methods	

RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Color	CU	255	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 23rd Ed. 2017	Spectrophotometric-single-wavelength Method (proposed)	0.4
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O ₂ /L	571.7	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	0.6
Demanda Química de Oxígeno	mg O ₂ /L	885.4	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	2.2
Nitrógeno amoniacal	mg NH ₃ /L	4.7	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH ₃ D, 23rd Ed. 2017	Nitrogen (Ammonia). Ammonia Selective Electrode Method	0.0283
Sólidos Totales (ST)	mg ST/L	378.3	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 B, 23rd Ed. 2017	Solids. Suspended Solids Dried at 103-105°C	2.5
Turbidez	NTU	188.2	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23rd Ed. 2017	Turbidity. Nephelometric Method	0.02

RESULTADOS ANALÍTICOS MICROBIOLOGÍA

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.C.
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 mL	71000	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E1, 23rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. 1. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).	1.8

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

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

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPESA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe.

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

LABORATORIO TYPESA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: labperu@typesa.com

INFORME DE ENSAYO N° 000094503

CLIENTE:	JENNYFER BRAVO MEJIA
DOMICILIO LEGAL:	(...)
REFERENCIA CLIENTE:	ARD-01
CÓDIGO TYPESA:	000075487
MATRIZ:	Agua Residual - Domestica
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Cotización N° 00020008822 Aproximadamente 3.7 L (Agua Residual - Domestica). Muestreo realizado por TYPESA PROYECTO: PROYECTO DE TESIS UDH
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:	PNTE-LTMO-03. Rev.03 Aguas residuales
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:	Despejado
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:	N: 8909839 / E:0372912 PTAR - MUNICIPALIDAD DEL VALLE
FECHA DE TOMA:	29/08/2022 10:40:00 a.m.
FECHA DE RECEPCIÓN:	29/08/2022
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	29/08/2022 - 14/09/2022

RESULTADOS ANALÍTICOS IN SITU

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Conductividad a 25°C "in situ"	µS/cm	1600	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017	Conductivity. Laboratory Method	
pH "in situ"	ud. pH	7.5	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017	pH Value. Electrometric Method	
Temperatura del agua "in situ"	°C	20.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017	Temperature. Laboratory and Field Methods	

RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Color	CU	255	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 23rd Ed. 2017	Spectrophotometric-single-wavelength Method (proposed)	0.4
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O ₂ /L	647.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	0.6
Demanda Química de Oxígeno	mg O ₂ /L	822.9	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	2.2
Nitrógeno amoniacal	mg NH ₃ /L	4.3	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH ₃ D, 23rd Ed. 2017	Nitrogen (Ammonia). Ammonia Selective Electrode Method	0.0283
Sólidos Totales (ST)	mg ST/L	267.4	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 B, 23rd Ed. 2017	Solids. Suspended Solids Dried at 103-105°C	2.5
Turbidez	NTU	208.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23rd Ed. 2017	Turbidity. Nephelometric Method	0.02

RESULTADOS ANALÍTICOS MICROBIOLOGÍA

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.C.
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 mL	63750	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E1, 23rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. 1. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).	1.8

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

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

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPESA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPESA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: labperu@typesa.com

INFORME DE ENSAYO N° 000094516

CLIENTE:	JENNYFER BRAVO MEJIA
DOMICILIO LEGAL:	(...)
REFERENCIA CLIENTE:	ARD-01
CÓDIGO TYPSA:	000075510
MATRIZ:	Agua Residual - Domestica
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Coatización N° 00020008822 Aproximadamente 3.7 L (Agua Residual - Domestica). Muestreo realizado por TYPSA PROYECTO: PROYECTO DE TESIS UDH
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:	PNTE-LTMO-03. Rev.03 Aguas residuales
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:	Despejado
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:	N: 8909839 / E:0372912 PTAR - MUNICIPALIDAD DEL VALLE
FECHA DE TOMA:	31/08/2022 11:50:00 a.m.
FECHA DE RECEPCIÓN:	31/08/2022
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	31/08/2022 - 16/09/2022

RESULTADOS ANALÍTICOS IN SITU

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Conductividad a 25°C "in situ"	µS/cm	1341	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017	Conductivity. Laboratory Method	
pH "in situ"	ud. pH	7.4	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017	pH Value. Electrometric Method	
Temperatura del agua "in situ"	°C	23.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017	Temperature. Laboratory and Field Methods	

RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Color	CU	185.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 23rd Ed. 2017	Spectrophotometric-single-wavelength Method (proposed)	0.4
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O ₂ /L	597.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	0.6
Demanda Química de Oxígeno	mg O ₂ /L	791.7	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	2.2
Nitrógeno amoniacal	mg NH ₃ /L	4.1	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH ₃ D, 23rd Ed. 2017	Nitrogen (Ammonia). Ammonia Selective Electrode Method	0.0283
Sólidos Totales (ST)	mg ST/L	260.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 B, 23rd Ed. 2017	Solids. Suspended Solids Dried at 103-105°C	2.5
Turbidez	NTU	120.5	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23rd Ed. 2017	Turbidity. Nephelometric Method	0.02

RESULTADOS ANALÍTICOS MICROBIOLOGÍA

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.C.
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 mL	60000	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E1, 23rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. 1. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).	1.8

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

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

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: labperu@typsa.com

INFORME DE ENSAYO N° 000094531

CLIENTE:	JENNYFER BRAVO MEJIA
DOMICILIO LEGAL:	(...)
REFERENCIA CLIENTE:	ARD-01
CÓDIGO TYPSA:	000075587
MATRIZ:	Agua Residual - Domestica
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Coalización N° 00020008822 Aproximadamente 3.7 L (Agua Residual - Domestica). Muestreo realizado por TYPSA PROYECTO: PROYECTO DE TESIS UDH
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:	PNTE-LTMO-03. Rev.03 Aguas residuales
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:	Despejado
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:	N: 8909839 / E:0372912 PTAR - MUNICIPALIDAD DEL VALLE
FECHA DE TOMA:	03/09/2022 14:00:00 p.m.
FECHA DE RECEPCIÓN:	03/09/2022
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	03/09/2022 - 18/09/2022

RESULTADOS ANALÍTICOS IN SITU

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Conductividad a 25°C "in situ"	µS/cm	1555	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017	Conductivity. Laboratory Method	
pH "in situ"	ud. pH	7.4	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017	pH Value. Electrometric Method	
Temperatura del agua "in situ"	°C	24.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017	Temperature. Laboratory and Field Methods	

RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Color	CU	138.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 23rd Ed. 2017	Spectrophotometric-single-wavelength Method (proposed)	0.4
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O ₂ /L	446.7	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	0.6
Demanda Química de Oxígeno	mg O ₂ /L	729.2	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	2.2
Nitrógeno amoniacal	mg NH ₃ /L	2.3	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH ₃ D, 23rd Ed. 2017	Nitrogen (Ammonia). Ammonia Selective Electrode Method	0.0283
Sólidos Totales (ST)	mg ST/L	150.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 B, 23rd Ed. 2017	Solids. Suspended Solids Dried at 103-105°C	2.5
Turbidez	NTU	78.1	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 0.02 Part 2130 B, 23rd Ed. 2017	Turbidity. Nephelometric Method	0.02

RESULTADOS ANALÍTICOS MICROBIOLOGÍA

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.C.
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 mL	45000	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E1, 23rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. 1. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).	1.8

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

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

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe.

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

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: labperu@typsa.com

INFORME DE ENSAYO N° 000094531

CLIENTE:	JENNYFER BRAVO MEJIA
DOMICILIO LEGAL:	(...)
REFERENCIA CLIENTE:	ARD-01
CÓDIGO TYPESA:	000075616
MATRIZ:	Agua Residual - Domestica
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Cotización N° 00020008822 Aproximadamente 3.7 L (Agua Residual - Domestica). Muestreo realizado por TYPESA PROYECTO: PROYECTO DE TESIS UDH
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:	PNTE-LTMO-03. Rev.03 Aguas residuales
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:	Despejado
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:	N: 8909839 / E:0372912 PTAR - MUNICIPALIDAD DEL VALLE
FECHA DE TOMA:	05/09/2022 14:00:00 p.m.
FECHA DE RECEPCIÓN:	05/09/2022
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	05/09/2022 - 20/09/2022

RESULTADOS ANALÍTICOS IN SITU

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Conductividad a 25°C "in situ"	µS/cm	2175	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017	Conductivity. Laboratory Method	
pH "in situ"	ud. pH	7.4	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017	pH Value. Electrometric Method	
Temperatura del agua "in situ"	°C	19.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017	Temperature. Laboratory and Field Methods	

RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Color	CU	90.7	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 23rd Ed. 2017	Spectrophotometric-single-wavelength Method (proposed)	0.4
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O ₂ /L	421.7	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	0.6
Demanda Química de Oxígeno	mg O ₂ /L	666.7	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	2.2
Nitrógeno amoniacal	mg NH ₃ /L	1.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH ₃ D, 23rd Ed. 2017	Nitrogen (Ammonia). Ammonia Selective Electrode Method	0.0283
Sólidos Totales (ST)	mg ST/L	130.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 B, 23rd Ed. 2017	Solids. Suspended Solids Dried at 103-105°C	2.5
Turbidez	NTU	54.2	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 0.02 Part 2130 B, 23rd Ed. 2017	Turbidity. Nephelometric Method	0.02

RESULTADOS ANALÍTICOS MICROBIOLOGÍA

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.C.
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 mL	15000	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E1, 23rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. 1. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).	1.8

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

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

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPESA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe.

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

LABORATORIO TYPESA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: labperu@typesa.com

ANEXO 7

Panel fotográfico de desarrollo de tesis

Laguna facultativa de la municipalidad de Santa María del Valle:



Laguna facultativa que cuenta con vegetación utilizada como fitorremediadora.

Construcción de un espacio para la implementación del sistema:



Se ha construido un espacio dentro de la laguna facultativa de la municipalidad de Santa María del Valle que permita ejecutar el proyecto de investigación.

Proceso de ejecución de proyecto de tesis:



Instalación de la especie *Pistia stratiotes* y la toma de muestras inicial.



Secuencia de toma de muestras, con la finalidad de obtener datos de campo y posteriormente enviar muestras al laboratorio para su análisis.



Visita al sistema de tratamiento a escala piloto por parte del Jurado Ing. MILTON EDWIN MORALES AQUINO.



Toma de parámetros de campo como: Temperatura, conductividad y pH.