



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

**“Análisis del uso de humedales artificiales empleando plantas
macrofitas para el tratamiento de aguas residuales en el ámbito
rural, Apurímac 2021”**

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

AUTOR(A):

Br. Cespedes Pillaca, Rosa Velianevska (ORCID: 0000-0002-9384-7598)

ASESOR:

Dr. Ing. Vargas Chacaltana, Luis Alberto (ORCID: 0000-0002-4136-7189)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño de obras hidráulicas y saneamiento

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

Dedico la presente tesis con mucho amor a mi madre por su apoyo incondicional, a mis hijos que son mi fuerza a seguir y a mi esposo por el amor Incondicional, siendo los pilares fundamentales de mi vida.

Rosa

Agradecimiento

En primer lugar, quiero agradecer a mi asesor Dr. Ing. Vergas Chacaltana, Luis Alberto, quien con sus conocimientos y apoyo me guio a través de cada una de las etapas de este proyecto para alcanzar los resultados que buscaba.

También quiero agradecer a mi familia por brindarme todos los recursos y herramientas que fueron necesarios para llevar a cabo el proceso de investigación.

Por último, quiero agradecer a todos mis compañeros, por apoyarme aun cuando mis ánimos decaían.

Rosa

Índice

Dedicatoria.....	i
Agradecimiento	ii
Índice	iii
Índice de tablas	iv
Índice de figuras.....	v
Resumen	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGIA	24
3.1. Tipos y Diseño de Investigación.....	24
3.2. Variables y Operacionalización	25
3.3. Población, Muestras y Muestreo	26
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	27
3.5. Procedimientos	28
3.6. Método de Análisis de Datos.....	28
3.7. Aspectos Éticos.....	30
IV. RESULTADOS	31
V. DISCUSION	50
VI. CONCLUSIONES.....	52
VII. RECOMENDACIONES	53
REFERENCIAS.....	54
ANEXOS	57

Índice de tablas

Tabla 1 Ensayos y descripción de resultados de cada proceso	29
<i>Tabla 2: Distritos y sus respectivas coordenadas UTM.....</i>	31
<i>Tabla 3: Resultado de test de percolación - Huanipaca</i>	33
<i>Tabla 4: Resultado de test de percolación – Tamburco</i>	34
<i>Tabla 5: Calculo del caudal por método volumétrico.....</i>	34
<i>Tabla 6: Resultado de laboratorio, afluente del humedal artificial.</i>	34
<i>Tabla 7: Composición del sistema de drenaje del humedal artificial</i>	37
<i>Tabla 8: Crecimiento de las plantas</i>	38
<i>Tabla 9: Cantidad d plantas por humedal.....</i>	39
<i>Tabla 10: Resultado de laboratorio del efluente del humedal.....</i>	40
<i>Tabla 11: Cálculo del porcentaje de remoción del distrito de Huanipaca</i>	41
<i>Tabla 12: Calculo del porcentaje de remoción del distrito de Tamburco</i>	41
<i>Tabla 13: Resumen de los resultados antes y después del sistema de tratamiento, a su vez haciendo una comparación con la norma nacional y ver si cumple o no.</i>	48

Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Esquema general del funcionamiento y elementos de un Humedal Artificial	10
<i>Figura 2.</i> Humedal artificial de flujo Superficial.....	11
<i>Figura 3.</i> Humedal subsuperficial de flujo horizontal (pendiente 0.5% a 1%)	12
<i>Figura 4.</i> Humedal artificial subsuperficial de flujo horizontal	12
<i>Figura 5.</i> Humedal artificial subsuperficial de flujo vertical.....	13
<i>Figura 6.</i> Comparación entre diferentes sistemas de flujo humedal.....	14
<i>Figura 7.</i> Comparación entre humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal y vertical.....	14
<i>Figura 8.</i> Mecanismos de remoción de contaminantes en humedales artificiales	16
<i>Figura 9.</i> Características de la planta macrofita (carrizo)	18
<i>Figura 10.</i> Características de la planta macrofita (totora).....	18
<i>Figura 11.</i> Principales contaminantes de las aguas residuales	20
<i>Figura 12.</i> Esquema del tratamiento de agua (Marín y Osés, 2013, p.89)	21
<i>Figura 13.</i> Clasificación de las etapas de tratamiento.....	21
<i>Figura 14.</i> Mapa de la ubicación del proyecto	32
<i>Figura 15.</i> Clasificación de los terrenos según resultados de prueba de percolación	33
<i>Figura 16.</i> Cuadro de la conductividad hidráulica	35
<i>Figura 17.</i> Calculo de las dimensiones del humedal artificial del distrito de Huanipaca en Excel.....	36
<i>Figura 18.</i> Calculo de las dimensiones del humedal artificial del distrito de Tamburco en Excel.....	37
<i>Figura 19.</i> Material granulométrico del sistema hidráulico.....	38
<i>Figura 20.</i> Distancia de plantado de las macrofitas.....	40

Resumen

La investigación fue realizada en el distrito de Huanipaca y el distrito de Tamburco del departamento de Apurímac; tiene como objetivo determinar que, existe una relación significativa entre los humedales artificiales y el tratamiento de aguas residuales en el ámbito rural; para poder cumplir el objetivo planteado se utilizó un tipo de investigación aplicada, nivel de investigación correlacional, investigación cuantitativa tienen un diseño de investigación cuasiexperimental. El resultado que se obtuvo en esta investigación expone que los humedales artificiales con las plantas macrofitas *Schoenoplectus californicus* (totora) y *Phragmites australis* (carrizo) ambos humedales artificiales de tipo subsuperficial horizontal es una opción que interviene adecuadamente en el tratamiento de aguas residuales domésticas, donde se obtuvo los siguientes resultados: para el distrito de Huanipaca con la macrofita *Schoenoplectus californicus* (totora) con un clima frío de 6°C, nos da el porcentaje de remoción de la (DBO₅) 98.58%, (DQO) 92.96%, el Ph 6.9%, la conductividad (C) 7.62%, temperatura (T) 8.14% y coliformes termotolerantes (CT) 99.59%. Para el distrito de Tamburco con la macrofita *Phragmites australis* (carrizo) con un clima templado de 12°C, nos da el porcentaje de remoción de la (DBO₅) 98.55%, (DQO) 93.83%, el Ph 7.91%, la conductividad (C) 6.41%, temperatura (T) 12% y coliformes termotolerantes (CT) 99.22%, donde estos datos demuestran que estas plantas son extraordinarias depuradoras de los contaminantes físico – químicos y microbiológicos presentes en las aguas residuales domésticas.

Palabras claves: Plantas macrofitas, Humedales artificiales, tratamiento de aguas residuales.

ABSTRACT

The investigation was carried out in the district of Huanipaca and the district of Tamburco of the department of Apurímac; aims to determine that there is a significant relationship between constructed wetlands and wastewater treatment in rural areas; In order to fulfill the proposed objective, a type of applied research was used, correlational research level, quantitative research, they have a quasi-experimental research design. The result obtained in this research shows that the artificial wetlands with the macrophyte plants *Schoenoplectus californicus* (cattail) and *Phragmites australis* (reed), both horizontal subsurface type artificial wetlands, is an option that intervenes adequately in the treatment of domestic wastewater, where The following results were obtained: for the district of Huanipaca with the macrophyte *Schoenoplectus californicus* (cattail) with a cold climate of 6 ° C, it gives us the percentage of removal of (BOD5) 98.58%, (COD) 92.96%, the Ph 6.9%, conductivity (C) 7.62%, temperature (T) 8.14% and thermotolerant coliforms (TC) 99.59%. For the district of Tamburco with the macrophyte *Phragmites australis* (reed) with a temperate climate of 12 ° C, it gives us the removal percentage of (BOD5) 98.55%, (COD) 93.83%, Ph 7.91%, conductivity (C) 6.41%, temperature (T) 12% and thermotolerant coliforms (TC) 99.22%, where these data show that these plants are extraordinary purifiers of the physical-chemical and microbiological pollutants present in domestic wastewater.

Keywords: Macrophyte plants, Artificial wetlands, wastewater treatment.

I. INTRODUCCIÓN

Para Delgadillo *et al.* (2010) señalaron que, según datos de la UNESCO (2003), el 69% del agua dulce del mundo se utiliza para la agricultura, lo que representa el 23% de la industria y el 8% de los hogares. Diferencias como la mala distribución temporal y espacial o la degradación determinan la situación actual, que se puede resumir como un enorme desequilibrio entre el suministro de agua existente y la demanda cada vez mayor de agua (p.10)

Durante más de cuarenta años, algunas zonas de Europa los municipios utilizan sistemas de humedales artificiales para tratar las aguas residuales. Actualmente, en muchos países, esos sistemas se están aplicando cada vez más a nivel internacional para tratar diferentes variedades de aguas residuales, entre ellas las domésticas e industriales, el drenaje ácido de las minas, desechos agrícolas y ganaderos, vertederos, degradación de los lixiviados y los compuestos orgánicos persistentes (Alarcón *et al.* 2018)

La presente investigación, es producto de la necesidad que demanda las poblaciones más vulnerables que son las que principalmente se encuentran en el ámbito rural. Traduciéndose ello en millones de inversión por parte del estado como transferencia los gobiernos locales y regionales, para que los proyectos de agua y saneamiento básico sean ejecutados y puedan cumplir el propósito de mejorar la calidad de vida de los pobladores.

Estos proyectos de inversión pública, son por lo general integrales, de los cuales forma parte el tratamiento de aguas residuales, las mismas que son reunidas a través de humedales artificiales, que es el tema materia de esta investigación.

En La región de Apurímac se tiene que se ha coberturado con sistemas de tratamiento de aguas residuales ya sean través de UBS con arrastre hidráulico o plantas de tratamiento. Sin embargo, es muy pocos los proyectos que terminado su ejecución estén cumpliendo el periodo de diseño para el cual fueron elaborados. Los factores son diversos que van desde el diseño a nivel de estudios de pre inversión hasta la operación y mantenimiento.

En esta investigación se considera realizar tratamientos de aguas residuales domesticas a través de humedales artificiales en zonas que dependerá de la

geomorfología, terreno arcilloso y rocoso, en ambos casos se reconocerá el tipo de terreno con un ensayo de test de percolación.

Esta investigación busca el desarrollo para los centros poblados, así mismo disminuir la contaminación de fuentes de agua, ya que el agua purificada por el humedal artificial se encuentra por debajo de los parámetros de la norma legal DS N° 003-2010-MINAM.

En la investigación se está considerando el siguiente problema general: ¿De qué manera influye el análisis del uso de humedales artificiales empleando plantas Macrofitas en la eficiencia del tratamiento de aguas residuales en el ámbito rural del departamento de Apurímac, periodo 2021? y los Problemas específicos: ¿En qué medida influye la densidad poblacional de la planta “*Typha domigensis*” (Totora) en los parámetros fisicoquímicos y biológicos del tratamiento de aguas residuales en el distrito de Huanipaca – Apurímac 2021?, ¿En qué medida influye la densidad poblacional de la planta “*Phragmites australis*” (carrizo) en los parámetros fisicoquímicos y biológicos del tratamiento de aguas residuales en el Distrito de Tamburco – Apurímac – 2021?, ¿Cómo influye la densidad poblacional de las plantas Macrofitas en los costos del tratamiento de aguas residuales en el departamento de Apurímac 2021?, ¿En qué medida las plantas Macrofitas influyen en la eficiencia de depuración durante el tratamiento de aguas residuales en el departamento de Apurímac 2021?

Justificación de la investigación: Justificación teórica: A través de esta exploración se busca ampliar nuestros conocimientos acerca de comportamiento de los humedales artificiales planteando plantas Macrofitas aplicada en las aguas residuales así poder ver las propiedades físicas, químicas y biológicas, aplicaremos los conceptos de humedales artificiales para realizar el tratamiento de las aguas residuales domésticas. Justificación metodológica: Cumplir los objetivos de esta investigación, donde seguiremos los procedimientos y estándares metodológicos para aplicarlos a la Ingeniería con finalidad de realizar una investigación científica y técnica. El soporte fundamental metodológico radica en el diseño de investigación puesto que la experiencia en campo tendrá un papel preponderante. Justificación técnica: La investigación a realizar está sujeto de acuerdo a la norma nacional OS.090 que menciona los temas de plantas de tratamiento en base a las

regulaciones establecidas por el Reglamento Nacional de Edificaciones. Justificación social: Los proyectos deberán ser sostenibles, para poder, también cerrar las brechas en el acceso de servicios de calidad y que sea económicamente viable, la sociedad rural necesita un buen servicio para así mejorar la calidad de vida y evitar también la contaminación a las fuentes de agua.

Objetivo General: ¿Determinar cómo el análisis de uso de humedales artificiales empleando plantas Macrofitas influye en la eficiencia del tratamiento de aguas residuales en el ámbito rural, Apurímac – 2021? Objetivos específicos: ¿Determinar en qué medida de la densidad poblacional de planta “*Typha domigensis*” (Totora) mejora los parámetros fisicoquímicos y biológicos del tratamiento de aguas residuales en el distrito de Huanipaca – Apurímac 2021?, ¿En qué medida influye la densidad poblacional de la planta “*Phragmites australis*” (carrizo) mejora los parámetros fisicoquímicos y biológicos del tratamiento de aguas residuales en el Distrito de Tamburco – Apurímac – 2021?, OE 3: Determinar de qué manera la densidad poblacional de las plantas Macrofitas reduce los costos del tratamiento de aguas residuales en el ámbito rural, Apurímac – 2021, ¿Las plantas Macrofitas mejoran en la eficiencia de depuración durante tratamiento de aguas residuales en el ámbito rural, Apurímac – 2021?

Asimismo, se plantea las siguiente Hipótesis Generales: ¿El análisis de uso de humedales artificiales empleando plantas Macrofitas para el tratamiento de aguas residuales en el ámbito rural, Apurímac 2021? Hipótesis específica: ¿La densidad poblacional de la planta “*Typha domigensis*” (Totora) mejora los parámetros fisicoquímicos y biológicos del tratamiento de aguas residuales en el distrito de Huanipaca – Apurímac 2021?, ¿La densidad poblacional de la planta “*Phragmites australis*” (carrizo) mejora los parámetros fisicoquímicos y biológicos del tratamiento de aguas residuales en el Distrito de Tamburco – Apurímac – 2021?, ¿La densidad poblacional óptima de las plantas Macrofitas reduce los costos del tratamiento de aguas residuales en el ámbito rural, Apurímac – 2021?, ¿Determinar de qué manera Las plantas Macrofitas mejoran en la eficiencia de depuración durante tratamiento de aguas residuales en el ámbito rural, Apurímac – 2021?.

II. MARCO TEÓRICO

En los trabajos previos como Antecedentes internacionales, según Dávila y López (2020) cuyo **objetivo** experimentar la adaptación de las plantas en sus diferentes condiciones de operación y alimentación mediante el análisis del crecimiento y expansión de las plantas, luego comprender la remoción de DBO y DQO del agua en los distintos humedales. Su **metodología** es de tipo aplicada, experimental, explicativo y cuantitativa. Siendo sus **resultados** que los cambios en el tiempo de alimentación y descanso en los humedales piloto no tienen un impacto significativo en el crecimiento y reproducción de las especies utilizadas. El comienzo del período de descanso ejerce presión sobre las especies de *Cynodon dactylon* (Gramma). La tasa de eliminación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) de los humedales está entre el 30% y el 70%, y la tasa de eliminación de la demanda química de oxígeno (DQO) es del 30%, lo que representa un buen porcentaje de efectividad. **Conclusión:** Las especies nativas estudiadas demostraron ser adecuadas para mejorar los humedales franceses de flujo vertical subterráneo para el tratamiento de aguas residuales domésticas y municipales.

Asimismo, en el artículo Viramontes *et al.* (2020) cuyo **objetivo** busca una forma más eficiente y sustentable para recuperar agua para su reúso en el ITSL Los **resultados** obtenidos y los porcentajes de remoción de los parámetros de agua residual tratadas, DQO: 66 mg/L; quitando el 93.20%. SST: 12 mg/L eliminando el 91.30% de éstos, y coliformes fecales: 0 NMP/100ml obteniendo el 100% de eficiencia. Huevos de helminto ≤ 1 . Con un tiempo de retención a 7 días, resultados dentro de los LMP de la normatividad vigente. Se puede **concluir** que la implementación del humedal artificial como técnica alternativa de fitorremediación, es una excelente opción cuando un flujo mínimo de caudal, en cambio no sería viable su utilización o implementación en una planta tratadora de aguas residuales

Por su parte, Atariguana y Urvina (2020) cuyo **objetivo** es diseñar un sistema de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales utilizando la especie nativa fitodepuradora *Scirpus Californicus* (carrizo) del recinto Fátima en el cantón San Fernando. Su **metodología** fue de tipo aplicada, experimental, explicativa y cuantitativa. Se analizó la especie de plantas potabilizadoras y se

seleccionó la especie *Scirpus californicus* (totora) por existir en el área de estudio, lo que puede reducir el costo de obtención de plántulas y reducir el tiempo de adaptación en comparación con otras especies. Los **resultados** evidenciaron que el tamaño del sistema de humedales se basa en la remoción de DBO5 y la concentración final es de 41,25 mg/l, lo que cumple con la normativa ecuatoriana vigente (TULSMA). **Concluyendo** que el diseño basado en DBO5 asegura la remoción de sólidos en suspensión porque el humedal vertical es más efectivo para su remoción.

Por su parte, Solís *et al.* (2016) en su artículo cuyo **objetivo** es la evaluación de los humedales artificiales de libre flujo y superficiales en la mitigación de la contaminación de aguas residuales utilizados en diferentes especies de vegetación. La **metodología** de estudio fue explicativa, experimental. Los **resultados** evidenciaron que el análisis de KruskalWallis unidireccional muestra grandes diferencias de significancia entre la turbidez media y las variables de color de los diferentes tratamientos de HA evaluados ($P < 0,001$), siendo que el humedal que presento mejor eficiencia en la mitigación de contaminación de las aguas residuales fue la que se utilizó en el libre flujo (*T. domingensis*) turbidez, color, DQO, DBO5, NT, PT y TSS son 83.4, 91.1 97.1, 97.2, 97.5, 97.7 y 97.8 % correspondientemente. Seguido de los humedales subsuperficiales con *P. paniculatum* con tasas de remoción de 52,2, 71,5; 92,7, 93,0, 94,8; 94,7 y 94,8%, correspondientemente. Los humedales de flujo libre que utilizan crucíferas y los humedales de flujo subterráneo que utilizan artrópodos mostraron la menor eficiencia de eliminación de contaminantes. El tiempo de retención hidráulica es de 5,5 días y 7,5 días, respectivamente. **Concluyendo** que los resultados obtenidos comprueban que los humedales de libre flujo son necesarios para el tratamiento de aguas residuales y así mantener una baja generación de gases de efecto-invernadero.

En ese sentido, López (2016) cuyo **objetivo** es evaluar estacionalmente la eliminación de materia orgánica y nutrientes en aguas residuales tratadas con juncos y galones de *Lactobacillus* en humedales subterráneos construidos horizontalmente, y determinar la ocurrencia de actividad genética microbiana del metano que se adhiere a los portadores de partículas, contribuyendo así a la

producción de metano. **Su metodología** de estudio fue de tipo aplicada, cuantitativa, experimental y explicativa. En los **resultados** se implementaron cuatro sistemas piloto de humedales de flujo horizontal subsuperficial (HSSF) a escala piloto, con una superficie de 4.5 m², un nivel de agua de 0.4 m, grava como material de soporte y siembra de Phr y Sch (18 especies de plantas). Asimismo, se evidenciaron que las eficiencias de eliminación de HSSF cultivado por Phr y Sch en DBO₅, DQO, sólidos, NT y PT fueron del 70 al 80%, del 41 al 73%, del 70 al 95%, del 21 al 23%, del 5 al 7% respectivamente. Por el contrario, existe evidencia de que no existe una diferencia significativa en la eficiencia de remoción de los parámetros monitoreados entre las estaciones fría (11 ° C) y cálida (21 ° C). Sin embargo, existen diferencias significativas a lo largo del tiempo operatorio. Se **concluye** que se acepta parcialmente la hipótesis de trabajo propuesta, debido a que el sistema de humedales artificiales no muestra comportamientos diferentes relacionados con la estacionalidad o las macro plantas utilizadas.

Asimismo, en el artículo de Vizcaíno y Fuentes (2016) con el **objetivo** de comprender las capacidades alternativas de los sistemas biológicos potencialmente aplicables. El propósito fue reducir la carga contaminante de las aguas residuales domésticas en San Juan del Cesar, en el laboratorio se evaluaron los efectos del pasto *Eisenia foetida* y *Eichhornia crassipes* sobre la remoción de materia orgánica, nutrientes y patógenos. Se analizaron 30 muestras, sólidos totales (ST), sólidos suspendidos totales (SST), turbidez, demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO), nitrógeno total, fosfato, coliformes totales y concentración de *Bacillus* en intestino grueso. 10 por sistema. En los tratamientos aplicados, existen diferencias significativas en la tasa de remoción de materia orgánica, nutrientes y coliformes. La matriz de correlación de Pearson muestra que existe una relación directa entre la remoción de ST y la reducción de DQO, la concentración de coliformes totales y *E. coli* $p \leq 0.01$. Finalmente, la prueba HDS Tukey confirmó T3, excepto Para DBO, el efecto del tratamiento es mejor y la variable analizada $p < 0,05$. **Concluyendo** que la *E. foetida* y la *E. crassipes* son especies con gran capacidad para la reducción de la carga orgánica presente en efluentes residuales domésticos.

En trabajos previos como Antecedentes Nacionales, según Segura y Rocha (2019), el **objetivo** fue determinar el uso de especies de carrizo (carrizo) de rellenos sanitarios diluidos en aguas residuales para remover fisicoquímicos y lixiviados mediante biodigestantes y humedales construidos de flujo subterráneo horizontal. La **Metodología** es de tipo aplicada, experimental, cuantitativa explicativa. El **resultado** de la investigación se inició con el muestreo y análisis de los componentes físicos, químicos y microbiológicos del lixiviado. Luego, con base en la tasa de flujo del afluente y la demanda biológica de oxígeno, se diseñó un humedal construido a escala piloto y un sistema de tratamiento a escala piloto. En un tanque de almacenamiento, la concentración de dilución del lixiviado es de 1% y 3%, y el consumo de agua es de 100 litros. También incluye un tanque de digestión biológica y un humedal construido, que se utilizan como tratamiento primario y secundario respectivamente. Los resultados del análisis muestran que existen diferencias significativas en los parámetros físicos, químicos y microbiológicos antes y después del tratamiento la eficiencia de remoción de DBO5 es del 79%, 59% y 57%, respectivamente. Los coliformes resistentes al calor alcanzaron 85, 99 y 99,9% a una concentración de 1% a los 5, 10 y 15 días, y la DBO5 también alcanzó 86, 81 y 39% a una concentración de 5, 10 y 15 días; a una concentración del 3%, al 5, 99 y 99,9%, respectivamente 10. Dentro de los 15 días, 99, 99, 85% de bacterias coliformes resistentes al calor. La **conclusión** es que la remoción de contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos de lixiviados diluidos en aguas residuales a través de agentes de digestión biológica y humedales construidos de flujo subterráneo horizontal es altamente eficiente y ha demostrado ser una alternativa ambiental viable y sostenible

Para, Hernández (2017) que indicó que su **objetivo** fue evaluar los efectos de la humedad artificial en las especies achira (*Canna indica*) y carrizo (*Pragmites australis*) en la zona urbana del distrito de Chalamarca. La **metodología** tipo aplicada, diseño experimental, nivel explicativo, enfoque cuantitativo, como **resultado**, se puede estimar que la tasa de remoción de Carrizo (*Pragmites australis*) tiene una ligera ventaja sobre HA2, con la eficiencia de remoción de BBO5, DQO, SST, grasa y coliformes resistentes al calor 87.21%, 92.64%, 88.31%, 72,87%, 99,93%. El humedal, utilizado en la especie Achira (*Canna indica*) para eliminar 85,09%, 91,92%, 89,23%, 69,16%, 99,93% respectivamente.

La **conclusión** es que los humedales artificiales con estas especies de plantas son apropiados y efectivos porque son fáciles de esparcir, acumular y tolerar el agua contaminada. El análisis estadístico muestra que los dos humedales no presentan diferencias significativas en la depuración, por lo que se infieren estos dos humedales. Las especies son relativamente similares.

En la investigación de Torres (2017) cuyo **objetivo** de este estudio es evaluar los humedales artificiales que utilizan especies de Typha para el tratamiento de cenizas artificiales de aguas grises domésticas, la **metodología** aplicada, experimental. Se establecieron dos tipos de humedales construidos subterráneos verticales y tres tipos de sustratos (arena fina y arena gruesa). A excepción de la especie Typha (*Dypha dominguensis*) extraída del pantano de Ventanilla, los dos humedales tienen el mismo tamaño, el mismo sustrato y están colocados en una capa de 10 cm de altura. En los **resultados** evidenciaron que cada parámetro es respectivamente (DBO5 99,92%, DQO 99,80%, SST 99,62%, turbidez 99,45%, pH 18,13%, igual a 7,45, fósforo total (P) es 99,98%, lo que muestra que existen especies de espadaña. **Concluyendo** que el humedal artificial tiene suficiente influencia en el tratamiento de las aguas grises domésticas, por lo que el agua tratada se puede reutilizar como agua tipo 3. Agua de riego de acuerdo con los estándares de calidad ambiental.

Asimismo, Torres *et al.* (2017) el **objetivo** de la indagación es establecer la eficiencia en las variedades de papiro juncia y carrizo en el procedimiento de aguas residuales de humedales construidos en la escala piloto de libre flujo superficial (FLS) del agua de riego Carapongo-Lurigancho. La **metodología** siendo aplicada, cuantitativa y experimental. Los **resultados** mostraron que la demanda bioquímica de oxígeno (270 mg / l); coliformes totales y coliformes resistentes al calor (16x10⁷ NMP / 100ml), pH (7.8); temperatura (21° C), turbidez (130 NTU) Los cálculos necesarios, como el tamaño del sistema, el tiempo de retención hidráulica y el caudal, son versiones adaptadas de Crites y Tchobanoglous, y se denominan pequeños sistemas descentralizados de tratamiento de aguas residuales. De acuerdo con la categoría 3: Agua de riego para bebidas vegetales y animales de ECA DS 002-2001.MINAM, los parámetros deben ser: DBO (15ml/L), coliformes totales (5,000 MPN / 100ml) y coliformes

resistentes al calor (1,000 MPN) / 100ml), pH (6,5-8,5). La tasa de remoción efectiva del sistema de humedales es del 80%. Para determinar la eficiencia de la especie, la tasa de remoción de masa de DBO del papiro es mayor, la turbidez es 77% mayor que la de la caña y la caña es 30 % superior a la turbidez. **Concluyendo** que, aunque la eliminación de los parámetros microbianos y la demanda bioquímica de oxígeno es eficaz, todos los parámetros se reducen entre un 80% y un 89%, pero estos resultados aún no están en consonancia con el ECA para el riego de vegetales. Por lo tanto, para que la eficiencia del humedal sea completamente efectiva, es necesario adoptar primero otro método de remoción.

Con respecto a los conceptos y teorías de las variables se consideró a autores representativo como: Marín y Óses (2013) Los humedales artificiales son considerados filtros biológicos, compuestos con grava y vegetación adaptable en el lecho de agua, el flujo del agua circula para su tratamiento natural de depuración, donde los microorganismos son las encargadas de realizar el proceso en la degradación de los residuos contaminantes. Pueden considerarse también como procesos físicos, químicos y biológicos donde la vegetación cubre el área inundada y va consumiendo los nutrientes donde van incrementándose de acuerdo a las condiciones propias del lugar, naturalmente estas aguas deben ser adaptables a las condiciones de humedad. La vegetación es la encargada de cumplir el proceso de oxigenación en el lecho de la laguna transportándolo a través de sus raíces liberando oxígeno y estos microorganismos puedan continuar el proceso de descomposición. Estos nitritos y nitratos que proceden en la degradación de la materia orgánica va ser nutrida a las plantas a través de sus raíces donde realizan la simbiosis de planta y bacteria. (p.141)

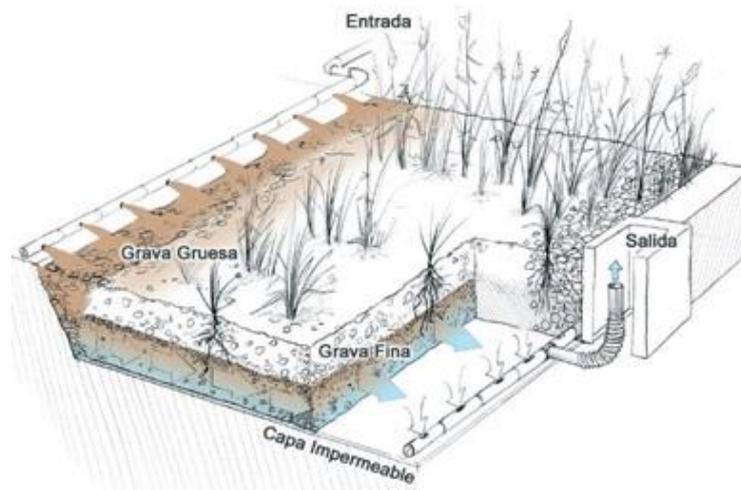


Figura 1. Esquema general del funcionamiento y elementos de un Humedal Artificial

La clasificación de humedal artificial es: humedal artificial de flujo superficial se refiere a un sistema en el que el agua circula preferentemente a través de los tallos de las plantas y está directamente expuesta a la atmósfera. Este tipo de humedal es una mejora del sistema tradicional de lagunas. Tienen una profundidad pequeña (no más de 0,6 m) y tienen vegetación (Delgadillo *et al.*, 2010). En lo que al paisaje se refiere, dado que el sistema puede albergar varios peces, anfibios, aves, etc., es muy deseable. Debido a las complejas asociaciones biológicas creadas y establecidas, pueden convertirse en atractivos turísticos y lugares de análisis para diferentes disciplinas (p.9).

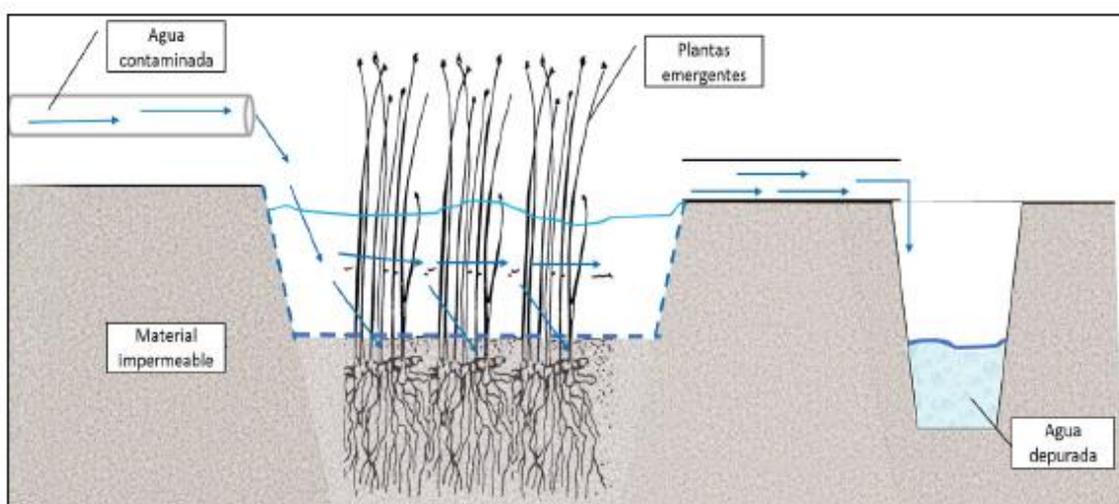


Figura 2. Humedal artificial de flujo Superficial

Fuente: (Alarcón, Zurita, Lara y Vidal, 2018, p.20).

Los humedales construidos con flujo subterráneo se caracterizan porque el agua circula a través de un medio granular (subterráneo) y la profundidad del agua es cercana a 0,6 m. Las plantas se siembran en este medio granular y el agua entra en contacto con los rizomas y las raíces de las plantas (p.9)

Asimismo, Marín y Osés (2013) definen que los humedales de flujo subsuperficial según circulación de agua del humedal subterráneo no es visible debajo de la grava, y la profundidad es de 0,30 metros. Tienen una entrada en el límite del lecho, que puede introducir aguas residuales en el lugar donde se utilizan las plantas macrofitas y colocar en un punto estratégico, esto ayuda a eliminar los contaminantes. Los microorganismos se adhieren a los componentes de los desechos junto con las raíces de las plantas. Sintetizar la materia orgánica y eliminar la materia orgánica del agua contaminada y utilizarla en las zonas rurales. Hay 2 versiones de humedales construidos móviles subterráneos (p.142)

Para otros autores los “Humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal y vertical definen que la hondura del lecho va a partir de 0.45 a 1 m y tiene una pendiente característica de 0 a 5 %” (Alarcón *et al.*, 2018, p.20).

Según Naciones Unidas (2008), se denomina humedal de flujo horizontal porque las aguas residuales se descargan cuando ingresan y fluyen lentamente a través de la matriz porosa debajo del área del lecho en un recorrido más o menos horizontal hasta llegar a la zona de desagüe. A lo largo del proceso, las aguas residuales entran en contacto con la red de regiones anaeróbicas, aeróbicas y anóxicas. Las áreas aeróbicas están ubicadas cerca de las raíces y rizomas de la vegetación de los humedales, liberando oxígeno al sustrato (p.7).

Asimismo, ONU-HABITAT (2008) define que cuando las aguas residuales pasan por la rizosfera, deben limpiarse mediante degradación microbiana y diferentes procesos físicos y químicos. Los humedales de flujo horizontal pueden eliminar eficazmente los contaminantes orgánicos (TSS, BOD5 y DQO) en las aguas residuales. Dado que la transferencia de oxígeno dentro del humedal es muy pequeña, la eliminación de nutrientes (especialmente nitrógeno) es limitada.

Sin embargo, el humedal de flujo horizontal elimina el nitrato existente en las aguas residuales (p.7)

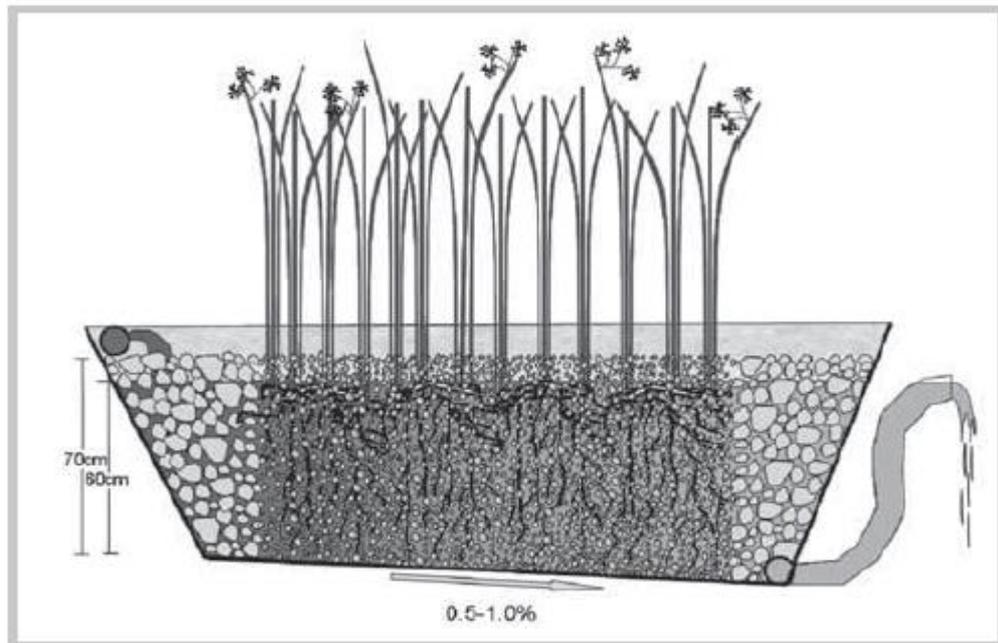


Figura 3. Humedal subsuperficial de flujo horizontal (pendiente 0.5% a 1%)
Fuente: (Delgadillo et al. 2010, p.10)

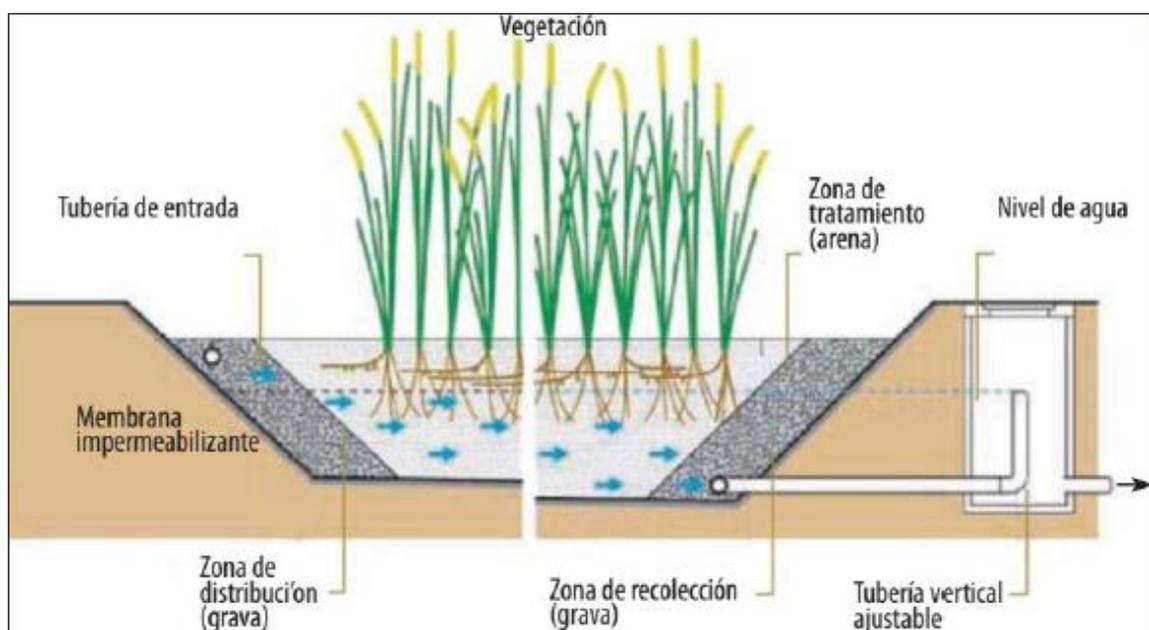


Figura 4. Humedal artificial subsuperficial de flujo horizontal

Fuente: (ONU-HABITAT, 2008, p.8)

Según ONU-Habitat (2008) los humedales subterráneos de flujo vertical están formados por lechos de arena plana o grava pavimentados con arena o grava y vegetación. Las aguas residuales se descargan a la parte principal, luego se filtran a través de un lecho filtrante y luego se recolectan a través de una red de drenaje ubicada en la parte inferior (p.8)

De manera similar, ONU-Hábitat (2008) señaló que el líquido se escurre gradualmente a través del lecho y es recolectado por una red de drenaje ubicada en la parte inferior. El lecho se vacía por completo hasta que no hay líquido, lo que permite volver a llenarlo de aire. La siguiente dosis de líquido capturarán este aire y, junto con la aireación provocada por la rápida presencia de líquido en el lecho, producirá una buena transmisión de oxígeno, haciendo posible la nitrificación (p.9)

Según ONU-Habitat (2008), la difusión de oxígeno en el aire generado por el sistema de escape intermitente contribuye a la oxigenación del lecho filtrante en mayor medida que el oxígeno transferido a través de la fábrica. Muestran una mayor capacidad de transferencia de oxígeno, lo que conduce a una buena nitrificación; buena nitrificación; son mucho más pequeños que los sistemas de flujo horizontal; tienen la capacidad de eliminar eficazmente DBO5, DQO y patógenos (p.9)

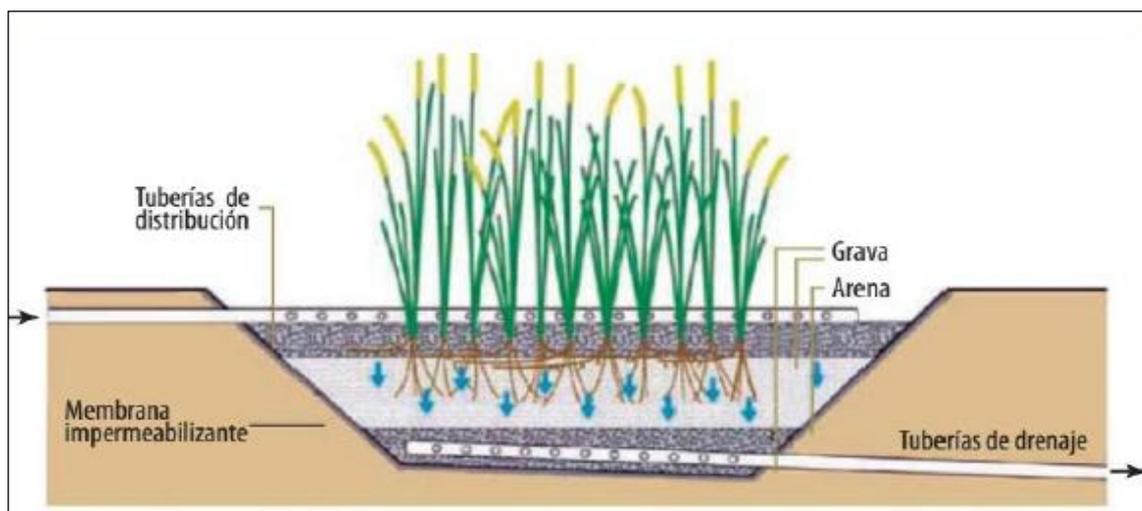


Figura 5. Humedal artificial subsuperficial de flujo vertical
Fuente. (ONU-HABITAT, 2008, p.8)

Los humedales artificiales, presentan diversos tipos. Primero se realizará la comparación de un humedal artificial de flujo superficial y subsuperficial.

	Flujo superficial	Flujo subsuperficial
Tratamiento	Tratamiento de flujos secundarios (aguas ya tratadas por otros medios, ej. Lagunas, biodiscos, fangos activados, etcétera).	Para tratar flujos primarios (aguas pre tratadas ej. Tanques IMHOFF, pozos sépticos).
Operación	Opera con baja carga orgánica	Altas tasas de carga orgánica.
Olor	Puede ser controlado	No existe
Insectos	Control es caro	No existe
Protección térmica	Mala, las bajas temperaturas afectan al proceso de remoción	Buena, por acumulación de restos vegetales y el flujo subterráneo el agua mantiene una temperatura casi constante
Área	Requieren superficies de mayor tamaño	Requieren superficies de menor tamaño
Costo	Menor costo en relación al subsuperficial	Mayor costo debido al material granular que puede llegar a incrementar el precio hasta un 30%
Valor ecosistema	Mayor valor como ecosistemas para la vida salvaje, el agua es accesible a la fauna	Menor valor como ecosistema para la vida, el agua es difícilmente accesible a la fauna.
Usos generales	Son de restauración y creación de nuevos ecosistemas	Tratamiento de aguas residuales, principalmente para casas aisladas y núcleos menores de 200 habitantes.
Operación	Son tratamientos adicionales a los sistemas convencionales (usadas para tratamiento terciario y mejoramiento de calidad agua)	Puede usarse como tratamiento secundario.

Figura 6. Comparación entre diferentes sistemas de flujo humedal.
Fuente: (Delgadillo et al., 2010, p.19).

	HORIZONTAL	VERTICAL
Funcionamiento	Continuo	Discontinuo
Estado oxidación	Más reducido	Más oxidado
Eficiencia	Más superficie	Menos superficie
Carga superficial	4-6 g DBO5/m2·d	20-40 g DBO5/m2·d
Nitrificación	Complicada	Se consigue
Operación	Sencilla	Más compleja

Figura 7. Comparación entre humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal y vertical.

Fuente: (Folch, s.f, como se citó en Delgadillo et al., 2010, p.20).

Según Delgadillo *et al.* (2010) los humedales artificiales están compuestos por 3 elementos, los cuales son: Sustrato (medio granular), arenilla, cascajo, piedra, sedimentaciones y residuo de vegetación acumulados en el humedal debido a la extensión biológica, asimismo los autores indica que las características principales de los humedales artificiales deben tener la filtración suficiente para permitir el paso del agua. Esto requiere el uso de suelo granular, principalmente grava seleccionada, con un diámetro de unos 5 mm y una pequeña finura (p.12).

Asimismo, Hoffmann *et al.* (2011) citan a Alarcón *et al.* (2018) aduciendo que el sustrato es un material más utilizados en los humedales y en cultivos de invernadero. Su función debe apoyar el desarrollo de plantas y ecosistemas, y ser capaz de integrar total o parcialmente los siguientes recursos: arena, grava, suelo, composta (p.21)

Las macrofitas según Meerhoff y Mazzeo (2004) suelen denominarse plantas acuáticas, son formas de vegetación que se encuentran en los ecosistemas acuáticos y tienen una importancia muy importante porque determinan las características físicas y químicas del agua y su composición. Desarrollar otras sociedades biológicas regulando los intercambios entre ecosistemas terrestres y acuático (p.15)

Las macrofitas acuáticas son vitales para la etapa de formación de nutrientes del ecosistema de humedales, además de tener un impacto importante en la purificación del agua y el mantenimiento del equilibrio ecológico de los humedales. Esta vegetación acuática regula la estabilidad de los nutrientes en los cuerpos de agua al absorber, absorber y recolectar recursos como carbono, nitrógeno y fósforo (Lan, *et al.* 2010, p.1645).

La presencia de micrófitos en los ecosistemas acuáticos está regulada por la duración de las inundaciones, la turbidez del agua y el tamaño de la radiación lumínica, la salinidad, la naturaleza del sustrato, la concentración de nutrientes, la temperatura y la profundidad del agua (García *et al.* 2009, p.10).

Sobre los microorganismos según Delgadillo *et al.* (2010) señaló que los microorganismos se encomiendan a la realización de procedimientos biológicos. En la parte superior del humedal, el oxígeno liberado por las raíces de las plantas y el oxígeno atmosférico sobresale, formando colonias microbianas aeróbicas. De

manera similar, en el resto del lecho de partículas, dominarán los microorganismos anaeróbicos. El principal proceso de los microorganismos es la degradación de la materia orgánica, la inhibición de nutrientes y oligoelementos. Las instalaciones sanitarias deben ser consideradas como los principales microorganismos presentes en los humedales: bacterias, levaduras, hongos y protozoos (p.22).

Mientras que la capacidad de las ocupaciones microbianas según Delgadillo *et al.* (2010) demostraron que convertían grandes cantidades de sustancias orgánicas e inorgánicas en sustancias inofensivas e insolubles. Cambian las condiciones potenciales para reducir y oxidar el sustrato, lo que perjudica la función del proceso del humedal; de manera similar, debido a la actividad biológica, muchos contaminantes se convierten en gases y se liberan a la atmósfera (p.22)

Asimismo, los contaminantes se eliminan según el método de Delgadillo *et al.* (2010) muestra que en los humedales artificiales se han desarrollado diferentes mecanismos para eliminar los contaminantes de las aguas residuales y que tienen su lugar diversos procesos biológicos, químicos y físicos. Por tanto, las ventajas y relaciones de cada elemento involucrado son muy complicadas (p.22).

Parámetro evaluado	Mecanismos de remoción
Sólidos suspendidos	- Sedimentación/filtración
DBO	- Degradación microbiana (aeróbica y anaeróbica). - Sedimentación (Acumulación de material orgánica/lodo en la superficie del sedimento)
Nitrógeno Amoniacal	- Amonificación seguida por nitrificación y desnitrificación amoniacal - Captado por la planta
Patógenos	- Sedimentación/filtración - Declinación - Radiación ultravioleta - Excreción de antibióticos por las raíces de las macrófitas

Figura 8. Mecanismos de remoción de contaminantes en humedales artificiales

Fuente: (Brix 1993, como se citó en Delgadillo *et al.*, 2010).

Sobre sólidos en suspensión, Delgadillo et al. (2010) demostraron que los residuos viales que no fueron removidos en el trámite preliminar mediante filtración y sedimentación. Es decir, son viables por las raíces de las micro plantas y el sustrato, son las raíces las que reducen la velocidad del agua y facilitan estos dos procesos (p.24)

De la misma forma, la materia orgánica o DBO5 es producida por microorganismos adheridos a raíces y sedimentos (biopelícula o biofilm) (Brix en Kolb, como se citó en Delgadillo *et al.* 2010, p.25). Asimismo, las Bacterias según Delgadillo *et al.* (2010) demostraron que a través de procesos físicos como filtración, precipitación y adición; procesos biológicos como depredación y ataque de bacteriófagos, actividades de bacterias y lisovirus, competencia nutricional y muerte natural; procesos químicos como oxidación, adsorción y exposición a toxinas fijadas por otros microorganismos y se excreta de las raíces de las plantas. Cuanto mayor sea el tiempo de retención hidráulica, mayor será la eficiencia de remoción que se logrará (p.61)

Mientras que la vegetación según Delgadillo et al. (2010) señalaron que la capacidad de la vegetación de los humedales en realidad está definida por raíces enterradas y rizomas. Las plantas son autótrofas fotosintéticas, es decir, recolectan energía solar para convertir el carbono inorgánico en orgánico. También demostraron que tienen la capacidad de transferir oxígeno de la atmósfera a través de las hojas y los tallos al entorno donde se encuentran las raíces. El oxígeno produce una zona aeróbica en la que los microorganismos utilizan el oxígeno disponible para producir diferentes grados de degradación orgánica y nitrificación (p.21)

Características de las 2 plantas Macrofitas usadas en los humedales artificiales. Según Ecured (2017) sobre la descripción de la planta carrizo o carrizo común (*Phragmites australis*) una planta en el núcleo de la familia de las gramíneas, especialmente las *Phragmites*. Nombres genéricos: Caña, carricillo, junco, jiscas, manchega, sisca. Distribución y hábitat: a menudo crece en el suelo húmedo de cursos de agua y lagunas. Suelen formarse en ríos y arroyos, especialmente en caminos más bajos, donde la velocidad del flujo del agua les permite fijar sus sistemas de raíces. Puede soportar altas concentraciones de sal

y contaminantes en agua y suelo, requiriendo suelos fangosos de 5 dm de profundidad, por lo que es posible encontrarlos en áreas llenas de agua de diferentes fuentes. Características: Es una planta perenne, el rizoma de tallos rastreros puede crecer en la zona buscando agua. Puede alcanzar 4 m de altura y 2 cm de diámetro, y finalmente presenta una enorme inflorescencia desde el tallo.

Nombre Científico	Familia	Nombre (s) común (es)	Características sobresalientes	Distancia de siembra	Penetración de raíces en grava	Temperatura C		Salinidad ppt	pH
						Deseable	Germinación de semillas		
<i>Phragmites spp australis más común</i> 	Gramínea	Carrizo	Anuales Altos Rizoma perenne extenso Plantas acuáticas usadas más extensas Pueden ser más eficaces en la transferencia de oxígeno porque sus rizomas penetran verticalmente y más profundamente. Son muy usadas en humedales porque ofrecen un bajo valor alimenticio	60 cm	40 cm por lo que es recomendable para sistemas de flujo subsuperficial	12-23	10-30	45	2 – 8

Figura 9. Características de la planta macrofita (carrizo)

Fuente: (Extractado de Lara, 1999, como se citó en Delgadillo et al., 2010, p.21)

La descripción de la planta (*Schoenoplectus californicus*) es una especie de planta. Debido a esta planta, la antigua cultura prehispánica está creando barcos y cruzando el océano, construyendo casas a lo largo de las islas flotantes de la Puna, y enormes puentes colgantes. El cañón proporciona apoyo para el caballito de caña. Nombres comunes: Totora, Junco, Totora y batro. Distribución y hábitat: "Tola es una planta silvestre y cultivada que crece en las lagunas, marismas, Varsovia y Valsáres en la costa y sierra del Perú, desde el océano hasta una altitud de 4000 metros sobre el nivel del mar. Característica: "Esta es una hierba acuática perenne. Es fácil de operar y puede medir una altura de 4 m. Al menos la mitad está sumergida bajo el agua y la otra parte está por encima del área.

Nombre Científico	Familia	Nombre (s) común (es)	Características sobresalientes	Distancia de siembra	Penetración de raíces en grava	Temperatura C		Salinidad ppt	pH
						Deseable	Germinación de semillas		
<i>Scirpus spp</i> 	Ciperácea	Totora	Perennes Crecen en grupo Plantas ubicuas Crecen en aguas costeras, interiores salobres y humedales Crecen bien en agua desde 5 cm hasta 3 m de profundidad	30 cm	60 cm por lo que es recomendable para sistemas de flujo subsuperficial	18-27		20	4 – 9

Figura 10. Características de la planta macrofita (totora)

Fuente: (Extractado de Lara, 1999, como se citó en Delgadillo et al., 2010, p.21)

La Fitodepuración, para De Miguel *et al.* (2019) se refiere a la disminución o supresión de contaminantes en aguas residuales a través de una serie de complejos procesos biológicos y físicos y químicos, con la participación de plantas en ecosistemas acuáticos. La depuración de las plantas se produce de forma natural en el ecosistema de agua contaminada, a excepción del denominado agua de autopurificación, que es un método tradicional para restaurar la calidad del agua. Este proceso ocurre tanto en humedales naturales como en humedales artificiales (p.61)

Sobre el agua residual según Delgadillo *et al.* (2010) señalaron que las aguas residuales son una especie de aguas residuales del sistema de abastecimiento de agua de la población. Después de ser modificado, se puede usar en ocupaciones domésticas, industriales y comunitarias, y luego recolectarlos a través de la red de alcantarillado y luego conducirlos a los humedales (p.19)

Asimismo, según la planta de tratamiento de Marín y Osés (2013), una planta de tratamiento de aguas residuales es un conjunto de edificios y unidades en las que se eliminan total o parcialmente los contaminantes del agua. Esto se logra mediante la implementación de varios procesos que se organizan o combinan en orden de dificultad creciente, así como aquellas versiones que pueden poner requisitos específicos en el programa a un precio menor y mayor eficiencia, por otra parte, la característica de las aguas residuales viene siendo un líquido gris turbio, y de mal olor. También se observan grandes sólidos flotantes (heces, papel, basura de cocina, etc.) (p.88).

CONTAMINANTE	PARÁMETRO	EFFECTOS / IMPORTANCIA	ORIGEN
Basura	Basura	Impiden los usos del cuerpo de agua Efectos estéticos	Residuos domésticos Deficiencia en los sistemas de recolección de basura Arrastres pluviales
Arenas	Arenas	Producen azolves Erosión de equipo mecánico	Arrastres pluviales
Grasas y aceites	Grasas y aceites	Impiden el paso de luz y oxígeno Se adhieren a superficies de tanques y equipos	Residuos domésticos Residuos de restaurantes, mercados, industrias, etc.
Material suspendido	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Producción de azolves Se descomponen generando olores	Residuos domésticos (materia fecal) Residuos de restaurantes, mercados, industrias, etc.
Materia orgánica	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₂)	Agotan el oxígeno disuelto, impidiendo la vida acuática En ausencia de oxígeno disuelto, generan olores (septicidad)	Residuos domésticos (materia fecal y comida) Residuos de restaurantes, mercados, industrias, etc.
Microorganismos patógenos	Coliformes fecales	Transmiten enfermedades; cólera, hepatitis, diarrea, amibiasis, etc.	Residuo fecal humano y animal
Nutrientes	Nitrógeno (N) y Fósforo (P)	Crecimiento de especies no deseadas en los cuerpos de agua; algas, lirio y maleza. Conocido como eutroficación	<i>Nitrógeno</i> : orina, materia fecal y fertilizantes <i>Fósforo</i> : detergentes y fertilizantes

Figura 11. Principales contaminantes de las aguas residuales

Fuente: (Marín y Osés, 2013, p.89).

Para Espigares *et al*- (1985) clasifican aguas residuales domésticas por consumo de agua potable: lavar platos, duchas, fregaderos, servicios de saneamiento, etc. Su calidad es bastante uniforme y notoria, y hay ligeros cambios en el nivel socioeconómico y cultural de la población, de igual forma, indican que son aguas utilizadas en procesos industriales y son subproductos contaminados debido a este uso. Su calidad ha cambiado demasiado y, básicamente, todas las industrias necesitan un análisis especial (p.126).

Tratamiento de aguas residuales: Son procesos combinados donde se usa los fronteras físicos, químicos y biológicos para depurar contaminantes existentes en las aguas residuales. Dichos procesos físicos en su generalidad permanecen delegados a borrar elementos o sustancias dañinas exponiéndose quizás de manera natural como es la situación de la gravedad y/o como filtros naturales, membranas o la radiación UV, liberándose elementos enormemente tóxicos como son la medicina y los pesticidas (UNESCO, 2017, pp. 45).

Esquema del tratamiento de aguas residuales

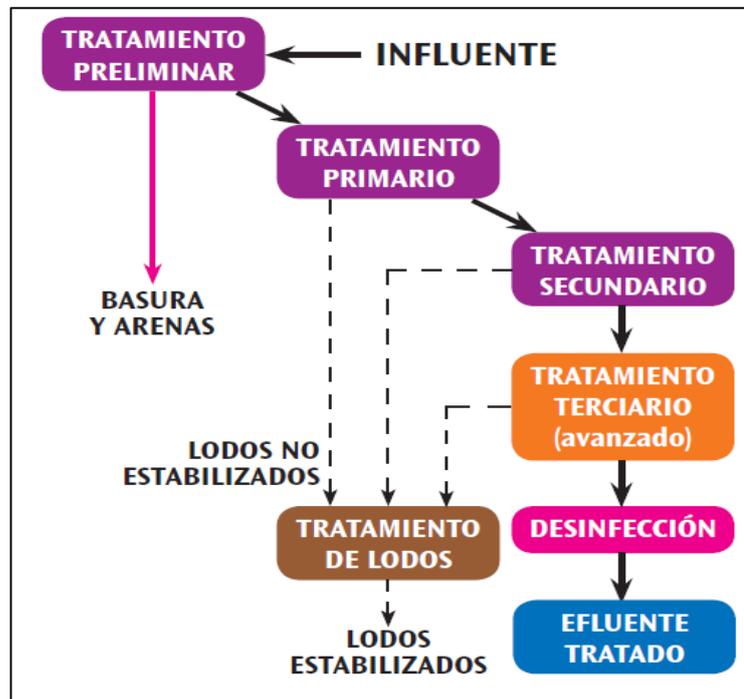


Figura 12. Esquema del tratamiento de agua
(Marín y Osés, 2013, p.89)

Clasificación de las etapas de tratamiento de las aguas residuales

ETAPA	OBJETIVOS DE TRATAMIENTO
Tratamiento preliminar (pretratamiento)	<ul style="list-style-type: none"> • Remoción de basura • Remoción de arenas • Regulación de caudal
Tratamiento primario	Remoción de material suspendido
Tratamiento secundario	Remoción de materia orgánica biodegradable
Tratamiento terciario	Mejorar el efluente de un tratamiento secundario: <ul style="list-style-type: none"> • Remoción de material suspendido • Remoción de nutrientes (N y/o P) • Remoción de otros contaminantes
Desinfección	Eliminación de microorganismos patógenos
Tratamiento de lodos	Producir lodo apto para su disposición final: <ul style="list-style-type: none"> • Remoción de contenido de agua • Producción de lodo que no se descomponga (lodo estabilizado)

Figura 13. Clasificación de las etapas de tratamiento

Fuente: (Marín y Osés, 2013, p.89)

Los Parámetros que deben controlarse, según Metcalf y Eddy (1996) la conductividad eléctrica (CE) del agua se utiliza como una medida indirecta de su concentración de rigidez de disolución total (TDS). Se expresa en Siemens por metro (S / m) (p.1296).

Aceites y grasas: Las grandes fuentes de contaminantes son los lubricantes, los combustibles fósiles y los combustibles industriales y domésticos. Estos peligrosos residuos cubren la capa superficial por sus características al mezclarse con el agua, evitando que los microorganismos eliminen la materia orgánica s (Unesco, 2017, p.14).

Coliformes: Son considerados termotolerantes por tolerar temperaturas bastante altas, los coliformes fecales y totales permanecen alojados en las heces de animales siendo uno de ellos la más notoria Escherichia Coli. Estas bacterias son las encargadas de transmitir vía fecal u oral patologías parasitarias que se van alojando en su mayoría en el sistema digestivo de animales y el propio hombre (Unesco, 2017, p.23).

Demanda Bioquímica de Oxígeno: Son fronteras cuya característica es medir la proporción de materia biodegradable con la proporción de oxígeno que necesita para hacer su descomposición en una fuente con agua (Unesco, 2017, p.11). Este proceso de oxidación nos permite determinar el grado de contaminación que pudiera existir en la fase de depuración y así dar sentencia en base a los datos obtenidos en los ensayos si es o no factible el proceso del tratamiento del agua residual.

Demanda Química de Oxígeno: Es un nivel de contaminación que no necesita ser controlada como los DBO, ya que su estimación de materia es sensible al proceso de oxidación con la materia orgánica (Unesco, 2017, p.11). Este proceso de oxidación por algunas sustancias químicas durante la depuración también es considerado como un grado de contaminación, es recomendable seguir el margen permisible que exigen las normas para poder darle un reúso de estas aguas cuando pasa el tratamiento.

Temperatura: La temperatura como parámetro del agua va ser prioritario puesto que va tomar cierta disponibilidad respecto a la vida de la vida de los microorganismos, la aceleración de reacción química y otros beneficios (Unesco,

2017, p.9). El clima y la geografía del lugar acondicionan e influyen directamente el proceso de depuración de las aguas residuales puesto que es importante identificar el lugar de trabajo. Entonces estas dos especies de plantas sometidas a ensayos en condiciones favorables de temperatura (ambiente tropical), permiten acelerar más la degradación de las cargas concentradas y lograr una mayor fluidez del agua tratada.

III. METODOLOGIA

3.1. Tipos y Diseño de Investigación

La presente investigación es de **tipo aplicada**, porque se empleará conocimientos teóricos existentes para poder solucionar un problema específico (Hernández *et al.*, 2014, p.25).

Según el diseño de investigación de Hernández *et al.* (2014) mostraron que la literatura sobre consultas cuantitativas es factible para encontrar diferentes clasificaciones de diseño. En este trabajo utilizamos la siguiente clasificación: consulta empírica y consulta no empírica. Al mismo tiempo, según las categorías clásicas de Campbell y Stanley (1966) el primero se puede clasificar en: pre-experimento, experimento puro y cuasi-experimento. La investigación no empírica se divide en diseño horizontal y diseño vertical (p.129)

La presente investigación será cuantitativa, de **diseño cuasiexperimental** ya que administra tratamiento y/o intervenciones sobre la variable con grupos intactos, el diseño será con preprueba y posprueba según esquema siguiente.

G1: O1.....XO2

G2: O1.....XO2

El Nivel de investigación según Hernández *et al.* (2014) La averiguación cuantitativa resulta de la revisión de la literatura y del punto de vista del análisis y están sujetas a las metas del investigador para combinar los recursos en el análisis y son: exploratorios, descriptivos, correlacionales y explicativos. (p.88)

Asimismo, Hernández *et al.* (2014) indican que para esta clase de estudios tiene como finalidad conocer la interacción o nivel de agrupación que exista entre 2 o más conceptos, categorías o cambiantes en una muestra o entorno en especial. A veces únicamente se examina la interacción entre 2 cambiantes, empero a menudo se encuentran en el análisis vínculos entre 3, 4 o más cambiantes. (p.93)

La presente investigación es de nivel correlacional ya que asocia conceptos y variables y cuantifica relaciones entre variables.

Para Hernández *et al.* (2014) el Enfoque de investigación Va a ser cuantitativo pues se rige con base a un orden secuencial determinante de los

procesos y deberán ser probatorios. Se inicia con la iniciativa a una preocupación, ésta se va estableciendo hasta ser delimitada enmarcada con base a las metas y a las cuestiones planteadas en la averiguación, planteamiento del problema, marco teórico, premisa, medición de las cambiantes para obtener resultados con base a procedimientos estadísticos donde van a ser emitidos a conclusiones con base a las conjeturas planteadas. (p.4)

Por lo tanto, tendrá un **enfoque cuantitativo** porque deberán ser probatorios en base a los datos tomados de las hipótesis planteadas para llegar a las conclusiones deseadas.

3.2. Variables y Operacionalización

Según Hernández et al. (2014) la **Variable** vienen hacer una propiedad fluctuante que es sometido a padecer cambios y variaciones al ser manipulado individuo a ser medido u visto. Una variable podría ser aplicada en objetos, personas, hechos y fenómenos donde son clasificadas, diferenciadas, seleccionadas, etc. (p.105).

Variable Independiente

- plantas Micrófitos

Variable Dependiente

- Tratamiento de Aguas Residuales

Para darle importancia a nuestras variables, tenemos que vincular nuestra variable independiente con la dependiente, donde la independiente estará sometida a manipulaciones durante el proceso de observación y comportamiento para ver la causa y los efectos que pueden encontrarse en nuestra variable dependiente ya sean favorables o no cuyo fin es nuestro objetivo.

Operacionalización de la variable

El cuadro de la Operacionalización de las variables se muestra dentro de los anexos (Anexo 04), donde se describe las variables, dimensiones, indicadores e instrumentos que se van a mencionar y/o utilizar.

3.3. Población, Muestras y Muestreo

Unidad de Análisis:

Nuestra unidad de estudio es el agua residual pues abarca todo el plan como el fin del análisis, donde se va examinar por medio de un proceso de procedimiento de depuración utilizando humedales artificiales con 2 tipos de plantas y después pasara a la evaluación de la calidad del agua tratada por medio de estudio de laboratorio.

Para Hernández *et al.*, (2014) la Población se debería implantar con claridad las propiedades poblacionales, con el fin de limitar cuáles van a ser las fronteras muestrales (p.174).

En este sentido se le considera como población a las aguas vertidas que fluyen:

DEPARTAMENTO	DISTRITO	POBLACION (CONDominio)	CAUDAL (l/s)
Apurímac	Huanipaca	25 hab.	0.0463
Apurímac	Tamburco	32 hab.	0.0593

Fuente: Elaboración propia

La población contempla a todo ámbito con menor a 2,000.00 habitantes denominado población rural.

Muestra:

Para Valderrama (2018) menciona lo siguiente:

“Es un subconjunto representativo de un universo o población” (p. 184)

La muestra será la extracción del agua residual (250ml) antes de someter la prueba como punto inicial y después de pasar por los humedales como punto final, de las cuales se van a analizar los resultados de ambos en base a los parámetros físicos, químicos y biológicos correspondientes. La muestra está constituida por 2 centros poblados con condiciones climáticas y geográficas distintas ubicadas en los distritos de Huanipaca y Tamburco en el departamento de Apurímac.

Muestreo:

Para Valderrama (2018) lo define de esta forma:

“Este es el proceso de seleccionar la parte representativa de la población, y se pueden estimar los parámetros generales” (p. 188-193)

En nuestro plan de análisis emplearemos el **muestreo no probabilístico intencional**, se quiere usar las muestras según nuestros propios criterios para que sean más prácticos y representarlos en nuestro trabajo.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Se ha empleado en este estudio la técnica denominada recolección de datos a la observación estructurada y al fichaje.

La observación estructurada es empleada al observar los hechos que han sido manipulados. El fichaje se utilizará para registrar datos en los instrumentos llamados fichas de recolección de datos, éstas serán las bases de datos bien elaboradas para lograr obtener una mejor información y facilita en no redundar los mismos gastos y el tiempo que son claves al elaborar una investigación (Valderrama, 2018, p. 194).

De acuerdo a lo anteriormente mencionado se utilizará las siguientes técnicas de recolección de información: Las fichas como instrumentos de recolección de datos serán mostrados en los anexos respectivamente (anexo 5, 6 y 7).

La otra técnica que emplearemos son la prueba estandarizada regida por las normas que están sometidas los laboratorios donde se van a realizar los ensayos para los resultados del agua residual antes y después del tratamiento.

Los instrumentos a emplear estarán sometidos a normas vigentes que van a aprobar los parámetros permisibles en el tratamiento de aguas residuales para garantizar la permisibilidad de la calidad del agua tratada durante el desarrollo de los ensayos.

Validez

Esta referido al grado de medida de una variable a través de un instrumento que pretende medir. “Juicio de expertos” serán los profesionales expertos y con más

trayectoria basado en sus experiencias quienes van a determinar la validación y confiabilidad del tema en estudio (Valderrama, 2018, p. 194).

Serán tres ingenieros civiles colegiados quienes validarán los formatos de recolección de datos mediante un nivel de porcentaje de aprobación anexo N°8.

Confiabilidad

Un instrumento de medición confiable está referida al grado de precisión y exactitud de la medida, de tal manera que cuando se realice la medición en varias oportunidades bajo las mismas condiciones a un determinado objeto obtendrá y mantendrá resultados similares (Hernández *et al.*, 2014, p. 200).

Es importante que los instrumentos pasen a la calibración de cada una de ellas y estén debidamente certificadas por instituciones o empresas, para garantizar que los ensayos del agua residual tratada tengan una seguridad de precisión en la medición de los resultados que se desean obtener.

3.5. Procedimientos

Para la investigación e interpretación de la información se procederá a recopilar información de campo por medio de las técnicas e aparatos antes definidas, después se seguirán los próximos pasos: (anexo 12)

Tratamiento de los datos: Se apoya en elaborar la información para facilitar su estudio siguiente, cuyas etapas son, codificación y almacenamiento de datos. En esta etapa se puede usar el programa Microsoft Excel

3.6. Método de Análisis de Datos

Se apoya en la votación del paquete estadístico, que por la naturaleza de la averiguación se optó por el programa SPSS y la exploración estadística de los datos cuyas pruebas van a ser prueba de medias (datos cuantitativos) y chi-cuadrado (datos cualitativos).

A continuación, en el cuadro siguiente se muestra los ensayos que se van a realizar en la Tabla:

Tabla 1

Ensayos y descripción de resultados de cada proceso

N°	Nombre del Ensayo	Unidad de Medición	Duración	Proceso
1	Ensayo de Temperatura del Agua	°C	1 día	Se va a determinar los resultados en la escala °C (S.I.) y dependerán de la zona y época del año en la que se realice la medición. Con este ensayo se busca establecer la temperatura ideal del agua residual tratada como un indicador.
2	Ensayo de Conductividad eléctrica	uS/cm	1 día	El agua tratada al contener residuos de sales inorgánicas en solución y dependiendo de su cantidad conducen corriente eléctrica, mediante este ensayo nos permite determinar la resistencia de la solución en el fluido, encontrando así la cantidad permitida en unidades (uS/mm) de conductividad eléctrica en el agua.
3	DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno)	mgO/L	5 días	En este ensayo la DBO se utiliza para determinar el grado de contaminación por la oxidación de enzimas producidas por microorganismos durante la respiración en el fluido, en base a esta medida encontramos la cantidad de DBO en el agua tratada como un indicador.
4	DQO (Demanda Química de Oxígeno)	mgO/L	5 días	En este ensayo la DQO se utiliza para determinar el grado de contaminación por oxidación de una sustancia química que oxida agente en un medio ácido, en base a esta medida encontramos la cantidad de DQO en el agua tratada como un indicador.
5	Ensayo de Ph	pH (0-14)	1 día	Este ensayo determina la acidez y la alcalinidad del agua tratada, lo que permitirá saber si está dentro del rango permisible de aceptación en la calidad del agua. Como resultado de la medida del pH siendo un indicador esencial, daremos una respuesta a nuestra hipótesis planteada.
6	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	2 días	En este ensayo se toma una muestra de agua residual y mediante la técnica de tubos múltiples del número más probable (NMP), se cuantificará los coliformes totales y fecales encontradas en el elemento en estudio y en base a esta medida encontramos el valor esperado en el agua tratada como un indicador a los coliformes termotolerantes.

3.7. Aspectos Éticos

Según Hernández (2006) indica que la indagación se sustente en los inicios de la ética, una vez que los sujetos de análisis sean personas, se va a tener presente el consentimiento anterior de los mismos para participar, tomándose presente todos los puntos establecidos al respecto. De igual manera, en este sentido, se debe tener en cuenta que, si la política pública hace factible la investigación, ¿es posible conocer el fenómeno, existen los recursos necesarios y los académicos son capaces de hacerlo? Tipo de análisis (si es relevante), seguido del consentimiento informado de las personas que participan en la encuesta (p.38)

La originalidad en la elaboración del presente trabajo de investigación, está determinada con argumentos, información extraída y citada por las fuentes bibliográficas que sustentan la veracidad del contenido, demostrando el principio de respeto de cada autor.

Las bases que formularon esta investigación se debe al gran aporte de conocimiento plasmado en los libros, revistas, tesis y otros que precedieron el estudio de mi investigación, por lo que también es deseo mío que este proyecto sirva como un antecedente de los próximos investigadores afinados al tema, sirviéndoles como guía de referencia para que elaboren sus propias investigaciones.

IV. RESULTADOS

Nombre del proyecto:

Análisis del uso de humedales artificiales empleando plantas macrofitas para el tratamiento de aguas residuales en el ámbito rural, Apurímac 2021

Localización del Lugar de Estudio

Ubicación geográfica:

Tabla 2: Distritos y sus respectivas coordenadas UTM

Distrito	Coordenadas UTM		Distrito	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte
Tamburco	730260.5	8495025.5	Huanipaca	725481.1	8507897.8
Tamburco	730248.5	8495025.6	Huanipaca	725460.3	8507928.7
Tamburco	730218.2	8494995.2	Huanipaca	725445.4	8507944.2
Tamburco	730206	8494983	Huanipaca	725418.4	8507953.7
Tamburco	730190.9	8494970.8	Huanipaca	725388.6	8507984.7
Tamburco	730169.8	8494964.9	Huanipaca	725436.8	8507999.6
Tamburco	730157.2	8494958.8	Huanipaca	725463.9	8508002.5
Tamburco	730125.1	8495005.2	Huanipaca	725491.3	8508039.1
Tamburco	730130.6	8494952.9			
Tamburco	730163.4	8494924.9			

Fuente: elaboración propia

Ubicación Política:

Departamento : Apurímac
Provincia : Abancay
Distrito : Tamburco
Ubigeo : 030109

Departamento : Apurímac
Provincia : Abancay
Distrito : Huanipaca
Ubigeo : 030105

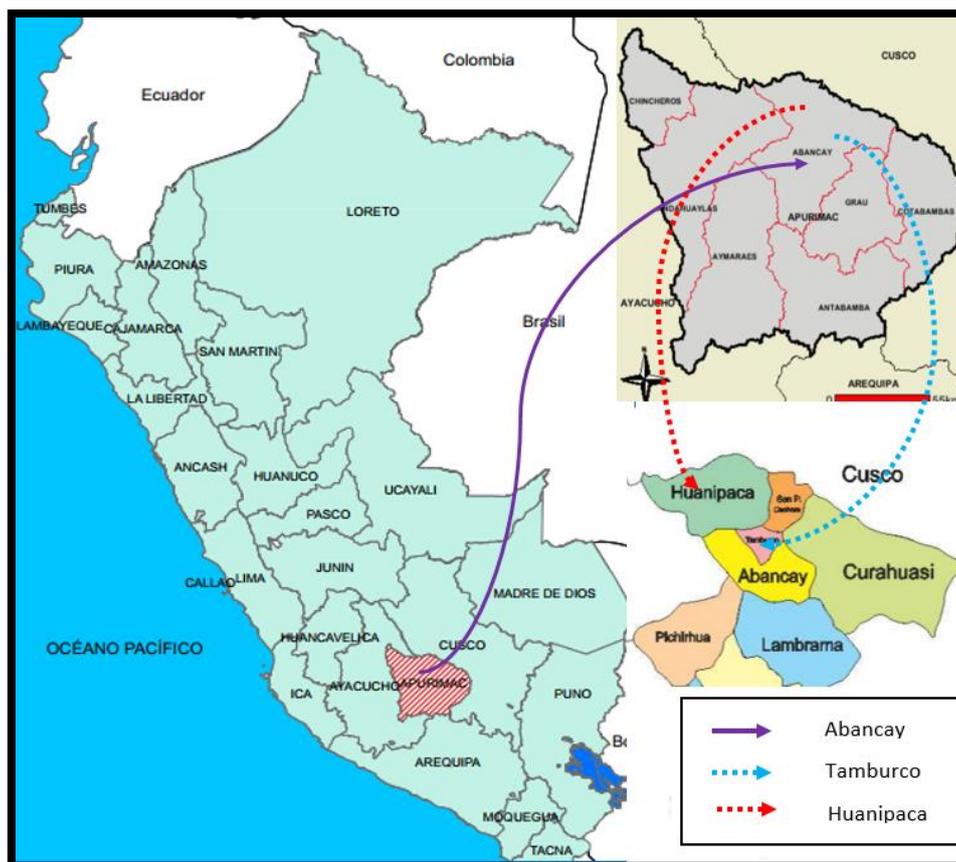


Figura 14. Mapa de la ubicación del proyecto

Trabajo de campo

Se realizó la recolección de información de los beneficiarios que tenían problemas con la infiltración del efluente del sistema de biodigestor para lo cual se realizó el registro de campo (Anexo N° 5). Seguidamente se realizó el ensayo de test de percolador con fin de conocer el tiempo de infiltración del efluente del biodigestor así mismo conocer el tipo de terreno.

Clase de Terreno	Tiempo de Infiltración para el descenso de 1 cm.
Rápidos	de 0 a 4 minutos
Medios	de 4 a 8 minutos
Lentos	de 8 a 12 minutos

Figura 15. Clasificación de los terrenos según resultados de prueba de percolación

Distrito de Huanipaca

Profundidad de poza: 1.70m

Coordenada : (E) 725445.4
(N) 8507944.2

Cota : 3245 msnm

Tabla 3: Resultado de test de percolación - Huanipaca

N°	Altura de descenso (cm)	Tiempo parcial de descenso (min)	Tiempo de infiltración para descenso de 1cm en minutos
1	2.1	10	4.77
2	1.9	10	5.26
3	1.7	10	5.88
4	3.1	30	9.68

Fuente: elaboración propia

El tiempo que tarda el agua en filtrar 1 cm es de 9.68 minutos donde se concluye que el terreno es de tipo de percolación lenta.

Distrito de Tamburco

Profundidad de poza: 1.10m

Coordenada : (E) 730190.9
(N) 8494970.8

Cota : 2645 msnm

Tabla 4: Resultado de test de percolación – Tamburco

N°	Altura de descenso (cm)	Tiempo parcial de descenso (min)	Tiempo de infiltración para descenso de 1cm en minutos
1	1.8	10	5.56
2	1.5	10	6.67
3	1.2	10	8.33
4	3.5	30	8.57

Fuente: elaboración propia

El tiempo que tarda el agua en filtrar 1 cm es de 8.57 minuto donde se concluye que el terreno es de tipo de percolación lenta.

Asimismo, se realiza el aforo de agua residual (afluente) para la obtención del caudal por el método volumétrico donde se obtuvo los siguientes caudales.

Tabla 5: Calculo del caudal por método volumétrico

Distrito de Huanipaca	Distrito de Tamburco
Caudal: Q= 0.0463 L/S Q= 4 m ³ /d	Caudal: Q= 0.0593 L/S Q= 5.12 m ³ /d

Fuente: elaboración propia

Seguidamente, se obtendrá muestras del agua residual domestico para enviar al laboratorio para ser analizados donde se realizarán seis parámetros físico – químicos.

Tabla 6: Resultado de laboratorio, afluente del humedal artificial.

Distrito de Huanipaca	Distrito de Tamburco
DBO ₅ = 91.61 mg/L	DBO ₅ = 98.45 mg/L
DQO = 158.13 mg/L	DQO = 164.57 mg/L
Ph = 7.35	Ph = 7.91
Conductividad =1742.46 uS/cm	Conductividad =1798.52 uS/cm
T = 21.98 °C	T = 23.50 °C
CT = 7.02x10 ⁶ NMP/100ml	CT = 8.09x10 ⁶ NMP/100ml

Fuente: elaboración propia

Una vez obtenido los resultados de laboratorio se realizará el cálculo del area de los humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal (Excel).

Datos de entrada:

Numero de sistemas = 1

Q del sistema = m³/d

DBO₅ entrada = mg/L

Tiempo hidráulico de resistencia = días (entre 3 – 6 días)

Pendiente del fondo del humedal = 2%

Profundidad del agua = h1 = m (entre 0.6 – 0.7 m)

Profundidad del medio = h2 = m (entre 0.75 – 1 m)

Conductividad hidráulica = k= m³/m².d

Medio	Tamaño efectivo mm	Porosidad	Conductividad hidráulica m ² /m ² .d
Arena media	1	0.30	500
Arena gruesa	2	0.32	1,000
Arena y grava	8	0.35	5,000
Grava media	32	0.40	10,000
Grava gruesa	128	0.45	100,000

Figura 16. Cuadro de la conductividad hidráulica

Porosidad del medio = e (valor de la tabla dependerá de la conductividad hidráulica)

Volumen del humedal

$$Vol H = (\text{tiempo hidraulico de resistencia} * \text{caudal}) m^3$$

Area superficial del humedal

$$As H = \frac{Vol H}{h1} m^2$$

Area transversal del humedal

$$At H = \frac{Q}{K * \frac{\Delta h}{\Delta L} * 0.1} m^2$$

Ancho del humedal

$$A H = \frac{At H}{h1} m$$

Longitud del humedal

$$L H = \frac{As H}{A H} m$$

$$Carga\ Orgánica\ del\ humedal = \frac{DBO_5\ entrada * Q * 0.001}{As H * 0.0001} kg \frac{DBO_5}{ha.d}$$

$$Carga\ Hidráulica\ Superficial = \frac{Q}{As H} \frac{m^3}{ha.d} = \frac{Q}{10000}$$

Distrito de Huanipaca

Dimensionamiento de Sistemas de Tratamiento en sitio.					
Tipo	Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial				
	DISTRITO DE HUANIPACA		25 habitantes		
Datos de entrada					
Número de sistemas en paralelo		1			
Caudal	0.0463 lps	4.00 m3/d			
Q por sistema	4.00 m3/d				
DBO5 entrada	91.61 mg/litro		*150 - 200 mg/lt		
NTK entrada	20.00 mg/litro				
Tiempo hidráulico de Residencia		5.6 días	* entre 3 - 5 días		
Pendiente del fondo del humedal Δh/ΔL		2 %	0.02 m/m		
Profundidad del agua h1	0.60 m		* entre 0,6 y 0,7 m		
Profundidad del medio h2	0.75 m		* entre 0,75 y 1 m		
Conductividad hidráulica K	5,000 m3/m2.d				
Porocidad del medio e	0.35				
Volúmen del humedal Vol h	22.40 m3				
Área Superficial Ash	37.33 m2				
Área Transversal Ath	0.40 m2				
Ancho del humedal Ah	3.00 m				
Longitud del humedal Lh	12.44 m				
Carga Orgánica del humedal	98.15 kg DBO /ha.d		OK		
Carga Hidráulica Superficial	1,071.43 m3/ha.d		OK		
Cte remoción DBO5 20°C K20	0.8595 d-1		Ko doméstica 1.839 d-1		
Cte de remoción NTK 20°C K	0.107 d-1		Ko industrial 0.198 d-1		
Carga de DBO5 efluente	0.744 mg/litro DBO5			Talud 1 3	
Carga de NTK efluente	10.985 mg/litro NTK		Áres por planta 0.16		

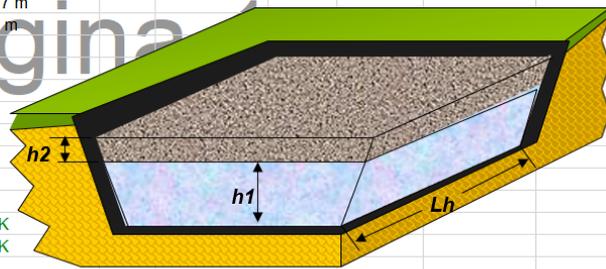


Figura 17. Calculo de las dimensiones del humedal artificial del distrito de Huanipaca en Excel

Distrito de Tamburco

Tipo		Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial					
DISTRITO DE TAMBURCO		32 habitantes					
Datos de entrada				Medio	Tamaño efectivo mm	Porosidad	Conductividad hidráulica m ² /m ² .d
Número de sistemas en paralelo		1		Arena media	1	0.30	500
Caudal	0.0593 lps	5.12 m ³ /d		Arena gruesa	2	0.32	1,000
Q por sistema	5.12 m ³ /d			Arena y grava	8	0.35	5,000
DBO5 entrada	98.45 mg/litro	*150 - 200 mg/lt		Grava media	32	0.40	10,000
NTK entrada	20.00 mg/litro			Grava gruesa	128	0.45	100,000
Tiempo hidráulico de Residencia	5.6 días	* entre 3 - 5 días					
Pendiente del fondo del humedal Δh/ΔL	2 %	0.02 m/m					
Profundidad del agua h1	0.60 m	* entre 0,6 y 0,7 m					
Profundidad del medio h2	0.75 m	*entre 0,75 y 1 m					
Conductividad hidráulica K	5,000 m ³ /m ² .d						
Porocidad del medio e	0.35						
Volúmen del humedal Vol h	28.69 m ³						
Área Superficial Ash	47.82 m ²						
Área Transversal Ath	0.51 m ²						
Ancho del humedal Ah	3.00 m						
Longitud del humedal Lh	15.94 m						
Carga Orgánica del humedal	105.41 kg DBO /ha.d	OK					
Carga Hidráulica Superficial	1,070.68 m ³ /ha.d	OK					
Cte remoción DBO5 20°C K20	0.8595 d-1	Ko doméstica	1.839 d-1				
Cte de remoción NTK 20°C K	0.107 d-1	Ko industrial	0.198 d-1				
Carga de DBO5 efluente	0.799 mg/litro DBO5	Talud	1	3			
Carga de NTK efluente	10.985 mg/litro NTK	Áres por planta	0.16				
Eficiencia Remoción DBO5	99%						
Eficiencia Remoción NTK	45%						

Figura 18. Calculo de las dimensiones del humedal artificial del distrito de Tamburco en Excel

Implementación del humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal. La construcción se inició realizando la limpieza, nivelación y trazo del humedal de forma rectangular con una profundidad de 75 cm, este sistema opera por gravedad para poder mantener la gradiente hidráulica se adecuo una pendiente de 2%, el sistema de drenaje está compuesto de tres sustratos que se colocaran por capas de lo más fino a lo más granular, se colocara grava media una altura de 55cm en las zonas laterales entrada y salida del humedal para facilitar el ingreso del agua residual y 20 cm que se utilizara como superficie libre para la seguridad y evitar fallas en el sistema (fig. N°19), donde el tiempo de retención hidráulica está basada entre 5 a 6 días.

Tabla 7: Composición del sistema de drenaje del humedal artificial

Material Granulométrico	Tamaño Efectivo (mm)	Porosidad (%)	Conductividad Hidráulica Ks (m ³ /m ² /d)
Arena Gruesa	2	0.32	1,000
Grava Fina	8	0.35	5,000
Grava Media	32	0.4	10,000

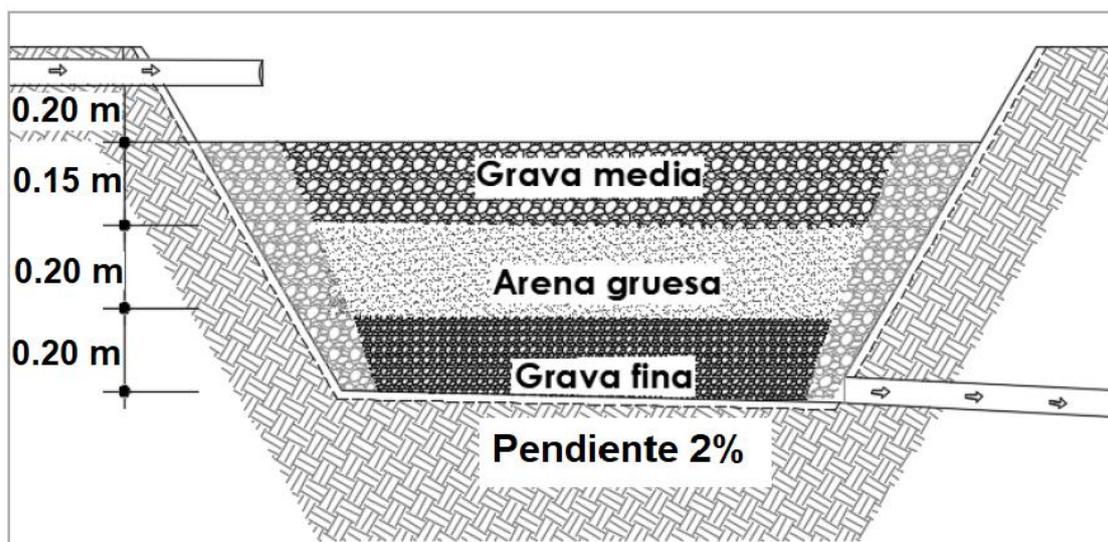


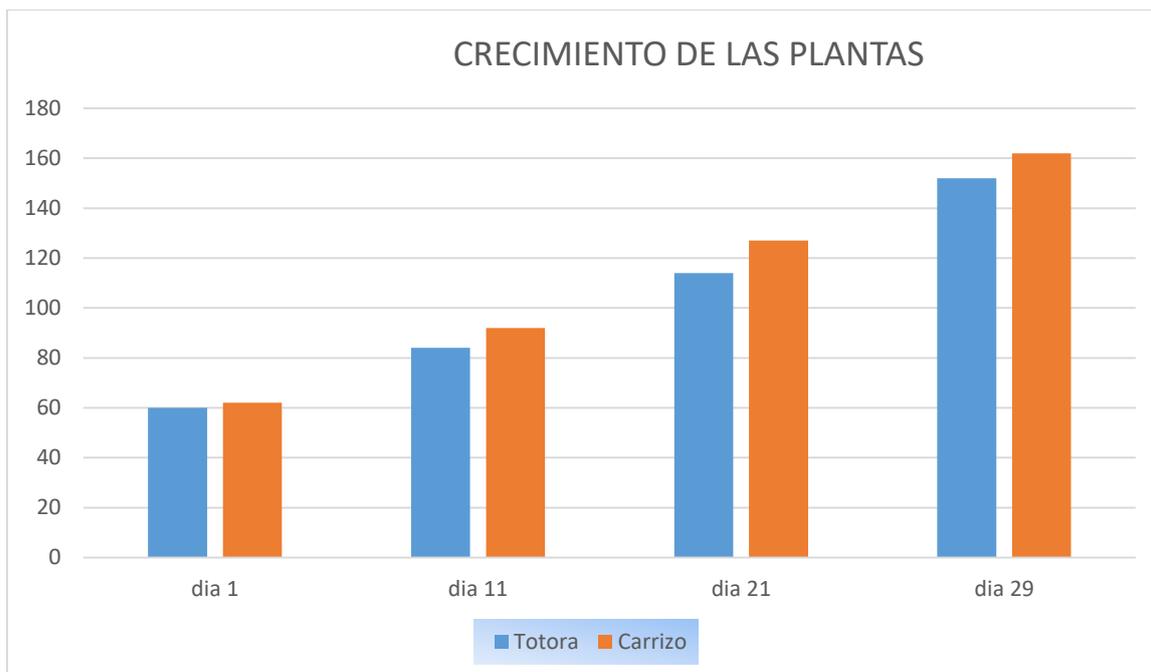
Figura 19. Material granulométrico del sistema hidráulico

Implementación de la tubería de aireación. El sistema de transporte de oxígeno del humedal artificial se realizó con una tubería de 4" de diámetro, la tubería se colocó en la parte central del humedal artificial en forma vertical donde esta se encargará de la distribución del aire logrando una ventilación uniforme dentro del sistema.

Plantación de las plantas macrofitas. Se realizó la medición de las plantas periódicamente para ver el crecimiento de las plantas macrofitas de los dos humedales donde pudimos observar el crecimiento promedio de 3cm por día.

Tabla 8: Crecimiento de las plantas

FECHA	Schoenoplectus californicus (totora)	Phragmites australis (carrizo)
	ALTURA	ALTURA
25-Feb	60 cm	62cm
8-Mar	84cm	92cm
18-Mar	114cm	127cm
29-Mar	152cm	162cm



Las plantas se sembrarán a 20 cm con respecto a la superficie, ya que son plantas silvestres que crecen densamente y se propagan muy rápidamente sobre el terreno, la distancia y la cantidad que se utilizara se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 9: Cantidad d plantas por humedal

Distrito de Huanipaca	Distrito de Tamburco
Schoenoplectus californicus (totora) a una distancia de (1x0.55m), se utilizará 48 plantas.	Phragmites australis (carrizo) a una distancia de (1x0.55m), se utilizará 60 plantas.

Fuente: elaboración propia

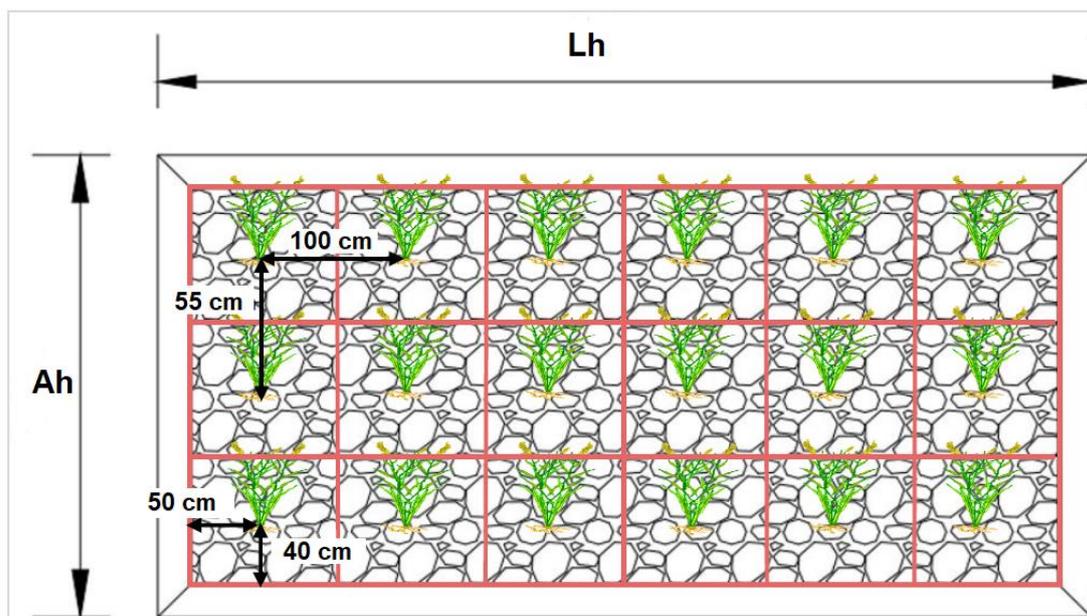


Figura 20. Distancia de plantado de las macrofitas

Asimismo, se realizará el aforamiento del agua tratada (efluente) del humedal para poder llevar a analizar a laboratorio, donde se realizaron seis parámetros físico – químicos.

Tabla 10: Resultado de laboratorio del efluente del humedal

Distrito de Huanipaca	Distrito de Tamburco
DBO ₅ = 1.30 mg/L	DBO ₅ = 1.43 mg/L
DQO = 11.13 mg/L	DQO = 10.16 mg/L
Ph = 6.84	Ph = 7.38
Conductividad =1875.29 uS/cm	Conductividad =1913.75 uS/cm
T = 20.19 °C	T = 20.68 °C
CT = 2.89x10 ⁴ NMP/100ml	CT = 6.29x10 ⁴ NMP/100ml

Fuente: elaboración propia

Calculo de porcentaje de remoción: Para los seis parámetros seleccionados, se realizó el cálculo de porcentaje de remoción con el siguiente cálculo matemático.

$$\% \text{ remoción} = 100 - \left[\frac{V_{pf}}{V_{pi}} * 100 \right]$$

Donde:

V_{pi} = Valor paramétrico inicial

V_{pf} = Valor paramétrico final

Las tablas N°11 y N°12 muestran los resultados de los análisis de seis parámetros físico - químicos y microbiológicos de las aguas residuales domesticas de los distritos de Huanipaca con la planta macrofita Schoenoplectus californicus (totora) y el distrito de Tamburco con la planta macrofita Phragmites australis (carrizo) del departamento de Apurímac, se realizará la comparación del porcentaje de remoción de cada parámetro analizado.

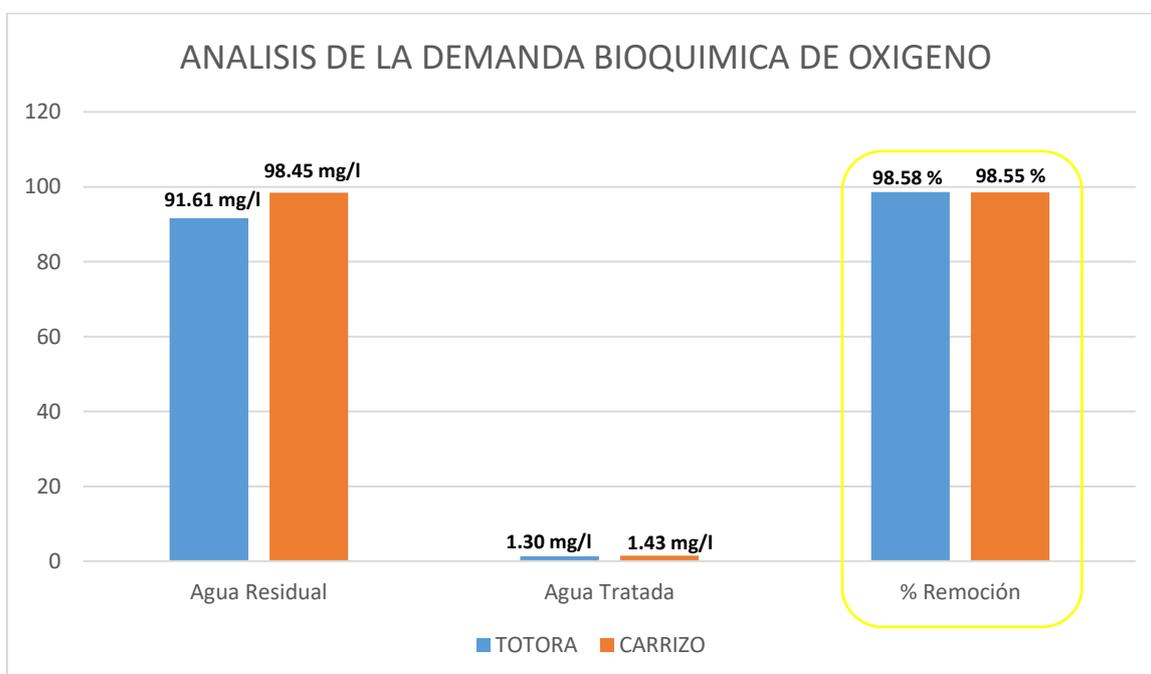
Tabla 11: Cálculo del porcentaje de remoción del distrito de Huanipaca

N°	parámetros Físico - químicos y Biológicos	Unidad de Medida	LMP	Humedal		% remoción
				Entrada	Salida	
1	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	100	91.61	1.3	98.58
2	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	200	158.13	11.13	92.96
3	Ph	Unidad	6.5 - 8.5	7.35	6.84	6.9
4	Conductividad	uS/cm	2500	1742.46	1875.29	7.62
5	Temperatura (T)	°C	<35	21.98	20.19	8.14
6	Coliformes Termotolerantes (CT)	NMP/100 MI	10,000	7020000	28900	99.59

Tabla 12: Calculo del porcentaje de remoción del distrito de Tamburco

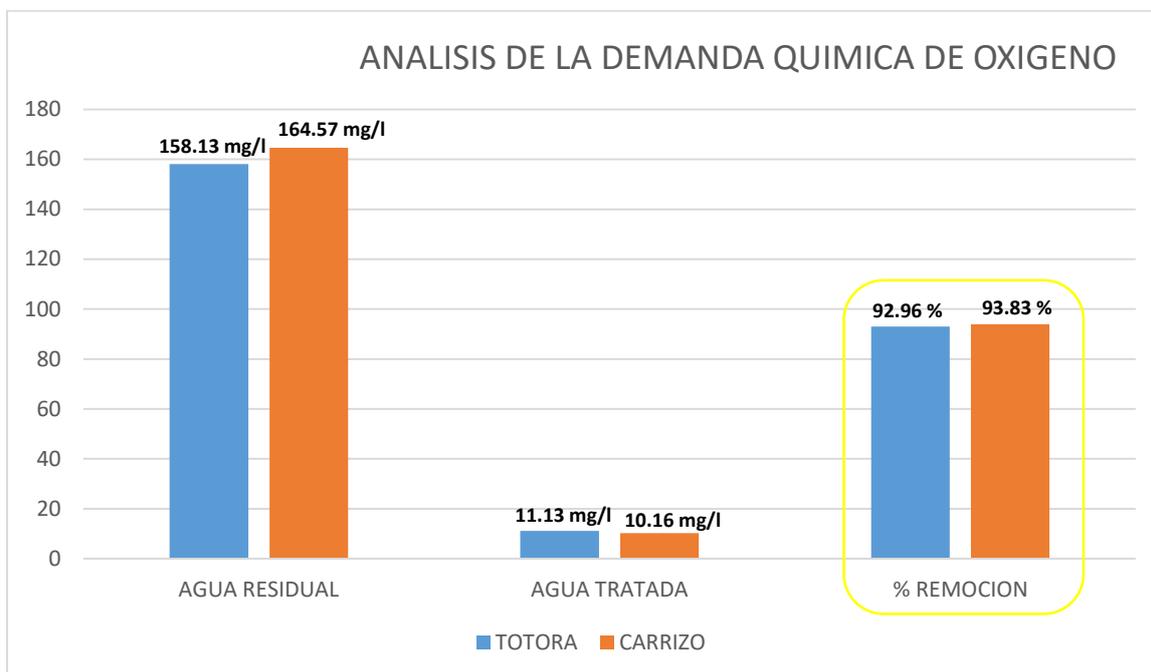
N°	parámetros Físicoquímicos y Biológicos	Unidad de Medida	LMP	Humedal		% remoción
				Entrada	Salida	
1	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	100	98.45	1.43	98.55
2	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	200	164.57	10.16	93.83
3	Ph	Unidad	6.5 - 8.5	7.91	7.38	6.7
4	Conductividad	uS/cm	2500	1798.52	1913.75	6.41
5	Temperatura (T)	°C	<35	23.5	20.68	12
6	Coliformes Termotolerantes (CT)	NMP/100 MI	10,000	8090000	62900	99.22

Análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, en el distrito de Huanipaca el humedal es removida con *Schoenoplectus californicus* (totora), donde las muestras de la DBO₅ del afluente nos un valor de 91.61 mg/L, en este parámetro existe mayor remoción con un valor de 1.3 mg/L, obteniendo un porcentaje de remoción de 98.58%. Asimismo, el distrito de Tamburco el humedal es removida con *Phragmites australis* (carrizo), donde las muestras de la DBO₅ del afluente nos un valor de 98.45 mg/L, en este parámetro existe mayor remoción con un valor de 1.43 mg/L, obteniendo un porcentaje de remoción de 98.55%, el límite máximo permisible (LMP) del DS _ 003 – 2010 MINAM nos da un límite para la DBO₅ con un valor de 100 mg/L, la muestra se encuentra por debajo del LMP.

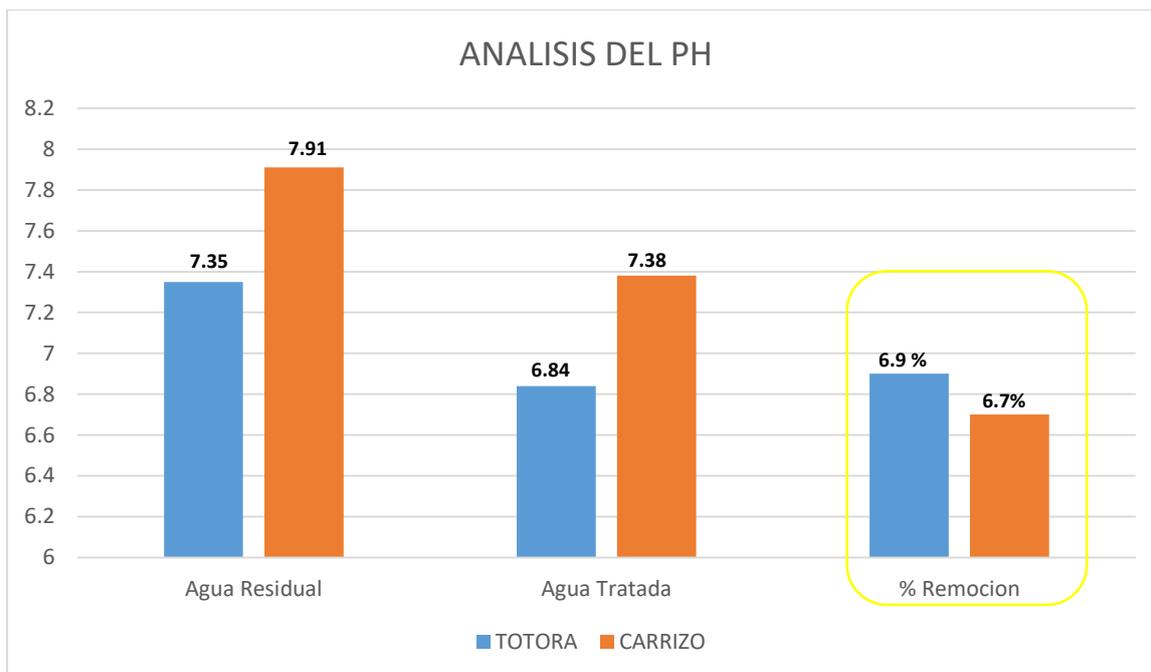


Análisis de la Demanda Química de Oxígeno, en el distrito de Huanipaca el humedal es removida con *Schoenoplectus californicus* (totora), donde las muestras de la DQO del afluente nos un valor de 158.13 mg/L, en este parámetro existe mayor remoción con un valor de 11.13 mg/L, obteniendo un porcentaje de remoción de 92.96 %. Asimismo, el distrito de Tamburco el humedal es removida con *Phragmites australis* (carrizo), donde las muestras de la DQO del afluente nos un valor de 164.57 mg/L, en este parámetro existe mayor remoción con un valor de 10.16 mg/L, obteniendo un porcentaje de remoción de 93.83 %, el límite máximo permisible

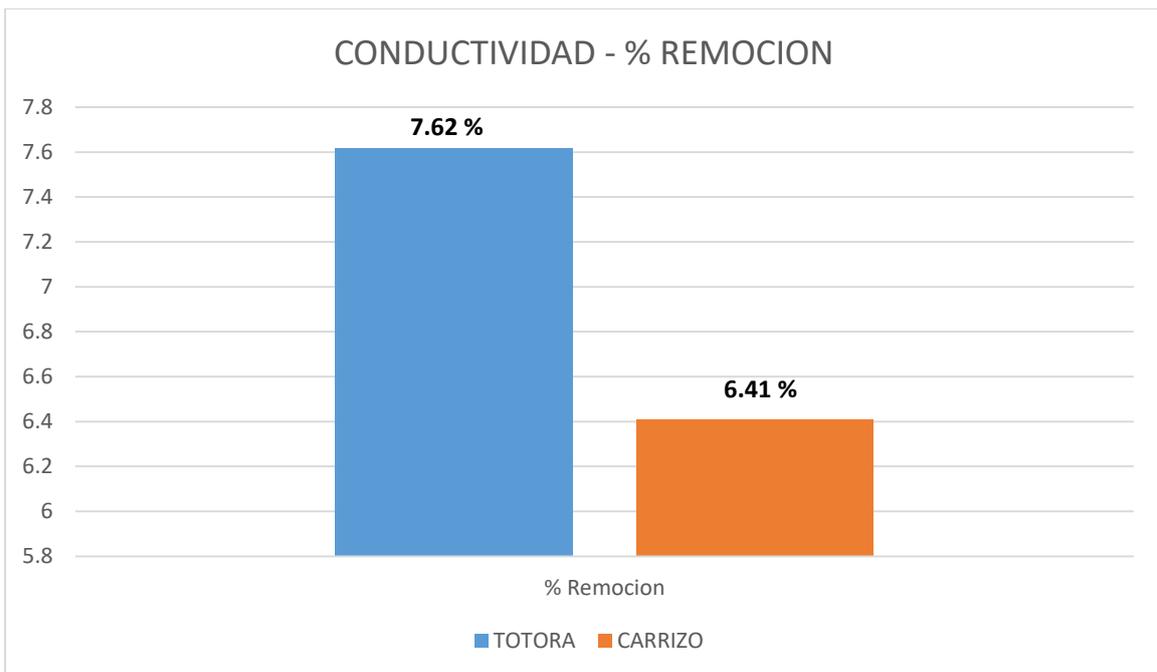
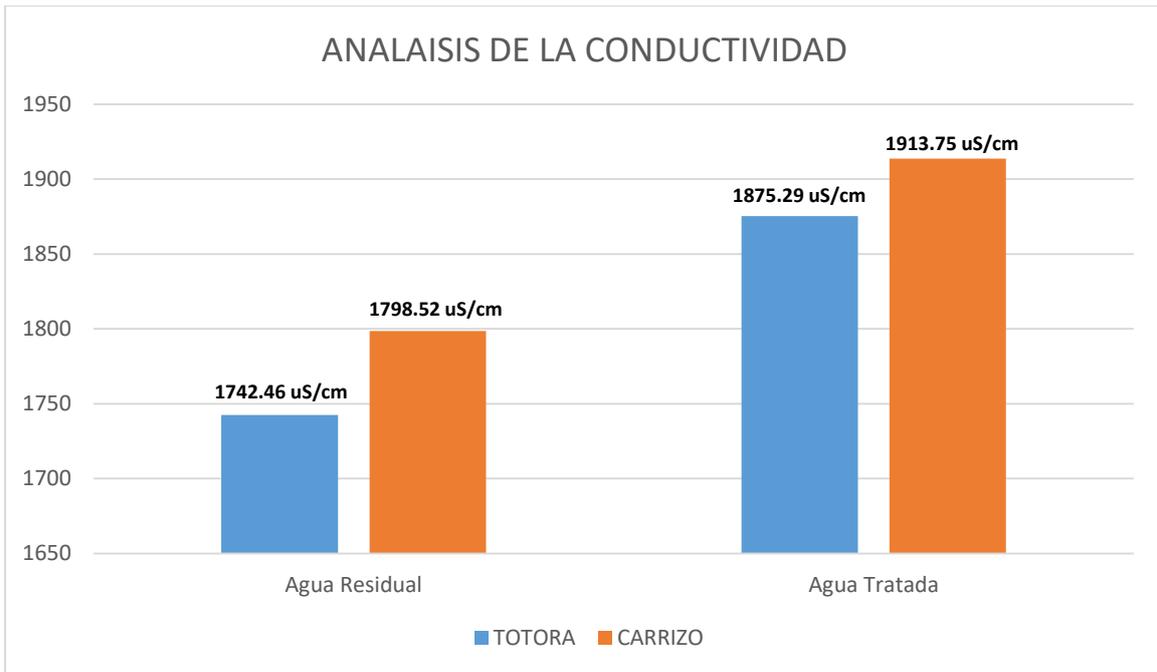
(LMP) del DS _ 003 – 2010 MINAM nos da un límite para la DQO con un valor de 200 mg/L, la muestra se encuentra por debajo del LMP.



Análisis del Ph, en el distrito de Huanipaca el humedal es removida con *Schoenoplectus californicus* (totora), el valor del Ph del agua residual tiene un valor de 7.35 a lo largo del periodo de la retención hidráulica donde los valores del agua tratada bajan y nos dan un valor de 6.84, obteniendo un porcentaje de remoción de alcalinidad 6.9%. Asimismo, el distrito de Tamburco el humedal es removida con *Phragmites australis* (carrizo), el valor del Ph del agua residual tiene un valor 7.91 a lo largo del periodo de la retención hidráulica donde los valores del agua tratada bajan y nos dan un valor de 7.38, obteniendo un porcentaje de remoción de alcalinidad 6.7%. dándonos a conocer que las condiciones anaerobias están presentes en los humedales, el límite máximo permisible (LMP) del DS _ 003 – 2010 MINAM nos da un límite para el Ph con un valor que varía de 6.5 al 8.5, la muestra se encuentra por debajo del LMP.

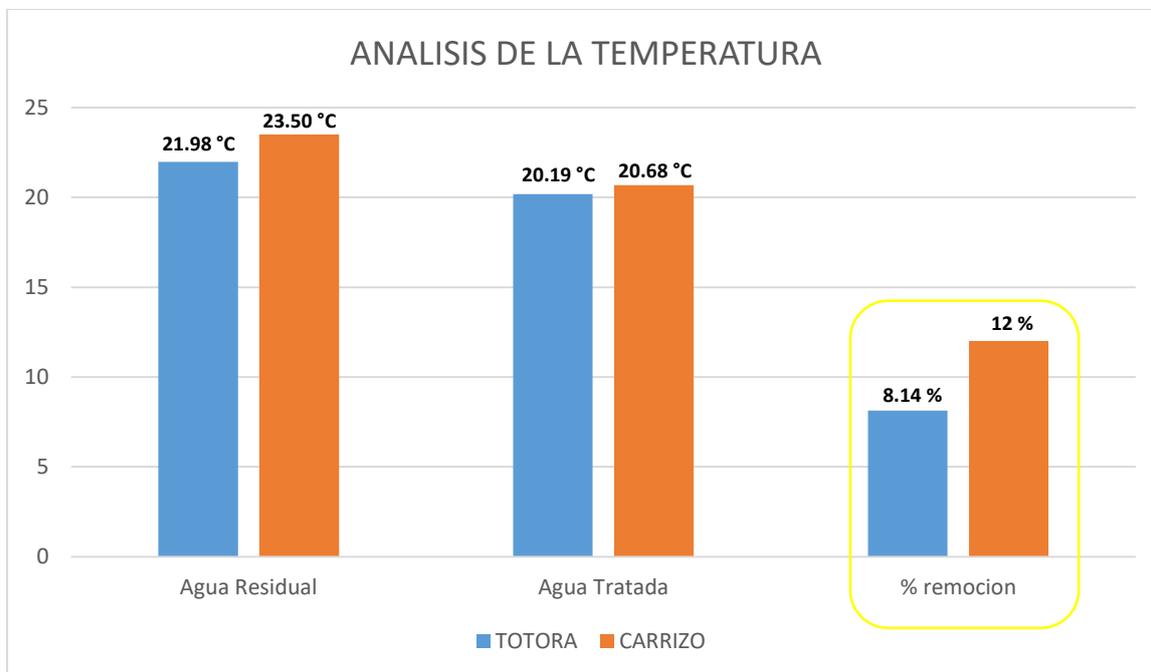


Análisis de la Conductividad, en el distrito de Huanipaca el humedal es removida con *Schoenoplectus californicus* (totora), es directamente proporcional a la concentración de los sólidos disueltos, el agua residual nos da un valor de 1742.46 uS/cm en el transcurso de la remoción hace que la conductividad mejore con un valor de 1875.29 uS/cm, obteniendo así el porcentaje de remoción de 7.62%. Asimismo, el distrito de Tamburco el humedal es removida con *Phragmites australis* (carrizo), es directamente proporcional a la concentración de los sólidos disueltos, el agua residual nos da un valor de 1798.52 uS/cm en el transcurso de la remoción hace que la conductividad mejore con un valor de 1913.75 uS/cm, obteniendo así el porcentaje de remoción de 6.41%. Nos da a conocer que la conductividad de ingreso al de salida incrementa la conductividad de los sólidos disueltos, el límite máximo permisible (LMP) del DS _ 003 – 2010 MINAM nos da un límite para la conductividad con un valor que no supere a 2500 uS/cm, la muestra se encuentra por debajo del LMP.



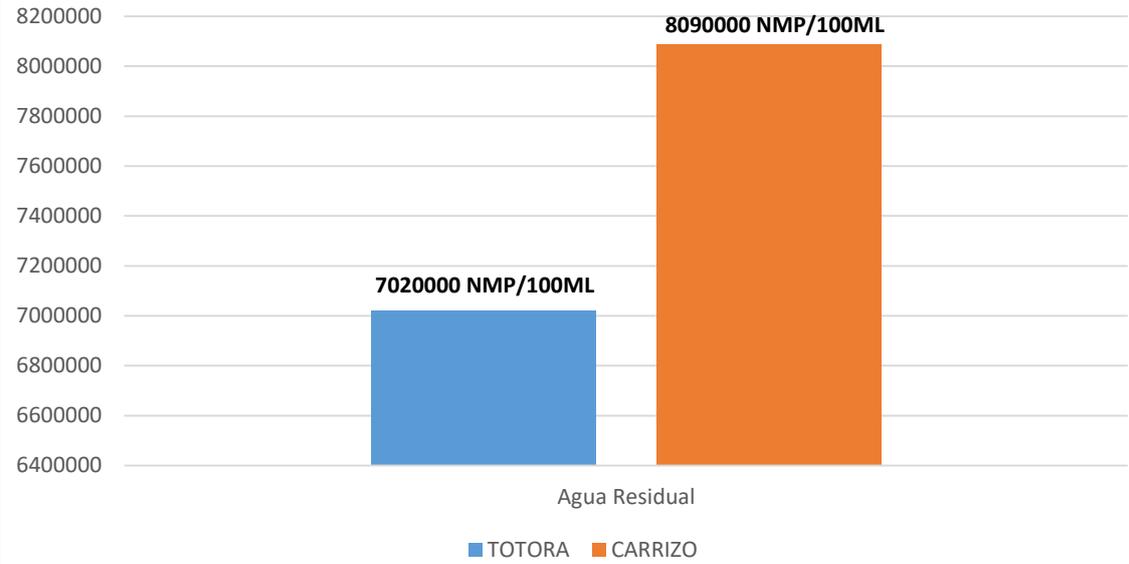
Análisis de la temperatura, en el distrito de Huanipaca el humedal es removida con *Schoenoplectus californicus* (totora), se usó termómetro digital, al ingreso del humedal nos da un valor de 21.98°C, en la muestra del efluente del humedal baja a un valor de 20.19°C, con un porcentaje de remoción de 8.14%. Asimismo, el distrito de Tamburco el humedal es removida con *Phragmites australis* (carrizo), al ingreso del humedal nos da un valor de 23.50°C, en la muestra del efluente del

humedal baja a un valor de 20.68°C, con un porcentaje de remoción de 12 %. El límite máximo permisible (LMP) del DS _ 003 – 2010 MINAM nos da un límite para la temperatura, el valor tiene que ser <35°C, la muestra se encuentra por debajo del LMP.

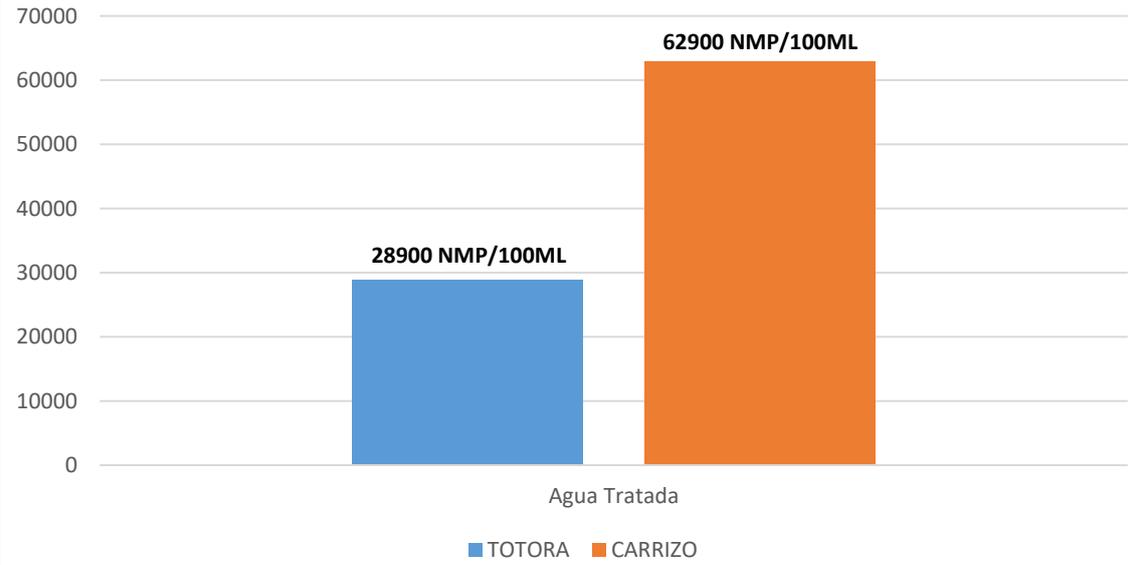


Análisis de los Coliformes Termotolerantes, en el distrito de Huanipaca el humedal es removida con *Schoenoplectus californicus* (totora), se puede observar la reducción de la concentración de los coliformes termotolerantes teniendo un valor de 7.02×10^6 NMP/100ML al ingreso del humedal y reduciendo en dos logaritmos con un valor de 2.89×10^4 NMP/100ML al salir del humedal, obteniendo un porcentaje de remoción de 99.59%. Asimismo, el distrito de Tamburco el humedal es removida con *Phragmites australis* (carrizo), se puede observar la reducción de la concentración de los coliformes termotolerantes teniendo un valor de 8.09×10^6 NMP/100ML al ingreso del humedal y reduciendo en dos logaritmos con un valor de 6.29×10^4 NMP/100ML al salir del humedal, obteniendo un porcentaje de remoción de 99.22%. El límite máximo permisible (LMP) del DS _ 003 – 2010 MINAM nos da un límite para los coliformes termotolerantes con un valor que no supere a 10,000 NMP/100ML, la muestra se encuentra por encima del LMP.

COLIFORMES TERMOTOLERANTES - AFLUENTE



COLIFORMES TERMOTOLERANTES - EFLUENTE



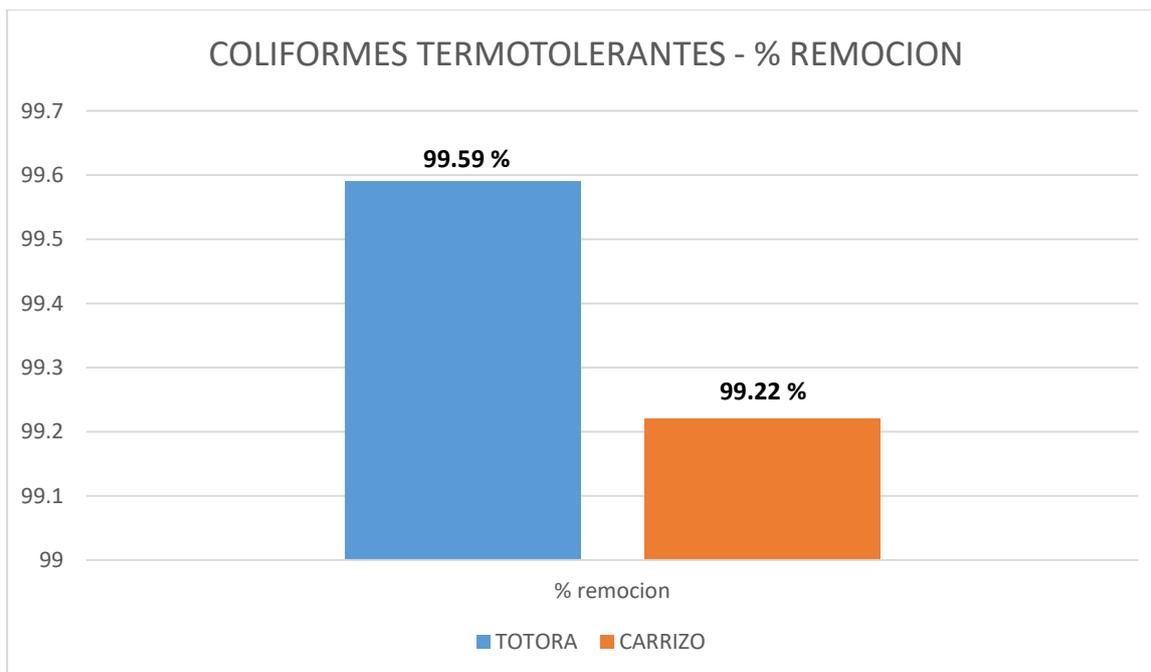


Tabla 13: Resumen de los resultados antes y después del sistema de tratamiento, a su vez haciendo una comparación con la norma nacional y ver si cumple o no.

Parámetros	Unidad de Medida	Plantas Macrofitas	Afluyente	Efluente	Eficiencia de Remoción (%)	D.S.N°003-2010-MINAM (LMP)	Cumple	
							Si	No
DBO	mg/L	Totora	91.61	1.3	98.58	100	Si	
		Carrizo	98.45	1.43	98.55		Si	
DQO	mg/L	Totora	158.13	11.13	92.96	200	Si	
		Carrizo	164.57	10.16	93.83		Si	
Ph	Unidad	Totora	7.35	6.84	6.9	6.5 -8.5	Si	
		Carrizo	7.91	7.38	6.7		Si	
Conductividad	uS/cm	Totora	1742.46	1875.29	7.62	2500	Si	
		Carrizo	1798.52	1913.75	6.41		Si	
Temperatura	°C	Totora	21.98	20.19	8.14	<35	Si	
		Carrizo	23.5	20.68	12		Si	
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ML	Totora	7020000	28900	99.59	10,000		No
		Carrizo	8090000	62900	99.22			No

La tabla N°13 muestra los resultados después del tratamiento del humedal del distrito de Huanipaca (totora) y el distrito de Tamburco (carrizo), ambos humedales con 6 días de retención hidráulica y a su vez estos fueron comparados con la normativa nacional D.S. N°003 – 2010 – MINAM _ LMP. En cuanto a la eficiencia

obtenida en las muestras de ambos humedales, las plantas macrofitas (tatora, carrizo), tienen una buena eficiencia de remoción en los parámetros analizados.

V. DISCUSION

El resultado que se obtuvo en esta investigación expone que los humedales artificiales con las plantas macrofitas *Schoenoplectus californicus* (totora) y *Phragmites australis* (carrizo) ambos humedales de tipo subsuperficial horizontal es una opción que interviene adecuadamente en el tratamiento de aguas residuales domesticas debido a que crecen densamente y se propagan rápidamente son especies colonizadoras activas con una extensión de raíces y rizomas estas son las que se encargaran de la disminución de la materia orgánica a través de los microorganismo. Estos humedales están compuestos por tres distintas capas de material granulométrico para evitar el paso del agua muy excesivamente rápido o muy lento así mismo cuenta con tuberías para un buen sistema de transporte de oxígeno hacia las raíces para la degradación aeróbica y nitrificación, las aguas residuales no están expuestas a la superficie haciendo que evite la presencia de moscos y no produce malos olores, en esta investigación se obtuvo los siguientes resultados: para el distrito de Huanipaca con la macrofita *Schoenoplectus californicus* (totora) con un clima frio de 6°C, nos da el porcentaje de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) 98.58%, la demanda química de oxígeno (DQO) 92.96%, el Ph 6.9% que es igual a 6.84, la conductividad (C) 7.62%, temperatura (T) 8.14% y coliformes termotolerantes (CT) 99.59%. Para el distrito de Tamburco con la macrofita *Phragmites australis* (carrizo) con un clima templado de 12°C, nos da el porcentaje de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) 98.55%, la demanda química de oxígeno (DQO) 93.83%, el Ph 7.91% que es igual a 7.38, la conductividad (C) 6.41%, temperatura (T) 12% y coliformes termotolerantes (CT) 99.22%, donde estos datos demuestran que estas plantas son extraordinarias depuradoras de los contaminantes físico – químicos y microbiológicos presentes en las aguas residuales domésticas. Comprobando esta información de López (2016) con los resultados para la macrofita (totora) DBO₅ 79% y DQO 36%, resultado para la macrofita (carrizo) DBO₅ 86% y DQO 38%, López (2016) indica que este humedal no presento olores, crecen y se propagan con facilidad en cualquier tipo de clima y obtuvo un buen rendimiento de depuración de las aguas residuales domesticas al igual que esta investigación presente. Por el cual los humedales artificiales son una alternativa para el tratamiento de aguas residuales domésticas, en comparación de la investigación Torres (2017), los

porcentajes de remoción del DBO₅ y DQO fueron 99.92% y 99.8% respectivamente constatando la eficiencia de remoción de la macrofita *Schoenoplectus californicus* (tatora), en cuanto a los resultados del DBO₅ y DQO según Dávila y López (2020) logro un porcentaje de remoción de 77% y 35%, con la especie *Schoenoplectus californicus* (tatora), estos datos demuestran que esta macrofita es extraordinaria depuradora de los contaminantes físico – químicos y microbiológicos presentes en las aguas residuales domésticas.

Según la investigación de Hernández (2017), los porcentajes de remoción de la DBO₅ 87%, DQO 93% y coliformes termotolerantes (CT) 99.93%, así constatamos la eficiencia de remoción de la macrofita *Phragmites australis* (carrizo), en cuanto a los resultados de Atariguana y Urvina (2020) fueron DBO₅ 75% y DQO 32% así confirmamos que la macrofita *Phragmites australis* (carrizo) es extraordinaria depuradora, asimismo, Segura y Rocha (2019) con un porcentaje de remoción de DBO₅ 86% y coliformes termotolerantes (CT) 99%, estos datos demuestra que la especie *Phragmites australis* (carrizo) influye adecuadamente en el tratamiento de las aguas residuales.

Se determinó que los humedales artificiales con las especies *Schoenoplectus californicus* (tatora) y *Phragmites australis* (carrizo) son excelentes depuradoras de los parámetros físico – químicos y microbiológicos presentes en las aguas residuales, en cuanto a la aclimatación de la tatora y el carrizo es muy efectiva dando a conocer que son especies dominantes, quiere decir que estas especies tienen la mayor posibilidad de adaptación y supervivencia, quiere decir que las macrofitas utilizadas en esta investigación es mejor ya que se aclimatan con facilidad a cualquier condición y es más eficaz para el tratamiento de aguas residuales.

VI. CONCLUSIONES

- Se demuestra que existe un alto grado de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (**DBO₅**) con un porcentaje de 98.58% del humedal con *Schoenoplectus californicus* (totora) y 98.55% con *Phragmites australis* (carrizo).
- Se demuestra que existe un alto grado de remoción de la demanda química de oxígeno (**DQO**) con un porcentaje de 92.96% del humedal con *Schoenoplectus californicus* (totora) y 93.83% con *Phragmites australis* (carrizo).
- Se demuestra que existe un grado de remoción de la alcalinidad (**pH**) con un porcentaje de 6.9% del humedal con *Schoenoplectus californicus* (totora) haciendo que el (**pH**) se vuelva acida y 6.7%, con *Phragmites australis* (carrizo) se mantiene alcalina.
- Se demuestra que existe un grado de remoción de la conductividad (**C**) con un porcentaje de 7.62% del humedal con *Schoenoplectus californicus* (totora) y 6.41% con *Phragmites australis* (carrizo), logrando mejorar la conductividad del agua.
- Se demuestra que existe un grado de remoción de temperatura (**T**) con un porcentaje de 8.14% del humedal con *Schoenoplectus californicus* (totora) y 12% con *Phragmites australis* (carrizo).
- Se demuestra que existe un alto grado de remoción de los coliformes termotolerantes (**CT**) con un porcentaje de 99.59% del humedal con *Schoenoplectus californicus* (totora) y 99.22% con *Phragmites australis* (carrizo).

VII. RECOMENDACIONES

- En zonas rurales con temperatura promedio de 6°C y 12°C se recomienda el uso de humedales con *Schoenoplectus californicus* (totora) y *Phragmites australis* (carrizo) para la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), la demanda química de oxígeno (DQO) y los coliformes termotolerantes (CT) ya que depura casi el 100%.
- En zonas rurales con temperatura promedio de 6°C y 12°C se recomienda el uso de humedales con *Schoenoplectus californicus* (totora) y *Phragmites australis* (carrizo) para la remoción de la conductividad y la temperatura.
- Se recomienda analizar más parámetros físico químicos y microbiológicos para ver cómo influye el humedal en las aguas residuales.
- Se recomienda analizar humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales con metales.
- Se recomienda realizar humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales de botaderos.

REFERENCIAS

Alarcón Herrera, Maria Teresa, y otros. 2018. *Humedales de Tratamiento: Alternativa de saneamiento de aguas residuales aplicable en america latina.* Bogota : s.n., 2018. 978-958-781-235-0.

Atariguana Guevara, P. y Urvina Gualpa, D. 2020. Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales con humedales artificiales para el Recinto Fátima en el cantón San Fernando. *pregrado.* [En línea] 2020. [Citado el: 10 de 02 de 21.] <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/35630>.

Cierre ecológico en el tratamiento de aguas residuales con la fitomineralización de lodos utilizando Phragmites australis. **Mora-Ravelo, S., y otros. 2016.** 5, ITALIA : s.n., 2016, Vol. 26. 0 1 8 8 - 6 2 6 6.

Coarite Mamani, E. 2018. USO DE LA TOTORA EN PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. *tesis pre grado.* [En línea] 2018. [Citado el: 10 de 02 de 2021.] <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/22630/EG-2221.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Comisión Nacional del Agua - CONAGUA. 2015. *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.* MEXICO : s.n., 2015. 978-607-626-036-4.

Construcción de un Humedal para la fitorremediación de agua residual en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. **Viramontes-Acosta, A., y otros. 2020.** 6, Mexico : Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, 2020, Vol. 1. 2448-623X.

Dávila Moscoso, M. y López Piña, E. 2020. *Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas mediante Humedales Construidos de Flujo Subsuperficial Vertical utilizando diferentes Plantas Emergentes.* Ecuador : UNIVERSIDAD DEL AZUAY, 2020.

de Miguel Beascochea, Eduardo, de Miguel Muñoz, José y Curt Fernández de la Mora, M^a Dolores. 2019. *Manual de Fitodepuración. Filtros de macrofitas en flotación.* Madrid : s.n., 2019.

Delgadillo, Oscar, y otros. 2010. *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales.* Bolivia : s.n., 2010. 978-99954-766-2-5.

Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM. **Llagas Chafloque, W. y Guadalupe Gómez, E. 2006.** 17, LIMA : s.n., 2006, Vol. 15. 1561-0888.

ECURED. EcuRed. 2017. 2017.

EFFECTOS DE Eisenia foetida y Eichhornia crassipes EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA, NUTRIENTES Y COLIFORMES EN EFLUENTES DOMÉSTICOS. **Vizcaíno Mendoza, L. y Fuentes Molina, N. 2016.** 1, Colombia : s.n., 2016, Vol. 19. 189-198.

ESPIGARES GARCIA, Miguel. 1985. *Aspectos sanitarios del estudio de las aguas.* España : Granada, 1985. 8433802925 9788433802927.

García Murillo, Pablo, Fernández Zamudio, Rocío y Cirujano Bracamonte, Santos. 2009. *habitantes del agua macrofitos.* 2009.

Hernández Meléndrez, Edelsys. 2006. *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.* 2006.

Hernández Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, María del Pilar. 2014. *Metodología de la Investigación.* Mexico : s.n., 2014. 978-1-4562-2396-0.

Hernández Vásquez, W. 2017. *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EMPLEANDO LAS ESPECIES ACHIRA (Canna indica) Y CARRIZO (Phragmites australis) A TRAVÉS DE HUMEDALES ARTIFICIALES, CHALAMARCA.* Peru : Universidad Cesar Vallejo, 2017.

Hoffmann, Heike, y otros. 2011. *Revisión Técnica de Humedales Artificiales de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas grises y aguas domésticas.* Alemania : s.n., 2011.

Hurtado de Barrera, Jacqueline. 2000. *Metodología de la investigación Holística.* Venezuela : Fundación Sypal, 2000. 980-6306-06-6.

Importancia de las plantas flotantes libres de gran porte en la conservación y rehabilitación de lagos someros de Sudamérica. **Meerhoff, M. y Mazzeo, N. 2004.** 2, ESPAÑA : Asociación Española de ecología terrestre, 2004, Vol. 13. 1697-2473.

Lopez Leyton, D. 2016. *EVALUACION ESTACIONAL DE HUMEDALES CONSTRUIDOS DE FLUJO HORIZONTAL SUBSUPERFICIAL PARA LA DEPURACION DE AGUAS SERVIDAS EN ZONAS RURALES: IMPLICANCIAS EN LA GENERACION DE METANO.* Chile : Universidad de Concepción, 2016.

Los determinantes y medidas de control de la expansión de macrofitas acuáticas en humedales. **Lan, Y., y otros. 2010.** 2, China : s.n., 2010, Vol. 19. 1643-1651.

Marín Ocampo, Armando y Osés Pérez, Manuel. 2013. *Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de las aguas residuales con el proceso de lodos activados.* Mexico : s.n., 2013.

Metcalf y Eddy. 1996. *Ingeniería de aguas residuales.* España : Impresos y revistas S.A., 1996. 84-481-1550-3.

Phragmites australis and Schoenoplectus californicus in constructed wetlands: Development and nutrient uptake. **López, D., Sepúlveda, M. y Vidal, G. 2016.** 3, CHILE : s.n., 2016, Vol. 16. 763-777.

Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos [ONU-ABITAT]. 2008. *Manual de humedales artificiales.* Nepal : s.n., 2008. HS/980/08E.

Segura Delgado, P. y Rocha Vera, W. 2019. *Eficiencia de remoción de contaminantes de lixiviados generado en un relleno sanitario, mediante un biodigestor y humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal a través de la especie macrófita emergente carrizo (*phragmites australis*).* Peru : Universidad Peruana union, 2019.

Solís Silván, R., y otros. 2016. *EVALUACIÓN DE HUMEDALES ARTIFICIALES DE FLUJO LIBRE Y SUBSUPERFICIAL EN LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DE AGUAS RESIDUALES UTILIZANDO DIFERENTES ESPECIES DE VEGETACIÓN MACRÓFITA.* Venezuela : s.n., 2016. 0378-1844.

Torres Callupe, G. 2017. *Humedal artificial con la especie *Typha dominguensis* para el tratamiento de aguas grises domésticas, AA.HH. San Benito – Carabayllo.* Peru : Universidad Cesar Vallejo, 2017.

Torres Guerra, J., y otros. 2017. *Evaluación de la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales para riego mediante humedales Artificiales de flujo libre superficial (FLS) con las especies *Cyperus Papyrus* y *Phragmites Australis*, en Carapongo-Lurigancho.* PERU : Universidad Peruana Unión, 2017.

ANEXOS

"Análisis del Uso de Humedales Artificiales Empleando Plantas Macrofitas en el Tratamiento de Aguas Residuales en el Ámbito Rural, Apurímac 2021"					
Variables	Definición		Dimensiones	Indicadores	Metodología
	Conceptual	Operacional			
Plantas macrofitas	La mayoría de plantas acuáticas tienen la función de remoción y retención de nutrientes y es vital para ellas en su ciclo de vida para así ayudar a la vez a prevenir la eutrofización de los humedales.(Delgadillo et al., 2010, p.13).	Son depuradores en la remoción de contaminantes de aguas residuales donde se tiene que medir la cantidad de plantas en base al área superficial del humedal para obtener resultados favorables en el tratamiento de aguas residuales.	Densidad poblacional de la planta " Typha domigensis " (Totora)	Numero de plantas / Área superficial	<p>tipo: Aplicada</p> <p>La presente investigación en estudio será de tipo aplicada, empleó conocimientos teóricos existentes con el fin de tratar las aguas residuales domésticas en el ámbito rural de Apurímac</p>
			Densidad poblacional de la planta "Phragmites australis" (carrizo)		
Tratamiento de aguas residuales	son procesos combinados donde se utiliza los parámetros físicos, químicos y biológicos para depurar contaminantes existentes en las aguas residuales. Estos procesos físicos en su generalidad están encargados de eliminar componentes o sustancias nocivas exponiéndose tal vez de forma natural (UNESCO, 2017, pp. 45)	Las aguas residuales serán evaluadas sus propiedades físicas, químicas, y biológicas para determinar su grado de contaminación, también el costo y la eficiencia que se obtendrá en base a las plantas depuradoras	Parámetros Físicoquímicos y biológico	Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO5)	<p>Diseño: Cuasiexperimental</p> <p>Este tipo de investigación se enfoca en identificar la forma en la que se relaciona una variable independiente sobre la variable dependiente y qué es lo que esto produce.</p>
				Demanda química de oxígeno (DQO)	
				Coliformes Termotolerantes	
				Conductividad	
				Temperatura	
			Costos	Directo	<p>Nivel: Correlacional</p> <p>Tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que existe entre dos variables (variable independiente y la variable dependiente).</p>
				Indirecto	
Eficiencia de depuración	concentración orgánica e inorgánica inicial del agua a tratar	<p>Enfoque: Cuantitativo</p> <p>Se utiliza para evaluar, comparar, interpretar, implica afinar ideas y delimitar el problema</p>			
	concentración orgánica e inorgánica final del agua a tratada				

ANEXO N° 2		MATRIZ DE CONSISTENCIA						
TITULO		"Análisis del Uso de Humedales Artificiales empleando plantas macrofitas en el Tratamiento de Aguas Residuales en el Ámbito Rural, Apurímac 2021"						
AUTOR		Cespedes Pillaca, Rosa Velianevska						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE, INDICADOR E INSTRUMENTO					
Problemas Generales	Objetivos Generales	Hipótesis Generales	V. Independiente (X)	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos		
PG: ¿De qué manera influye el análisis del uso de humedales artificiales empleando plantas Macrofitas en la eficiencia del tratamiento de aguas residuales en el ámbito rural del departamento de Apurímac, periodo 2021?	OG: Determinar como el análisis de uso de humedales artificiales empleando plantas Macrofitas influye en la eficiencia del tratamiento de aguas residuales en el ámbito rural, Apurímac – 2021	HG: El análisis de uso de humedales artificiales empleando plantas Macrofitas para el tratamiento de aguas residuales en el ámbito rural, Apurímac 2021	Plantas Macrofitas	Densidad poblacional de la planta "Typha domigensis" (Totora) Densidad poblacional de la planta "Phragmites australis" (carrizo)	Numero de plantas / Area superficial	Ficha de observación		
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicos	V. Dependiente (Y)	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos		
PE 1: ¿En qué medida influye la densidad poblacional de la planta "Typha domigensis" (Totora) en los parámetros fisicoquímicos y biológicos del tratamiento de aguas residuales en el distrito de Huanipaca – Apurímac 2021	OE 1: Determinar en qué medida de la densidad poblacional de planta "Typha domigensis" (Totora) mejora los parámetros fisicoquímicos y biológicos del tratamiento de aguas residuales en el distrito de Huanipaca – Apurímac 2021	HE 1: La densidad poblacional de la planta "Typha domigensis" (Totora) mejora los parámetros fisicoquímicos y biológicos del tratamiento de aguas residuales en el distrito de Huanipaca – Apurímac 2021	Tratamiento de Aguas Residuales	Parámetros Fisicoquímicos y biológico	Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO5)	Respirómetro		
					Demanda química de oxígeno (DQO)	Respirómetro		
PE 2: ¿En qué medida influye la densidad poblacional de la planta "Phragmites australis" (carrizo) en los parámetros fisicoquímicos y biológicos del tratamiento de aguas residuales en el Distrito de Tamburco – Apurímac – 2021?	OE 2: Determinar en qué medida de la densidad poblacional de planta "Phragmites australis" (carrizo) mejora los parámetros fisicoquímicos y biológicos del tratamiento de aguas residuales en el Distrito de Tamburco – Apurímac – 2021?	HE 2: La densidad poblacional de la planta "Phragmites australis" (carrizo) mejora los parámetros fisicoquímicos y biológicos del tratamiento de aguas residuales en el Distrito de Tamburco – Apurímac – 2021				Coliformes Termotolerantes	Instrumento de laboratorio	
						Conductividad	Conductímetro	
						Temperatura	Termómetro	
						Ph	Peachímetro	
PE 3: ¿Cómo influye la densidad poblacional de las plantas macrofitas en los costos del tratamiento de aguas residuales en el departamento de Apurímac 2021?	OE 3: Determinar de que manera la densidad poblacional de las plantas macrofitas reduce los costos del tratamiento de aguas residuales en el ámbito rural, Apurímac – 2021	HE 3: La densidad poblacional óptima de las plantas macrofitas reduce los costos del tratamiento de aguas residuales en el ambito rural, Apurímac - 2021				Costos	Directo Indirecto	Ficha técnica de registro
PE 4: ¿En qué medida las plantas Macrofitas influyen en la eficiencia de depuración durante el tratamiento de aguas residuales en el departamento de Apurímac 2021?	OE 4: Las plantas Macrofitas mejoran en la eficiencia de depuración durante tratamiento de aguas residuales en el ámbito rural, Apurímac – 2021	HE 4: Determinar de qué manera Las plantas Macrofitas mejoran en la eficiencia de depuración durante tratamiento de aguas residuales en el ámbito rural, Apurímac – 2021				Eficiencia de depuración	concentración orgánica e inorgánica inicial del agua a tratar concentración orgánica e inorgánica final del agua tratada	Ficha de observación

ANEXO N°3 - A:

CUADRO DE ANTECEDENTES

ANTECEDENTES	AUTOR	AÑO	OBJETIVO	CONCLUSION
INTERNACIONAL	Lopez Leyton, Daniela Andrea	2016	Evaluar, estacionalmente, la eliminación de materia orgánica y nutrientes de las aguas servidas tratada por Phragmites australis y Schoenoplectus californicus en un humedal construido de flujo horizontal subsuperficial y establecer su incidencia en la actividad microbiológica metano génico de la biomasa adherida al soporte granular	La tasa de propagación de Phragmites australis es un poco superior a S. californicus. Tienen una eficiencia de eliminación de materias orgánicas como DBO5 Y DQO de las aguas residuales domesticas e industriales donde no presentan diferencias entre las temperaturas frías y cálidas.
	Dávila Moscoso, María Paz López Piña, Erika Guadalupe	2020	Analizar la adaptabilidad y efectividad de las especies nativas Schoenoplectus californicus (Totorá) y Cynodon dactylon (Gramá), en el tratamiento de aguas residuales empleando humedales de flujo subsuperficial vertical estilo francés modificado, considerando distintas condiciones de operación (periodos de alimentación y descanso de este tipo de humedales)	Las especies nativas Schoenoplectus californicus (Totorá) y Cynodon dactylon (Gramá) demostraron ser aptas para su empleo en humedales de flujo subsuperficial vertical estilo francés modificado para depuración de aguas residuales domésticas y municipales.
	Atariguana Guevara, Paola V. Urvina Gualpa, Dayanna A.	2020	Diseñar un sistema de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales del recinto Fátima en el cantón San Fernando	Los resultados obtenidos para los parámetros mediante ambos métodos son similares donde cumplen la norma ecuatoriana y son eficaces para la remoción de las aguas residuales domésticas y municipales

ANTECEDENTES	AUTOR	AÑO	OBJETIVO	CONCLUSION
NACIONALES	Hernández Vásquez, Winston	2017	Evaluar el uso de humedades artificiales con las especies achira (<i>Canna indica</i>) y carrizo (<i>Pragmites australis</i>) en tratamiento de aguas residuales, provenientes de la zona urbana del distrito de Chalamarca	Los humedales artificiales con estas especies vegetales son apropiadas y eficientes por tener facilidad para propagarse, establecerse y tolerantes a aguas contaminadas, mediante el análisis estadístico nos indica que ambos humedales no evidencia una diferencia significativa de depuración deduciendo que ambas especies son relativamente similares
	Segura Delgado, Paul Rocha Vera, Wilbert Antony	2019	Determinar la eficiencia de remoción de contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos de lixiviados del relleno sanitario diluido con aguas residuales, mediante un biodigestor y humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal, aplicando la especie carrizo (<i>Phragmites Australis</i>)	Se determinó que existe eficiencia de remoción de contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos de lixiviados diluido con agua residual mediante un biodigestor y humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal, demostrando ser una alternativa viable y sostenible para el ambiente.
	Torres Callupe, Gian Marco	2017	Evaluar el humedal artificial con la especie <i>Typha domingensis</i> (totora) para el tratamiento de las aguas grises domésticas, AA.HH. San Benito - Carabaylo, 2017	Concluyendo que los humedales artificiales con la especie <i>Typha domingensis</i> influyen adecuadamente en el tratamiento de aguas grises domésticas y con ello se podría reutilizar el agua tratada como agua de riego de categoría 3 según los Estándares de calidad ambiental y la normativa internacional FAO

ANEXO N°4		CUADRO COMPARATIVO			PORCENTAJE DE REMOCION								
ANTECEDENTES	AUTOR	TITULO	AÑO	PLANTAS MACROFITAS		DBO5	DQO	SST	Grasas	CT	Ph	P	Turbiedad
INTERNACIONALES	Lopez Leyton, Daniela Andrea	Evaluacion estacional de humedales construidos de flujo horizontal subsuperficial para la depuracion de aguas servidas en zonas rurales	2016	primavera 20°C	carrizo	86%	38%	-	-	-	-	-	-
					totora	79%	33%	-	-	-	-	-	
				verano 20°C	carrizo	79%	36%	-	-	-	-	-	
					totora	76%	32%	-	-	-	-	-	
				otoño 20°C	carrizo	83%	38%	-	-	-	-	-	
					totora	79%	35%	-	-	-	-	-	
	invierno 20°C	carrizo	76%	37%	-	-	-	-	-				
		totora	75%	35%	-	-	-	-	-				
	Dávila Moscoso, María Paz López Piña, Erika Guadalupe	Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas mediante Humedales Construidos de Flujo Subsuperficial Vertical utilizando diferentes Plantas Emergentes	2020	Totora		77%	35%	-	-	-	-	-	-
Gramma				53%	32%	-	-	-	-	-	-		
Atariguana Guevara, Paola V. Urvina Gualpa, Dayanna A.	Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales con humedales artificiales para el Recinto Fátima en el cantón San Fernando	2020	Carrizo (poblacion equivalente)		75%	32%	-	-	-	-	-	-	
			Carrizo (ecuaciones)		73%	31%	-	-	-	-	-	-	
NACIONALES	Hernández Vásquez, Winston	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EMPLEANDO LAS ESPECIES ACHIRA (Canna índica) Y CARRIZO (Phragmites australis) A TRAVÉS DE HUMEDALES ARTIFICIALES, CHALAMARCA 2017	2017	Canna		85%	92%	89%	69%	100%	-	-	-
				Carrizo		87%	93%	88%	73%	100%	-	-	-
	Segura Delgado, Paul Rocha Vera, Wilbert Antony	Eficiencia de remoción de contaminantes de lixiviados generado en un relleno sanitario, mediante un biodigestor y humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal a través de la especie macrófita emergente carrizo (phragmites australis)	2019	1% carrizo	5	79%	-	-	-	85%	-	-	-
					10	59%	-	-	-	99%	-	-	-
					15	57%	-	-	-	100%	-	-	-
				3% carrizo	5	86%	-	-	-	99%	-	-	-
					10	81%	-	-	-	99%	-	-	-
15	39%	-	-	-	85%	-	-	-					
Gian Marco Torres Callupe	Humedal artificial con la especie Typha dominguensis para el tratamiento de aguas grises domésticas, AA.HH. San Benito – Carabaylo, 2017	2017	Totora		100%	100%	100%	-	-	18%	100%	99%	

REGISTRO DE CAMPO

ANEXO N° 5 – A

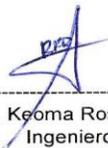
DISTRITO DE HUANIPACA

Fecha: 11/03/2021

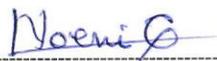
DESCRIPCION DEL LUGAR						PADRÓN DE BENEFICIARIO					
N°	Departamento	Distrito	Coordenadas UTM		Temperatura	JEFE DE FAMILIA Apellidos y Nombre	N° Integrantes	Tiene conexión		DNI	Firma
			Este	Norte				Agua	Desagüe		
1	Apurímac	Huanipaca	725481.1	8507897.8	Frio	Peñañiel Leguia, Esperanza	3	Sí	Sí	31171275	
2	Apurímac	Huanipaca	725460.3	8507928.7	Frio	Damiano Zevallos, Aydee	3	Sí	Sí	45139962	
3	Apurímac	Huanipaca	725445.4	8507944.2	Frio	Zevallos Antonio, Paulina	4	Sí	Sí	31188911	
4	Apurímac	Huanipaca	725418.4	8507953.7	Frio	Rivera Peñañiel, Daniel E.	4	Sí	Sí	06577543	
5	Apurímac	Huanipaca	725388.6	8507984.7	Frio	Guia Espinoza, Jose Alberto	2	Sí	Sí	31185254	
6	Apurímac	Huanipaca	725436.8	8507999.6	Frio	Pampas Peñañiel, Rigoberto	4	Sí	Sí	45928866	
7	Apurímac	Huanipaca	725463.9	8508002.5	Frio	Guia Martinez, Jose	3	Sí	Sí	31155274	
8	Apurímac	Huanipaca	725491.3	8508039.1	Frio	Guia Espinoza, Irma	2	Sí	Sí	44611349	
Total :							25 hab.				



Ing. Eber Espinoza Chipana
 Ingeniero Civil
 CIP. N°203717



Ing. Keoma Rossel Pillaca Ancco
 Ingeniero Agrónomo
 CIP. N°126279



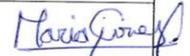
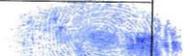
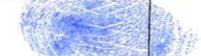
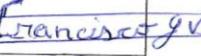
Ing. Noemi Geri Ferro
 Ingeniero Civil
 CIP. N°168639

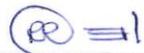


Firma del Responsable

REGISTRO DE CAMPO

Fecha: 16/03/2021

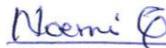
DESCRIPCION DEL LUGAR						PADRON DE BENEFICIARIO					
N°	Departamento	Distrito	Coordenadas UTM		Temperatura	JEFE DE FAMILIA	N° Integrantes	Tiene conexión		DNI	Firma
			Este	Norte		Apellidos y Nombre		Agua	Desagüe		
1	Apurímac	Tamburco	730260.5	8495025.5	Templado	Gómez Loa, Avelino	2	Sí	Sí	48156866	
2	Apurímac	Tamburco	730248.5	8495025.6	Templado	Rojas Velasquez, Marcial	4	Sí	Sí	31535796	
3	Apurímac	Tamburco	730218.2	8494995.2	Templado	Gómez Soto, María	3	Sí	Sí	47742685	
4	Apurímac	Tamburco	730206	8494983	Templado	Sihuincha Prado, Mario	6	Sí	Sí	80098920	
5	Apurímac	Tamburco	730190.9	8494970.8	Templado	Quispe Rioja, Daniel	2	Sí	Sí	31034300	
6	Apurímac	Tamburco	730169.8	8494964.9	Templado	Gutiérrez Valenzuela, Toribio C.	4	Sí	Sí	31528660	
7	Apurímac	Tamburco	730157.2	8494958.8	Templado	Gutiérrez Valenzuela, Oscar	2	Sí	Sí	31256879	
8	Apurímac	Tamburco	730125.1	8495005.2	Templado	Gutiérrez Valenzuela, Francisco	2	Sí	Sí	31587925	
9	Apurímac	Tamburco	730130.6	8494952.9	Templado	Valenzuela Quispe, Andre J.	5	Sí	Sí	48269744	
10	Apurímac	Tamburco	730163.4	8494924.9	Templado	Gutiérrez Valenzuela, Elizabeth	2	Sí	Sí	20596031	
Total:							32 hab.				



 Ing. Eber Espinoza Chipana
 Ingeniero Civil
 CIP. N°203717



 Ing. Keoma Rossel Pillaca Ancco
 Ingeniero Agrónomo
 CIP. N°126279



 Ing. Noemí Geri Ferro
 Ingeniero Civil
 CIP. N°168639



Firma del Responsable

Ficha de Parámetros Físicoquímicos y Biológicos

ANEXO N° 6 – A

DISTRITO DE HUANIPACA

N°	Parámetros Físicoquímicos y Biológicos	Unidad de Medida	LMP (MINAM)	Humedal		% de Remoción
				Entrada	Salida	
1	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	100	91.61	1.30	98.58
2	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	200	158.13	11.13	92.96
3	pH	Unidad	6.5 - 8.5	7.35	6.84	-
4	Conductividad	uS/cm	2500	1742.46	1875.29	-
5	Temperatura (T)	°C	<35	21.98	20.19	-
6	Coliformes Termotolerantes (CT)	NMP/100 ml	10,000	7.02X10 ⁶	2.89X10 ⁴	99.59

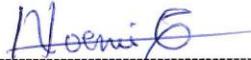
Abancay, 06 de abril De 2021



Ing. Eber Espinoza Chipana
Ingeniero Civil
CIP. N°203717



Ing. Keoma Rossel Pillaca Ancco
Ingeniero Agrónomo
CIP. N°126279



Ing. Noemí Geri Ferro
Ingeniero Civil
CIP. N°168639



Firma del Responsable

Ficha de Parámetros Físicoquímicos y Biológicos

ANEXO N° 6 – B

DISTRITO DE TAMBURCO

N°	Parámetros Físicoquímicos y Biológicos	Unidad de Medida	LMP (MINAM)	Humedal		% de Remoción
				Entrada	Salida	
1	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	100	98.45	1.43	98.55
2	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	200	164.57	10.16	93.82
3	pH	Unidad	6.5 - 8.5	7.91	7.38	-
4	Conductividad	uS/cm	2500	1798.52	1913.75	-
5	Temperatura (T)	°C	<35	23.50	20.68	-
6	Coliformes Termotolerantes (CT)	NMP/100 ml	10,000	8.09X10 ⁶	6.29X10 ⁴	99.22

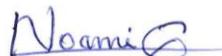
Abancay, 06 de abril De 2021



Ing. Eber Espinoza Chipana
Ingeniero Civil
CIP. N°203717



Ing. Keoma Rossel Pillaca Ancco
Ingeniero Agrónomo
CIP. N°126279



Ing. Noemí Geri Ferro
Ingeniero Civil
CIP. N°168639



Firma del Responsable

Ficha de crecimiento de las Plantas Macrofitas durante la investigación

ANEXO N° 7

N°	CARACTERISTICAS	PLANTA (TOTORA)				PLANTA (CARRIZO)			
		25-Feb	8-Mar	18-Mar	29-Mar	25-Feb	8-Mar	18-Mar	29-Mar
1	Densidad de la especie	48 plantas				60 plantas			
2	Altura de la especie	60cm	84cm	114cm	152cm	62cm	92cm	127cm	162cm
3	Color de las hojas	verdes	verdes	verdes	verdes	Verdes turquesa	Verdes turquesa	Verdes turquesa	Verdes turquesa

Abancay, 08 de abril De 2021



Ing. Eber Espinoza Chipana
Ingeniero Civil
CIP. N°203717



Ing. Keoma Rossel Pillaca Ancco
Ingeniero Agrónomo
CIP. N°126279



Ing. Noemí Geri Ferro
Ingeniero Civil
CIP. N°168639



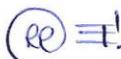
Firma del Responsable

FICHA DE VALIDACIÓN

TITULO: Análisis del uso de humedales artificiales empleando plantas macrofitas para el tratamiento de aguas residuales en el ámbito rural, Apurímac 2021

AUTOR: CESPEDES PILLACA, Rosa Velianevska

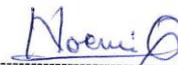
Variables	Dimensiones	Indicadores	Según Oseda Gago, (2012, p.177) nos da la siguiente tabla					
			Validez Nula (0.53 a menos)	Validez Baja (0.54 a 0.59)	Valida (0.60 a 0.65)	Muy Valida (0.66 a 0.71)	Excelente Validez (0.72 a 0.99)	Validez Perfecta (10)
			Ing. Eber Espinoza Chipana		Ing. Keoma R. Pillaca Ancco		Ing. Noemí Geri Ferro	
Plantas Macrofitas	Densidad poblacional de la planta " Typha domigensis " (Totora)	Número de plantas / Area superficial	0.75	0.80	0.80			
	Densidad poblacional de la planta "Phragmites australis" (carrizo)	Número de plantas / Area superficial	0.70	0.82	0.82			
Tratamiento de Aguas Residuales	Parámetros Físicoquímicos y biológico	Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO5)	0.80	0.90	0.85			
		Demanda química de oxígeno (DQO)	0.75	0.90	0.85			
		Coliformes Termotolerantes	0.75	0.80	0.80			
		Conductividad	0.70	0.80	0.75			
		Temperatura	0.70	0.70	0.75			
		Ph	0.70	0.70	0.75			
	Costos	Directo	0.75	0.75	0.75			
		Indirecto	0.75	0.75	0.75			
	Eficiencia de depuración	concentración orgánica e inorgánica inicial del agua a tratar	0.75	0.80	0.82			
		concentración orgánica e inorgánica final del agua a tratada	0.75	0.90	0.85			
	Subtotal		8.85	9.62	9.54			
	Promedio		0.74	0.80	0.79			
			Total	0.78				



Ing. Eber Espinoza Chipana
 Ingeniero Civil
 CIP. N°203717



Ing. Keoma Rossel Pillaca Ancco
 Ingeniero Agrónomo
 CIP. N°126279



Ing. Noemí Geri Ferro
 Ingeniero Civil
 CIP. N°168639

ANEXO
N° 9

Presupuesto en los ensayos de laboratorio

ITEM	DESCRIPCION	COSTO UNITARIO	TOTAL (x2)
1	Ensayo de Coliformes Termotolerantes (CT)	S/.150.00	S/.300.00
2	Ensayo de Ph	S/.100.00	S/.200.00
3	Ensayo de la Temperatura	S/.100.00	S/.200.00
4	Ensayo de la Conductividad	S/.150.00	S/.300.00
5	Ensayo de la DBO	S/.298.00	S/.596.00
6	Ensayo de la DQO	S/.298.00	S/.596.00
Gastos logísticos			S/.120.00
IGV 18%			S/.416.16
TOTAL			S/.2,728.16

ANEXO
N°10

Presupuesto de las macrofitas

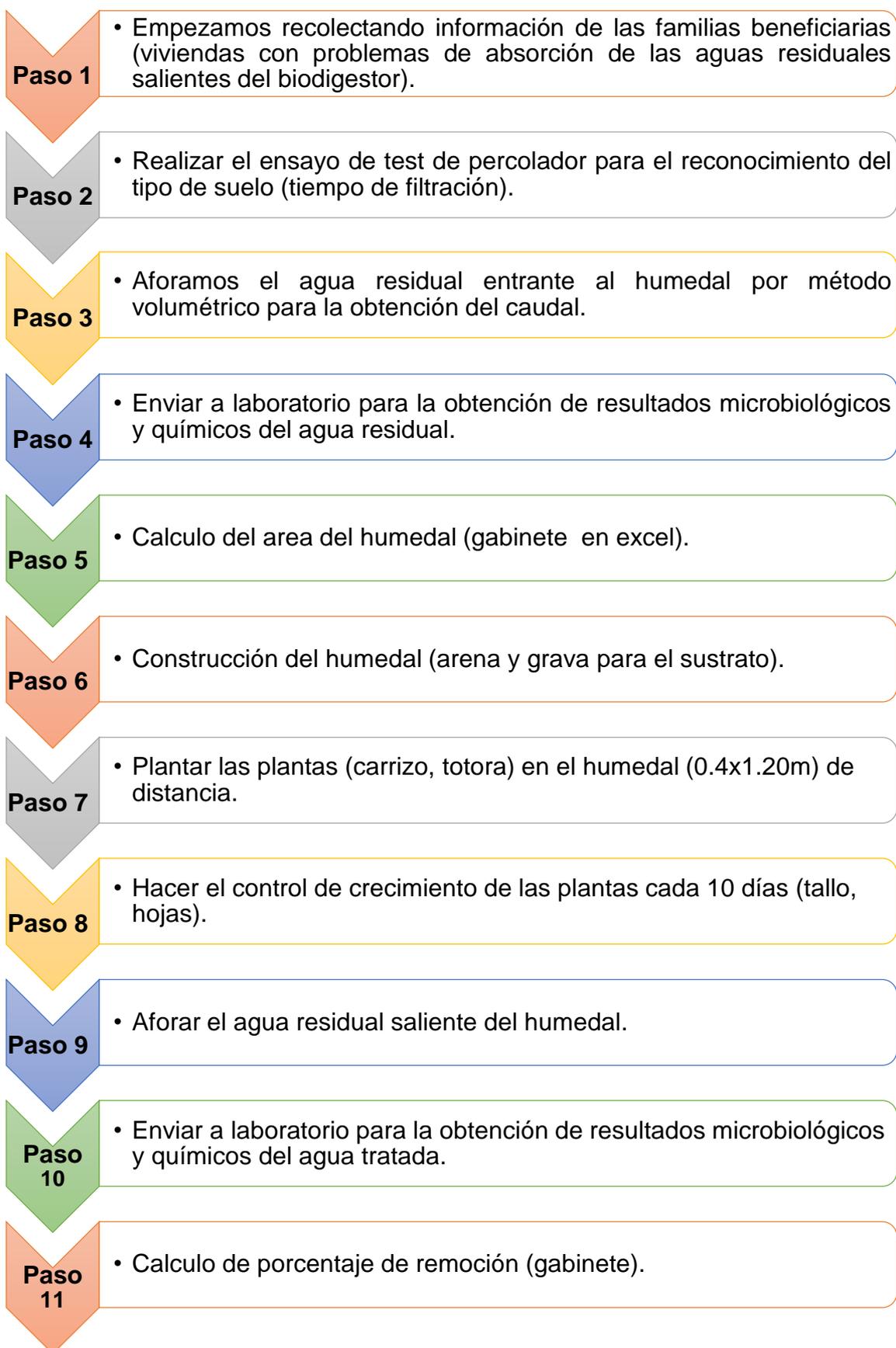
CANT.	DESCRIPCION	COSTO UNITARIO	TOTAL
8	Phragmites australis (carrizo)	S/.35.00	S/.280.00
6	Schoenoplectus californicus (totora)	S/.35.00	S/.210.00
TOTAL			S/.490.00

ANEXO
N°11

Presupuesto Total

ITEM	DESCRIPCION	TOTAL (x2)
1	presupuesto delos ensayos de laboratorio	S/.2,728.16
2	Presupuesto de las macrofitas	S/.490.00
TOTAL		S/.3,218.16

Anexo N° 12. Procedimiento para obtención de resultados



ANEXO N° 13. Informe de análisis de los parámetros físico – químicos y microbiológicos del agua residual domestico antes del tratamiento - Huanipaca



LABORATORIO LOUIS PASTEUR

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-042



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado

INFORME DE ENSAYO
LLP-0831 -2021
SO-0348-2021

Registro N° LE - 042

Pág. 1 de 1

LABORATORIO LOUIS PASTEUR

INFORMACIÓN DEL CLIENTE
Solicitante: Rosa Velianevska Cespedes Pillaca
Dirección Legal: Distrito de Huanipaca – Apurímac

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA
Nombre del Producto: Agua Residual Domestica
Matriz Microbiológico: Agua Residual Domestica
Matriz Química: Agua Residual Domestica
Fecha de ingreso de Muestra: 2021/03/18
Fecha de Ensayo: 2021/03/18

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA Y RESPORTE DE RESULTADOS
Toma de muestra realizada por: Rosa Velianevska Cespedes Pillaca
Fecha de toma de Muestra: 2021/03/17
Hora de toma de muestra: 09:26
Procedencia de la Muestra: Efluente Agua Residual – Distrito de Huanipaca – Apurímac.
250ml, 500ml, 1L, frasco de vidrio de 1L; transportado en cadena de frio.
Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2021/03/31
Referencia: Nro. De Cotización: 11-03

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

Ensayo (s)	Unidad	Resultado(S)
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	7,02 x10 ⁶

RESULTADOS QUÍMICOS

Ensayo (s)	Unidad	Resultado(S)
DBO ₅	mg/L	91,61
DQO	mg/L	158,13
Ph ⁿ	-	7,35
Conductividad	uS/cm	1742,46
Temperatura (°)	°C	21,98

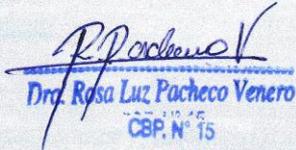
(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL – DA
R Resultado referencial por superar el tiempo establecido por el método para su determinación.

Métodos de Referencia:

Coliformes Termotolerantes (NMP)
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5)
Demanda Química de Oxígeno (DQO)
Ph
Conductividad
Temperatura

SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 5221 E-A, 23rd Ed (2021)
SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 5210 B, 23rd Ed (2021)
SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 5220 C, 23rd Ed (2021)
SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 4500-H+ B, 23rd Ed (2021)
SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 2540 D, 23rd Ed (2021)
2021 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 23ND EDITION Part.2550
Tit. Methods, Pág. 3-69

Temperatura, B Laboratory and
Tit. Methods, Pág. 3-69



Dr. Rosa Luz Pacheco Venero
C.B.P. N° 15



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. los resultados solo se refieren a los ítems ensayos. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP21-F02VER 31 MARZO 2021

Av. Tullumayo N° 768 (2°Piso) Telefax: 084-234727 Mov. 975 713500 RPC:974 787 151 RPM:# 713522
www.lablouispasteur.pe – laboratorioulouispasteur@yahoo.es

ANEXO N° 14. Informe de análisis de los parámetros físico – químicos y microbiológicos del agua residual domestico después del tratamiento - Huanipaca



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-042



INFORME DE ENSAYO
LLP-0805 -2021
SO-0364-2021

Pág. 1 de 1

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Solicitante: Rosa Velianevska Cespedes Pillaca
Dirección Legal: Distrito de Huanipaca – Apurímac

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

Nombre del Producto: Agua Residual Domestica
Matriz Microbiológico: Agua Residual Domestica
Matriz Química: Agua Residual Domestica
Fecha de ingreso de Muestra: 2021/03/26
Fecha de Ensayo: 2021/03/26

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA Y RESPORTE DE RESULTADOS

Toma de muestra realizada por: Rosa Velianevska Cespedes Pillaca
Fecha de toma de Muestra: 2021/03/25
Hora de toma de muestra: 10.15
Procedencia de la Muestra: Efluente Agua Residual – Distrito de Huanipaca – Apurímac.
250ml, 500ml, 1L, frasco de vidrio de 1L; transportado en cadena de frio.
Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2021/04/05
Referencia: Nro. De Colización: 11-03

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

Ensayo (s)	Unidad	Resultado(S)
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	2,89 x10 ⁶

RESULTADOS QUÍMICOS

Ensayo (s)	Unidad	Resultado(S)
DBO ₅	mg/L	1.30
DQO	mg/L	11.13
Ph ^R	-	6.84
Conductividad	uS/cm	1875.29
Temperatura (*)	°C	20.19

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL – DA
R Resultado referencial por superar el tiempo establecido por el método para su determinación.

Métodos de Referencia:

Coliformes Termotolerantes (NMP)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)
Demanda Química de Oxígeno (DQO)
Ph
Conductividad
Temperatura

SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 9221 E-1, 23rd Ed (2021)
SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 5210 B, 23rd Ed (2021)
SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 5220 C, 23rd Ed (2021)
SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 4500-H+ B, 23rd Ed (2021)
SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 2540 D, 23rd Ed (2021)
2021 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 23ND EDITION, Part.2550
Fiel Methods, Pág. 3-65
Temperatura. B Laboratory end

Rosa Pacheco Venero
Dra. Rosa Luz Pacheco Venero
CBP. N° 15



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. los resultados solo se refieren a los ítems ensayos. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP21-F02VER 05 ABRIL 2021

Av. Tullumayo N° 768 (2°Piso) Telefax: 084-234727 Mov. 975 713500 RPC:974 787 151 RPM:# 713522
www.lablouispasteur.pe – laboratoriolouispasteur@yahoo.es

ANEXO N° 15. Informe de análisis de los parámetros físico – químicos y microbiológicos del agua residual domestico antes del tratamiento - Tamburco



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-042



**INFORME DE ENSAYO
LLP-0805 -2021
SO-0365-2021**

Pág. 1 de 1

LABORATORIO LOUIS PASTEUR

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Solicitante: Rosa Velianevska Cespedes Pillaca
Dirección Legal: Distrito de Tamburco – Apurímac

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

Nombre del Producto: Agua Residual Domestica
Matriz Microbiológico: Agua Residual Domestica
Matriz Química: Agua Residual Domestica
Fecha de ingreso de Muestra: 2021/03/22
Fecha de Ensayo: 2021/03/22

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA Y RESPORTE DE RESULTADOS

Toma de muestra realizada por: Rosa Velianevska Cespedes Pillaca
Fecha de toma de Muestra: 2021/03/21
Hora de toma de muestra: 09:04
Procedencia de la Muestra: Efluente Agua Residual – Distrito de Tamburco – Apurímac.
250ml, 500ml, 1L, frasco de vidrio de 1L; transportado en cadena de frío.
Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2021/04/05
Referencia: Nro. De Cotización: 11-03

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

Ensayo (s)	Unidad	Resultado(S)
Coliformes Temotolerantes	NMP/100ml	8,09 x10 ⁶

RESULTADOS QUÍMICOS

Ensayo (s)	Unidad	Resultado(S)
DBO ₅	mg/L	98,45
DQO	mg/L	164,57
Ph ^R	-	7,91
Conductividad	uS/cm	1798,52
Temperatura (*)	°C	23,50

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL – DA
R Resultado referencial por superar el tiempo establecido por el método para su determinación.

Métodos de Referencia:

Coliformes Temotolerantes (NMP) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 9221 E-1, 23rd Ed (2021)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 5210 B, 23rd Ed (2021)
Demanda Química de Oxígeno (DQO) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 5220 C, 23rd Ed (2021)
Ph SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 4500-H+ B, 23rd Ed (2021)
Conductividad SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 2540 D, 23rd Ed (2021)
Temperatura 2021 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater: 23ND EDITION, Part.2550 Temperature: B Laboratory and Field Methods, Pág. 2-69

R. P. Pacheco V
Dra. Rosa Luz Pacheco Venero
CBP. N° 15



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. los resultados solo se refieren a los ítems ensayos. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP21-F02VER 05 ABRIL 2021

Av. Tullumayo N° 768 (2°Piso) Telefax: 084-234727 Mov. 975 713500 RPC:974 787 151 RPM:# 713522
www.lablouispasteur.pe – laboratoriolouispasteur@yahoo.es

ANEXO N° 16. Informe de análisis de los parámetros físico – químicos y microbiológicos del agua residual domestico después del tratamiento - Tamburco



LABORATORIO LOUIS PASTEUR

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-042



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado

Registro N° LE - 042

INFORME DE ENSAYO

LLP-0805 -2021
SO-0366-2021

Pág. 1 de 1

INFORMACIÓN DEL CLIENTE
Solicitante: Rosa Velianevska Cespedes Pillaca
Dirección Legal: Distrito de Tamburco – Apurímac

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA
Nombre del Producto: Agua Residual Domestica
Matriz Microbiológico: Agua Residual Domestica
Matriz Química: Agua Residual
Fecha de ingreso de Muestra: 2021/03/27
Fecha de Ensayo: 2021/03/27

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA Y RESPORTE DE RESULTADOS
Toma de muestra realizada por: Rosa Velianevska Cespedes Pillaca
Fecha de toma de Muestra: 2021/03/26
Hora de toma de muestra: 09:46
Procedencia de la Muestra: Efluente Agua Residual – Distrito de Tamburco – Apurímac.
 250ml, 500ml, 1L, frasco de vidrio de 1L; transportado en cadena de frío.
Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2021/04/05
Referencia: Nro. De Cotización: 11-03

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

Ensayo (s)	Unidad	Resultado(S)
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	6,29 x10 ⁶

RESULTADOS QUÍMICOS

Ensayo (s)	Unidad	Resultado(S)
DBO ₅	mg/L	1,43
DQO	mg/L	10,16
Ph ^R	-	7,38
Conductividad	uS/cm	1913,75
Temperatura (*)	°C	20,68

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL – DA
^R Resultado referencial por superar el tiempo establecido por el método para su determinación.

Métodos de Referencia:
 Coliformes Termotolerantes (NMP) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 9221 E-1, 23rd Ed (2021)
 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 5210 B, 23rd Ed (2021)
 Demanda Química de Oxígeno (DQO) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 5220 C, 23rd Ed (2021)
 Ph SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 4500-H+ B, 23rd Ed (2021)
 Conductividad SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 2540 D, 23rd Ed (2021)
 Temperatura 2021 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater: 23ND EDITION, Part:2550 Temperatura, B Laboratory and Field Methods, Pág. 2-69



Dr. Rosa Luz Pacheco Venero
CBP. N° 15



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. los resultados solo se refieren a los ítems ensayos. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP21-F02VER 05 ABRIL 2021

Av. Tullumayo N° 768 (2°Piso) Telefax: 084-234727 Mov. 975 713500 RPC:974 787 151 RPM:# 713522
www.lablouispasteur.pe – laboratoriolouispasteur@yahoo.es

ANEXO N° 17. Panel fotográfico



Fotografía 1. Limpieza, nivelación y trazo del humedal



Fotografía 2. Tuberías cribadas



Fotografía 3. Instalación de Tuberías cribadas



Fotografía 4. Material Granulométrico para el sistema de drenaje



Fotografía 5. Plantas macrofitas carrizo(izquierda) y totora (derecha)



Fotografía 6. Crecimiento de nuevas especies



Fotografía 7. Tubería de salida del humedal de carrizo (izquierda) y agua de salida del humedal de totora (derecha)

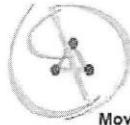


Fotografía 8. Medidores del caudal de ingreso



Fotografía 9. Muestra de agua residual (derecha) y muestra de agua residual tratada (izquierda)

Boletas del análisis de laboratorio



**Laboratorio Louis Pasteur
S.R.L.**

Av. Tullumayo N° 768 Int. 205 (2° Piso)
Telefax: (084) 234727
Mov. 975713500 RPM: #713 522 RPC: 974 787 151
Cusco - Cusco - Cusco

R.U.C. 20114835260

**BOLETA DE VENTA
ELECTRÓNICA**

B001 N°00002624

RAZÓN SOCIAL : ROSA VELIANEVSKA CESPEDES PILLACA
DIRECCIÓN : DISTRITO DE HUANIPACA - APURIMA
CORIZACIÓN : 11-03
T. MONEDA : SOLES

FECHA EMISIÓN : 31/03/2021 16:51:12
FECHA VENC. : 31/03/2021

Cant	B/S	Unid	Cod	Descripción	V. Unitario	Descuento	IGV	Importe
2		Servicio		ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUA RESIDUAL	1,156.00	0.00	208.08	1,364.08

BENEFICIARIO :	LABORATORIO LOUIS PASTEUR S.R.LTDA.	OP. GRAVADA	SI	1,156.00
		OP. INAFECTA	SI	0.00
		OP. EXONERADA	SI	0.00
CUENTA CORRIENTE :	INTERBANK Soles: 420-3000416630 CCI: 003-420 00 3000416630-79	OP. GRATUITA	SI	0.00
	NACION Soles: 00-161-316083 CCI: 0181-6100016131608305	TOT. DSCTO	SI	0.00
	CUENTA DETRACCION	I.S.C.	SI	0.00
	NACION Soles: 00-161-070181	I.G.V. 18.0%	SI	208.08
COMENTARIOS LEGALES :	Documento sujeto a detención 12%: SI/ 571.78 (12.00%)	OTROS CARGOS	SI	0.00
OBSERVACIONES :		OTROS TRIBUTOS	SI	0.00
		IMPORTE TOTAL	SI	1,364.08

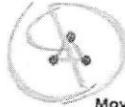
SON : MIL TRECIENTOS SESENTA Y CUATRO Y 08/100 SOLES

Emitió Por: KARINA

Representación impresa de la Factura Electrónica
Autorizado mediante resolución N° N° 0340050005820/SUNAT
Consulte su documento electrónico en (<https://fe.esavdoc.com/consulta>)



FORMA
esavdoc



**Laboratorio Louis Pasteur
S.R.L.**

Av. Tullumayo N° 768 Int. 205 (2° Piso)
Telefax: (084) 234727
Mov. 975713500 RPM: #713 522 RPC: 974 787 151
Cusco - Cusco - Cusco

R.U.C. 20114835260

**BOLETA DE VENTA
ELECTRÓNICA**

B001 N° 00002627

RAZÓN SOCIAL : ROSA VELIANEVSKA CESPEDES PILLACA

FECHA EMISIÓN : 05/04/2021 11:15:59

DIRECCIÓN : DISTRITO DE TAMBURCO - APURÍMAC

FECHA VENC. : 05/04/2021

COTIZACIÓN : 11-03

T.MONEDA : SOLES

Cant.	B/S	Unid.	Cod.	Descripción	V. Unitario	Descuento	IGV	Importe
2		Servicio		ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUA RESIDUAL	1,156.00	0.00	208.08	1,364.08

BENEFICIARIO :	LABORATORIO LOUIS PASTEUR S.R.LTDA.	OP. GRAVADA	S/	1,156.00
CUENTA CORRIENTE :	INTERBANK Soles: 420-3000416630 CCI: 003-420 00 3000416630-79 NACION Soles: 00-161-316083 CCI: 0181-6100016131608305	OP. INAFECTA	S/	0.00
COMENTARIOS LEGALES :	NACION Soles: 00-161-070181	OP. EXONERADA	S/	0.00
OBSERVACIONES :	Documento sujeto a detención 12%: S/ 571.78 (12.00%)	OP. GRATUITA	S/	0.00
		TOT. DSCTO	S/	0.00
		I.S.C.	S/	0.00
		I.G.V. 18.0%	S/	208.08
		OTROS CARGOS	S/	0.00
		OTROS TRIBUTOS	S/	0.00
		IMPORTE TOTAL	S/	1,364.08

SON : MIL TRECIENTOS SESENTA Y CUATRO Y 08/100 SOLES

Emitido Por: KARINA

Representación impresa de la Factura Electrónica
Autorizado mediante resolución N° N° 0340050005820/SUNAT
Consulte su documento electrónico en <https://fe.esavdos.com/consulta>



POWER BY
esavdoc

Certificado



La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, OTORGA el presente certificado de Renovación de la Acreditación al:

LABORATORIO LOUIS PASTEUR S.R.LTDA.

Laboratorio de Ensayo

En su sede ubicada en: Av. Tullumayo N° 768 Int.205, distrito de Cusco, provincia de Cusco y departamento de Cusco

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Acreditación: 25 de noviembre de 2018

Fecha de Vencimiento: 24 de noviembre de 2022

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'M. Uría Toro', is positioned above a horizontal line.

MARÍA DEL ROSARIO URÍA TORO
Directora (e), Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 0921-2018/INACAL-DA

Contrato N° : Adenda al Contrato de Acreditación
N°021-15/INACAL-DA

Registro N° : LE-042

Fecha de emisión: 21 de enero de 2019

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) del Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)

DA-acr-01P-02M Ver. 02