



UNIVERSIDAD DE LAMBAYEQUE
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

TESIS

EFICIENCIA DEL HUMEDAL ARTIFICIAL CON TOTORA (*Scirpus californicus*) EN LA DEPURACIÓN DE EFLUENTES DE LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN DEL C.P. LA OTRA BANDA

Presentada Para Optar El Título De Ingeniero Ambiental

Autores:

Cubas Zamora, José Antohny

Mireles Adrianzén, Gerson Abelardo

Asesor:

Mg. Betty Esperanza Flores Mino

Línea de Investigación

Contaminación y Biotecnología Ambiental

Chiclayo – Perú

2019

FIRMA DE ASESOR Y JURADO DE TESIS

Mg. Betty Esperanza Flores Mino

Asesor

Dr. Antonio Idrogo Idrogo

Presidente

Mg. Enrique Santos Nauca Torres

Secretario

Mg. Betty Esperanza Flores Mino

Vocal

Dedicatoria

A Dios

Por darme siempre la fuerza para continuar en lo adverso, por guiarme en el sendero de lo sensato y darme sabiduría en las situaciones difíciles.

A mis familiares

*Mis padres **Jorge Mireles F. y Teresa del Pilar Adrianzén C.**, agradecerles por haberme forjado como la persona soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.*

*A mi hermana **Mirella Mireles A.** para que este logro sea de ejemplo para ella y alcance sus sueños y cumpla las metas que busca en la vida.*

A mis mejores amigos

Que siempre nos hemos apoyado mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta la actualidad seguimos siendo unidos y siempre lo seremos.

Al escultismo

Movimiento juvenil internacional que me guio y formo de manera integral, dándome una filosofía de vida para superar adversidades y cumplir mi plan de vida, teniendo presente siempre mi promesa y ley scout.

A mis hermanos scouts que me motivan a salir adelante y que fielmente están apoyándome, como yo lo estaría con ellos, Siempre listos para servir.

Gerson Abelardo Mireles Adrianzén

Agradecimiento

Desde el principio mi agradecimiento a Dios por cuidarme y permitir que su voluntad haya sido el tener las fuerzas necesarias para Culminar un objetivo más en la vida.

A mis padres, hermanos y hermanas por ayudarme en las distintas etapas de mi formación académica, gracias por todo su apoyo.

A mis amigos y amigas que siempre estuvieron animándome a ser un buen profesional.

José Antohny Cubas Zamora.

Dedicatoria

A mi papá José Carloman Cubas Benel por ser mi ejemplo de trabajo, esfuerzo y dedicación en las responsabilidades, por ser mi apoyo y mi orgullo.

A mi madre Rosa Imelda Zamora Bustamante por haberme forjado con valores sólidos y ser la persona que ahora soy, y este es un logro más gracias a la formación recibida por ella.

A mi hermano Carlos Robertson Cubas Zamora por ser el promotor de mi futuro y constante apoyo en la vida, mi palanca y punto de apoyo para mis logros.

José Antohny Cubas Zamora.

Resumen

El principal motivo que originó el desarrollo del presente proyecto de investigación, fué por el deterioro ambiental a causa del vertimiento de aguas residuales, la generación de olores malolientes, la falta de un adecuado mantenimiento y de un eficaz proceso de depuración de las aguas residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado “La Otra Banda” es con estos problemas que convive la población aledaña a la mencionada planta. Para la realización de este proyecto, como primer trabajo se hizo una visita de reconocimiento a la planta de tratamiento que está conformada desde la zona de bombeo hasta las lagunas de oxidación, donde se tratan finalmente las aguas residuales de la población, luego se planteó la alternativa de usar especies vegetales macrófitas para un mayor grado de depuración de los efluentes ya que estos vertimientos no cumplen con la normativa nacional para efluentes de plantas de tratamiento. Llevado a cabo esto se decidió la construcción de un humedal artificial a escala de laboratorio para realizar una experimentación en el tratamiento de los efluentes de las lagunas de estabilización, lo que conllevó al uso de diferentes factores materiales como el terreno, los análisis de aguas y otros elementos que se detallan más adelante, así como la selección y uso de la especie macrofita *Scirpus californicus* (Totorá), bastante distribuida en la región Lambayeque.

Palabras claves: humedal artificial, límites máximos permisibles, agua residual, diseño de humedales, tratamiento de aguas residuales.

Abstract

The main need that originated the development of this project was due to environmental deterioration due to the dumping of wastewater and the generation of smelly smells that comes through the population surrounding the water treatment plant Residuals of the center populated "the other band". For the realization of this project, as first work was made a visit of recognition to the treatment plant that this formed from the zone of pumping to the oxidation lagoons, where finally the wastewaters of the population are treated, then it I am considering the alternative of using vegetable species for a greater degree of depuration of the effluents since these do not comply with the national regulations of quality for effluents of treatment plants. Led to this was decided the construction of an artificial wetland to carry out an experimentation the treatment of effluents from the lagoons, which led to the use of different materials, land, water analysis, location and selection of the species *Scirpus californicus*.

Keywords: artificial wetland, maximum permissible limits, wastewater, wetland design, wastewater treatment.

Índice

Resumen

Abstract

I. Introducción	1
II. Marco Teórico.....	2
2.1 Antecedentes bibliográficos.....	2
2.1.1 A nivel internacional.....	2
2.1.2 A nivel nacional	2
2.1.3 A nivel local.....	4
2.2 Base teórica científica.....	5
2.3 Definición de términos básicos.....	15
2.4 Hipótesis.....	15
III. Materiales y métodos.....	16
3.1 Variables – Operacionalización.....	20
3.1.1 Variables	20
3.1.2 Operacionalización de variables.....	21
3.2 Tipo de estudio y diseño de investigación.....	22
3.3 Población y muestra.....	22
3.4 Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	22
3.5 Procesamiento de datos y análisis estadístico.....	22
IV. Resultados.....	23
V. Discusión.....	33
VI. Conclusiones.....	35
VII. Recomendaciones.....	36
VIII. Referencias Bibliográficas	37
IX. Anexos.....	39

Índice de tablas

	P.
Tabla 1: Límites máximos permisibles para plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas.....	14
Tabla 2: Humedal artificial y parámetros de agua residual.....	21
Tabla 3: Materiales empleados en humedales artificiales.....	24
Tabla 4: Resultado de análisis de muestras.....	27

Índice de figuras

	P
Figura 1. Humedal de flujo superficial (A) y humedal de flujo subsuperficial (B).....	7
Figura 2. Plano de ubicación de las Lagunas de Estabilización	16
Figura 3. Plano de humedal artificial a escala laboratorio.....	26
Figura 4. Demanda bioquímica de oxígeno de las muestras.....	29
Figura 5. Demanda Química de Oxígeno	30
Figura 6. Potencial de Hidrogeno de muestras	31
Figura 7. Sólidos suspendidos totales de muestras	32
Figura 8. Coliformes Termotolerantes de muestras	33

Anexos

P

Anexo 1. Laguna de maduración diciembre del 2018	39
Anexo 2. Laguna de maduración julio del 2019	39
Anexo 3. Resultados del análisis de agua gestionado por la junta de usuarios del c.p....	40
Anexo 4. Adaptación de la especie macrofita <i>Scirpus californicus</i>	40
Anexo 5. Laguna de estabilización donde se tomaron las muestras; se aprecia el crecimiento de plantas en todo el perímetro de la laguna	41
Anexo 6. Laguna de estabilización primaria.....	41
Anexo 7. Humedal artificial a escala	41
Anexo 8. Campos de cultivo a pocos metros de las lagunas de estabilización.....	41
Anexo 9. Muestras del agua residual obtenidas de las lagunas de estabilización.....	41
Anexo 10. Instalación del humedal artificial, con 0.6m de alto	41
Anexo 11. Instalación del humedal artificial	41
Anexo 12. Adaptación de la especie vegetal <i>Scirpus californicus</i> luego de 25 días	41
Anexo 13. Humedal funcionando y listo para obtención de muestras.....	41
Anexo 14. Desarmado del humedal artificial; se aprecia el crecimiento de las raíces	41
Anexo 15. Afluente de laguna de estabilización (izquierda) y 1ra muestra de humedal (derecha).....	41
Anexo 16. 1ra muestra de humedal (izquierda) y segunda muestra de humedal (derecha).....	41
Anexo 17. Resultado de análisis realizados en el laboratorio de calidad de Epsel. Con código LCC -2410-19-R	41
Anexo 18. Resultado de análisis realizados en el laboratorio de calidad de Epsel. Con código LCC-2610-19-R	41
Anexo 19. Resultado de análisis realizados en el laboratorio de calidad de Epsel. Con código LCC – 3159 -19 -R.....	41
Anexo 20. DECRETO SUPREMO 003-2010-MINAM	50
Anexo 21. Presupuesto para la construcción y funcionamiento del humedal artificial	51

I. Introducción

El creciente aumento poblacional ha generado que las actividades económicas y comerciales aumente con un ritmo acelerado, este hecho ha generado un aumento en el uso de recursos y el agua es uno de ellos, su consumo ha crecido en gran magnitud en diferentes tipos de usos, como la agricultura, uso doméstico, comercial, industrial y usos públicos, dando como resultado caudales elevados de agua residual con características distintas y conteniendo gran cantidad de compuestos y contaminantes, que en muchos casos no son tratados adecuadamente o la capacidad de las plantas no son las óptimas, sin embargo, el problema que más aqueja a las sociedades hoy en día es la contaminación del agua y la escases de la misma, es por todo ello que la evacuación, tratamiento y eliminación de aguas residuales, es no solo deseable sino también necesaria para toda sociedad, en ese sentido, en el presente proyecto tenemos por fijar nuevas tecnologías para lograr una depuración adecuada, sanitaria y económica de las aguas residuales provenientes de las lagunas de estabilización del Centro Poblado “La Otra Banda” formulándose la siguiente pregunta ¿Cuál será la eficiencia de un humedal artificial con totora (*Scirpus californicus*) en la depuración de los efluentes de las lagunas de estabilización del Centro Poblado “La Otra Banda”?, así mismo, con el objetivo general de determinar la eficiencia de un humedal artificial con totora para la depuración de los efluentes de las lagunas de estabilización del C.P “La Otra Banda” y con los objetivos específicos de diseño y construcción de un humedal artificial con totora, también está el determinar los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos en suspensión totales (SST), Temperatura, pH, Coliformes fecales y Coliformes Termotolerantes, y por ultimo conocer la eficiencia del humedal artificial basándose en la comparación de los resultados con el D.S 003-2010-MINAM y poder así darle un reusó optimo a las aguas tratadas tanto en agricultura como en riego u otra actividad, como justificación ambiental y económica del trabajo se tiene la protección del medio ambiente y la generación de empleo en la zona , puesto que, a través de esta tecnología además de depurar las aguas residuales generan un embellecimiento paisajístico en la zona del humedal por el crecimiento de las plantas macrófitas, esto atrae diferentes tipo de aves migratorias, y otros animales generándose nuevos ecosistemas, de igual manera también se considera la economía del lugar puesto que con este tipo de sistemas de depuración al desarrollarse la planta macrófita que es la totora al cosecharla se puede utilizar en la confección de sombreros, caballitos de totora y otros productos, generando empleo a la población de la zona.

II. Marco Teórico.

2.1 Antecedentes bibliográficos

2.1.1 A nivel internacional

Según Forero y Urrego (2016); en su trabajo: “Modelamiento de un humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales del barrio fontanar de suba” Bogotá; teniendo como objetivo realizar el estudio técnico para el modelamiento integral de un humedal artificial en el barrio fontanar de suba como plan piloto para la implementación de este. Luego de realizar la investigación necesaria y pertinente para poder construir un humedal artificial, concluyeron que en Bogotá se tendría que elaborar en varios barrios para tratar más caudales y así ir recuperando los ríos donde desembocan las aguas residuales, teniendo presente que el impacto que generaría será positivo, para la mejora de los cuerpos de agua naturales, en especial el río Bogotá. El agua tratada no saldrá con un 100% potable, pero si será una mejora para el manejo de aguas residuales, teniendo un menor costo de lo que se genera en las plantas de tratamiento de aguas residuales, y será un tratamiento totalmente natural.

Según Fazlolahi, Eslaminan (2014); la Universidad Tecnológica de Isfahán realizó un estudio de depuración de aguas residuales municipales mediante humedales artificiales de flujo vertical, con el objetivo de determinar la eficiencia de remoción del nitrógeno total y del fósforo total; utilizaron las especies *Phragmites australis*, Typha y Rush; los cuales fueron divididos por células para sembrar dichas especies. Los resultados obtenidos fueron: la especie Typha removió 49,39% de nitrógeno total y 17,98% de fósforo total, la especie *Phragmites australis* (carrizo) removió un total de 44,62% de nitrógeno total y 13,22% de fósforo total, y la especie Rush removió 27,62% de nitrógeno total y 9,46% de fósforo total. Concluyeron que la especies Typha y *Phragmites australis* fueron más eficientes en la remoción de dichos nutrientes.

2.1.2 A nivel nacional

Según Vásquez y Cubas (2019); En la quebrada hierbabuena se realizó la investigación, para mejorar la calidad del agua de la quebrada, se aplicó un sistema de humedal con un diseño semihexagonal a escala, con $Q= 1$ L/s. teniendo dos compartimientos (sedimentadores y cámaras filtrantes), con dimensiones de 0.85 m de altura, 5.40 m² de área superficial y 4.6 m³ de volumen,

a ello incluido 10 kg. De biomasa de jacinto de agua. En un periodo de 20 semanas cada 7 días se realizó los análisis, al analizar los resultados se resaltó que en la semana 4 el sistema tuvo una máxima eficiencia. Finalmente afirmaron que el sistema de humedad mejora significativamente la calidad físico-químico del agua de la quebrada en un 80% de los parámetros analizados, cumpliendo los ECAs para agua, del DS N° 004 – 2017- MINAM, categoría 2 y subcategoría C4.

Según Flores y Huamán (2018); diseñaron un sistema de depuración de aguas residuales mediante humedales artificiales, en la comunidad campesina de Ocopa – distrito Lircay. En el afluente y efluente tomaron 6 muestras compuestas del componente de tratamiento, lo cual le dio los siguientes resultados: el tratamiento de HA de flujo subsuperficial redujo en promedio los agentes contaminantes en: 35.32% SST, 27.59% DBO₅, 18.68% DQO, 36.91% Aluminio, 37.72% Nitrógeno total, 32.67% grasas y aceites, 19.59% pH y 34.35% Coliformes totales. Examinando los distintos resultados obtenidos, lo cual demuestra que el sistema diseñado cumple con los parámetros para su funcionamiento óptimo tanto en la reducción de agentes patógenos, y contaminantes.

Según Moret (2014); en su tesis: “Optimización de lagunas de estabilización mediante el uso de macrófita” investigo un sistema que permita optimizar, la eficiencia de las lagunas de estabilización de la Universidad de Piura, con la implementación de macrófita. Luego de trabajar con diferentes especies de macrófita, se llega a concluir que las de interés en Fitodepuración son: *typha latifolia*, *typha angustifolia* y *typha dominguensis*. La selección de la especie a emplear se debe realizar de acuerdo a la adaptación de las mismas, su capacidad de transportar oxígeno, la tolerancia a condiciones climáticas adversas, su resistencia a insectos y enfermedades y su fácil manejo.

Según Serapio (2016); en su tema de tesis: “Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales utilizando humedales artificiales para riego en la ciudad universitaria los módulos, Ayacucho” para obtener el título de ingeniería civil. El Objetivo General: “Diseñar una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales utilizando Humedales Artificiales para el riego en la Ciudad Universitaria Los Módulos, Ayacucho”. Como Objetivos específicos: Diseñar los componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales, Diseño hidráulico del sistema de bombeo, línea de impulsión, reservorio, para el riego, Evaluar la calidad del agua residual efluente para el riego,

Cuantificar el recurso agua de consumo versus el agua residual efluente en la ciudad universitaria Los módulos. La metodología aplicada es experimental y explicativa basada en el diseño, construcción y análisis de los efluentes de los elementos a estudiar. Resultados: se alcanzó los objetivos del diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales mediante los humedales artificiales, con los parámetros establecidos según la Norma OS.070, OS.080 y OS.090, Los costos de inversión, operación y mantenimiento que requiere la construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales utilizando humedales artificiales son costos muy reducidos a comparación de otros tratamientos. Conclusiones: cuantas más áreas verdes, plantas forestales, frutícolas y otros se irrigen con aguas residuales tratadas en reemplazo de agua limpia, más ahorro de agua limpia. Se considera una tecnología viable de bajo costos, en cuanto a su instalación, pues no requiere de trabajo permanente ni personal calificado para su operación y mantenimiento, el cual es mínimo.

Según Medina y López (2015); en su tesis: “Determinación de la eficiencia del humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales en el barranco del sector cruce de uchuglla, de la ciudad de Moyobamba 2013”; teniendo como objetivo contribuir con la investigación referente al sistema de humedales artificiales como alternativas para aguas residuales y de mejorar la calidad del ambiental, construyeron una planta de tratamiento de aguas residuales domesticas con un tratamiento de humedales artificiales. La evaluación se realizó durante tres meses, trabajando con un caudal de 3 m³/d, provistas por las viviendas aledañas, sus resultados fueron: DBO₅ de 249 mg/L, coliformes termo tolerantes de 5689 UFC/100 ML y el efluente con una reducción de DBO₅ de 97 mg/L, teniendo una eficiencia de remoción de 61.04% de DBO₅ y de 64.93% UFC/100 ML de coliformes Termotolerantes. Teniendo como resultados que el humedal artificial con *Arundo donax* es un sistema de bajo costo en mantenimiento y cumple con los LPM.

2.1.3 A nivel local

Según Mejía (2017); en Ferrañafe, Perú, se realizó el proyecto de investigación para favorecer a los pobladores del distrito Manuel Mesones Muro, con el uso de agua sin afectar a su salud; el objetivo de la investigación era determinar la eficiencia de la macrofitas flotante *Eichhornia crassipes*. Construyéndose 2 humedales artificiales, de medidas: 60 cm de largo, 30 cm de altura, y 30 cm de ancho. Vertiéndose 25 L. de agua residual, obtenida de las lagunas facultativas. Los valores de inicio en ambos humedales fueron: pH: 8.75, SST: 459 mg/L, DBO₅: de 345 mg/L, DQO: 350 mg/L y una temperatura de 24.30 °C. El resultado final a 20 días de

tratamiento, se obtuvo una remoción de los contaminantes teniendo DBO₅, la DQO, SDT y el pH los más relevantes, luego de registrar los valores finales para la remoción de contaminantes el Humedal 2 fue el más eficiente, con biomasa inicial de 0.313 g. de la macrofita flotante, se obtuvieron valores de: 8mg/L de DBO₅, 9mg/L de DQO, 55.3 mg/L de SDT y un pH de 7.66.

2.2 Base teórica científica.

Humedal artificial

Los humedales construidos son sistemas de depuración constituidos por lagunas o canales poco profundos plantados con vegetales propios de las zonas húmedas y en los que los procesos de descontaminación tienen lugar mediante las interacciones entre el agua, el sustrato sólido, los microorganismos, la vegetación e incluso la fauna. Los humedales construidos también se denominan humedales artificiales. (García Serrano y Corzo Hernández, 2008, p.2).

Los humedales son medio semiterrestres con un elevado grado de humedad y una profusa vegetación, que reúnen ciertas características biológicas, físicas y químicas, que les confieren un elevado potencial autodepurador. Los humedales naturales pueden alcanzar gran complejidad, con un mosaico de lámina de agua, vegetación sumergida, vegetación flotante, vegetación emergente y zonas con nivel freático más o menos cercano a la superficie.

Los humedales ocupan el espacio que hay entre los medios húmedos y los medios, generalmente secos y de que poseen características de ambos, por lo que no pueden ser clasificados categóricamente como acuáticos ni terrestres. (Hammer y Bastian, 1989).

Los humedales son un sistema de depuración de aguas alternativo o complementario a las tecnologías químico-sanitarias convencionales.

Totora

Una de las Macrofita más conocidas y difundidas en nuestro medio es la Totora (*Scirpus californicus*). Esta especie fue traída del Lago Titicaca; forma parte de la amplia gama de plantas fitodepuradoras empleadas en los sistemas no convencionales de depuración de aguas residuales. (Delgadillo y Camacho, 2010, p. 21)

Clasificación de la macrófita

Reino: Plantae (cursivas)

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Cyperales

Familia: Cyperaceae

Género: Scirpus

Especie: *Scirpus californicus* tator

(Delgadillo y Camacho, 2010, p. 21)

Características generales de un humedal

El tipo de humedal artificial al que nos referiremos es de flujo subsuperficial, por lo que nos centraremos en la descripción de las plantas que se usan en dicho tipo de humedal: las helófitas y en particular la totora.

La helófitas son plantas adaptadas a condiciones de saturación de humedad e inundación, siempre que el agua no las cubra completamente. Es decir, soportan una fuerte limitación en la disponibilidad de oxígeno en el suelo. Comprenden una parte debajo del nivel del agua, y otra parte aérea.

El papel de las helófitas en los humedales artificiales se resume en los siguientes aspectos:

- Servir de filtro para mejorar los procesos físicos de separación de partículas. (Lahora Cano, 2004).
- Asimilación directa de nutrientes (en especial Nitrógeno y Fósforo) y metales, que son retirados del medio e incorporados al tejido vegetal (Lahora Cano, 2004).
- Actuar a modo de soporte para el desarrollo de biopelícula de microorganismos, que actúan purificando el agua mediante procesos aerobios de degradación (Valdés et al., 2005).
- Transportar grandes cantidades de oxígeno desde los tallos hasta sus raíces y rizomas, donde es usado por dichos microorganismos (Lahora Cano, 2004).

Humedal de Flujo subsuperficial

(A) El agua está expuesta directamente a la atmósfera y circula preferentemente a través de los tallos y hojas de las plantas. Estos tipos de humedales se pueden entender como una modificación del lagunaje natural con una profundidad de la lámina de agua entre 0,3 y 0,4 m, y con plantas. Se suelen aplicar para mejorar la calidad de efluentes que ya han sido previamente tratados en una depuradora. (García Serrano y Corzo Hernández, 2008, pág. 3)

(B) La circulación del agua es de tipo subterráneo a través de un medio granular y en contacto con las raíces y rizomas de las plantas. La profundidad de la lámina de agua suele ser de entre 0,3 y 0,9 m. La biopelícula que crece adherida al medio granular y a las raíces y rizomas de las plantas tiene un papel fundamental en los procesos de descontaminación del agua. (García Serrano y Corzo Hernández, 2008, pág. 3)

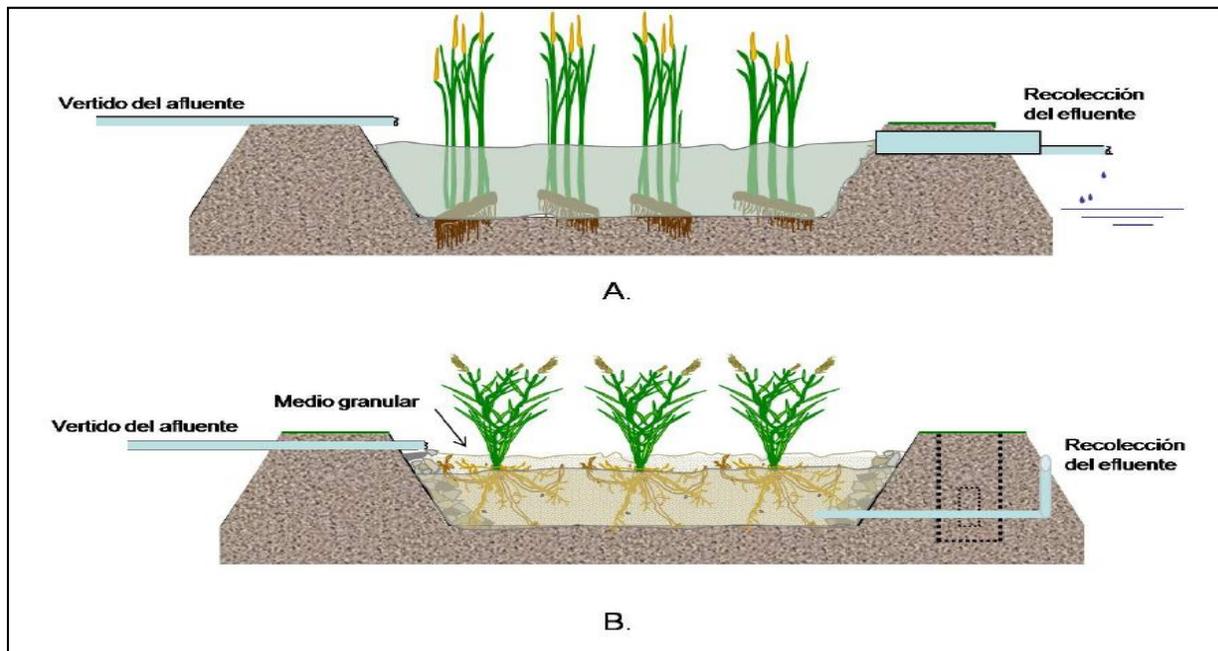


Figura 1. Humedal de flujo superficial (A) y humedal de flujo subsuperficial (B)

Fuente: Libro depuración con humedales construidos, p. 2.

Los humedales de flujo subsuperficial se caracteriza por el hecho de que el agua circula a través de un material granular (arena, grava, gravilla) cuya permeabilidad es suficiente, confinado en un recinto impermeabilizado y que sirve de soporte para el enraizamiento de la vegetación que en su mayoría suele ser carrizo.

La vegetación es plantada en este medio granular y el agua está en contacto con rizomas y las raíces de las plantas

Es importante mencionar que el agua residual no ingresa de manera directa al medio granular principal, sino que existe una zona de amortiguación formada por grava de mayor tamaño. El sistema de recogida consiste de los siguientes elementos: un tubo de drenaje cribado el cual es rodeado con grava de igual tamaño que la que fue utilizada al inicio. El diámetro de la grava de ingreso y de salida oscila entre 50mm y 100mm. La zona de plantación está constituida por grava fina de un solo diámetro que puede ser entre 3 mm a 32 mm (Delgadillo, Camacho, Pérez & Andrade, 2010,). Por otro lado, los sistemas verticales con flujo subsuperficial son cargados de manera intermitente. De esta manera, las condiciones de saturación con agua en la cama matriz vienen seguidas por períodos de instauración que estimulan el suministro de oxígeno.

Componentes del humedal artificial de flujo subsuperficial

Según Delgadillo, Camacho, Pérez & Andrade (2010), en su libro Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales los humedales de flujo subsuperficial están conformados por los siguientes elementos:

Agua residual

Estas provienen del sistema de abastecimiento de agua de una determinada población. Luego de ser modificadas por diversos usos ya sea en actividades domésticas, industriales y comunitarias son recogidas por una red de alcantarillado que las conduce hacia el humedal. Según su uso procedente, estas aguas son el resultado de la combinación de líquidos y residuos sólidos que surgen de distintas fuentes. (Oscar Delgadillo, 2010)

Contaminantes

Sustancias que liberadas en el ambiente pueden tener efectos adversos inmediatos o a largo plazo debido a la bioacumulación o efectos tóxicos en los sistemas biológicos. La eco toxicidad es la resultante del estrés de los tóxicos que actúan en el ambiente. (Oscar Delgadillo, 2010)

Sustrato o medio granular

El sustrato está conformado por el suelo que puede ser arena, grava, roca, sedimentos y restos vegetales que se acumulan en el humedal debido al crecimiento biológico. Es importante que el medio posee la permeabilidad suficiente para permitir el paso del agua a través de él. Esto obliga a utilizar suelos de tipo granular principalmente grava con un diámetro de 5 mm. El medio es responsable directo de la extracción de algunas sustancias que contaminan y esto se logra a

través de interacciones físicas y químicas. De forma indirecta, el medio granular contribuye a eliminar contaminantes ya que sirve de soporte para el crecimiento de plantas y colonia de microorganismo que llevan a cabo la acción biodegradadora. (Oscar Delgadillo, 2010)

Vegetación

El papel de la vegetación está determinado por las raíces y los rizomas enterrados. Las plantas son organismos que utilizan la energía solar para transformar el carbono inorgánico en carbono orgánico. Las plantas tienen la habilidad de transferir oxígeno desde la atmósfera a través de hojas y tallo hasta el medio en donde se hallan las raíces. Este oxígeno crea regiones aerobias donde los microorganismos utilizan el oxígeno que está disponible para llevar a cabo una serie de reacciones de degradación de la materia orgánica y la nitrificación. (Oscar Delgadillo, 2010)

Microorganismos

Estos son los encargados de realizar el tratamiento biológico. En la parte superior del humedal en donde predomina el oxígeno liberado por las raíces de las plantas y el oxígeno de la atmósfera, se van a desarrollar colonias de microorganismos aerobios. En el resto del lecho del humedal van a predominar los microorganismos anaerobios. (Oscar Delgadillo, 2010)

Características físicas del agua

Temperatura

Se establece por la absorción de radiación en las capas superiores del líquido; Aunque la temperatura de un agua superficial está ligada a la irradiación recibida, la de las aguas profundas de embalses y lagos de nuestras latitudes experimentan una secuencia cíclica caracterizada por dos períodos: (a) uno de "mezcla térmica" con temperatura similar en profundidad, y (b) otro de "estratificación térmica" con aguas más cálidas en superficie y más frías en el fondo e imposibilidad de mezcla vertical de capas de agua. Estos períodos rigen las características fisicoquímicas de la masa de agua en cada (Marín, 1999).

Color

El color en el agua resulta de la presencia en solución de diferentes sustancias como iones metálicos naturales, humus y materia orgánica disuelta. La expresión color se debe considerar que define el concepto de "color verdadero", esto es, el color del agua de la cual se ha eliminado la turbiedad. El término "color aparente" engloba no sólo el color debido a sustancias disueltas sino también a las materias en suspensión y se determina en la muestra original sin filtrarla o

centrifugarla. (Serviche y Castillo, 2013, manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas, p.14)

Olor y sabor

Existen cuatro verdaderas sensaciones de sabor o gusto: agrio, dulce, salado y amargo. Todas las demás sensaciones que, por lo general, se atribuyen al sentido del gusto, son realmente olores, aunque la sensación no se perciba hasta que el material se lleve a la boca. El agua pura es inodora, los olores ocurren en las aguas debido a la presencia de diferentes sustancias, generalmente orgánicas, aunque también producen olores algunas inorgánicas, como el sulfuro de hidrógeno. (Serviche y Castillo, 2013, manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas, p.18)

Turbidez.

La turbidez de las aguas se debe a la presencia de material suspendido y coloidal como arcilla, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, plancton y otros organismos microscópicos. La turbiedad es una expresión de la propiedad óptica que hace que los rayos luminosos se dispersen y se absorban, en lugar de que se transmitan sin alteración a través de una muestra. No debe relacionarse la turbiedad con la concentración en peso de los sólidos en suspensión, pues el tamaño, la forma y el índice de refracción de las partículas, son factores que también afectan la dispersión de la luz.

Para medir la turbidez se emplea un turbidímetro (nefelómetro), el cual ofrece la lectura directa de turbiedad en unidades nefelométricas de turbiedad (UNT). (Serviche y Castillo, 2013, manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas, p.20)

Sólidos

Según el tipo de asociación con el agua, los sólidos pueden encontrarse suspendidos o disueltos. Las partículas pueden estar:

- Disueltas (hasta un micrómetro), en cuyo caso físicamente no influirán en la turbiedad, pero sí podrían definir su color u olor.
- Formando sistemas coloidales (1 a 1.000 micrómetros), que son las causantes de la turbiedad neta del agua.
- En forma de partículas suspendidas (por encima de 1.000 micrómetros), las cuales caen rápidamente cuando el agua se somete a reposo.

Sólidos disueltos o residuos disueltos. Mejor conocidos como sólidos filtrables, son los que se obtienen después de la evaporación de una muestra previamente filtrada comprenden partículas inferiores a un micrómetro (1μ).

Sólidos en suspensión. Corresponden a los sólidos presentes en un agua, exceptuados los solubles y los sólidos en fino estado coloidal. Se considera que los sólidos en suspensión son los que tienen partículas superiores a un micrómetro y que son retenidos mediante una filtración en el análisis de laboratorio (CEPIS/OPS, 2004).

Características químicas del agua

pH

El pH es el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculando el número de iones hidrógeno presentes. Se mide en una escala a partir de 0 a 14, en la escala 7, la sustancia es neutra. Los valores por debajo de 7 indican que una sustancia es ácida y los valores por encima de 7 indican que es básica (Espinoza, Castillo y Rovira, 2014).

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) mide la cantidad de oxígeno necesaria ó consumida para la descomposición microbológica (oxidación) de la materia orgánica en el agua, se define como la cantidad total de oxígeno requerido por los microorganismos para oxidar la materia orgánica descompuesta (CAN, 2008).

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno (DQO), proporciona la medida del oxígeno que es equivalente a la proporción de la muestra orgánica presente en una muestra de agua, capaz de oxidarse por procedimientos químicos oxidantes fuertes (Pérez, León y Delgadillo, 2013).

Alcalinidad

Es una medida de los constituyentes básicos del agua, si todas las sustancias bases alcalinas están presentes como sales de calcio y magnesio, la alcalinidad será igual a la dureza. Si la alcalinidad es mayor que la dureza, significa que hay otras sales básicas como sodio o potasio (Aguilar, 2007).

Nitrógeno

Es esencial para el crecimiento de microorganismos y plantas; la limitación de nitrógeno puede producir cambios en la composición bioquímica de los organismos, y reducir sus tasas de crecimiento. Pero, también el nitrógeno es un contribuyente especial para el agotamiento del oxígeno y la eutrofización de las aguas receptoras, cuando se encuentra en altas concentraciones. (LÓPEZ, 1985).

Fósforo

Es también esencial para el crecimiento de los organismos. Las formas en que se puede encontrar en las aguas residuales, son orto fosfato, poli fosfato y fosfato orgánico. Al igual que el nitrógeno, éste es responsable de la producción de procesos de eutrofización.

Gases

Los gases que se encuentran más frecuentemente en la composición de las aguas residuales son nitrógeno, oxígeno, anhídrido carbónico, sulfhídrico, amoníaco y metano. Los tres primeros se encuentran en todas las aguas expuestas al aire, ya que son gases comunes en la atmósfera. El resto es resultado de la descomposición de la materia orgánica. (Eddy, 1996)

Características biológicas del agua

Las aguas poseen en su constitución una gran variedad de elementos biológicos desde los microorganismos hasta los peces.

El origen de los microorganismos puede ser natural, es decir constituyen su hábitat natural, pero también provenir de contaminación por vertidos cloacales y/o industriales, como también por arrastre de los existentes en el suelo por acción de la lluvia.

La calidad y cantidad de microorganismos va acompañando las características físicas y químicas del agua, ya que cuando el agua tiene temperaturas templadas y materia orgánica disponible, la población crece y se diversifica. De la misma manera los crustáceos se incrementan y por lo tanto los peces de idéntica manera.

La biodiversidad de un agua natural indica la poca probabilidad de que la misma se encuentre contaminada.

Sin embargo, para que el agua se destinada a la provisión de agua potable, debe ser tratada para eliminar los elementos biológicos que contiene. (Universidad nacional mayor de san marcos, 2013, p.12)

Bacterias

Las llamadas bacterias son de los géneros *Sphaerotilus* y *Crenothrix*, relacionadas con el hierro y el manganeso del agua y del género *Beggiatoales* del grupo de las bacterias sulfurosas. Las bacterias que se pueden encontrar en el agua son de géneros muy numerosos, pero veremos aquí las que son patógenas para el hombre, las bacterias coliformes y los estreptococos que se utilizan como índice de contaminación fecal. Recordemos que según necesiten o no oxígeno libre para vivir se las llama aerobias o anaerobias, existe un tercer tipo que se desarrolla mejor en presencia de oxígeno, pero pueden vivir en medios desprovistos del mismo y se las denomina anaerobias facultativas.

Hongos

Son protistas eucariotas aerobios, multicelulares, no fotosintéticos y quimioheterotrofos. De los hongos son saprofitos; los hongos son los principales responsables de la descomposición del carbono en la biosfera. Desde el punto de vista ecológico, los hongos presentan ciertas ventajas sobre las bacterias: pueden crecer y desarrollarse en zonas de baja humedad y en ámbitos con pH bajos. Sin la colaboración de los hongos en los procesos de degradación de la materia orgánica el ciclo del carbono se interrumpiría en poco tiempo y la materia orgánica empezaría a acumularse. (Eddy, 1996, p.104)

Algas

Organismos eucariotas con capacidad de realizar la fotosíntesis oxigénica y obtener el carbono orgánico con la energía de la luz del sol, diferente de una embriofita o planta terrestre, pueden ser unicelulares o pluricelulares. Están incluidas las algas verdes, algas pardas, algas rojas. en lagunas fotosintéticas las algas proveen el oxígeno requerido para la actividad biológica anaerobia. Los nutrientes y el dióxido de carbono producidos son usados por las algas estableciéndose una relación simbiótica algas-bacterias responsable del tratamiento del agua. (Eddy, 1996, p.105)

Protozoos

Microorganismos eucariotas cuya estructura está formada por una sola célula abierta. La mayoría de los protozoos son aerobios o facultativamente quimioheterotrofos anaerobios, aunque se conocen algunos anaerobios. Tienen importancia en el tratamiento biológico como en la purificación de cursos de aguas ya que son capaces de mantener el equilibrio natural entre los diferentes microorganismos. (Eddy, 1996, p.105)

Virus

Son partículas parasíticas formadas por un cordón de material genético-acido desoxirribonucleico (ADN) o ácido ribonucleico (ARN) con una capa de recubrimiento proteico. No tienen capacidad de sintetizar compuestos nuevos. En lugar de ello, invaden las células del cuerpo vivo que las acoge y reconducen la actividad celular hacia la producción de nuevas partículas virales a costa de las células originales. (Eddy, 1996, p.106)

Límites máximos permisibles para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales.

Según el decreto supremo emitido por el Ministerio del ambiente en el año 2010 con numero 003-2010-MINAM, indica que los limites máximos permisibles (LMP) son las medias de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Estos limites máximos permisibles son aplicables para aguas residuales domesticas y municipales.

Tabla 1

Límites Máximos Permisibles para efluentes de PTARS

PARAMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTE
Aceites y Grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	10 000
Demanda Bioquímica De Oxigeno	mg/L	100
Demanda Química De Oxigeno	mg/L	200
pH	-	6.5 – 8.5
Sólidos Totales En Suspensión	ml/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: Ministerio del Ambiente

2.3 Definición de términos básicos.

Eficiencia

Es la capacidad o medida de efectividad para realizar o cumplir una función en un proceso de remoción de una sustancia en específico de un medio (Rivera, 2017).

Efluente

Líquido que sale del proceso de tratamiento. (NTP. O.S 090,2015, p.7)

Lagunas de estabilización

Estanque en el cual se descarga aguas residuales y en donde se produce la estabilización de materia orgánica y la reducción bacteriana. (NTP. O.S 090, 2015, p.9).

Anaerobio

Condición en la cual no hay presencia de aire u oxígeno libre. (NTP. O.S 090, 2015, p.9).

Agua

Recurso natural renovable, indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan, y la seguridad de la nación. (Ley de recursos hídricos N°29338, Título I, Disposiciones generales).

Agua superficial

Agua procedente de la lluvia, deshielos o nieve (ríos, lagos, reservorios, charcas, corrientes, océanos, nieve, hielo, mares, estuarios y humedales (Glosario de recursos hídricos – ANA, 2016).

Calidad de agua

Se refiere a las condiciones en que se encuentra el agua respecto a características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de ser alteradas por actividades poblaciones y/o productivas. (Glosario de recursos hídricos – ANA, 2016).

Aguas residuales

Son aquellas aguas cuya características originales han sido modificadas por las actividades cotidianas que el ser humano realiza, las cuales requieren de un tratamiento previo antes de ser reutilizadas, vertidas a los cuerpos de agua receptores o descargarlo en el sistema de Alcantarillado (OEFA, 2014).

2.4 Hipótesis.

El humedal artificial lograra cumplir con la reducción de contaminantes presentes en los efluentes de las lagunas de estabilización del centro poblado “La Otra Banda”.

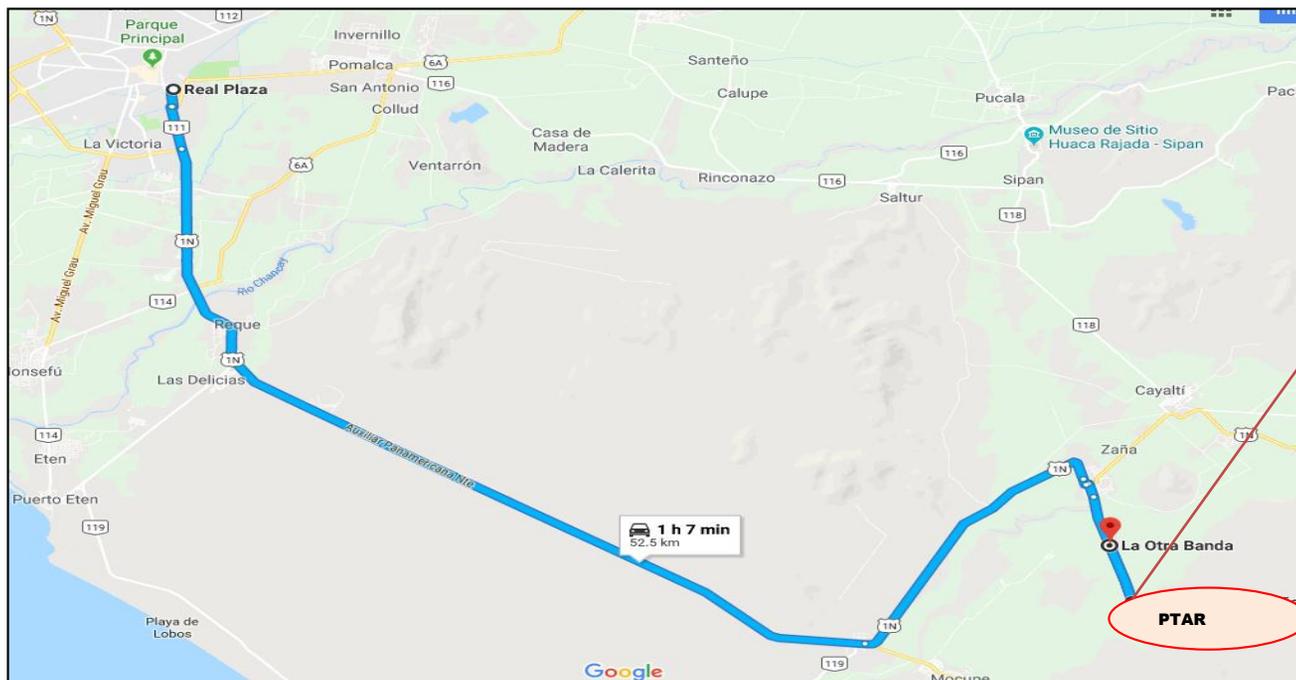
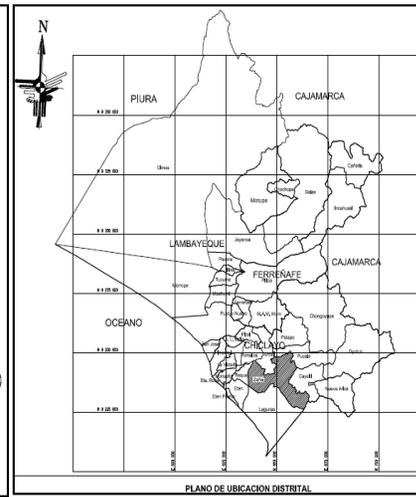
III. Materiales y métodos.

En el desarrollo del presente trabajo se ha hecho uso de distintos materiales y métodos para hacer posible la construcción y puesta en funcionamiento del sistema de depuración.

Lugar de ejecución

El humedal piloto construido es a escala laboratorio y se logró instalar en un terreno cerca a las lagunas de estabilización, no obstante, se tuvo que alquilar ya que es de propiedad privada y está ubicado en el mismo Centro Poblado “La Otra banda” del distrito de Zaña.

El centro poblado se ubica a 10 minutos de la ciudad de Zaña, se encuentra a 110msnm y cuenta con una temperatura promedio de 20°C durante todo el año, las épocas de lluvias son de diciembre hasta marzo. A continuación se mostrara un mapa de ubicación de la zona de estudio y de las lagunas de estabilización de donde se obtendrán los efluentes a tratar en el sistema piloto.



UBICACIÓN DE LA PTAR EVALUADA			
NOMBRE DE PTAR	DISTRITO	LOCALIDAD A LA QUE PRESTA SERVICIO	UBICACION
La Otra Banda	Zaña	La Otra Banda	A 2 Km C.P

<p>TESIS: EFICIENCIA DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL PARA TRATAR EFLUENTES DE LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN DEL C.P. LA OTRA BANDA -USANDO MACROFITAS (SCIRPUS CALIFORNICUS).</p>			
ESCALA:	RESPONSABLE:	UBICACION:	LAMINA
INDICADA	José Antohny Cubas Zamora Gerson Mireles Adrianzén	Distrito: Zaña Provincia: Chiclayo Departamento: Lambayeque	UDL - 001
Fecha:	07/10/2019		

Figura 2. Plano de ubicación de las Lagunas de Estabilización

Los parámetros de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Potencial de Hidrógeno (pH) y Coliformes Totales, fueron realizados por la empresa prestadora de servicios de saneamiento de Lambayeque S.A (EPSEL).

Obtención de las muestras

Los materiales utilizados para poder obtener las muestras fueron:

- Galón de 4 litros.
- Guantes.
- 2 Frascos de plástico 500ml.
- Guardapolvo
- Cooler.
- Reloj – cronometro.
- 1 frasco de vidrio de 250 ml.
- Mascarilla.

La toma de esta muestra se basó en el protocolo de monitoreo de la calidad de efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales, dada por la Oficina de Medioambiente (OMA) del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS).

Evaluación de la especie macrofita

El primer paso que se dio en esta etapa del proyecto fue la de recorrer los distintos lugares de la región con suelos que se encontraban anegados, y poder identificar las plantas que se encontraban creciendo, se pudo visitar drenes, acequias, ríos, algunos lagos y zonas con características parecidas, se identificó hienas, carrizos, junco, totora, entre otras, pudiendo observarse que la totora es una de las plantas con mayor predominancia en estos ambientes, por tal razón se eligió la especie vegetal.

Antes de la colocación de la planta en el sistema de depuración se tuvo que evaluar el comportamiento de la especie vegetal en el agua residual, para ello se sembró durante 30 días 4 plantas de 1m de altura. Para esta etapa se utilizó los siguientes materiales:

- 2 tinas de plástico.
- Agua residual.
- Guantes.
- Grava.

Diseño del humedal

El diseño del humedal artificial se realizó utilizando datos existentes en la normativa nacional y libros relacionados a la construcción y diseño de humedales artificiales, los materiales utilizados fueron:

- Laptop
- calculadora
- Lapiceros
- cuaderno

Las formulas relacionadas al dimensionamiento se encuentran recomendados por el libro (Oscar Delgadillo, 2010).

Construcción del humedal

Luego de desarrollar las dimensiones del humedal se dio inicio a la construcción y para ello se tuvo que conversar con el dueño del terreno utilizado para colocar el sistema. En esta parte del proyecto se utilizaron los siguientes materiales:

- Recipiente de plástico.
- tubos de 2".
- Codos de 2".
- pegamento para tubos.
- Guantes de vinilo.
- caño de plástico.
- Palana.
- nivel.
- Grava.
- especie vegetal.
- Sierra eléctrica.
- cinta de teflón
- Bidón de agua.
- manguera.
- Carretilla

Se procedió a armar el sistema piloto de la siguiente manera:

- a) Se procedió a conectar las tuberías con los codos y conectarlas al recipiente de plástico, que hará la función de geo membrana.
- b) Se preparó el terreno limpiándolo de ramas, piedras y otros elementos no deseados.
- c) Luego se realiza la excavación con una pequeña pendiente.
- d) Se instaló el recipiente de plástico armado con tuberías
- e) Se conectó el bidón de agua con la manguera. (inicio agua residual a tratar)

Monitoreo del humedal y las muestras de agua residual.

Una vez funcionando el humedal piloto, se procedió a tomar fotos y obtener las muestras.

Aquí se emplearon:

- Cámara fotográfica
- 2 recipientes de plástico de 500ml
- Lapicero
- 1 recipiente de vidrio de 500ml

Se obtuvieron 2 muestras de aguas tratadas en el sistema con un espacio de 15 días la primera y 10 después días la segunda, las cuales fueron enviadas para su análisis en los laboratorios de Epsel.

3.1 Variables – Operacionalización.

3.1.1 Variables

Variable independiente: humedal artificial.

En el Sistema de tratamiento mediante el humedal artificial se emplean especies como parte del tratamiento. En la investigación la Especie a utilizar es la macrófita emergente *Scirpus californicus* (totora), donde actuara como una variable independiente para dar lugar a la depuración del agua residual por ser parte del sistema mediante la absorción de la carga orgánica y de nutrientes.

Variable dependiente: depuración de efluentes.

Para que un agua residual luego de ser depurada y pueda posteriormente ser reutilizada, es necesario que los parámetros de contaminantes sean modificados, es decir, que los parámetros que indican el grado de contaminación, en los resultados de los análisis respeten ciertos estándares de calidad normados por el país. En este caso son:

- DBO.
- DQO.
- Solidos Totales en Suspensión.
- pH.
- Coliformes Termotolerantes.

3.1.2 Operacionalización de variables.

Tabla 2.

Humedal artificial y Parámetros del agua residual.

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSION	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA
VI: Humedal artificial	Es un sistema en la que se llevan a cabo procesos naturales realizando la remoción de nutrientes y otros elementos no inherentes al agua. (Garcia Serrano & Corzo Hernandez, 2008)	Tiempo de residencia	Crecimiento de plantas	Días
		Parámetro Físico	Temperatura	°C
			Color	Pt/Co
			Turbidez	UNT
VD: Depuración de efluentes	Cumplir con los estándares de calidad ambiental para efluentes de plantas de tratamiento. (PERU, 2010)	Parámetro Químico	pH	Valor de pH
			DBO5	mg/l
		Parámetro Biológico	Bacterias	UFC/100ml

3.2 Tipo de estudio y diseño de investigación.

Tipo de estudio

El presente estudio es de tipo aplicativo y cuantitativo debido a que se ha aplicado una evaluación a los procesos de depuración constituido por el humedal artificial y el análisis de 03 muestras de agua residual, es decir, se ha dado una secuencia de procesos para llegar a propósito y a la prueba de resultados, es por ello que la información idónea consistió en la medición de parámetros físico - químicos y microbiológicos mediante procesos estandarizados, los mismo que sus resultados son números o cantidades.

Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es experimental se enfoca en los diferentes procesos que ocurren por la intervención de las variables dependientes e independientes, en el problema planteado.

3.3 Población y muestra.

Población.

La población del presente trabajo está constituida por todas las aguas residuales domesticas producidas por los habitantes del centro poblado “La Otra Banda” y contenidas en las lagunas de estabilización.

Muestra

Para este estudio se trabajará con 20 litros de agua residual tratada proveniente de las lagunas de estabilización del centro poblado “La Otra Banda”.

3.4 Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Los datos obtenidos de análisis y muestras han sido dados por los laboratorios de Epsel encargados de tales trabajos.

3.5 Procesamiento de datos y análisis estadístico.

La búsqueda y recolección de información constituyo una actividad imprescindible en el proyecto, para poder estos datos hemos trabajado con la entidad prestadora de servicio y saneamiento- Epsel, estos datos han sido trabajados en el programa Microsoft Excel y los resultados se compararon con la normativa nacional vigente de estándares de calidad de efluentes de plantas de tratamiento de agua residual el D.S 003 – 2010 – MINAM.

IV. Resultados.

4.1 Se diseñó un humedal artificial con totora (*Scirpus californicus*)

Para lograr obtener las dimensiones del humedal artificial fue necesario conocer el caudal de ingreso de aguas residual, la DBO5 de ingreso a las lagunas de estabilización y la DBO5 del efluente de las lagunas de estabilización, la conductividad hidráulica la obtendremos a partir de los datos del material granular según (Oscar Delgadillo, 2010), la constante de reacción se calcula utilizando la temperatura del agua, profundidad del humedal está directamente relacionada con el crecimiento de las raíces de la especie vegetal y la pendiente es un parámetro ya estandarizado tanto por la norma O.S 0.90, como otras fuentes bibliográficas, que generalmente es de entre 0,5 – 1%.

Determinación del caudal

El caudal es el volumen de agua que ingresa al humedal artificial en un tiempo conocido, por ser nuestro sistema de escala laboratorio está sujeto al caudal proveniente de un bidón de plástico de 20 litros conteniendo el agua residual (proveniente de las lagunas de estabilización) para ser tratada el cual inicia en una llave y fluye a través de una manguera hasta el humedal artificial.

$$Q = V/T$$

Donde:

Q = caudal (m³)

V= volumen (litros)

T= Tiempo (día)

$$Q = \frac{0.002 \text{ m}^3}{0.0003922453704 \text{ día}}$$

$$Q = 5.098 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q = 5.1 \text{ m}^3/\text{día}$$

Se trabajará con el valor de 5 m³/día.

Cálculo de la conductividad hidráulica (Ks)

La conductividad hidráulica es importante para conocer la velocidad con la que fluirá el agua en el sistema de depuración, además, el material utilizado cumple la función de adsorber diferentes elementos contaminantes, así como favorecer la aparición de colonias de microorganismos importantes en la actividad depuradora.

*Tabla 3.
Materiales Empleados en Humedales Artificiales*

Tipo de material	Tamaño efectivo	Conductividad hidráulica	Porosidad (η) %
Arena gruesa	2	100 – 1 000	28 – 32
Arena Gravosa	8	500 – 5 000	30 – 35
Grava fina	16	1 000 – 10 000	35 – 38
Grava media	32	10 000 – 50 000	36 -40
Grava gruesa	128	50 000 – 250000	38 - 45

Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández)

Por lo tanto:

$$K_s = 10\,000 * 10\%$$

$$K_s = 1000$$

Porosidad Del Material Granular

Donde:

$$D = 38/100 = 19/50 = 0.38.$$

Calculando La Constante De Reacción De Primer Orden

$$Kt = (1.104 * 1.06)^{T_2-20}$$

Donde:

Kt = constante de reacción de primer orden.

T₂ = es la temperatura de agua.

Calculando la altura del humedal

Generalmente este valor está definido por el crecimiento máximo de las raíces de la macrofitas a utilizar en el presente proyecto se utilizara una profundidad (h) del humedal de 0.6m.

Cálculo del área superficial (As)

$$AS = \frac{Q * LN\left(\frac{C_0}{C}\right)}{Kt * h * \eta}$$

Donde:

Q = caudal de diseño del humedal (m³/dia).

C = concentración del efluente (mg/l).

C₀ = concentración del afluente (mg/l).

Kt = constante de reacción de primer orden dependiente de la temperatura (d-1).

η = porosidad del medio granular.

$$AS = \frac{Q * LN\left(\frac{C_0}{C}\right)}{Kt * h * \eta}$$

$$AS = \frac{5 \text{ m}^3/\text{dia} * LN\left(\frac{270 \text{ mg/l}}{100 \text{ mg/l}}\right)}{2.194697623 * 0.6 \text{ m} * 0.40}$$

$$AS = 0.54308262 \text{ m}^2$$

$$AS = 0.54 \text{ m}^2$$

Cálculo del área vertical (AC)

$$AC = \frac{Q}{(ks * S)}$$

$$AC = 0.33 \text{ m}^2$$

Donde:

Ks = conductividad hidráulica (m/s)

S = pendiente

Cálculo de del ancho del humedal (W)

$$W = \frac{AC}{h}$$

$$W = 0.56 \text{ m}$$

Cálculo del largo del humedal (L)

$$L = \frac{As}{W}$$

$$L = 1 \text{ m}$$

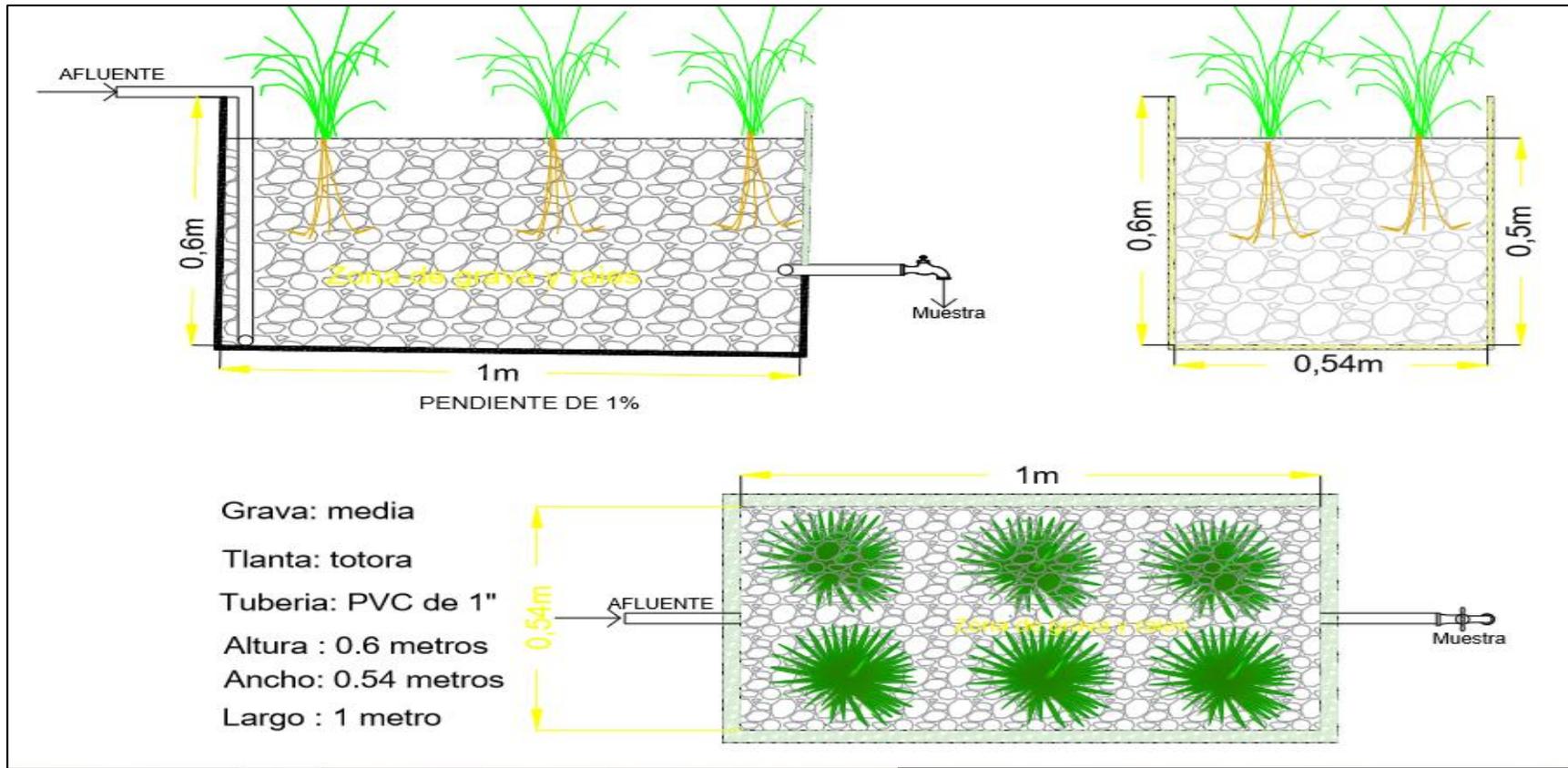


Figura 3. Plano de humedal artificial a escala laboratorio
 Fuente: Diseño en AutoCAD de humedal artificial a escala laboratorio

UNIVERSIDAD DE LAMBAYEQUE FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL			
TESIS: EFICIENCIA DE UN HUMEDAL CON TOTORA (SCIRPUS CALIFORNICUS) EN LA DEPURACION DE EFLUENTES DE LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACION DEL CENTRO POBLADO "LA OTRA BANDA".			
ESCALA:	RESPONSABLES:	LAMINA:	
INDICADA	CUBAS ZAMORA JOSE ANTOHNY MIRELES ADRIANZEN GERSON ABELARADO	UDL - 001	
FECHA:			
15/09/2019			

4.2 Determinación de los parámetros (DBO₅, DQO, Coliformes Termotolerantes, Sólidos Totales en Suspensión, Temperatura y pH) del afluente y efluente del humedal artificial.

Los parámetros físico, químico y biológico de los análisis del agua residual tanto del efluente proveniente de las lagunas de estabilización (efluente base analizado) como los del humedal artificial (1ra y 2da muestras) se basaron en parámetros establecidos por O.S 090 y los resultados fueron comparados con el D.S 003-2010-MINAM, como son Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Demanda química de Oxígeno (DQO), Coliformes Termotolerantes, Potencial de Hidrogeno (pH), Sólidos Totales en Suspensión (SST) y temperatura (T).a continuación se detallan los parámetros establecidos por el decreto supremo para ser aplicados a los efluentes plantas de tratamiento de agua residual doméstica y municipal.

Tabla 4

Parámetros establecidos por el decreto supremo del ministerio de vivienda

Fuente: Ministerio del Ambiente.

Parámetros	Unidad	D.S.003-2010-MINAM
DBO	mg/l	100
DQO	mg/l	200
SST	mg/l	150
Coliformes Totales	NMP /100ml	10 000
Coliformes Termotolerantes	NMP /100ml	10 000
pH	Unidad	6.5 – 8,5

4.3 Se Compararon los resultados del efluente del humedal artificial con los Límites Máximos Permisibles (LMP).

Luego de realizar la determinación de los parámetros mediante análisis de las muestras en los laboratorios de la empresa prestadora de servicios de saneamiento de Lambayeque, se realizó la comparación de los resultados con el decreto supremo 003-2010-MINAM de manera general; más adelante se realizará una comparación por cada parámetro analizado.

*Tabla 5
Resultado De Análisis De Muestras*

Fuente: Resultado de análisis de muestra

Parámetros	Unidad	D.S.003-2010-MINAM	Afluente lagunas de estabilización	Efluente Laguna de estabilización	1ra muestra Humedal artificial	2da muestra Humedal artificial
DBO	mg/l	100	270	100	220	100
DQO	mg/l	200	315	182.30	312.44	130
SST	mg/l	150	178	128	98	94
Coliformes Totales	NMP /100ml	10 000	43 000 000	330 000	<1.8	<1.8
Coliformes Termotolerantes	NMP /100ml	10 000	43 000 000	330 000	<1.8	<1.8
pH	unidad	6.5 – 8,5	7.25	9.15	10.54	9.64

Comparación de la demanda bioquímica de oxígeno disuelto (DBO₅) con el D.S 003-2010-MINAM.

En el cuadro se muestra la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) con la que el agua residual proveniente de las viviendas ingresa al sistema de lagunas de estabilización (afluente a lagunas de estabilización), siendo este valor de 270 mg/l; y a la salida del sistema de tratamiento la DBO₅ es de 100 mg/l. siendo el efluente de la lagunas de estabilización, que al mismo tiempo ingresa al sistema de depuración del humedal artificial, obteniendo en la primera muestra un resultado de 220mg/l a los 15 días de estancamiento, y una segunda muestra con un resultado de 100 mg/L a los 25 de estancamiento. La eficiencia de remoción de este parámetro fue constante ya que tuvo un aumento en la primera muestra pero retorno al mismo nivel, sin embargo presenta una tendencia a disminuir. Este aumento se debe a la degradación biológica realizada por los microorganismos a la superficie de las plantas, para luego pasar a la adaptación y equilibrio de los procesos en el sistema por los mismos microorganismos que se encuentran en la columna de agua.

Análisis de la DBO₅

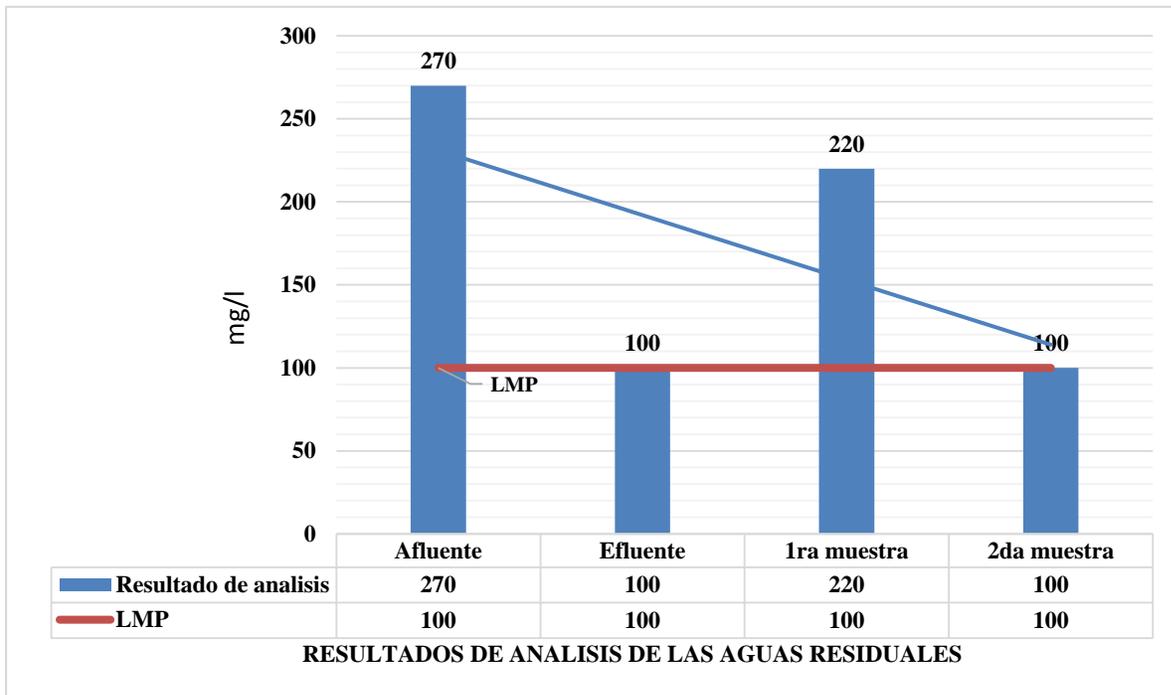


Figura 4. Demanda bioquímica de oxígeno de las muestras

Fuente: Muestras analizadas en laboratorio de calidad de Epsel.

Comparación de la demanda química de oxígeno DQO con el D.S 003-2010-MINAM

En el cuadro se muestra la demanda química de oxígeno (DQO) con la que el agua residual proveniente de las viviendas ingresa al sistema de lagunas de estabilización (afluente a lagunas de estabilización), siendo este valor de 315 mg/l; y a la salida del sistema de tratamiento la DQO es de 182.3 mg/l. siendo el efluente de la lagunas de estabilización, que al mismo tiempo ingresa al sistema de depuración del humedal artificial, obteniendo en la primera muestra un resultado de 312.44 mg /l a los 15 días de estancamiento , y una segunda muestra con un resultado de 130 mg/L a los 25 días de estancamiento. La eficiencia de este parámetro fue de 71% esta disminución se debe a la degradación biológica mediante procesos químicos realizada por los microorganismos, los resultados nos muestran que existe una tendencia a reducir.

Análisis de la DQO

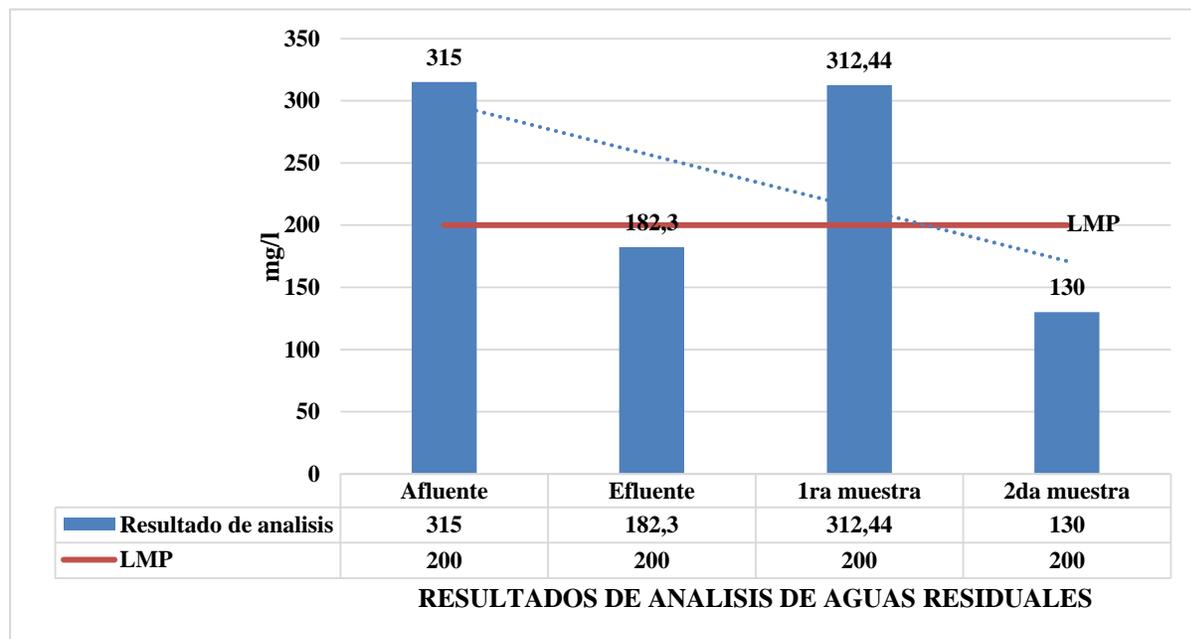


Figura 5: Demanda Química de Oxígeno

Fuente : Muestras analizadas en el laboratorio de calidad de Epsel.

Comparación del potencial de hidrogeno (pH) con el D.S 003-2010-MINAM

En el cuadro se muestra el potencial de hidrogeno (pH) que, en un inicio presenta un valor de 7.25 mg/l; y a la salida de las lagunas de estabilización el pH es de 9.15 mg/l. siendo en el efluente de la lagunas de estabilización, luego en la primera muestra del humedal se obtiene un valor de 10.54 mg /l a los 15 días de estancamiento, y una segunda muestra con un resultado de 9.64 mg/L a los 25 días de estancamiento. La eficiencia de este parámetro se mantiene constante debido a la interacción no solo de microorganismo sino también a la participación de las raíces de las plantas.

Análisis del pH

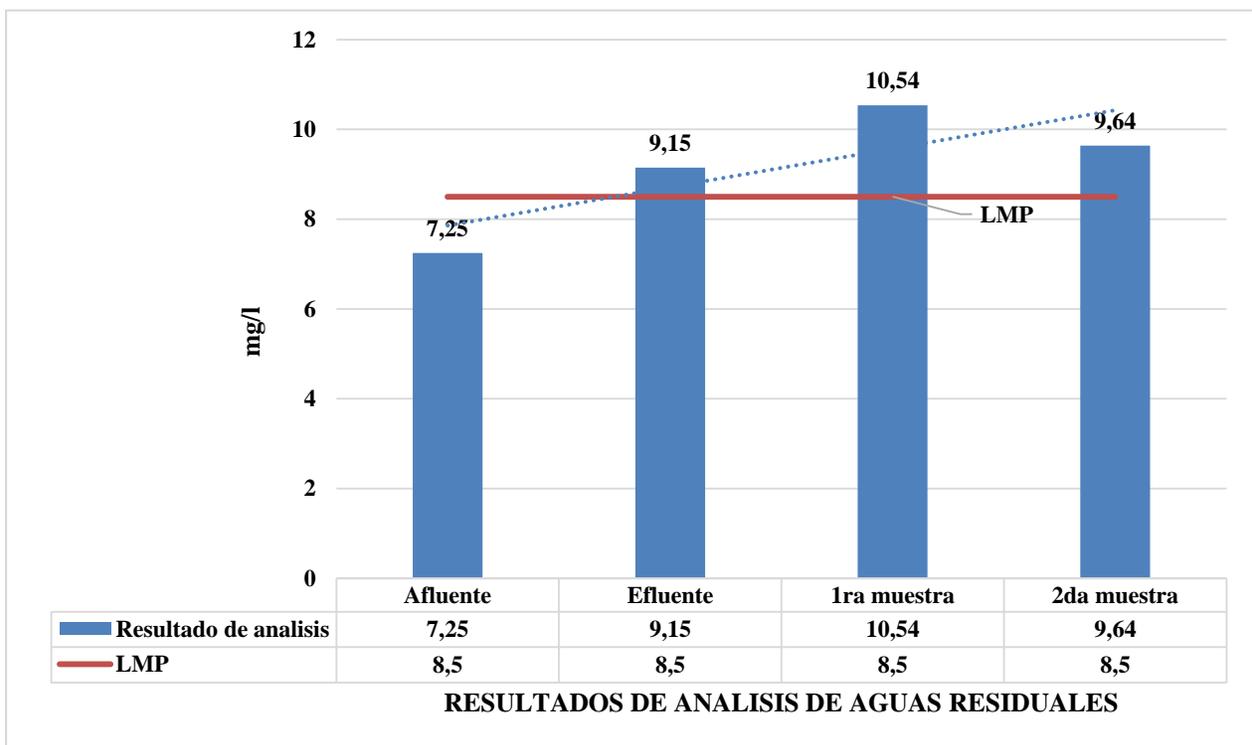


Figura 6. Potencial de Hidrogeno de muestras

Fuente: Muestras analizadas en el laboratorio de calidad de Epsel.

Comparación de sólidos suspendidos totales (SST) con el D.S 003-2010-MINAM

La cantidad de sólidos disueltos totales en el agua antes de ingresar al humedal fue 128 mg/l, y a la primera muestra de los 15 días de estancamiento se obtuvo un resultado de 98 mg/l, en muestra segunda con un estancamiento de 25 días se arrojó un resultado de 94 mg/l. Demostrando una eficiencia de remoción de un 73%. Esta eficiencia se debe a la degradación constante de la materia orgánica, a la adsorción por parte del material granular y a los procesos físicos de sedimentación y crecimiento de las raíces que obstaculizan el paso de sólidos.

Análisis de los SST

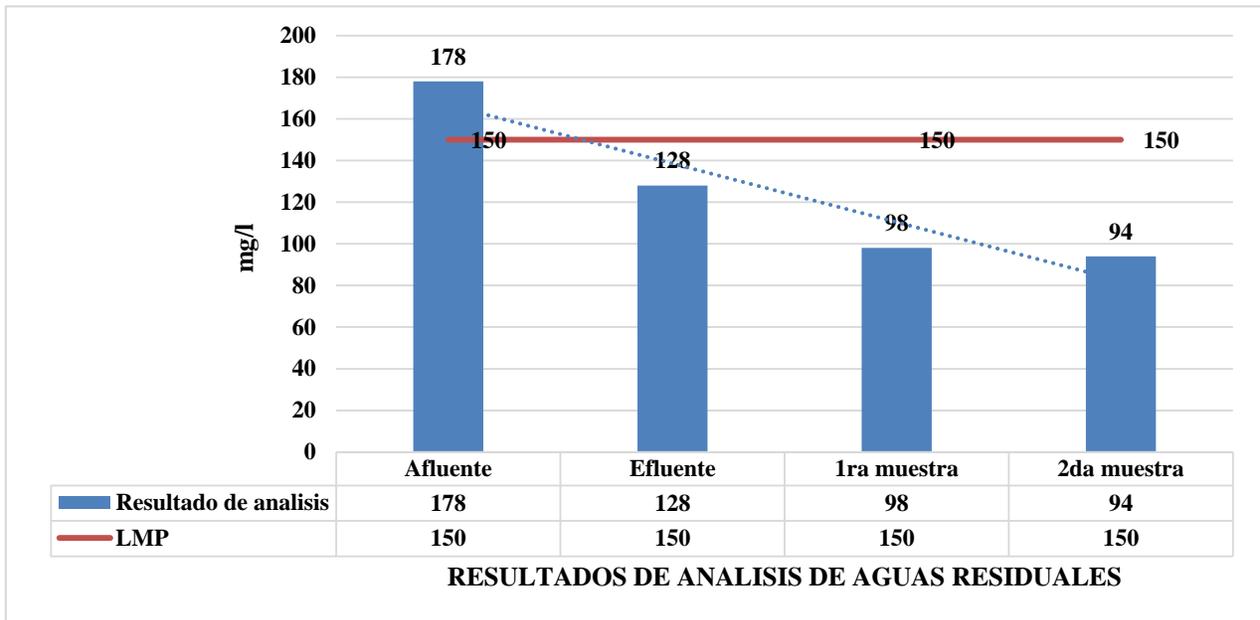


Figura 7. Sólidos suspendidos totales de muestras

Fuente: Muestras analizadas en laboratorio de calidad de Epsel.

Comparación de coliformes totales con D.S 003-2010-MINAM

En el cuadro presentamos la cantidad de Coliformes totales, inicialmente con un total de 43 000 000 NMP/100 ml, después de Pasar por el sistema de laguna se obtuvo un valor de 330 000 NMP/100 ml. Ya en la primera muestra obtenida del humedal artificial arrojó un resultado de <1.8, valor que se repitió en la segunda muestra obtenida del humedal artificial, luego de 25 días de estancamiento del agua. La eficiencia de remoción de este parámetro fue exitosa debido a que removió un 100%, Aproximadamente unos 4 logaritmos. Esta exitosa Remoción se debe a la falta de condiciones nutricionales y ambientales que se desarrollan en el humedal, ya que la mayor parte de la materia orgánica está siendo degradada allí.

Análisis de los Coliformes totales

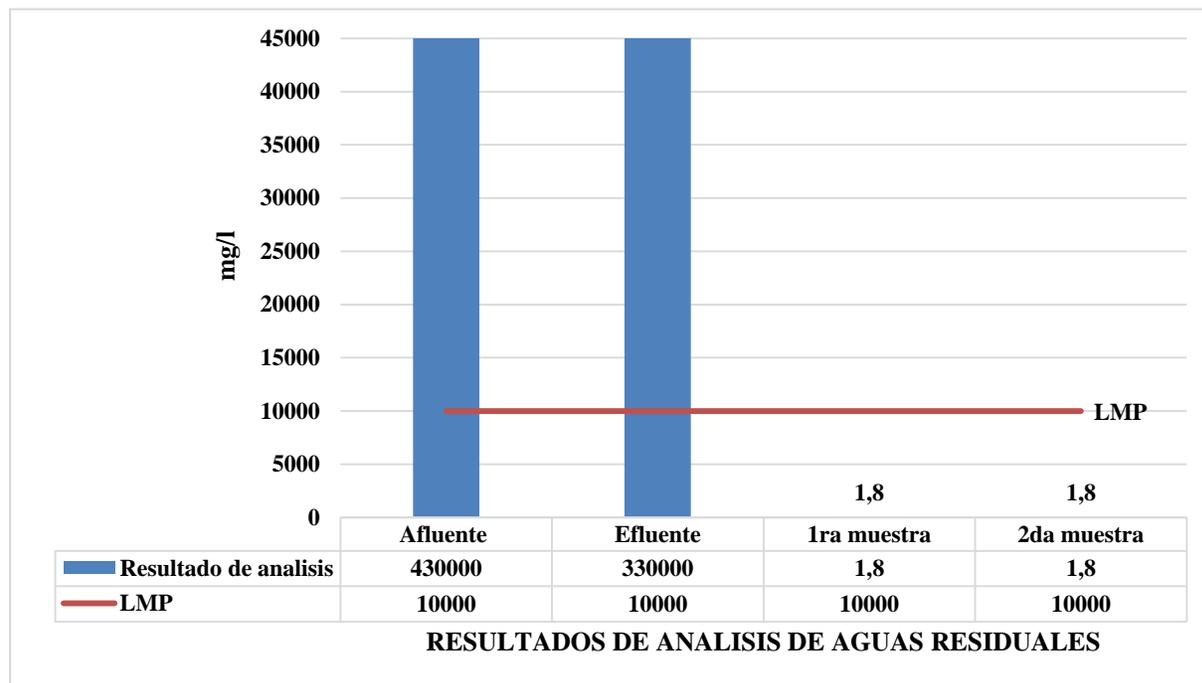


Figura 8. Coliformes Totales de muestras

Fuente: muestras analizadas en el laboratorio de calidad de Epsel

V. Discusión

Realizado el trabajo de investigación se puede confirmar que se lograron alcanzar las metas propuestas en el diseño del humedal artificial a escala laboratorio para tratamiento de aguas residuales efluentes de lagunas de estabilización del Centro Poblado “La Otra Banda”, así como la reducción eficiente de contaminantes presentes en el agua, logrando obtener un agua que respeta los parámetros establecidos según el D.S 003-2010-MINAM; por ello es considerable afirmar que estos afluentes solo necesitan un tratamiento secundario que conlleve procesos de depuración por

medios biológicos para su eficiente limpieza como lo son los humedales artificiales, logrando obtener un agua útil para el riego u otras actividades.

El diseño del humedal artificial se obtuvo partiendo con un caudal de diseño de $5 \text{ m}^3/\text{día}$, con 270 mg/L de Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO_5) de diseño y 0.60m de altura para el sistema.

Una vez que conocido los resultados de los análisis de muestras obtenidas del humedal artificial, se puede afirmar, en primera instancia, que es necesario e importante la instalación y el funcionamiento de un humedal artificial como unidad de tratamiento secundario para la depuración de las aguas residuales del C.P La Otra Banda, por ello se puede decir que el proyecto es factible.

Es necesario saber que los costos que se pueden generar en la construcción en una unidad de tratamiento como lo son los humedales artificiales resultan de bajo costo de inversión y al mismo tiempo en la operación y mantenimiento utilizando humedales artificiales los costos son reducidos a comparación de otros tratamientos secundarios, así mismo se generaran ahorros en la economía, ahorro y rehusó del agua y contar con un efluente depurado.

El uso racional del recurso agua, es importante para la vida en nuestro entorno, por ello se debe estimar las escasas fuentes de agua dulce que existen para el consumo y darles valor a las aguas residuales ya que representan una constante en crecimiento que de darse el tratamiento adecuado puede reutilizarse en otras actividades económicas.

VI. Conclusiones

El Humedal artificial a escala laboratorio demostró una efectiva remoción de los parámetros analizados, alcanzando eficiencia en la remoción de la demanda biológica de oxígeno (DBO₅) y 71% en la demanda química de oxígeno (DQO); sólidos disueltos totales un 73%; y un 100% en reducción de Coliformes totales y fecales; asimismo, se obtuvo un pH constante de entre 6.5 – 9.5, con una temperatura de 25. °C; obteniéndose un agua residual con características favorables a ser reutilizadas. Asimismo, los humedales artificiales no requieren de personal altamente capacitado, por lo tanto, los costos de operación y mantenimiento son bajos; y aplicables a comunidades donde los recursos económicos son bajos.

El diseño del humedal para depurar las aguas residuales se logró hacer con datos de las viviendas; el caudal fue 5 m³/día y el parámetro DBO₅ inicial de 270 gr/m³, dichos datos permitieron realizar la implementación del humedal con un largo de 1 m, un ancho de 0.56m y una altura de 0.60 m; también, se consideró una pendiente del 1%. Dicho sistema trabajó con la especie macrófita emergente *Scirpus californicus*, debido a su alta eficiencia en la remoción de contaminantes y con un tiempo de retención de 15 días y 25 días. Las medidas del humedal fueron las apropiadas para mejorar la calidad del agua residual. Por ello que, el comportamiento del humedal artificial demuestra una alentadora eficiencia como tratamiento secundario de los efluentes de las lagunas de estabilización.

La *Scirpus californicus* como vegetación del humedal artificial es una macrofita que se adaptó en poco tiempo, debido a que el sistema se construyó en épocas favorables, es importante decir que esta macrofita brota durante todo el año; la temperatura de la zona se mantiene entre los 20 a 25 °C, es por ello la fácil adaptación en el lugar de investigación. La totora está adaptada a crecer bajo condiciones de suelos saturados por agua y crece en toda la región Lambayeque, el resultado de este proceso en general es que los parámetros analizados se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por el D.S 003-2010-MINAM. Concluyendo así, que el agua obtenida es apta para ser reutilizada en otra actividad. Asimismo, sumado a esto los efluentes no presentaban olores lo cual es un indicador positivo para la no aparición de posibles vectores.

VII. Recomendaciones.

Se ha podido evidenciar que el sistema de depuración construido a dado resultados muy eficientes dado que el agua trata ha sido en su totalidad doméstica. En el caso de que se deseara lograr una depuración para aguas domesticas combinadas con industriales se tendrá que realizar un sistema más complejo, en donde exigirá un tratamiento adicional.

En las actividades de operación y mantenimiento se debe considerar la cosecha de la especie macrófita cada 5 o 6 meses, la totora es un elemento que se utiliza mucho en la fabricación de sombreros y caballitos de totora, por otro lado al estar desarrolladas pueden consumir mucho más fósforo y nitrógeno, lo cual pueden causas modificaciones en los procesos de nitrificación, desnitrificación y adsorción.

Para un investigación más completa se recomienda realizar pruebas en las diferentes épocas del año para conocer si el grado de eficiencia se mantiene, aumenta o es menor, sumado a esto se debe considerar la evaluación y análisis de los parámetros de nitrógeno y fosforo y metales pesados.

Otra recomendación muy importantes es el lavado del elemento utilizado como sustrato, ya que su misma función que es la de adsorber, generaría depósitos de lodos si no se le da el mantenimiento respectivo.

VIII. Referencias Bibliográficas

- AGUA, A. N. (2016). *Glosario de Terminos de Recursos Hidricos*. lima.
- Cardozo, J. A. (2014). evaluacion de humedales artificiales pilotos de flujo gorizontal y tipo superficial y subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales. *ingenium*, 28.
- Eddy, M. (1996). *Ingeniería de aguas residuales vol.1*. McGraw-Hill.
- Forero y Urrego (2016). Modelamiento de una humedad artificial para el tratamiento de aguas residuales del barrio fontanar de suba, Bogotá. Colombia.
- Flores y Huamán (2018). Sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la comunidad campesina de Ocopa - Distrito Lircay. Huancavelica. Perú.
- García Serrano, j., & Corzo Hernández, A. (2008). *Guía Práctica de Diseño, Construcción de humedales de flujo subsuperficial*. España.
- Hammer, D.A. & R. K. Bastian (1989). «Wetlands ecosystems: natural water purifiers», Chapter 2 in *Constructed wetland for wastewater treatment*, ed by D.A. Hammer, Lewis Publishers, Chelsea, MI.
- LÓPEZ, M. E. (1985). *Aguas Residuales Composicion*. granda.
- Llantoy, S. F. (2016). *DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS. HUANCAYO*.
- Medina y López (2015). Determinación de la eficiencia del humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales en el barranco del sector cruce de uchuglla, de la ciudad de Moyobamba 2013. Perú.
- Mejía (2017). Eficiencia de la macrofita flotante *Eichhornia crassipes* en un humedal artificial para mejorar la calidad del agua residual, Ferreñafe. Perú.
- Moret (2014). Optimización de las lagunas de estabilización mediante uso de macrófitas, Piura. Perú.
- Nuñez, R. (2016). *Tratamiento de aguas residuales domésticas a nivel familiar, con Humedales Artificiales de flujo subsuperficial horizontal, mediante la especie macrofita emergente Cyperus Papyrus (papro)*. Lima: Universidad Peruana Union.
- OEFA. (2014). *Aguas Residuales*. lima.
- Oscar Delgadillo, A. C. (2010). *Depuracion de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. cochabamca - bolivia: nelson antequera.

PERU, M. D. (2010). *limites maximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales*. lima.

Romero-Aguilar, m., colín-cruz, a., sánchez-salinas, e., & ortizhernández. (2009). tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales. *revista internacional de contaminacion ambiental*, 10.

Serrano, j. g., & Hernandez, a. c. (2008). *Depuracion con humedales contruidos*. españa. Universidad nacional mayor de san marcos. (2013). Tratado del Agua y Legislacion Peruana. *diseño y tecnologia*, 12.

Vásquez y Cubas (2019). Evaluación del sistema de humedal de flujo subsuperficial, para mejorar la calidad del agua de la quebrada Hierbabuena, tributario de la laguna de Pomacochas, Florida 2018. Moyobamba. Perú.

IX. Anexos.

Anexo 1. Laguna de maduración diciembre del 2018



Anexo 2. Laguna de maduración julio del 2019



Anexo 3. Resultados del análisis de agua gestionado por la junta de usuarios del centro poblado

PARAMETROS	D.S. N°003-2010 MINAM	Desagüe Laguna	Efluente Laguna	Desagüe Laguna	Efluente Laguna
Fecha	-	22/08/2017	22/08/2017	03/08/2016	03/08/2016
Coliformes Termotolerantes NMP/100 ml	10.000	4,3E+07	7,0E+04	3,5E+07	5,4E+04
Demanda Bioquímica de Oxígeno(DBO5) mg/L	100	270,00	160,00	250,00	190,00
Demanda Química de Oxígeno(DQO) mg/L	200	315,50	215,50	320,00	220,00
pH	6.5 - 8.5	7,25	7,96	7,42	8,10
Sólidos Totales en Suspensión ml/L	150	178,00	78,50	180,00	75,30

LMP se aplica solo para los Efluentes

Se observa que los parámetros críticos DBO5 y Coliformes Termotolerantes sobrepasan lo permitido para efluentes de PTAR

Anexo 4. Adaptación de la especie macrofita *Scirpus californicus*



Anexo 5. Laguna de estabilización de donde se tomaron las muestras; se aprecia el crecimiento de plantas en todo el perímetro de la laguna



Anexo 6. Laguna de estabilización primaria



Actualmente; se observa el desarrollo excesivo de plantas a consecuencia del inexistente mantenimiento.

Anexo 7. Humedal artificial a escala



El plástico realiza la función de geomembrana y las tuberías el flujo subsuperficial del agua en forma horizontal, aun sin grava.

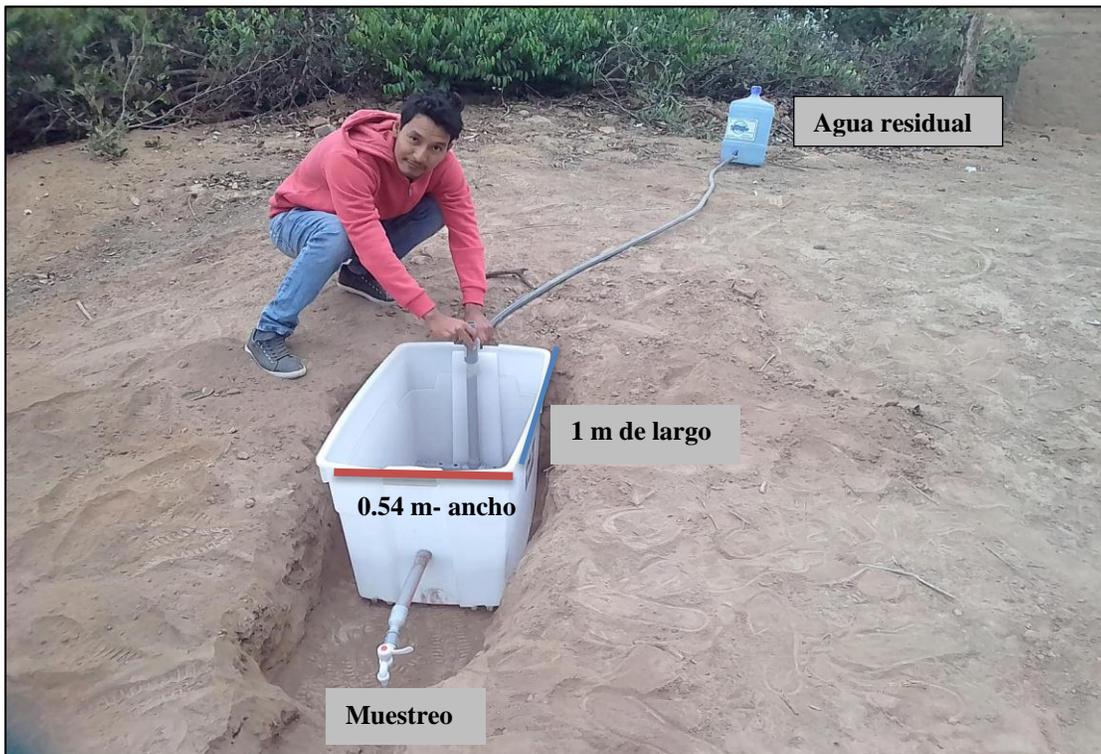
Anexo 8. Campos de cultivo a pocos metros de las lagunas de estabilización



Anexo 9. Muestras del agua residual obtenidas de las lagunas de estabilización



Anexo 10. Instalación del humedal artificial, con 0.6m de alto



Anexo 11. Instalación del humedal artificial



Anexo 12. Adaptación de la especie vegetal *Scirpus californicus* luego de 25 días



Anexo 13. Humedal funcionando y listo para obtención de muestras



Anexo 14. Desarmado del humedal artificial; se aprecia el crecimiento de las raíces



Anexo 15. Afluente de laguna de estabilización (izquierda) y 1ra muestra de humedal (derecha)



Anexo 16. 1ra muestra de humedal (izquierda) y segunda muestra de humedal (derecha)



Anexo 17. Resultado de análisis realizados en el laboratorio de calidad de Epsel. Con código LCC -2410-19-R

EPSEL **EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO DE LAMBAYEQUE S.A.**

“ TRABAJAMOS PERMANENTEMENTE PARA LLEVARLE AGUA DE LA MEJOR CALIDAD, CUIDELA NO LA DESPERDICIE ”

EPSEL S.A.
OFICINA CONTROL DE CALIDAD

RESULTADOS DE ANALISIS FISICOS QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

AGUA RESIDUAL LA OTRA BANDA

PARAMETROS	LA OTRA BANDA
Fecha de Análisis:	22/07/2019
Código de Muestra	LCC-2410-19-R
Demanda Bioquímica de Oxígeno	100
Demanda Química de Oxígeno	182.30
Sólidos Suspendidos Totales	128.00
pH	9.15
Coliformes Totales (confirmativa)	3.30E+05
Coliformes Termorresistentes	3.30E+05

*Las muestras fueron colectadas por personal interesado.





OFICINAS: Av. Carlos Castañeda Iparraguirre N° 100 - Av. Sáenz Peña N° 1860 (Planta de Agua Potable) Chiclayo
 Telf.: 252291 (Central de Telefónica) - 253479 (G.G.) - Gerencia Operacional Telf.: 254132
 Gerencia Comercial - Av. Miguel Grau N° 451 - Telf.: 273809 (G.C.) - 235751 (Central Telefónica)
 Emergencias: Telf.: 238363 - 326747 - 0-800-27092
 Pág. Web: www.epsel.com.pe

Anexo 18. Resultado de análisis realizados en el laboratorio de calidad de Epsel. Con código LCC-2610-19-R



EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO DE LAMBAYEQUE S.A.

“ TRABAJAMOS PERMANENTEMENTE PARA LLEVARLE AGUA DE LA MEJOR CALIDAD, CUIDELA NO LA DESPERDICIE ”

EPSEL S.A.
OFICINA CONTROL DE CALIDAD

RESULTADOS DE ANALISIS FISICOS QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

AGUA RESIDUAL LA OTRA BANDA

PARAMETROS	LA OTRA BANDA
Fecha de Análisis:	15/08/2019
Código de Muestra	LCC-2610-19-R
Demanda Bioquímica de Oxígeno	220
Demanda Química de Oxígeno	312.44
Sólidos Suspendedos Totales	98.00
pH	10.54
Coliformes Totales (confirmativa)	<1.8
Coliformes Termorresistentes	<1.8

*Las muestras fueron colectadas por personal interesado.





OFICINAS: Av. Carlos Castañeda Iparraguirre N° 100 - Av. Sáenz Peña N° 1860 (Planta de Agua Potable) Chiclayo
 Telef.: 252291 (Central de Telefónica) - 253479 (G.G.) - Gerencia Operacional Telef.: 254132
 Gerencia Comercial - Av. Miguel Grau N° 451 - Telef.: 273609 (G.G.) - 235751 (Central Telefónica)
 Emergencias: Telef.: 238363 - 326747 - 0-800-27092
 Pag. Web: www.epsel.com.pe

Anexo 19. Resultado de análisis realizados en el laboratorio de calidad de Epsel. Con código LCC – 3159 -19 -R

 **EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO DE LAMBAYEQUE S.A.**
" TRABAJAMOS PERMANENTEMENTE PARA LLEVARLE AGUA DE LA MEJOR CALIDAD, CUIDELA NO LA DESPERDICIE "

EPSEL S.A.
OFICINA CONTROL DE CALIDAD

RESULTADOS DE ANALISIS FISICOS QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS
AGUA RESIDUAL LA OTRA BANDA

PARAMETROS	LA OTRA BANDA
Fecha de Análisis:	13/09/2019
Código de Muestra	LCC-3159-19-R
Demanda Bioquímica de Oxígeno	100.00
Demanda Química de Oxígeno	130.00
Sólidos Suspendidos Totales	94.00
pH	9.64
Coliformes Totales (confirmativa)	<1.8
Coliformes Termorresistentes	<1.8

*Las muestras fueron colectadas por personal interesado.

OFICINAS: Av. Carlos Castañeda Iparraguirre N° 100 - Av. Sáenz Peña N° 1860 (Planta de Agua Potable) Chiclayo
Telf.: 252291 (Central de Telefónica) - 253479 (G.G) - Gerencia Operacional Telf.: 254132
Gerencia Comercial - Av. Miguel Grau N° 451 - Telf.: 273609 (G.C.) - 235751 (Central Telefónica)
Emergencias: Telf.: 238363 - 326747 - 0-800-27092
Pag. Web: www.epsel.com.pe

Anexo 20. DECRETO SUPREMO 003-2010-MINAM

Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

Parámetros establecidos para aplicarlos en Ptars.

PARAMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTE
Aceites y Grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	10 000
Demanda Bioquímica De Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química De Oxígeno	mg/L	200
pH	-	6.5 – 8.5
Sólidos Totales En Suspensión	ml/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: Ministerio del Ambiente.

Anexo 21. Presupuesto para la construcción y funcionamiento del humedal artificial

BIENES		S/1950.00
	Alquiles de terreno	400.00
	Análisis de agua	1050.00
	Materia para el humedal	320.00
	Material de trabajo	180.00
SERVICIOS		S/ 590.00
	Transporte y Alimentación	250.00
	Impresiones	90.00
	Cómputo	50.00
	Otros	200.00
TOTAL		S/2540.00

Fuente: trabajo de campo