

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

**Eficiencia de un filtro anaerobio para el tratamiento de aguas
residuales del recreo turístico “Baby Park”, Juanjuí.**

Por:

Roxana Retete Pinchi

Juana Jhannet Velayarce Cuipal

Asesor:

Ing. Manuel Nemesio Toribio Yalico

Tarapoto, Julio 2019

**DECLARACIÓN JURADA
DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS**

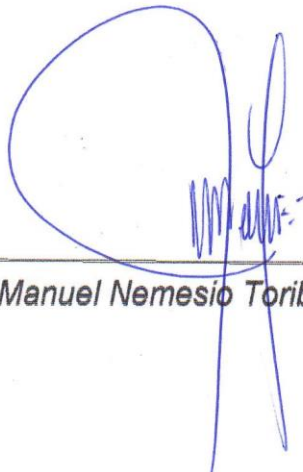
Ing. Manuel Nemesio Toribio Yalico, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: ***“Eficiencia de un filtro anaerobio para el tratamiento de aguas residuales del recreo turístico “Baby Park”, Juanjuí”*** constituye la memoria que presenta las **Bachilleres Roxana Retete Pinchi y Juana Jhannet Velayarce Cuipal** para aspirar al título de Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en *Morales* a los *05 de julio* del año 2019



Ing. Manuel Nemesio Toribio Yalico

Eficiencia de un filtro anaerobio para el tratamiento de aguas residuales
del recreo turístico "Baby Park", Juanjuí

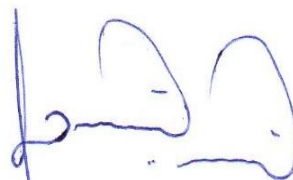
TESIS

Presentada para optar el título Profesional de Ingeniero Ambiental

JURADO CALIFICADOR



Mg. Delbert Eleasil Condori Moreno
Presidente



Ing. Jhon Patrick Ríos Bartra
Secretario



Ing. Carmelino Almestar Villegas
Vocal



Ing. Manuel Nemesio Toribio Yalico
Asesor

Tarapoto, 05 de julio de 2019

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico primeramente a mi amado Dios por darme vida, salud, sabiduría y fuerzas para seguir adelante, a mi madre Julia Pinchi Salazar y a mi padre Juan de la Cruz Retete Saavedra, por sus consejos su apoyo incondicional y por ayudarme con los recursos necesarios para culminar este proyecto.

Dedico este trabajo a Dios, por ser mi guía y fortaleza para continuar en este proceso de hacer realidad uno de mis sueños más deseados. A mis padres Mabila Cuipal Huamán y Santiago Velayarce Herrera por haber velado por mi bienestar y apoyado en todo momento. A mi hermana Elita Fanny Velayarce Cuipal por sus palabras de aliento y buenos deseos.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestra gratitud a PRONABEC beca 18 por la oportunidad de realizar uno de nuestros sueños de llegar a ser profesionales. A nuestro asesor Ing. Manuel Nemesio Toribio Yalico por su apoyo en la asesoría de esta investigación, también agradecemos a cada ingeniero que fueron participes de este proceso ya sea de manera directa o indirecta, fueron ustedes quienes nos dieron su pequeño aporte que ahora se verá reflejada en este proyecto.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1. Identificación del problema.....	15
1.2. Objetivos.....	16
1.2.1. Objetivo general.....	16
1.2.2. Objetivos específicos.....	16
1.3. Justificación.....	17
1.4. Presuposición filosófica.....	17
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA.....	19
2.1. Filtro anaerobio.....	19
2.2. Digestión anaerobia.....	20
2.2.1. El proceso de digestión anaeróbica.....	21
2.2.2. Etapas de la digestión anaeróbica.....	22
2.3. Pozo séptico.....	23
2.4. Material de relleno.....	24
2.5. Coco Verde (<i>cocos nucifera</i>).....	26
2.6. Bambú (<i>Bambusoideae</i>).....	28
2.7. Contaminación del agua.....	29
2.8. Definición de aguas residuales.....	29

2.8.1.	Características de las aguas residuales.....	30
2.8.1.1.	Características físicas	30
2.8.1.2.	Características químicas	31
2.8.1.3.	Característica biológica	32
2.8.2.	Clasificación de las aguas residuales	33
2.9.	Límites Máximos permisibles para los efluentes	33
2.10.	Marco Legal	34
2.11.	Antecedentes	35
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS		39
3.1.	Descripción del lugar de ejecución.....	39
3.2.	Puntos de muestreo.....	41
3.3.	Diseño de investigación.....	41
3.4.	Métodos analíticos y frecuencia de muestreo.....	41
3.4.1.	Toma de muestras de agua, preservación, etiquetado, rotulado y transporte	41
3.5.	Diseño del filtro anaerobio	45
3.5.1.	Rejilla de bambú	46
3.5.2.	Medio filtrante	46
3.5.3.	Operación del filtro	47
3.5.4.	Métodos analíticos	47
3.5.5.	Eficiencia del filtro	48
3.6.	Caracterización del agua residual a tratar.....	48
3.7.	Hipótesis	49
3.8.	Identificación de variables.....	49
3.8.1.	Variable independiente	49
3.8.2.	Variable dependiente	49
3.8.3.	Operacionalización de variables	49
3.9.	Materiales y equipos utilizados	50

3.10.	Instrumentos de recolección de datos	51
3.10.1.	GPS Marca Garmin, modelo ETREX 10.....	51
3.10.2.	Tester de pH/Temperatura impermeable – HANNA HI98127.....	51
3.10.3.	Cadena de custodia	52
3.10.4.	Cinta métrica.....	52
3.11.	Técnicas de recolección de datos y validación de instrumentos.....	52
3.11.1.	Técnicas de recolección de datos.....	52
3.11.2.	Validación de instrumentos.....	52
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		53
4.1.	Resultados.....	53
4.1.1.	Implementación del filtro anaerobio.....	53
4.1.2.	Evaluación de los parámetros	57
4.1.2.1.	Análisis del agua residual del pozo séptico.....	57
4.1.2.2.	Análisis del agua residual filtrada comparados con el D.S. N° 003-2010 MINAM.....	58
4.1.3.	Eficiencia del filtro	69
4.2.	Discusión	75
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		78
5.1.	Conclusiones.....	78
5.2.	Recomendaciones	79
Referencias		80
ANEXOS		86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites Máximos permisibles para los efluentes	34
Tabla 2. Métodos y frecuencia de muestreo de los parámetros a evaluar	44
Tabla 3. Operacionalización de variables de la investigación.....	50
Tabla 4. Descripción de las variables de diseño	56
Tabla 5. Parámetros analizados del agua residual cruda (Pozo séptico)	58
Tabla 6. Compartición de los resultados con la normativa.....	67
Tabla 7. Promedio de eficiencia del filtro Anaerobio	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de filtro anaerobio en funcionamiento.....	20
Figura 2. Composición media del agua residual doméstica	30
Figura 3. Ubicación del recreo turístico en el distrito de Juanjuí	40
Figura 4. Material de medio filtrante.....	46
Figura 5. Diagrama de flujo del sistema del agua residual.....	49
Figura 6. Filtro anaerobio	53
Figura 7. Rejilla de bambú para el soporte	54
Figura 8. Dimensiones del filtro anaerobio	55
Figura 9. Diseño del pozo séptico filtro anaerobio.....	57
Figura 10. Diferencia de T° del agua residual filtrada a los 15, 30 y 45 días.....	59
Figura 11. Diferencia de pH del agua residual filtrada a los 15, 30 y 45 días.....	60
Figura 12. Diferencia de turbidez del agua residual filtrada a los 15, 30 y 45 días	61
Figura 13. Diferencia de la concentración de DBO ₅ del agua residual filtrada a los 15, 30 y 45 días.....	62
Figura 14. Diferencia de la concentración de DQO del agua residual filtrada a los 15, 30 y 45 días.....	63
Figura 15. Diferencia de la concentración de Aceites y Grasas del agua residual filtrada a los 15, 30 y 45 días	64
Figura 16. Diferencia de la concentración de STS del agua residual filtrada a los 15, 30 y 45 días.....	65
Figura 17. Diferencia de la concentración de CT del agua residual filtrada a los 15, 30 y 45 días.....	66
Figura 18. Eficiencia del filtro para la remoción de la turbidez	69
Figura 19. Eficiencia del filtro para la remoción de DBO ₅	70
Figura 20. Eficiencia del filtro para la remoción de DQO	71
Figura 21. Eficiencia del filtro para la remoción de los Aceites y Grasas	71
Figura 22. Eficiencia del filtro para la remoción de STS	72
Figura 23. Eficiencia del filtro para la remoción de CT	73

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ubicación del pozo séptico para la extracción del agua residual.....	86
Anexo 2. Envase para el almacenamiento del agua residual del Pozo séptico.....	86
Anexo 3. Limpieza, lavado y secado de los cocos.	87
Anexo 4. Cocos frescos	87
Anexo 5. Filtro anaerobio con su soporte de bambú.	88
Anexo 6. Llenado de las cáscara de coco al filtro anaerobio.	88
Anexo 7. Finalización de la elaboración del filtro anaerobio.....	89
Anexo 8. Toma de la muestra de agua residual del pozo séptico.....	89
Anexo 9. Medición pH y Temperatura del agua.	90
Anexo 10. Toma de la muestra de agua residual del filtro anaerobio.	90
Anexo 11. Preservación de las muestras.	91
Anexo 12. Etiquetado y rotulado de las muestras.	91
Anexo 13. Registro de cadena de custodia	92
Anexo 14. Requisitos para toma de muestra de agua residual y preservación de las muestras para el monitoreo.....	93
Anexo 15. Etiqueta para muestra de agua residual.....	94
Anexo 16. Carta de presentación por parte de la Universidad Peruana Unión para petición de Autorización para la ejecución de la Investigación.	95
Anexo 17. Carta de Autorización para ejecución de la Investigación.....	96
Anexo 18. Informe de ensayo del agua residual del pozo séptico realizado en el Laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C	97
Anexo 19. Informe de ensayo del agua residual filtrada a los 15 días de funcionamiento, realizado en el Laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C.....	98
Anexo 20. Informe de ensayo del agua residual filtrada a los 30 días de funcionamiento, realizado en el Laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C.....	99
Anexo 21. Informe de ensayo del agua residual filtrada a los 45 días de funcionamiento, realizado en el Laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.....	100
Anexo 22. Cadena de Custodia de la muestra del agua residual del pozo séptico	101
Anexo 23. Cadena de Custodia de la muestra del agua residual filtrada a los 15 días de funcionamiento	102
Anexo 24. Cadena de Custodia de la muestra del agua residual filtrada a los 30 días de funcionamiento	103

Anexo 25. Cadena de Custodia de la muestra del agua residual filtrada a los 45 días de funcionamiento	104
Anexo 26. Sistema de desinfección simple por goteo	105
Anexo 27. Certificado de acreditación por INACAL al laboratorio de ensayo Servicios Analíticos Generales S.A.C	106
Anexo 28. Certificado de calibración del Tester de pH/Temperatura impermeable	107

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de un filtro anaerobio para el tratamiento de aguas residuales del recreo turístico “Baby Park”, Juanjuí. La frecuencia de muestreo del filtro anaerobio fue a los 15, 30 y 45 días. Se implementó un filtro anaerobio con medio filtrante de cáscara de coco, donde se consideró como efluentes los inodoros, cocina y lavatorios, los puntos de muestreo estuvieron ubicados a la entrada y salida del filtro. El tipo de muestra que se consideró fue una muestra puntual. La toma de muestra se recolectó siguiendo la metodología del protocolo de monitoreo de calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales del MVCS. Los parámetros de pH y T° se midieron in situ utilizando un Tester de pH/Temperatura impermeable-HANNA HI98127. Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se analizaron en el laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C, siguiendo los métodos analíticos APHA del laboratorio. Los resultados obtenidos fueron comparados con el D.S. N° 003-2010 MINAM. En la última muestra tomada a los 45 días de funcionamiento los parámetros que cumplieron con los LMP para vertidos a cuerpos de agua son: T° (31°C), pH (6.6), Aceites y Grasas (10 mg/L), STS (10 mg/L) y Turbidez (70 NTU), sin embargo, los parámetros DBO₅ (120 mg/L), DQO (330 mg/L) y CT (20000 NMP/100 mL) no cumplieron con los LMP. La eficiencia del filtro fue, Turbidez (90%), DBO₅ (74.8%), DQO (97.8%), Aceites y Grasas (99.9%), STS (99.1%) y CT (90.9%). El filtro es eficiente, pero la concentración elevada de estos parámetros hace que el agua sea inapropiada para la descarga a los cuerpos de agua. Concluimos que el filtro anaerobio, logró disminuir la concentración de los parámetros del agua residual del recreo turístico Baby park, demostrando su eficiencia en el proceso de filtración.

Palabras Clave: filtro anaerobio, cáscara de coco, eficiencia, parámetros.

ABSTRACT

The investigation had as objective to assess the efficiency of an anaerobic filter for the treatment of wastewater from the recreation er from the tourist recess “Baby Park”, Juanjuí. The sampling frequency of the anaerobic filter was 15, 30 and 45 days. was implemented an anaerobic filter with filter medium of coconut shell, in which it was considered as an effluent of the toilets, kitchen and sinks, sampling points were located at the entrance and the exit the filter. The sampling was collected using the methodology of the process of monitoring the effluents of MVCS domestic or municipal wastewater treatment plants. The pH and T parameters were measured on-site using a pH/Waterproof Temperature Tester-HANNA HI98127. Physicochemical and microbiological parameters were analyzed in the Servicios Analíticos General S.A.C laboratory, following the laboratory's APHA analytical methods. The results obtained were compared with the decree N° 003-2010 MINAM. In the last sample taken at 45 days of operation parameters that met the LMP for discharges to water bodies are: temperature (31°C), pH (6.6), oils and fats (10 mg/L), STS (10 mg/L) and turbidity (70 NTU), however the parameters DBO₅ (120 mg/L), DQO (330 mg/L) and CT (20000 NMP/100 mL) did not comply with the LMP. The efficiency of the filter was turbidity (90%), DBO₅ (74.8%), DQO (97.8%), oils and fats (99.9%), STS (99.1%), and CT (90.9%). The filter is efficient, but the high concentration of these parameters makes the water inappropriate for discharge to the bodies of water. We concluded that the anaerobic filter, managed to reduce the concentration of wastewater parameters of the tourist recreation Baby park, demonstrating its efficiency in the filtration process.

Keywords: anaerobic filter, shell of coconut, residual water.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Identificación del problema

La falta de sistemas de tratamiento de aguas residuales constituye un problema recurrente en países en vías de desarrollo. Asimismo la carencia de saneamiento ambiental, se torna aún mayor en áreas rurales y en pequeñas comunidades (Araujo, 2015). Para Larios, González, & Morales (2015) el 70% de las aguas residuales no tienen un adecuado tratamiento, esto dificulta aún más los procesos de potabilización del agua, en el Perú únicamente se ha ejecutado el 30% de inversión pública en el tratamiento del agua.

Asimismo, las Empresas prestadoras de servicios de saneamiento en el Perú solamente brindan una cobertura del 69.65% del servicio de alcantarillado. Por otro lado la población que no es atendida con este servicio, vierte sus aguas residuales a cuerpos hídricos como mares, ríos, lagos y quebradas; alterando de este modo los múltiples usos del agua (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2014).

Para el tratamiento de aguas residuales municipales existen diversas alternativas. Siendo una de ellas el uso de filtros anaerobios. Los filtros anaerobios se utilizan para el tratamiento de aguas residuales con elevado contenido de materia orgánica. Una ventaja que presenta la tecnología de filtros anaerobios es el bajo costo del equipo y materiales (Romero, 2000).

Un filtro anaerobio es un reactor biológico de lecho fijo, con una o más cámaras de filtración en serie. Al fluir el agua residual a través de filtro, las partículas son atrapadas y la materia orgánica es degradada por la biomasa activa que se encuentra en la superficie del material filtrante (Sustainable Sanitation and Water Management, 2014).

En el presente estudio, se responde la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué eficiencia tiene el filtro anaerobio para reducir la concentración de los parámetros de aceites y grasas, Coliformes termotolerantes, DBO₅, DQO, SST y Turbidez?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar la eficiencia de un filtro anaerobio para el tratamiento de aguas residuales del recreo turístico “Baby Park”, Juanjuí.

1.2.2. Objetivos específicos

- Diseñar e implementar un filtro anaerobio para el tratamiento de aguas residuales.
- Comparar los resultados con la normativa ambiental aplicable a las descargas de aguas residuales.
- Evaluar el porcentaje de remoción a los 15, 30 y 45 días de turbidez, aceites y grasas, pH, temperatura (T°), sólidos suspendidos totales (SST), Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Coliformes Termotolerantes (CT).

1.3. Justificación

El recreo turístico “Baby Park” cuenta con dos pozos filtrantes y un pozo séptico como única unidad de tratamiento de las aguas residuales que genera. De acuerdo con Gomes & Sandri (2013) y CEPIS (2005) el tanque séptico solo trata el 40% de la DBO₅, elimina el 80% de los sólidos en suspensión, además los estudios demuestran que han destruido el 80% al 90% de los huevos de anquilostomas y Ascaris del agua residual. Pese a este intento de controlar efectos negativos del vertimiento a la quebrada, no es suficiente. Por esta razón nuestro proyecto de investigación optimizo el control de estos parámetros a fin de mejorar la calidad de la descarga y reducir los efectos negativos sobre la fuente de agua de la quebrada Chambira, esto se realizó mediante la implementación de un filtro anaerobio. El resultado de esta investigación permitió conocer la eficiencia del filtro anaerobio para el tratamiento de aguas residuales, además se pretende que sea utilizada en investigaciones con características similares.

1.4. Presuposición filosófica

Génesis 2:15 establece que Dios en su infinito amor hizo el cielo y la tierra, el mar y las fuentes de agua y nombró al ser humano como mayordomo de todo lo que había creado para que fuera un hogar ajardinado y saludable para la humanidad (Reyna Valera 1960).

Mateo 25: 21, menciona “Y su Señor le dijo: bien, buen siervo y fiel; sobre poco has sido fiel, sobre mucho te pondré; entra en el gozo de tu señor” (Reyna Valera 1960), en este versículo Dios considera al ser humano como un siervo bueno y fiel que administra sabiamente los recursos que fueron creados y dados por Él, teniendo en cuenta que el recurso fundamental para la vida es el agua por lo tanto es nuestra responsabilidad cuidarla y preservarla.

Así mismo en Salmos 24:1 dice “De Jehová es la tierra y su plenitud, el mundo, y los que en él habitan” (Reyna Valera 1960), Este versículo nos aclara que el medio donde vivimos es del Señor, y nosotros somos los encargados de cuidar de ella. Por lo tanto, fuimos creados con el propósito de dar un cuidado especial a la creación de nuestro padre celestial.

El agua es el elemento fundamental para la vida por lo tanto si nuestras acciones no están en acorde con ella tenemos la seguridad que nos arriesgaremos a perderla.

Considerando esta perspectiva; una de las tareas del ser humano es cuidar el medio acuático para la preservación de su vida, por ello con esta investigación se pretende cumplir los mandatos establecidos por Dios.

CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Filtro anaerobio

Esta unidad de tratamiento está formada por un reactor de flujo ascendente el cual utiliza como medio filtrante piedras de 3 a 5 cm de diámetro promedio. Para evitar obstrucciones, el coeficiente de vacíos debe ser grande, esto requiere un área específica menor a $100 \text{ m}^2/\text{m}^3$. La acumulación de biomasa en el lecho puede ocasionar obstrucciones por lo que las purgas de lodo son ineficientes. La carga orgánica que puede admitir este filtro es menor a 20 Kg. DQO/ m^3 .día (Lopez & Herrera, 2015).

Es un sistema de tratamiento eficaz utilizado para aguas residuales solubles, el cual está constituido por un tanque que contiene material de relleno de materia inerte que forma un lecho fijo; por lo general, piedras en diferentes granulometrías que dan soporte a ese lecho. En ese relleno, se lleva a cabo una fijación y es un desarrollo de hábitat para los microorganismos, los cuales conforman biopelículas, columnas de relleno o las bacterias son atrapadas en los intersticios del relleno agrupándose entre ellas; lo cual hace que no requiera ningún tipo de recirculado por la adhesión de la biomasa al relleno del filtro (Picado, 2016)

Los filtros anaerobios constituyen un equipo de eliminación de materia orgánica disuelta con la ayuda de microorganismos anaerobios que se encuentran adheridos sobre la superficie de un material de relleno inerte. El crecimiento bacteriano que se da principalmente en los vacíos que quedan entre los elementos que conforman el relleno. El material inerte a emplearse debe ser el que se adapte mejor a las condiciones locales en cuanto a disponibilidad y costos, dado que la función es la misma (Guamán & Molina, 2015).

Según Associação Brasileira de Normas Técnicas (1997) el filtro anaeróbico consiste en un reactor biológico donde el desagüe es depurado por medio de microorganismos no aeróbicos, dispersos tanto en el espacio vacío del reactor y en las superficies del medio

filtrante. Este se utiliza más como retención de los sólidos. Todo proceso anaeróbico, es bastante afectado por la variación de temperatura del desagüe; su aplicación debe ser hecha de modo criterioso. El proceso es eficiente en la reducción de cargas orgánicas elevadas, siempre que las otras condiciones sean satisfactorias. Los efluentes del filtro anaeróbico pueden exhalar olores y tener color oscuro. En la Figura 1 se muestra un ejemplo de las partes de un filtro anaerobio con tubo perforado de distribución (Araujo, 2015).

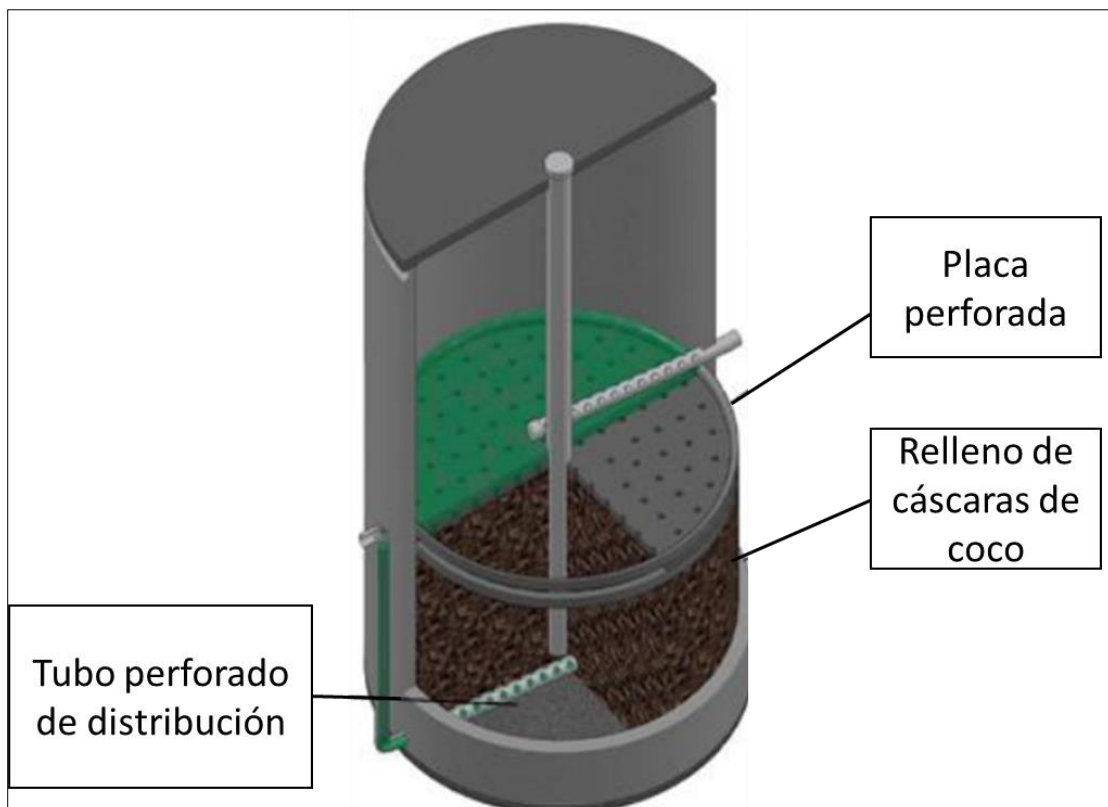


Figura 1. Esquema de filtro anaerobio en funcionamiento

Fuente: Araujo (2015)

2.2. Digestión anaerobia

La digestión anaeróbica está ganando más atención hoy en día, tanto como una solución a las preocupaciones ambientales y también como un recurso de energía para el estilo de vida actual.

De acuerdo a la United States Environmental Protection Agency (2017) la digestión anaeróbica es el proceso natural en el que los microorganismos descomponen los materiales orgánicos. En este caso, "orgánico" significa que proviene de o está hecho de plantas o animales. La digestión anaeróbica ocurre en espacios cerrados donde no hay aire (u oxígeno). Las iniciales "DA" pueden referirse al proceso de digestión anaeróbica o al sistema construido donde se realiza la digestión anaeróbica, también conocido como digestor.

Los siguientes materiales generalmente se consideran "orgánicos". Estos materiales se pueden procesar en un digestor:

- Abonos animales
- Restos de comida
- Grasas, aceites y grasas
- Residuos orgánicos industriales
- Lodos de aguas residuales (biosólidos)

Feyisetan & Awele (2015), menciona que la digestión anaerobia es apropiada para todos los sistemas de tratamiento de aguas residuales dado que el sólido puede ser introducido al sistema a una concentración aceptable.

2.2.1. El proceso de digestión anaerobia

La digestión anaerobia se considera a menudo un proceso complejo, la digestión así mismo se basa en un proceso de la reducción que consiste en un número de reacciones bioquímicas que ocurren bajo condiciones anóxicas. La formación de metano en la digestión anaerobia implica cuatro pasos diferentes: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis. Generalmente en un proceso de digestión anaerobia, el paso limitador de la tasa se puede definir como el paso que causa el fracaso del proceso bajo estrés cinético impuesta. En otras palabras, en un contexto de una cultura continua, el estrés cinético se

define como la imposición de un valor en constante reducción del tiempo de retención de sólidos hasta que sea menor que el valor límite; por lo tanto, resultará en un lavado de los microorganismos. La mayoría de los investigadores informan que la tasa-limitación para el sustrato orgánico complejo es el paso de la hidrólisis debido a la formación de subproductos tóxicos (compuestos heterocíclicos complejos) o de los ácidos grasos volátiles no deseables (AGV) formados durante la hidrólisis, mientras que la metanogénesis es el paso limitador de velocidad para sustratos fácilmente biodegradables (Mitchell et al., 2015).

El microorganismo que realiza las reacciones de degradación en cada una de estas fases difiere ampliamente en cuanto a fisiología, necesidades nutricionales, cinética de crecimiento y sensibilidad al medio ambiente. Muy a menudo, es difícil mantener un delicado equilibrio entre estos dos grupos: la formación de ácido y el metano formando microorganismos, que conducen a la inestabilidad del reactor y por lo tanto a la baja producción de metano. Los dos grupos principales de microorganismos podrían separarse físicamente con la intención de hacer uso de la diferencia en su cinética de crecimiento (Feyisetan & Awele, 2015).

2.2.2. Etapas de la digestión anaerobia

La digestión anaerobia tiene cuatro etapas metabólicas relacionadas con la producción del biogás (Guamán & Molina 2015; y Mitchell et al., 2015) estas son:

- **Hidrólisis:** Los polímeros complejos como proteínas, carbohidratos, grasas y aceites que pueden asimilar las bacterias son hidrolizados por la acción de enzimas extracelulares en productos solubles más sencillos de tamaño tal que les permita pasar a través de la pared celular de las bacterias. Se lleva a cabo por las bacterias fermentativas hidrolíticas.

- **Acidogénesis:** Los compuestos sencillos y solubles producidos tales como: azúcares, ácidos grasos y alcoholes son fermentados en ácidos grasos de cadena corta (volátiles), amoníaco, y por las bacterias fermentativas acidogénicas.
- **Acetogénesis:** Los compuestos producidos por la acidogénesis son convertidos a acetato, hidrógeno y dióxido de carbono por la acción de las bacterias acetogénicas.
- **Metalogénesis:** Las bacterias metanogénicas convierten el acetato a metano y, o reducen el metano.

2.3. Pozo séptico

Lucho, Medina, Beltrán, & Juárez (2015) menciona que las fosas sépticas o tanques sépticos datan desde 1860, fueron diseñadas por John Mouros en Francia. Consisten en un sistema de tratamiento para aguas residuales o negras, el mismo que consta de un tanque de sedimentación que puede ser rectangular o cilíndrico. Desde su invención han presentado cambios significativos que mejoran su función, el primer modelo presentaba una tubería de arcilla y tanque de madera de secuoya, en tanto que los actuales tienen como materia prima el concreto, fibra de vidrio, polietileno, ferro cemento, plásticos y bloques de concreto, los que se encuentran en unidades prefabricadas (Cun, 2016).

Estos sistemas presentan características en sus funciones como:

- Tiempo de retención de las aguas residuales mínimo de 36 a 72 horas.
- Los sólidos flotantes, grasas y aceites se acumulan en la superficie.
- Los lodos se sedimentan en el fondo.

Oliveira (2005) menciona que los pozos sépticos se conocen también como decanto – digestor o fosa séptica, así mismo menciona que es un dispositivo de tratamiento localizado de alcantarillas, utilizado por comunidades que se generan caudales relativamente pequeños y empleado en áreas urbanas desprovistas de red colectora pública de alcantarillado sanitario.

Esta solución tiene la capacidad de dar a las alcantarillas un grado de tratamiento compatible con su simplicidad y costo.

2.4. Material de relleno

El objetivo principal del material de relleno es de retener los sólidos en el interior del reactor o del biofilme (biopelícula) formado en la superficie de éste o por retención en los intersticios del medio o debajo de éste.

Hay otras funciones de la capa de soporte en los sistemas de tratamiento de aguas residuales por los filtros anaeróbicos. El lecho actúa como dispositivo para separar los sólidos de los gases, ayuda a promover la uniformización del flujo en el reactor y mejora el flujo contacto entre los constituyentes del vertido afluente y los sólidos biológicos contenidos en el reactor. Además, es posible que haya una acumulación de gran cantidad de biomasa, con el consiguiente aumento del tiempo de retención celular y disminución del tiempo de retención hidráulica, ya que el medio filtrante es una barrera física. Este evita la carga de los microorganismos y de otros sólidos fuera del sistema de tratamiento, ayudando, también, en la obtención de un efluente con mejor calidad. Además, la mayor retención de sólidos y de biomasa en los sistemas anaeróbicos que disponen de medio filtrante, favorece el proceso de salida del reactor (Chernicharo, 2013).

Para que se alcancen estas finalidades, el material de soporte debe tener una estructura resistente, ser biológica y químicamente inerte, ligereza, gran área específica, porosidad elevada, posibilitar la colonización acelerada de los microorganismos y costo reducido (Pinto & Chernicharo, 1996; Speece, 1996).

Los primeros materiales soportes, usados en filtros anaeróbicos, fueron rocas volcánicas, pero en desarrollos posteriores se aplicaron cuerpos fabricados con el fin de crear un área específica grande para la adherencia de una masa de lodo tan grande como sea posible, así

la posibilidad de contacto entre el lodo y el material orgánico del afluente sería mayor. Los cuerpos de relleno con un tamaño más pequeño, tienen su área de superficie específica (área por m³ Filtro) más grande. Por lo tanto, en principio, en el filtro relleno con materiales soportes menores, cabría más lodo y podría proporcionar un efluente mejor. Sin embargo, una pequeña dimensión de los cuerpos de llenado resulta necesariamente en espacios pequeños de los vacíos entre estos cuerpos, lo que facilita la obstrucción del filtro. De este modo, hay una dimensión óptima de los cuerpos de llenado, a fin de que puedan retener una gran masa de lodo, sin que haya problemas de obstrucción en el filtro. Esta dimensión depende de la naturaleza de las aguas residuales a tratar (concentración de sólidos en suspensión) y el tipo de material de soporte (Van Haandel & Lettinga, 1994).

Varios tipos de materiales se han estudiado y utilizado como medio filtrante en los reactores anaerobios: bloques cerámicos, concha de ostras y de mejillones, hueso de melocotón, anillos plásticos, cilindros fundidos, granito, polietileno, escoria de alto, bambú, etc. La elección entre estas posibilidades debe darse considerando la eficiencia, la disponibilidad y el coste (Campos, 1999).

Dado que, según algunos investigadores, el costo de los cuerpos de llenado de los filtros anaeróbicos puede ser del mismo orden de magnitud del coste de construcción del reactor, con el uso de materiales alternativos, es posible minimizar los impactos ambientales provocados por la destinación inadecuada de algunos residuos y promover una disminución del coste global del filtro (Chernicharo, 2013).

Dependiendo de la región a ser implantado el tratamiento anaerobio, es importante comprobar que el tipo de material más factible o viable y menos costoso para ser aplicada como material de soporte.

Entre las posibilidades de llenado para reactores de bajo costo, el coco verde (*Cocos nucifera*) puede ser una alternativa para atender a las comunidades que disponen abundante del producto, el cual presenta características que lo eligen como una buena opción para el llenado de reactores anaerobios, como elevada resistencia mecánica y difícil degradación..

2.5. Coco Verde (*cocos nucifera*)

Si por un lado el crecimiento agroindustrial es un vector de desarrollo, por otra, contribuye al aumento de la generación de residuos sólidos, que muchas veces pueden crear un impacto negativo en el medio ambiente. Uno de los ejemplos es el agua de coco verde (*Cocos nucifera*) que, con el incremento y la popularización de su consumo aumenta, también la producción de su cáscara, el material normalmente se desecha y la degradación es difícil (Rosa, 2002). De este modo, en busca de opciones para su reaprovechamiento muchas investigaciones se realizan con la cáscara de coco verde.

2.5.1. Origen de coco verde en el Departamento de San Martín

El coco fue insertado en la ciudad de Tarapoto en el siglo XVIII por las españolas Camila y Manuela Morey. La palmera de coco fue sembrado en cada esquina de la plaza de armas y con el tiempo estos se hicieron muy gigantes debido al clima tropical que tiene la región, consecuente de esto se dio una producción continua que se dispersó por toda el valle del Huallaga central, después comenzó la colonización de estos lugares por numerosas familias que salieron de Tarapoto en busca de nuevas tierras, llegaron hasta Pucacaca, en la actualidad esta ciudad es el sitio donde hay mayor sembrío, producción y explotación de coco (ABOFOA, 2012).

2.5.2. Características de coco verde

Todavía no existe un consenso sobre el origen del coco, ya que se encuentra en toda la zona tropical del globo, especialmente en la costa. Hay documentos que prueban su existencia en la costa asiática de hace 4.000 años. Sin embargo, algunos botánicos creen que la palma de coco es un nativo del continente americano y se extendió a otras partes del mundo debido a la facilidad de las semillas al ser transportadas por las corrientes marinas, ya que la planta se encuentra en la costa.

El coco (*Coco nucifera L.*) es una palmera muy conocida en el paisaje costero, principalmente nordestina. Algunas variedades se cultivan en Perú, las más comunes son del grupo de las Gigantes que llegan a alcanzar los 40 metros de altura, y del coco enano, con fructificación precoz y crecimiento lento (Senhoras, 2003).

En suelos buenos o debidamente abonados, la producción del coco alcanza la de 300 a 400 frutos por pie cada año, pudiendo llegar a 600; y cuando hay condiciones de clima y suelo favorables, el fructificación se inicia a los 3 a 4 años para el coco enano y a los 6 a 8 años para las especies comunes.

La cultura del cocotero tiene muchas facilidades como: su crecimiento en arenas saladas, donde no hay otra agricultura económicamente viable; Es fácil de cultivar y la producción se lleva a cabo durante un largo período.

El coco, fruto del cocotero, está constituido por una parte externa lisa, el exocarpio; por una parte fibrosa y espesa que constituye el mesocarpio; y el endocarpio, una cáscara durísima y leñosa. Todas estas partes envuelven la almendra. El mesocarpio, parte utilizada como medio filtrante en esta investigación, o corteza fibrosa externa del coco, está formada por fibras densas, resistentes al agua.

La utilización de la fibra del mesocarpio es práctica antigua. La introducción de la fibra de coco en Europa comenzó después de la llegada de los portugueses en la India. En los siglos XIII y XIV los árabes enseñaron a los navegantes ingleses el aprovechamiento de cuerdas fabricadas con estas fibras.

La fibra de coco pertenece a la familia de las fibras duras y tiene como principales componentes, la celulosa y el leño, lo que confiere elevados índices de rigidez y dureza. La baja conductividad térmica, resistencia al impacto, las bacterias y el agua, son algunas de sus características (Senhoras, 2003).

Además, la fibra de coco es un material muy rico en carbono, lo que garantiza una gran resistencia a la degradación, así como una gran estabilidad (Arachchi & Somasiri, 2010).

2.5.3. Consumo de coco verde

El coco se ha vuelto muy popular debido a su belleza tropical, insertado en los paisajes costeros y el hecho de que sus frutos son comestibles que permite su uso en la cocina. Además, a partir de la década de 1990, la concientización de la población acerca de los beneficios de los alimentos naturales, hubo un gran aumento de la explotación del coco verde para el consumo de su agua, un producto natural y de óptima calidad nutritiva (Senhoras, 2003).

2.6. Bambú (*Bambusoideae*)

Los tallos de bambú tiene múltiples propiedades de interés si se contrasta con otros tipos de materiales que utilizan en aguas residuales, una de ellas su elevado valor térmico, resistencia, alta porosidad y durabilidad. Además el bambú sirve para el tratamiento de aguas residuales y se realiza mediante la filtración en el entorno poroso del bambú y mediante la

descomposición de la materia orgánica proporcionada por las biopelículas microbianas adheridas en el bambú (Tonetti, 2008).

2.7. Contaminación del agua

Casas et al., (2007) define que la contaminación del agua se basa en la alteración de las propiedades químicas (sustancias disueltas), físicas (variaciones en la temperatura), como también biológicas (variaciones en la presencia de seres vivos) del agua.

La gestión incorrecta de las aguas residuales urbanas, industriales y agrícolas, provoca que el agua que beben cientos de millones de personas se vea peligrosamente contaminada. La contaminación del agua provoca que parte de los ecosistemas acuáticos terminen desapareciendo por la rápida proliferación de algas, microorganismo u otros invasores se nutran de todos los nutrientes que les proveen los residuos. La contaminación de este recurso fundamental es muy compleja por la relación con la transmisión de enfermedades que puede traer al hombre (Trujillo & Guerrero, 2015).

La contaminación por las aguas residuales humanas es una gran amenaza para la salud pública porque las aguas residuales siempre vienen con agentes patógenos. Las aguas residuales generalmente se tratan en las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) para controlar los riesgos patógenos y mejorar la salud ambiental. Sin embargo, las aguas residuales no tratadas que desembocan en ambientes acuáticos pueden causar enfermedades graves transmitidas por el agua (Cai, Ju, & Zhang, 2014).

2.8. Definición de aguas residuales

Para Lopez & Herrera (2015) el agua residual es la que proviene de usos domésticos, comerciales, agropecuarios y procesos industriales, o una combinación de ellas, sin tratamiento posterior a su uso.

Según el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2014), las aguas residuales son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado.

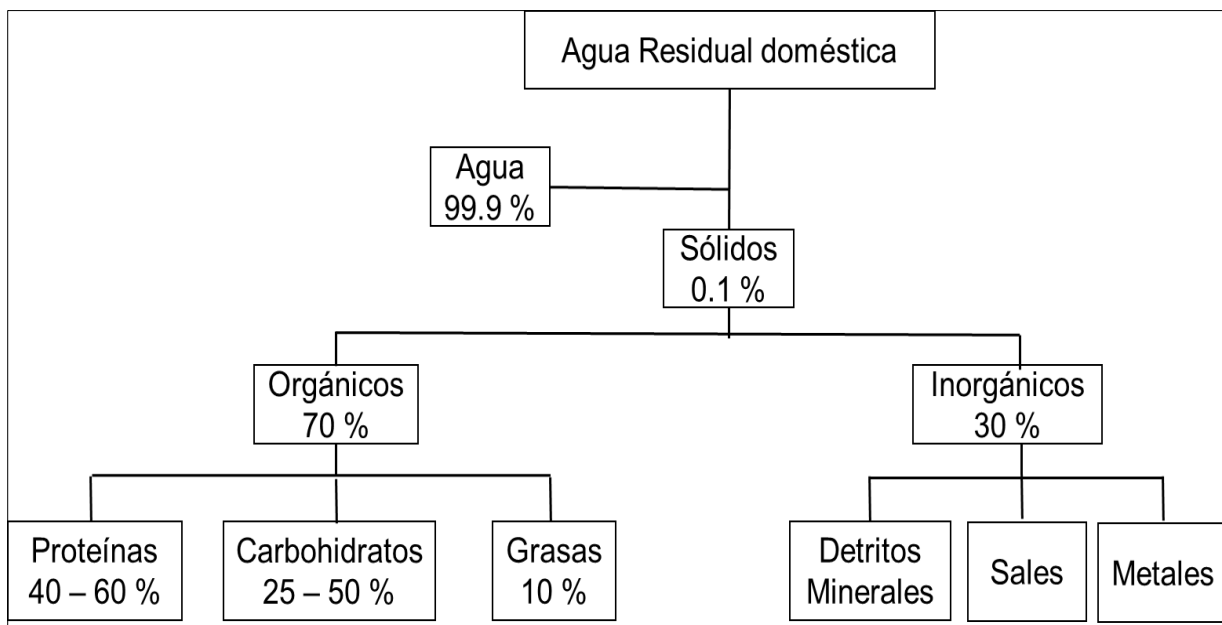


Figura 2. Composición media del agua residual doméstica

Fuente: Metcalf & Eddy (1995)

2.8.1. Características de las aguas residuales

Las características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales son esenciales para un proyecto y el respectivo funcionamiento de las instalaciones de tratamiento (Sánchez, 2017). A continuación se describe las características de agua según Metcalf & Eddy (1995):

2.8.1.1. Características físicas

- **Temperatura:** La temperatura es una variable importante en la operación de filtros anaeróbicos, ya que influye en la actividad metabólica de la comunidad microbiana, lo que refleja las velocidades de hidrólisis de la formación de metano y la transferencia de gas. La temperatura del agua residual suele ser más elevada que la de suministro, debido

al agua caliente provenientes del uso doméstico y procesos industriales. (Metcalf & Eddy, 1995).

- **Color:** Este parámetro ayuda estimar la condición de las aguas residuales, El color en las aguas residuales es provocado por sólidos suspendidos material coloidal y sustancias en solución (Metcalf & Eddy, 1995).
- **Olor:** Se debe a la producción de gases liberados en el proceso de descomposición de la materia orgánica. Es característico de las aguas residuales frescas. El principal compuesto que da olor a las aguas residuales es el sulfuro de hidrógeno aunque también se generan otros compuestos mucho más fuertes (Metcalf & Eddy, 1995).
- **Sólidos totales:** Se define el contenido de sólidos totales como la materia que se consigue como residuo después de someter al agua a un proceso desde evaporación entre 103 y 105 °C. Dentro de los sólidos totales tenemos a los sólidos suspendidos y sólidos filtrables. (Metcalf & Eddy, 1995). Para Nina (2015) los sólidos suspendidos son las partículas flotantes como fragmentos de vegetales, animales, basuras, etc., como también aquellas que son evidentes a simple vista y tienen posibilidades de ser separadas del líquido por medios físicos sencillos.
- **Turbidez:** La turbidez es considerada como la falta de claridad en el agua por la presencia de sólidos disueltos. Se mide en Unidades Nefelométricas de Turbidez, NTU (Minaya, 2017).

2.8.1.2. Características químicas

- **Materia Orgánica:** Mayormente está compuesta por 90% de carbohidratos, proteínas, grasas y aceites procedentes de excrementos y orina de seres humanos, restos de alimentos y detergentes.

- **Aceites y grasas:** Son altamente estables y no se mezcla con el agua, provienen de desperdicios alimentarios en su gran parte, excepto los aceites minerales que proceden de otras actividades. Las grasas se refieren a los de los animales, aceites, ceras y otros junto que se hallan en el agua residual (Ricaldi, 2017).
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅):** Es la medida de la cantidad de oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica (Metcalf & Eddy, 1995).
- **Demanda química de oxígeno (DQO):** Es un segundo método de estimación de la cantidad de oxígeno que se agotaría en un cuerpo de agua que se recibe como resultado de la acción de las bacterias (Woodard & Curran, 2006). Es el parámetro que mide el contenido de materia orgánica tanto de las aguas naturales como de las residuales (Metcalf & Eddy, 1995).
- **Potencial de Hidrógeno (pH):** El pH óptimo para la nitrificación de filtros está en el rango de 6-9. También pueden operar desde pH tan bajos como 5.0 a pH altos como 10.0 si ellas se adaptan lentamente fuera de los límites del rango.
- **Oxígeno disuelto:** Metcalf & Eddy (1995) menciona que el oxígeno disuelto es necesario para la respiración de los microorganismos aerobios.

2.8.1.3. Característica biológica

- **Coliformes fecales:** Los organismos patógenos que pueden existir en las aguas residuales son, generalmente, pocos y difíciles de aislar e identificar. Por esta razón se prefiere utilizar a los coliformes como organismo indicador de contaminación o, en otras palabras, como indicador de la existencia de organismos productos de enfermedades.

2.8.2. Clasificación de las aguas residuales

Según la Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2014) las aguas residuales se clasifican así :

- **Aguas residuales industriales:** Son aquellas que provienen del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras.
- **Aguas residuales domésticas:** Son aquellas de origen residencial y comercial que contienen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana, y deben ser dispuestas adecuadamente.
- **Aguas residuales municipales:** Son aquellas aguas residuales domésticas que pueden estar mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial previamente tratadas, para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado.

2.9. Límites Máximos permisibles para los efluentes

En la Tabla 1 se muestra los Límites Máximos Permisibles (LMP) de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas de acuerdo a la normativa D.S. N° 003-2010-MINAM

Tabla 1.

Límites Máximos permisibles de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas

Parámetro	Unidad	LMP
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM

2.10. Marco Legal

- a) La Constitución Política del Perú el art. 22 establece: que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el desarrollo de su vida. Siendo que el agua es una matriz ambiental de gran importancia para el desarrollo del ser humano.
- b) La Ley N° 29338, ley de Recursos Hídricos. En el principio 2 de prioridad en el acceso al agua, se menciona que la persona tiene todo el derecho de utilizar el agua para satisfacer sus necesidades múltiples.
- c) La Ley N° 28611, ley General del Ambiente. El art 121°. Del vertimiento de aguas residuales, da entender que toda persona natural o jurídica tiene que tener una previa autorización antes de desembocar las aguas después de su uso, por la razón que no perjudique a los cuerpos hídricos. Además en el art. 122°. Menciona que cuando se genera

aguas residuales, la persona tiene que ser responsable de darle un tipo de tratamiento e así reducir el nivel de contaminación y ser compatible con los LMP.

- d) Decreto supremo N° 003-2010-MINAM. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. Mencionan las medidas de las concentraciones de las sustancias químicas, físicas y biológicas que al ser sobrepasada puede dañar al ambiente y la salud de las personas.
- e) La Ley N° 27972, ley Orgánica de Municipalidades. El art. 80°. Menciona que una de las funciones de las municipalidades en materia de saneamiento, salubridad y salud es Regular y controlar el proceso de disposición final de desechos sólidos, líquidos y vertimientos industriales en el ámbito provincial.

2.11. Antecedentes

Araujo (2015) desarrolló un estudio titulado “Tratamiento de aguas residuales de una pequeña comunidad utilizando tanque séptico, filtro anaerobio y filtro de arena”, con el objetivo de evaluar el desempeño y la operación de un sistema construido a escala real para el tratamiento de aguas residuales domésticas generado en una pequeña comunidad. Para la realización de este estudio se tuvo en cuenta el efluente a ser tratado, la que provenía de una pequeña comunidad a la que alberga dos residencias, un establecimiento comercial y una fábrica productora de pisos para calzado. El sistema fue monitoreado por 15 meses, en que se acompañaron la operación, mantenimiento y la eficacia del tratamiento a través de parámetros físicos y químicos y biológicos. El filtro anaeróbico fue responsable de la remoción de un 50% y un 71% de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y la demanda química de oxígeno (DQO total), de hasta un 87% de sólidos suspendidos totales (SST) y el 80% de la turbidez afluente. El efluente final se adecuó a los límites establecidos por la legislación vigente presentando rango de pH entre 7,5 y 7,7; La conductividad de $1,19 \pm 0,13$

dSm⁻¹, SST de 17 ± 12 mgL⁻¹, DQO total de 85 ± 28 mgL⁻¹, DBO₅ de 18 ± 9 mgL⁻¹ y turbidez inferior a 17 NTU. Las concentraciones de nitrógeno amoniacal y fósforo fueron superiores a los límites permitidos para el lanzamiento en cuerpo hídrico, pero presentaron potencial para reutilización en la agricultura. La calidad del efluente final atendió a los límites definidos por la NBR 15900: 2009 para agua de reutilización destinada al amasamiento de concreto, mostrándose, también, pasible de aprovechamiento en otros usos no potables, requiriendo desinfección simple (como uso de cloro) para no contaminarse durante el contacto directo.

Roque & Mello (2018) realizó un estudio titulado “Eficiencia de los filtros anaerobios tipo cynamon en el tratamiento de aguas residuales”. Teniendo como idea central de estudio la crítica que se hace al filtro debido a su poca eficiencia en la reducción de nutrientes e indicadores de contaminación. En Brasil el filtro anaerobio se utiliza inmediatamente después del tanque séptico siendo su efluente lanzado directamente en los cuerpos receptores o en las líneas de agotamiento sanitario o drenaje pluvial. Una de estas variaciones fue propuesta por CYNAMON (1986), en la cual el filtro anaerobio se utiliza en serie de tres filtros (ascendente, descendente, ascendente), y un posterior pulido del efluente realizado por un filtro de arena. Estos filtros se utilizan tanto para el tratamiento de aguas residuales sanitarias como para el tratamiento de desechos comerciales (bares, tiendas y restaurantes). Optamos por estudiar los filtros anaeróbicos en serie, propuesto por CYNAMON, ya que vienen siendo aplicados en varios lugares, especialmente en Río de Janeiro y por lo tanto, necesitamos conocer más profundamente sus principales características técnicas, químicas y biológicas. Los efluentes de este tipo de tratamiento se presentan transparentes e inodoros, llevándonos a la perspectiva de estar ante un proceso de tratamiento que podrá ser utilizado para situaciones propias de las condiciones encontradas en varios lugares de Brasil.

Domingues (2005) en su estudio titulado “Sistema combinado filtro anaerobio – Biofiltro aireado sumergido: evaluación inicial y de nitrificación del agua residual”. Cuyo trabajo se basó en la concepción construcción y operación de un sistema combinado anaeróbico – aerobio constituido de un filtro anaerobio (FA) y un biofiltro aireado sumergido (BAS) a escala de laboratorio, aplicado al tratamiento de aguas residuales sanitarias. Siendo el objetivo principal el estudio del desempeño de un sistema combinado, para alcanzar el objetivo el trabajo se dividió en 3 etapas: estudio hidrodinámico, evaluación del arranque y evaluación de la nitrificación en diferentes TRH. Se verificó el desempeño del sistema para diferentes tasas de carga volumétrica orgánica y de amoníaco, relacionándolo con las poblaciones de bacterias nitrificadoras existentes. La concepción del sistema FA-BAS operando con TRH de 10 h fue adecuada a la nitrificación, cuando se aplica al tratamiento de aguas residuales domésticas con media concentración de amoníaco (alrededor de 30 mg / L). Indicó además tener gran potencial para tratar el alcantarillado con mayor concentración de amoníaco (por encima de 50 mg / L).

Backes (2016) Realizó un estudio titulado “Evaluación de la eficiencia de un sistema de fosa séptica y filtro anaerobio a escala piloto para el tratamiento del efluente sanitario con la adición de papel higiénico como fuente de materia orgánica”. Evaluar la viabilidad ambiental de la realización del descarte de papel higiénico utilizado en las necesidades fisiológicas humanas dentro del sistema de tratamiento, a fin de suplir la baja concentración de materia orgánica. Los resultados de los análisis indicaron que las eficiencias de los sistemas aceptores de papel prácticamente no se comprometieron, en relación al reactor control, exceptuando los parámetros de materia orgánica. El descarte del papel higiénico en el sistema de fosa y filtro, considerando la segunda y la tercera campaña de muestreos, podría optimizar la remoción de nutrientes, pero perjudicando la remoción de materia orgánica, pero no a punto de sobrepasar el límite estipulado por la legislación. Sin embargo, se admite

que con los resultados obtenidos, la ganancia ambiental con el descarte de papel en el sistema de tratamiento puede ser mayor que la pequeña pérdida de eficiencia registrada en el proceso de remoción de materia orgánica.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del lugar de ejecución

La presente investigación se realizó en el distrito de Juanjuí, provincia de Mariscal Cáceres, departamento de San Martín, en la dirección Jr. Huallaga – Barrio Chambira recreo turístico Baby Park. La investigación consistió en la implementación de un filtro anaerobio en la cual se consideró el agua residual del pozo séptico proveniente de los inodoros, cocina y lavatorios. El lugar de estudio estuvo ubicado en las siguientes coordenadas Este (X): 307303 y Norte (Y) 9206378 como se observa en la Figura 3.

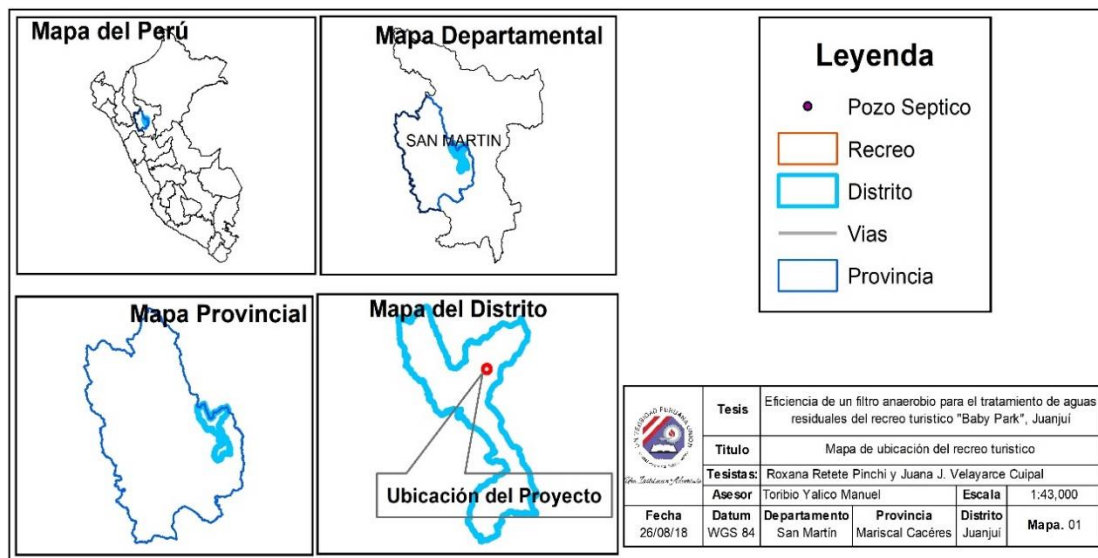
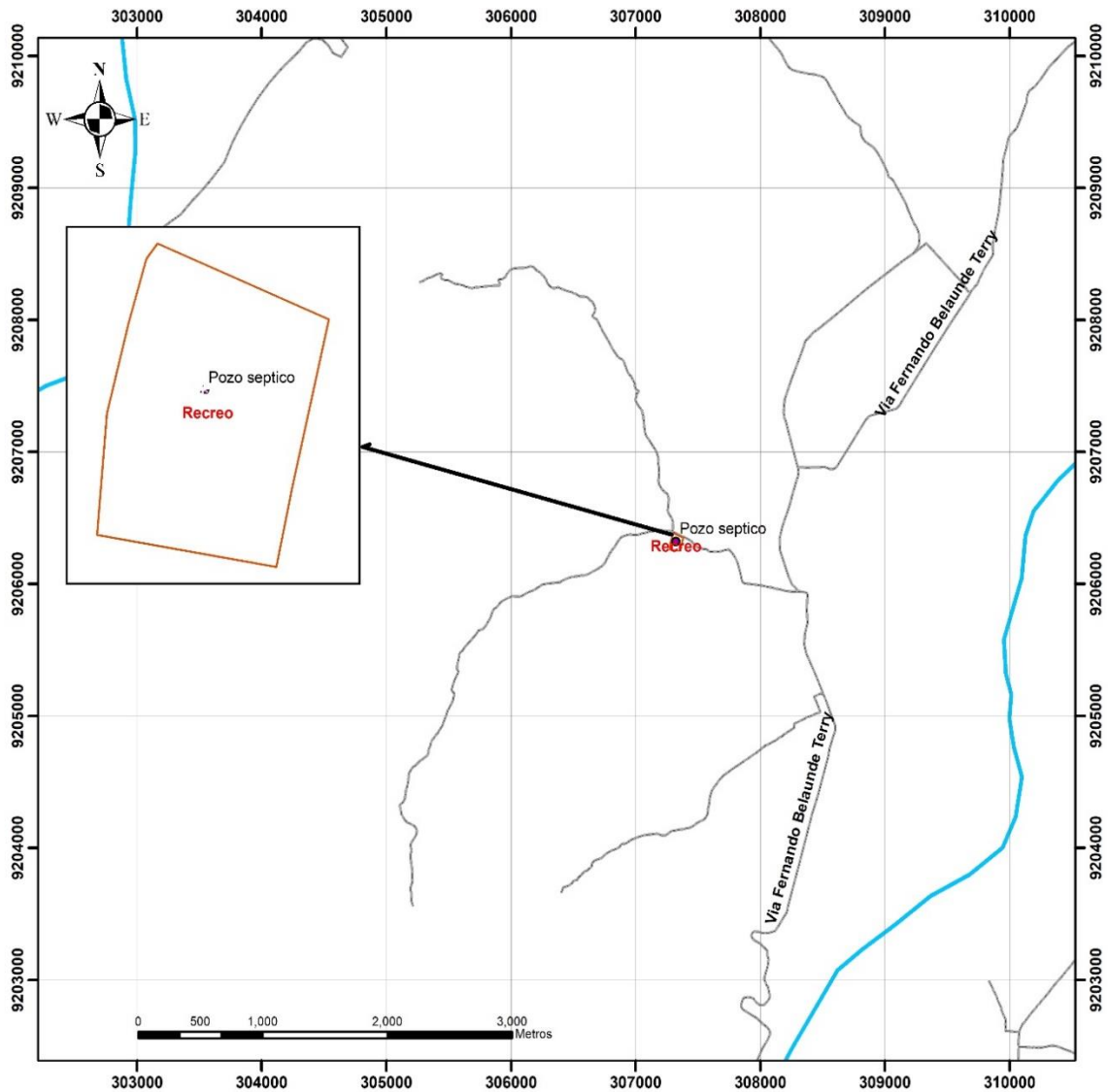


Figura 3. Ubicación del recreo turístico en el distrito de Juanjuí
 Fuente: Elaboración propia, 2019

3.2. Puntos de muestreo

El trabajo se realizó en el recreo turístico Baby Park específicamente con el efluente de un pozo séptico, ubicado en el punto cardinal norte, ver anexo 1 del lugar; los puntos de muestreo estuvieron ubicados a la entrada y salida del filtro anaerobio. El tipo de muestra que se consideró en la presente investigación fue una muestra puntual debido a que la composición del agua residual es relativamente constante a través del tiempo y a lo largo de la sección transversal del filtro anaeróbico (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

3.3. Diseño de investigación

Para la presente investigación se seleccionó un diseño experimental de tipo pre experimental, con mediciones antes y después del tratamiento del agua residual (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

3.4. Métodos analíticos y frecuencia de muestreo

El Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2013) publicó la resolución ministerial N° 273-2013-VIVIENDA, dispuso a manifestación el protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales:

3.4.1. Toma de muestras de agua, preservación, etiquetado, rotulado y transporte

“Las muestras fueron recolectadas y preservadas teniendo en cuenta cada uno de los parámetros considerados. En este caso se tomó como ejemplo las instrucciones generales de preservación, embalaje y transporte de las muestras, manifestada en el Anexo N° 14 Requisitos para toma de muestra de agua residual y preservación de las muestras para el monitoreo, así como las instrucciones de etiquetado mostrada en el Anexo N° 15 Etiqueta para muestras de agua residual”.

“Se procedió en la colocación de los guantes descartables antes del inicio de la toma de muestras de agua residual y los desecho luego de culminado el muestreo. Es importante los cuidados en el manejo de los reactivos de preservación por tratarse de sustancias peligrosas y evitar tomar la muestra tomando el frasco por la boca”.

a) Toma de muestras de agua residual

“Las características de los recipientes, volumen requerido y tipo de reactivo para la preservación de la muestra se contemplan en el Anexo N° 14 Requisitos para toma de muestra de agua residual y preservación de las muestras para monitoreo”.

“Se utilizó frascos de plástico y vidrio. El tipo de frasco dependió del parámetro a analizar. El laboratorio nos proporcionó los frascos de acuerdo a los parámetros que se evaluó”.

b) Preservación de muestras

“Una vez tomada la muestra, se incorporó el reactivo de preservación (H_2SO_4) que se agregó in-situ después de la toma de la muestra del agua residual para el DQO y aceites y grasas. Ver Anexo N° 14 Requisitos para toma de muestra de agua residual y preservación de las muestras para el monitoreo”.

c) Etiquetado y rotulado de las muestras de agua

“Los frascos fueron etiquetados y rotulados, con letra clara y legible. Se usó un plumón de tinta indeleble y se cubrió la etiqueta con cinta adhesiva transparente conteniendo la siguiente información:”

1. Nombre de PTAR y denominación del punto de monitoreo.
2. Número de muestra (referido al orden de toma de muestra).
3. Fecha y hora de la toma de muestra.

4. Preservación realizada, tipo de reactivo de preservación utilizado.

5. Operador del muestreo.

Ver formato para las etiquetas de muestras, Anexo N° 15. Etiquetas de muestras de agua residual.

d) Llenado del formato de Cadena de Custodia

“Se llenó el formato de cadena de custodia indicando los parámetros a evaluar, tipo de frasco, tipo de muestra de agua (agua residual cruda, agua residual tratada), volumen, número de muestras, reactivos de preservación, condiciones de conservación, operador del muestreo y otra información relevante. Ver el Anexo N° 13 Cadena de Custodia según el MVCS y en Anexo 21 según el laboratorio SAG”.

e) Conservación y Transporte de las Muestras

“Las muestras de agua residual recolectadas, preservadas y rotuladas, se colocaron en cooler con refrigerante (ice pack), para cumplir con la recomendación de temperatura que indicada en el Anexo N° 14 Requisitos para toma de muestra de agua y preservación de las muestras para el monitoreo. Asimismo, para evitar roturas en el caso de frascos de vidrio durante el transporte de muestras, se utilizó bolsas de poliburbujas.

Se Transportaron las muestras hasta el laboratorio, adjuntando el formato de cadena de custodia, Ver Anexo 22.

“Se consideró los tiempos desde el inicio del muestreo hasta la llegada al laboratorio con el objetivo de cumplir con el tiempo requerido según los Requisitos para Toma de Muestra y Preservación” (Anexo N° 14 Requisitos para toma de muestra de agua residual y preservación de las muestras para el monitoreo).

En la Tabla 2 se muestra los métodos analíticos, frecuencia de muestreo y el número de mediciones a realizar, según el D.S. N° 003-2010-MINAM.

Tabla 2.

Métodos y frecuencia de muestreo de los parámetros a evaluar

Nombre	Método	Frecuencia	N° de mediciones
Temperatura pH	Tester de pH/Temperatura impermeable – HANNA HI98127		
DBO ₅	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed.2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.		
DQO	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed.2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method.		
Aceites y grasas	EPA-821-R-10-001 Method 1664 Rev. B. N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.2010	Quincenal	3
Sólidos suspendidos Totales (SST)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C.		
Coliformes termotolerantes (NMP)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform		

Fuente: Domingues (2005) y Araujo (2015)

Las mediciones de los parámetros temperatura y pH se realizaron quincenalmente, y para esto utilizamos un Tester de pH/Temperatura impermeable – HANNA HI98127 el cual fue introducido en cada uno de los puntos de muestreo.

Las mediciones de DBO₅, se realizaron quincenalmente, Las muestras fueron recogidas en frascos de plástico de 1000 mL, con sus respectivas etiquetas las que en el tiempo establecido por el protocolo llegaron a ser analizadas, él envío fue vía aérea.

Las mediciones de DQO, se realizaron quincenalmente, Las muestras fueron recogidas en frascos de plástico de 100 mL, al cual agregamos el preservante ácido sulfúrico (H_2SO_4) con sus respectivas etiquetas las que en el tiempo establecido por el protocolo llegaron a ser analizadas, el envío fue vía aérea.

Las mediciones de Aceites y grasas, se realizaron quincenalmente, Las muestras fueron recogidas en frascos de vidrio ámbar boca ancha de 1000 mL, al cual agregamos el preservante ácido sulfúrico (H_2SO_4). Así mismo tuvo su respectiva etiqueta, la cual se analizó en el tiempo establecido por el protocolo, el envío fue vía aérea.

Las mediciones de Sólidos suspendidos Totales (SST), se realizaron quincenalmente, Las muestras fueron recogidas en frascos de plástico de 100 mL, con sus respectivas etiquetas las que en el tiempo establecido por protocolo llegaron a ser analizadas, el envío fue vía aérea.

Las mediciones de Coliformes termotolerantes (CT), se realizaron quincenalmente, Las muestras fueron recogidas en frascos de vidrio esterilizado de 250 mL, con sus respectivas etiquetas las que en el tiempo establecido por protocolo llegaron a ser analizadas, el envío fue vía aérea.

3.5. Diseño del filtro anaerobio

El filtro anaerobio para este trabajo de investigación fue construido de la siguiente manera: en un tanque cilíndrico de policlorato de vinilo (PVC), con volumen total de 200 L, diámetro interno de 57.3 cm y altura total de 1,20 m. El fondo cónico funciona como un compartimiento para la distribución del desagüe, siendo separada de la región ocupada del medio filtrante por una rejilla hecha de bambú (Anexo 5), que impide el paso de las unidades constituyentes del medio filtrante y para evitar la fluctuación se colocó sobre la superficie

de la cama otra rejilla de bambú (Anexo 7). Este filtro fue totalmente relleno con desagüe doméstico.

3.5.1. Rejilla de bambú

La rejilla de bambú sirvió para el fondo falso cónico y para la parte superficial. Se hizo primeramente con la extracción del bambú cortando un tallo que contiene varios nudos. Después los tallos cortados se conservaron sumergidas en agua en dos días (sumergida en agua proporciona un mayor flujo y mejor calidad). Luego fueron cortados por la mitad, y con cada uno de ellos se formó la rejilla de acuerdo al círculo del cilindro de PVC para el filtro anaerobio que tiene como diámetro interno de 57.3 cm.

3.5.2. Medio filtrante

El material de relleno fue la cáscara de coco verde cortados en 4 pedazos de tamaño medio de 8 cm de largo y 5 cm de ancho, teniendo el porcentaje de espacios vacíos de $62,5 \% \pm$ el $2,4 \%$ libres de suciedad y frescos así como se muestra en la Figura.



Figura 4. Material de medio filtrante

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.5.3. Operación del filtro

El filtro fue alimentado con desagüe doméstico proveniente del pozo séptico del recreo turístico. El agua residual se colocó en un tanque superior de distribución situado en una parte alta por encima del filtro, haciendo que el mismo fuera alimentado por gravedad. El tiempo de retención hidráulica fue de 3.2 horas. Se ha monitoreado el agua residual cruda y tratada en un periodo de 2 meses.

3.5.4. Métodos analíticos

Los análisis de los Límites Máximos Permisibles (LMP) del agua residual doméstica cruda y tratada se realizaron en el laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C.

El filtro anaerobios fue diseñado teniendo en cuenta la ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1997). Así mismo (Araujo, 2015) utilizó las mismas recomendaciones técnicas al diseñar un filtro anaerobio para el tratamiento de aguas residuales de una pequeña comunidad.

El volumen del filtro anaerobio será calculado utilizando la siguiente formula:

$$V_u = 1,6 * N * C * T$$

Dónde:

V_u : Volumen útil (en litros)

N: Número de personas contribuyentes

C: Dotación del agua residual, en litros X habitantes

T: Tiempo de retención hidráulica, en días

El caudal del filtro anaerobio fue de 0.017 L/s.

$$V_u = 1,6 * 20 * 60 * 0.125$$

$$V_u = 198 L$$

$$V_u = 0.198 m^3$$

Dónde:

V_u : Volumen útil (en litros)

N: 16 hab

C: 60 L/hab. día

T: 0.125 día

El tiempo de retención hidráulico óptimo de acuerdo con Araujo (2015) es 0,7 días, con el cual se obtiene un volumen de 1,6 m³. El tiempo de retención hidráulico fue 3.2 horas con un caudal de 0,017 L/s.

3.5.5. Eficiencia del filtro

La evaluación de la eficiencia del filtro se realizó utilizando la siguiente formula:

$$\% \text{ Remoción} = \frac{\text{Concentración Inicial} - \text{Concentración Final}}{\text{Concentración Inicial}} * 100$$

3.6. Caracterización del agua residual a tratar

Antes de que el agua residual de la fosa séptica ingrese al filtro anaerobio, se midió los parámetros: temperatura, pH, DBO₅, DQO, Aceites y grasas, Sólidos suspendidos Totales (SST), Coliformes termotolerantes (CT) y Turbidez.

En la Figura 5 se muestra el diagrama del sistema del agua residual, de la presenta investigación.



Figura 5. Diagrama de flujo del sistema del agua residual

Fuente: Adaptado de Araujo (2015)

3.7. Hipótesis

De acuerdo con Hernández, Fernández, y Baptista (2014), las investigaciones descriptivas solo llevan hipótesis cuando se pronostica el valor de una variable, por lo tanto, el estudio no tendrá hipótesis.

3.8. Identificación de variables

3.8.1. Variable independiente

- Tratamiento de agua residual doméstica: con un filtro anaerobio

3.8.2. Variable dependiente

- parámetro físico
- parámetro químico
- parámetro microbiológico

3.8.3. Operacionalización de variables

A continuación, se presenta la Tabla de operacionalización de variables

Tabla 3.

Operacionalización de variables de la investigación

Variables	Valor final	Tipo de variable
Variable independiente		
Tratamiento con filtro anaerobio	1. Antes del tratamiento 2.Después del tratamiento	Categoría nominal
Variables dependientes		
Parámetros		
Temperatura	°C	Numérica
pH	unidad	
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	
Coliformes Termotolerantes	NMP/100	
Aceites y grasas	mg/L	
Turbidez.	NTU	

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.9. Materiales y equipos utilizados

Materiales

- Cadena de custodia
- Plumón indeleble
- Lapicero
- Cinta de embalaje
- Cooler
- Ice pack
- Frascos de plástico y vidrio

Equipos

- Cámara fotográfica
- GPS
- pH-metro
- Laptop

Equipo de protección personal

- Guantes de nitrilo
- Zapatillas cerradas
- Chaleco de seguridad con cinta reflectiva
- Pantalón
- Camisa manga larga
- Casco

3.10. Instrumentos de recolección de datos

3.10.1. GPS Marca Garmin, modelo ETREX 10

Es un sistema de navegación y de posicionamiento mundial, permite determinar la posición geográfica en cualquier parte del mundo de un objeto y funciona mediante una red de satélites en órbita sobre el planeta (Schoemaker, 2017).

3.10.2. Tester de pH/Temperatura impermeable – HANNA HI98127

Es un aparato que tiene un sensor que se hunde en el agua e inmediatamente da resultados en su pantalla. Su manejo y aplicación es muy simple, pero necesita una inversión relativamente alta, Ver Anexo 28, (Schoemaker, 2017).

3.10.3. Cadena de custodia

Es el procedimiento que avala la autenticidad de los elementos materiales de prueba recogidos y examinados.

3.10.4. Cinta métrica

Instrumento de medida que consiste en una cinta flexible graduada y se puede enrollar, haciendo que el transporte sea más fácil. Este instrumento servirá para medir la longitud del filtro anaerobio a construir.

3.11. Técnicas de recolección de datos y validación de instrumentos

3.11.1. Técnicas de recolección de datos

Para la recolección de datos se utilizó la técnica observacional. De acuerdo a Gallo (2000) menciona que en la técnica observacional se utiliza los sentidos para la percepción de los hechos o fenómenos que nos rodean o son del interés del investigador. La observación científica se da a partir de la selección deliberada de un fenómeno o de algún aspecto relevante de éste, mediante la utilización del método científico.

- Revisión bibliográfica de anteriores investigaciones
- Uso del software ArcGIS para la ubicación del proyecto
- Uso del software AutoCAD para el diseño del filtro anaerobio

3.11.2. Validación de instrumentos

Los instrumentos que se utilizó para la recolección de datos fueron previamente calibrados por un laboratorio acreditado por el Instituto Nacional de la Calidad, Ver Anexo 27.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Implementación del filtro anaerobio

Antes del ingreso de las aguas residuales al filtro anaerobio, paso por un tanque séptico que sirvió como tratamiento primario para la sedimentación de las materias con mayor tamaño.

El filtro anaerobio para este trabajo de investigación fue construido de la siguiente manera: en un tanque cilíndrico de policlorato de vinilo (PVC), con volumen total de 200 L, diámetro interno de 57.3 cm y altura total de 1,20 m.



Figura 6. Filtro anaerobio
Fuente: Elaboración propia, 2019

El material de soporte adoptado como relleno del filtro fue de cáscara de coco cortados en 4 pedazos de tamaño medio de 8 cm de largo y 5 cm de ancho, teniendo el porcentaje de espacios vacíos de $62,5\% \pm$ el $2,4\%$ exentos de suciedad y frescos. El fondo cónico funciona como un compartimiento para la distribución del desagüe, siendo separada de la región ocupada del medio filtrante por una rejilla hecha de bambú (Figura 7), que impide el paso de las unidades constituyentes, para evitar la fluctuación del medio filtrante se colocó sobre la superficie de la cama otra rejilla de bambú (Anexo 7). Este filtro fue totalmente relleno con desagüe doméstico.



Figura 7. Rejilla de bambú para el soporte
Fuente: propia 2019

El diseño del filtro anaerobio fue teniendo en cuenta la ABNT, donde varios autores se basaron a ello, para eso se tomó en cuenta la fórmula de volumen utilizada por Araujo (2015): $V_u=1,6*N*C*T$, con este formula el volumen total salió 198 litros pero para el filtro optamos a 200 litros con un caudal de entrada de 0.0174 L/s y de salida 0.0172 L/s, con un tiempo retención hidráulico de 3.2 horas, Ver Tabla 4 y Figura 8.



Figura 8. Dimensiones del filtro anaerobio

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 4.

Descripción de las variables de diseño

VARIABLES DE DISEÑO	DESCRIPCIÓN DE LA FÓRMULA	FÓRMULA	RESULTADO		
Carga Hidráulica	Volumen de agua a tratar por metro cuadrado de superficie y por unidad de tiempo ($m^3 / m^2 * hora$).	$C_H = V(m^3) / S(m^2) * T(h)$ $V = 0.2 m^3$ $S = 0.26 m^2$ $T = 3.2 h$	$C_H =$	0.24	m^3/m^2*h
Carga Másica o Carga Orgánica	Es el producto de la concentración de un determinado contaminante por el caudal, en un lugar determinado (kg DBO ₅ o DQO /día). $C_M = 10^{-3} Q (m^3/día) * C (g/m^3)$	$C_M = 10^{-3} Q(m^3/día) * C(g/m^3)$ $Q_E = 1.5 m^3/día$ $C = 475.5 mg/L$ $Q_S = 1.486 m^3/día$ $C = 120 mg/L$ $Q_E = 1.5 m^3/día$ $C = 15113 mg/L$ $Q_S = 1.486 m^3/día$ $C = 330 mg/L$	$CM DBO_5E =$ $CM DBO_5S =$ $CM DQOE =$ $CM DQOS =$	0.71 0.18 22.67 0.49	kg/día kg/día kg/día kg/día
Carga Volúmica	Relación entre la masa de un determinado contaminante por unidad de tiempo (Carga másica u orgánica) y volumen. $C_v = kg/día * m^3$.	$C_v = M(kg) / T(día) * V(m^3)$ $M = 0.71 kg/día$ $V = 0.2 m^3$ $M = 22.66 kg/día$ $V = 0.2 m^3$	$CV DBO_5 =$ $CV DQO =$	3.57 113.35	$kg/día * m^3$ $kg/día * m^3$
Carga Superficial	Relación entre la masa de un determinado contaminante por unidad de tiempo (Carga másica u orgánica) y superficie. $C_v = kg/día * m^2$.	$C_s = M(kg) / T(día) * S(m^2)$ $M = 0.71 kg/día$ $M = 0.18$ $S = 0.26 m^2$ $M = 22.66$ $M = 0.49$ $S = 0.26 m^2$	$CS DBO_5E =$ $CS DBO_5S =$ $CS DQOE =$ $CS DQOS =$	2.73 0.69 87.15 1.88	$kg/día * m^2$ $kg/día * m^2$ $kg/día * m^2$ $kg/día * m^2$
Tiempo de Retención Hidráulico	Tiempo de permanencia del agua residual en el sistema. $TRH (días) = V (m^3) / Q (m^3/día)$	$TRH (días) = V (m^3) / Q (m^3/día)$	$TRH =$	0.13	días

Fuente: Elaboración propia, 2019

En la Figura 9 tenemos la representación del sistema en funcionamiento para el tratamiento de aguas residuales.

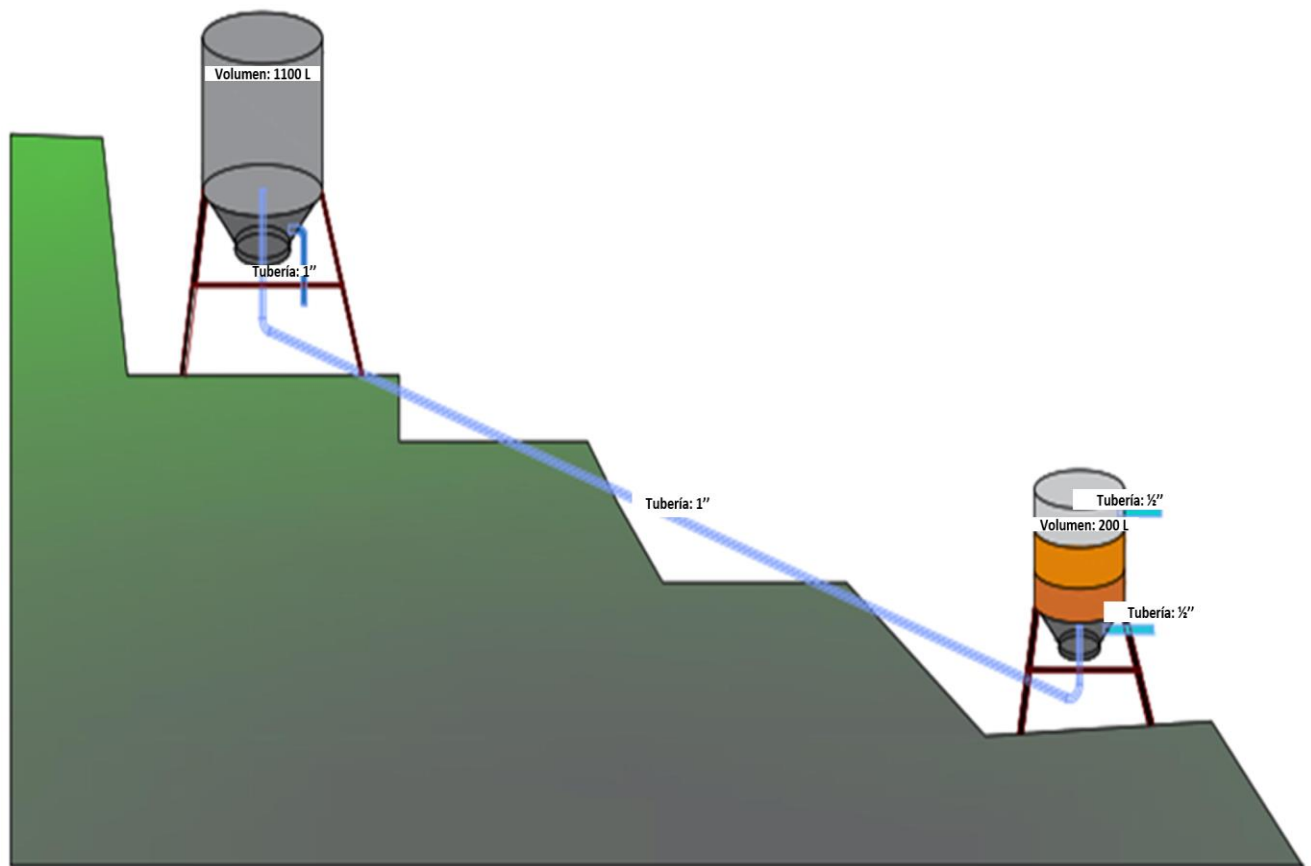


Figura 9. Diseño del pozo séptico filtro anaerobio
Fuente: Elaboración propia, 2019

4.1.2. Evaluación de los parámetros

4.1.2.1. Análisis del agua residual del pozo séptico

Para el desarrollo de este proyecto de investigación, se realizó el análisis de los Límite Máximo Permisible establecidos en el D.S. N° 003-2010 MINAM de la muestra tomada al agua residual proveniente del pozo séptico, las cuales se tomó como referencia para esta investigación.

Tabla 5.

Parámetros analizados del agua residual cruda (Pozo séptico)

Agua residual doméstica (Pozo Séptico)			
Parámetros fisicoquímico y microbiológico	Unidad	Resultado	LMP para vertidos a cuerpos de agua
Temperatura (T°)	°C	29.9	< 35
Potencial de hidrógeno (pH)	U	6.16	6.5-8.5
Turbidez	NTU	700	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	475.50	100
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	15113	200
Aceites y grasas	mg/L	56354	20
Sólidos Totales en suspensión (STS)	mL/L	1198.80	150
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	220000	10,000

Fuente: Elaboración propia, 2019

En la Tabla 5 se observó que los resultados de los análisis realizados a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual del pozo séptico han mostrado que la concentración presente en este tipo de efluentes es alta y que sobrepasa los Límites Máximos Permisibles del D.S. N° 003-2010 MINAM. Excepto la temperatura y el pH no está dentro del rango.

4.1.2.2. Análisis del agua residual filtrada comparados con el D.S. N° 003-2010 MINAM

Para poder comprobar la eficiencia del filtro se realizaron análisis de los LMP del agua residual filtrada, la toma de muestras se realizó a los 15, 30 y 45 días, los resultados permitieron realizar una comparación con los análisis del agua residual del pozo séptico.

a. Temperatura

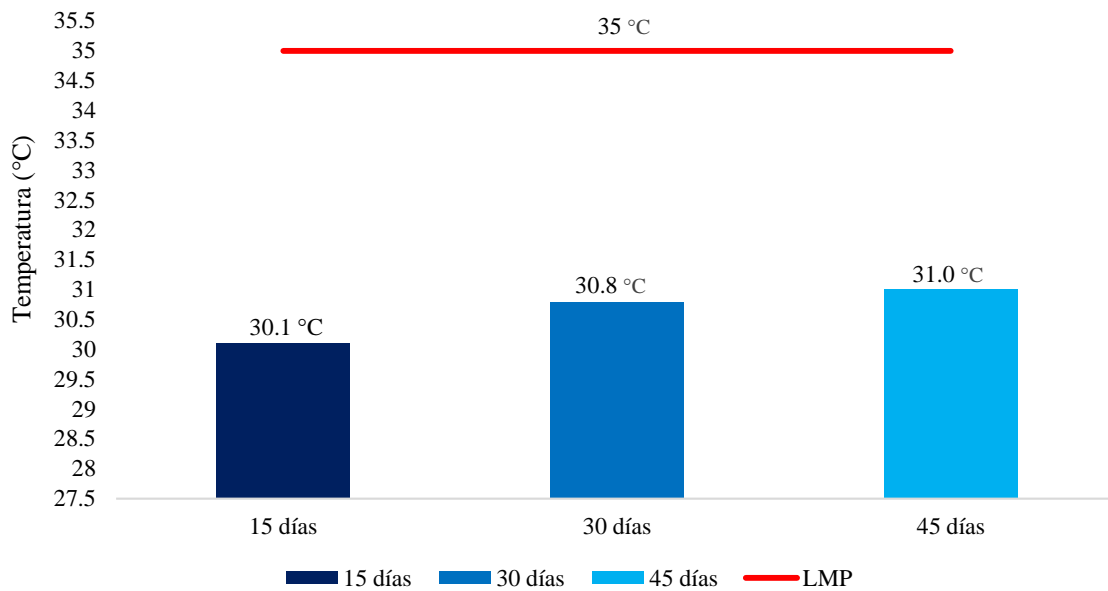


Figura 10. Diferencia de T° del agua residual filtrada a los 15, 30 y 45 días
Fuente: Elaboración propia, 2019

En la Figura 10 se presenta los resultados de temperatura del agua residual después de pasar por el sistema de tratamiento (filtro anaerobio), la primera muestra tomada a los 15 días de funcionamiento del filtro tuvo una T° de (30.1 °C). La segunda y tercera muestra tomada a los 30 y 45 días tuvieron Temperaturas de (30.8 °C) y (31 °C). Observando que no hay una diferencia significativa, además estos valores se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en el D. S. N° 003-2010-MINAM.

b. Potencial de hidrógeno (pH)

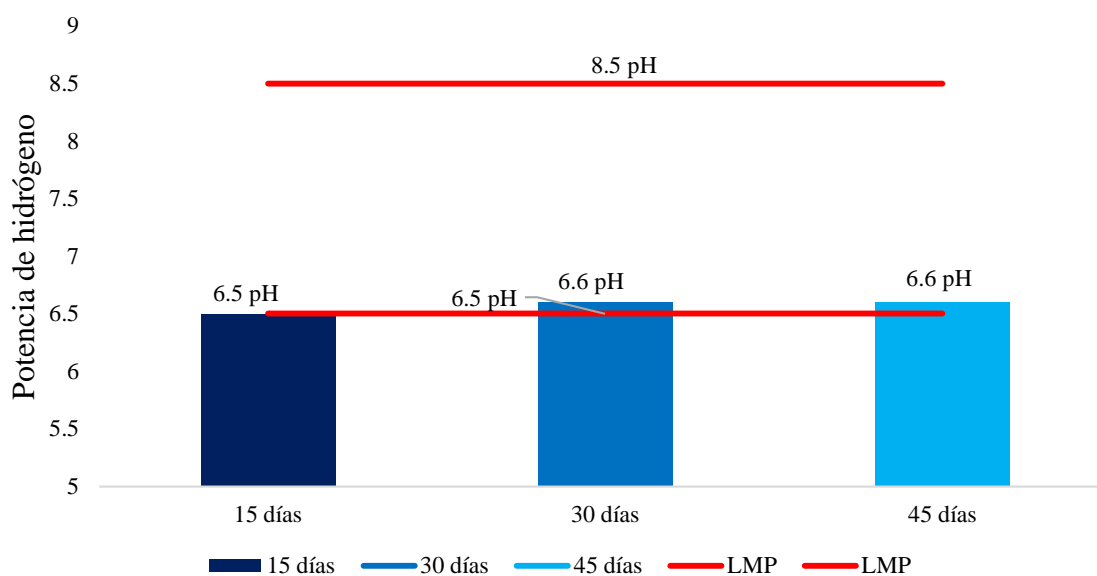


Figura 11. Diferencia de pH del agua residual filtrada a los 15, 30 y 45 días
Fuente: Elaboración propia, 2019

Mediante la Figura 11 se pudo observar que los valores de pH del agua residual filtrada oscilaron entre 6.5 en la primera muestra tomada a los 15 días y 6.6 en la segunda y tercera muestra tomada a los 30 y 45 días, por lo tanto se entiende que el filtro no ha sido sometido a grandes variaciones de pH. así mismo los valores están dentro del rango establecido para el crecimiento óptimo de los microorganismos así como también dentro de los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en el D.S. N° 003-2010-MINAM.

c. Turbidez

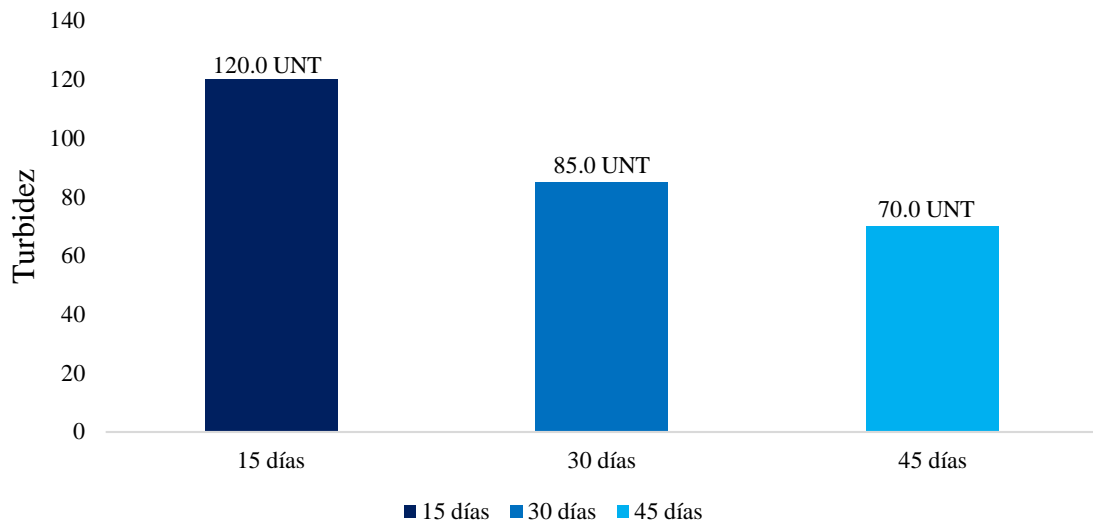


Figura 12. Diferencia de turbidez del agua residual filtrada a los 15, 30 y 45 días
Fuente: Elaboración propia, 2019

En la Figura 12 se observa que la concentración de turbidez del agua residual al pasar por el sistema de tratamiento (filtro anaerobio) disminuye a comparación de la muestra tomada como referencia (pozo séptico). Esto se puede notar en la primera muestra tomada a los 15 días donde la concentración reduce a 120 NTU, así mismo en la segunda muestra tomada a los 30 días la concentración siguió disminuyendo a 85 NTU, lo mismo paso para la tercera muestra a los 45 días con 70 NTU, la cual Indica que el sistema tiene un funcionamiento positivo con respecto a este parámetro.

d. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

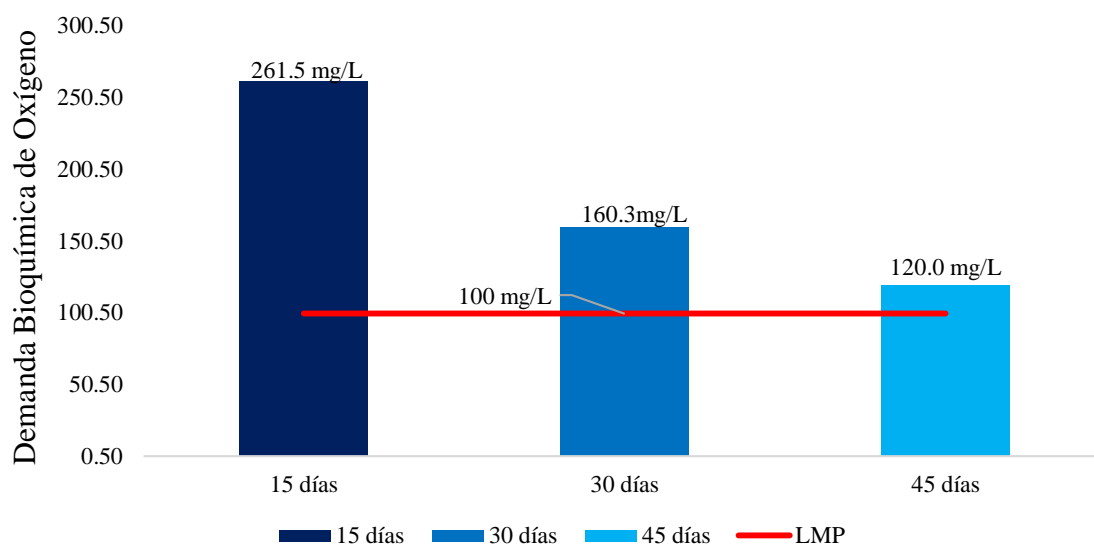


Figura 13. Diferencia de la concentración de DBO₅ del agua residual filtrada a los 15, 30 y 45 días

Fuente: Elaboración propia, 2019

En la Figura 13 se observa que la concentración DBO₅ del agua residual al pasar por el sistema de tratamiento (filtro anaerobio) disminuye a comparación de la muestra tomada como referencia (pozo séptico). Esto se puede observar en la primera muestra tomada a los 15 días la concentración de DBO₅ disminuyó a 261.5 mg/L, asimismo en la segunda y tercera muestra tomada a los 30 y 45 días la concentración se redujo a 160.3 mg/L y 120 mg/L, este comportamiento puede haber sido influenciado por el tiempo de funcionamiento del filtro. Pero aún sigue sobrepasando los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en el D.S. N° 003-2010 MINAM.

e. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

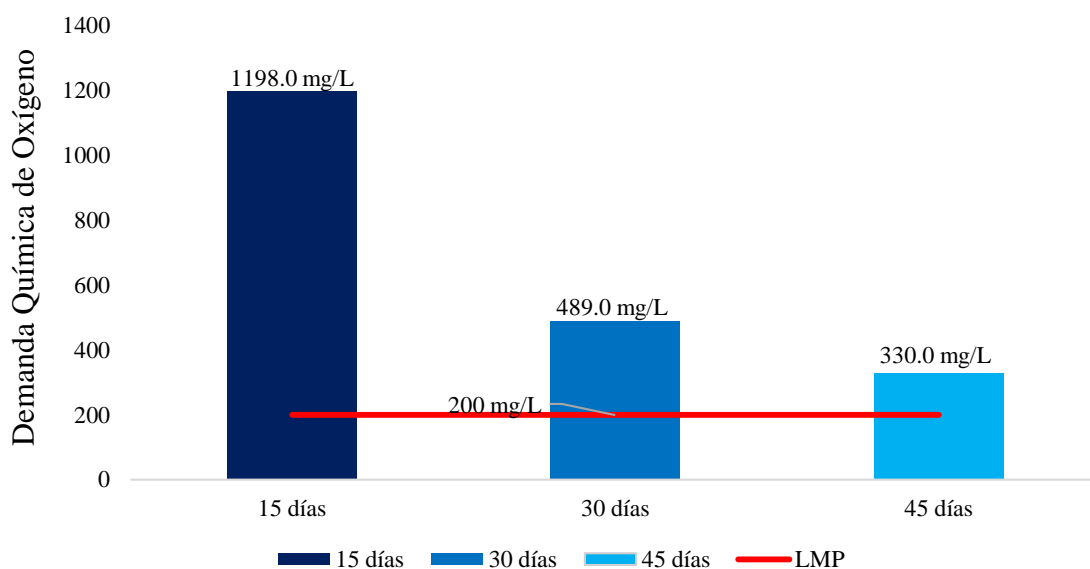


Figura 14. Diferencia de la concentración de DQO del agua residual filtrada a los 15, 30 y 45 días

Fuente: Elaboración propia, 2019

En la Figura 14 se muestra que la concentración de DQO del agua residual al pasar por sistema de tratamiento (filtro anaerobio) disminuye a comparación de la muestra tomada como referencia (pozo séptico). Esto se puede notar tanto en la primera muestra tomada a los 15 días (1198 mg/L) como en la segunda y tercera muestra tomada a los 30 días (489 mg/L) y 45 días (330 mg/L). Por lo tanto podemos decir que aunque haya una disminución considerable de la concentración de DQO aun sobrepasa los valores de los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en el D.S. N° 003-2010 MINAM.

f. Aceites y Grasas

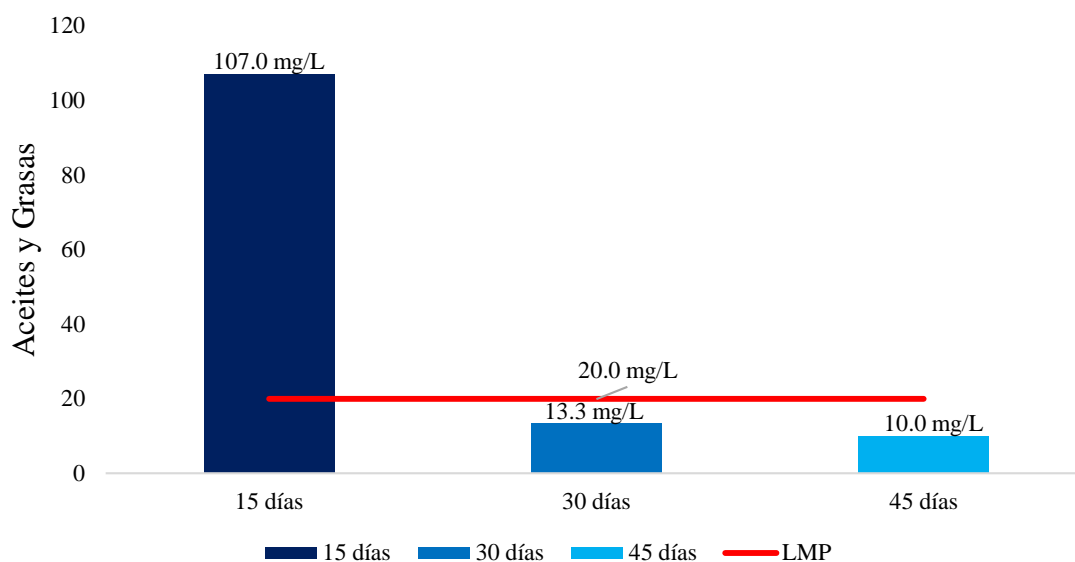


Figura 15. Diferencia de la concentración de Aceites y Grasas del agua residual filtrada a los 15, 30 y 45 días

Fuente: Elaboración propia, 2019

En la Figura 15 se observa que la concentración de aceites y grasas del agua residual al pasar por el sistema de tratamiento (filtro anaerobio) disminuye a comparación de la muestra tomada como referencia (pozo séptico). Esto se puede notar tanto en la primera muestra tomada a los 15 días donde la concentración reduce a 107 mg/L, pero aun así sobrepasaba el valor establecido en la normativa, sin embargo en la segunda y tercera muestra tomada a los 30 días (13.3 mg/L) y 45 días (10 mg/L) la concentración llegó a estar dentro del Límite Máximo Permisibles (LMP) establecido en el D.S. N° 003-2010 MINAM.

g. Sólidos Totales en Suspensión (STS)

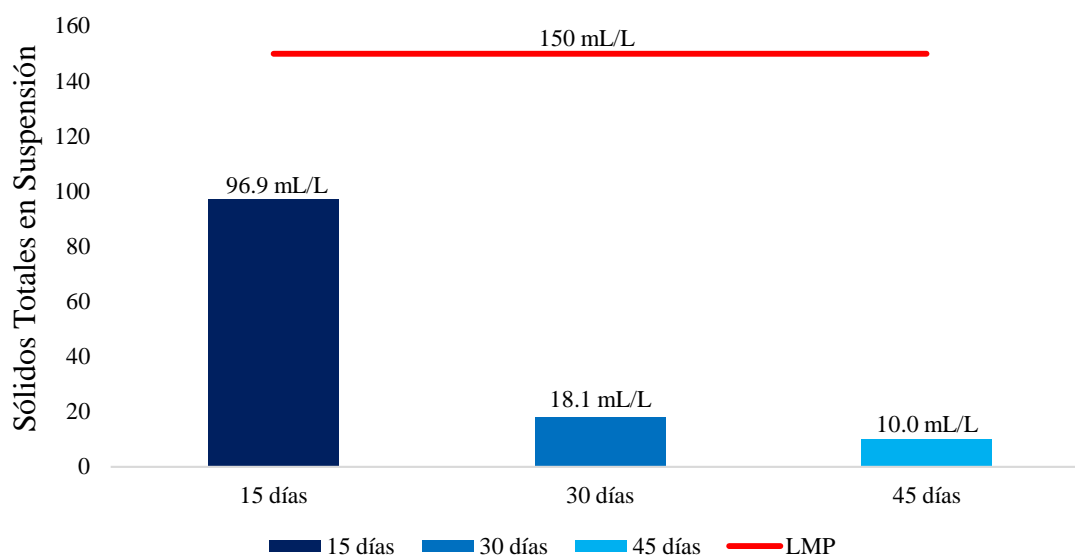


Figura 16. Diferencia de la concentración de STS del agua residual filtrada a los 15, 30 y 45 días

Fuente: Elaboración propia, 2019

En la Figura 16 se observa que la concentración de Sólidos Totales en Suspensión (STS) del agua residual al pasar por el sistema de tratamiento (filtro anaerobio) disminuye a comparación de la muestra tomada como referencia (pozo séptico). Esto se puede notar en la primera muestra tomada a los 15 días donde la concentración se redujo a 96.9 mg/L, así mismo en la segunda muestra tomada a los 30 días donde hubo una mayor disminución llegando a 18.1 mg/L y en la tercera muestra tomada a los 45 días (10 mg/L), las mismas que están por debajo del valor de la concentración máxima diaria permitida para la liberación de los sólidos suspendidos en los cuerpos de agua según el D.S. N° 003-2010 MINAM.

h. Coliformes termotolerantes

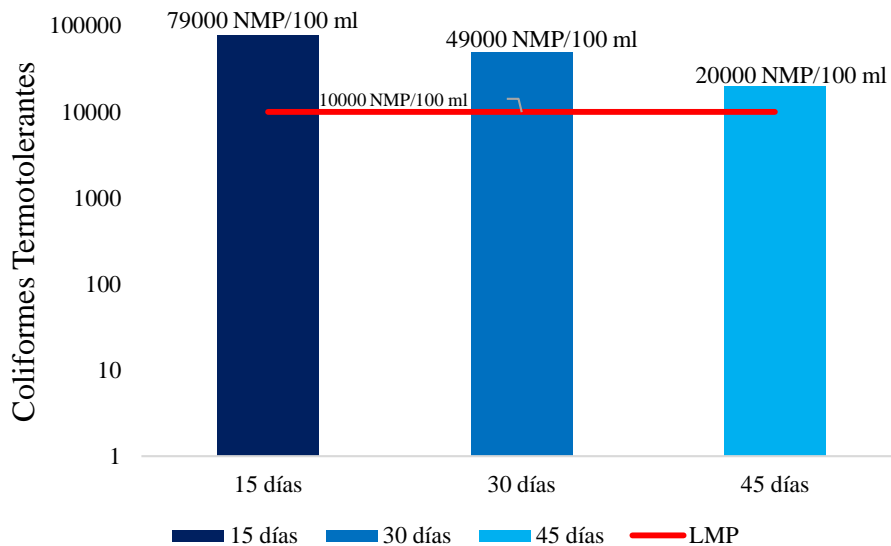


Figura 17. Diferencia de la concentración de CT del agua residual filtrada a los 15, 30 y 45 días

Fuente: Elaboración propia, 2019

En la Figura 17 se muestra que la concentración de Coliformes termotolerantes del agua residual al pasar por el sistema de tratamiento (filtro anaerobio) disminuye a comparación de la muestra tomada como referencia (pozo séptico). Esto es notorio tanto en la primera muestra tomada a los 15 días donde la concentración se redujo a 79000 NMP/100 mL, así mismo en la segunda muestra tomada a los 30 días la concentración llegó a 49000 NMP/100 mL y en la tercera muestra a los 45 días 20000 NMP/100 mL. Sin embargo aunque los valores se hayan reducido considerablemente aun sobrepasan los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el D.S. N° 003-2010 MINAM.

A continuación se muestra una Tabla resumen general de los resultados de 15, 30 y 45 días, comparando de acuerdo a los límites máximos permisibles (LMP) del D.S. N° 003-2010-MINAM:

Tabla 6.

Comparación de los resultados con la normativa

Parámetros físicoquímicos y microbiológicos	Unidad	Agua residual (Pozo séptico)	Agua filtrada (15 días)	Agua filtrada (30 días)	Agua filtrada (45 días)	LMP para vertidos a cuerpos de agua
Temperatura (T°)	°C	29.9	30.1	30.8	31.0	< 35
Potencial de hidrógeno (pH)	U	6.16	6.5	6.6	6.6	6.5-8.5
Turbidez	NTU	700	120.0	85.0	70.0	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	475.50	261.5	160.3	120.0	100
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	15113	1198.0	489.0	330.0	200
Aceites y grasas	mg/L	56354	107.0	13.3	10.0	20
Sólidos Totales en suspensión (STS)	mL/L	1198.8 0	96.9	18.1	10.0	150
Coliformes termotolerantes	NMP/ 100 mL	220x10 ³	79x10 ³	49x10 ³	20x10 ³	10,000

Fuente: Límite Máximo permisibles para vertidos a cuerpos de agua (LMP)-DS N° 003-2010 MINAM

Mediante la Tabla 6 se observa que la concentración de los parámetros en el agua residual del pozo séptico es alta y que a partir de la implementación y funcionamiento del filtro anaerobio tanto a los 15, 30 y 45 días ha ido disminuyendo progresivamente con transcurso del tiempo.

Detallando que la primera muestra tomada a los 15 días de funcionamiento del filtro, los parámetros DBO₅, DQO, aceites y grasas y Coliformes termotolerantes disminuyen, pero siguen superando el Límite Máximo Permisibles (LMP) establecido en el D.S. N° 003-2010

MINAM para vertidos a cuerpos de agua a excepción de los Sólidos Totales en Suspensión que se encuentra por debajo del Límite Máximo Permisibles para vertidos siendo lo mismo para el pH y la temperatura.

Así mismo la segunda muestra tomada a los 30 días de funcionamiento del filtro, el parámetro físico (sólidos totales en suspensión) disminuyó en gran medida y se encuentra dentro los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en la normativa a comparación de la primera muestra tomada a los 15 días. El parámetro DBO₅, DQO y Coliformes termotolerantes disminuyó considerablemente, pero siguen superando los (LMP) para vertidos a cuerpos de agua a excepción de Aceites y Grasas, STS, T° y pH que cumplen con los LMP del D.S. N° 003-2010 MINAM.

Y en la última muestra tomada a los 45 días de funcionamiento del filtro, el parámetro DBO₅, DQO y Coliformes termotolerantes disminuyó considerablemente, pero siguen superando los (LMP) para vertidos a cuerpos de agua a excepción de Aceites y Grasas, STS, T° y pH que cumplen con los LMP del D.S. N° 003-2010 MINAM.

4.1.3. Eficiencia del filtro

a. Turbidez

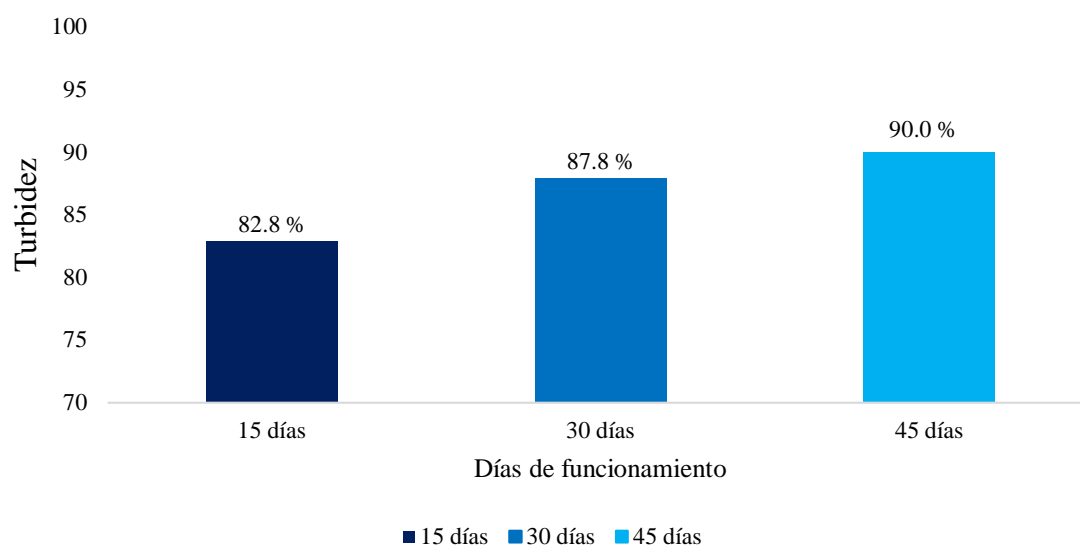


Figura 18. Eficiencia del filtro para la remoción de la turbidez

Fuente: Elaboración propia, 2019

El análisis realizado al agua residual filtrada permitió verificar que la turbidez fue reduciendo desde el primer análisis. Además se observó que la eficiencia de remoción de la turbidez en el filtro se dio a los 45 días con un porcentaje de 90 % que equivale a una turbidez de 70 NTU, demostrando así que el funcionamiento del filtro fue mejorando en el transcurso del tiempo.

b. Demanda Bioquímica de Oxígeno

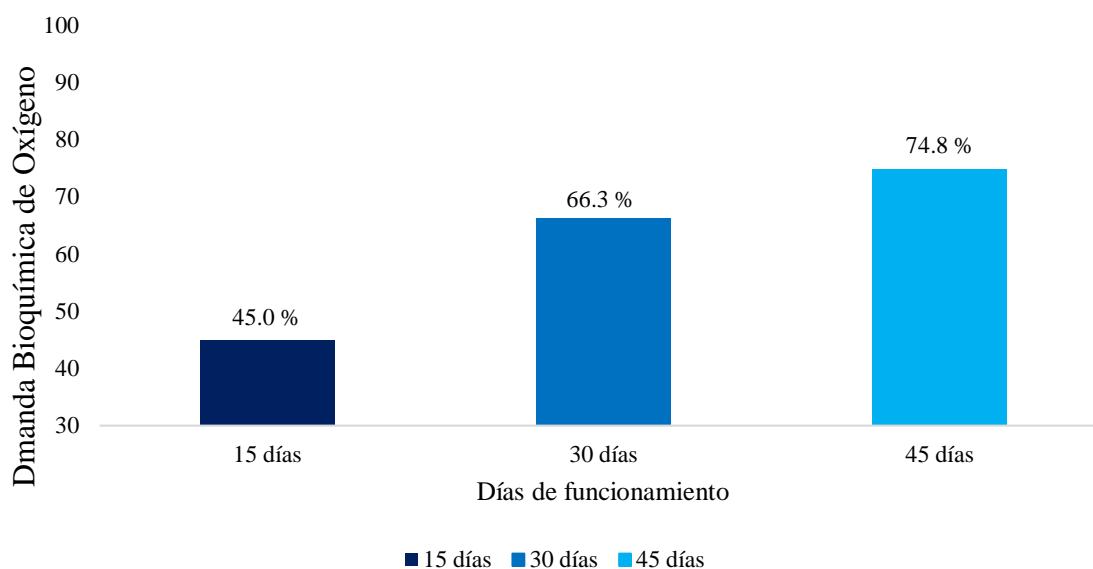


Figura 19. Eficiencia del filtro para la remoción de DBO₅

Fuente: Elaboración propia, 2019

En el análisis realizado al agua residual filtrada a los 15, 30 y 45 días se observó que la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) fue disminuyendo considerablemente y que la mayor eficiencia del filtro se dio a los 45 días con un 74.8 % de remoción que equivale a una DBO₅ de 120 mg/L. La misma que indica que mientras más sea el tiempo de funcionamiento del filtro mayor será el porcentaje de eficiencia.

c. Demanda Química de Oxígeno

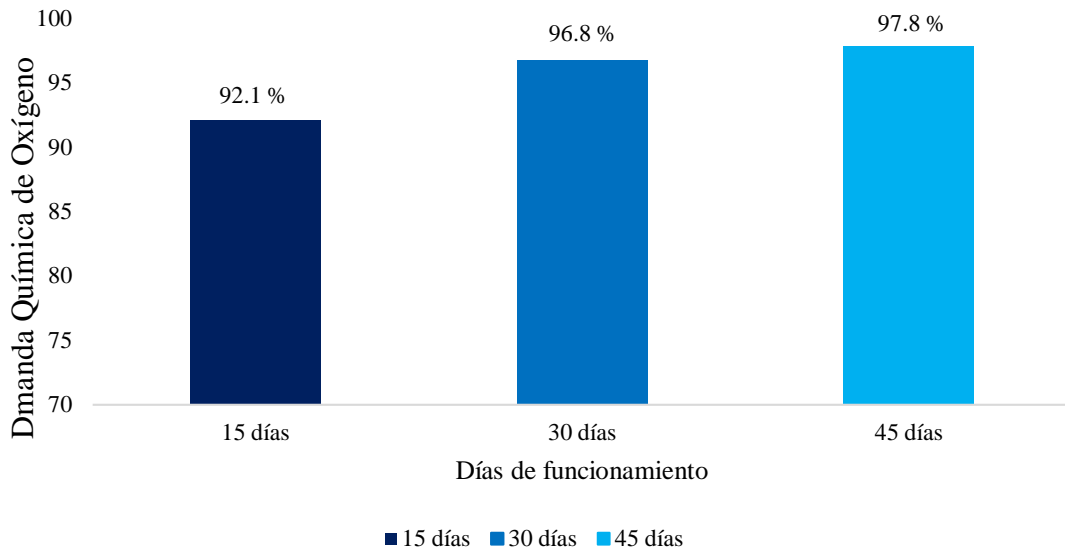


Figura 20. Eficiencia del filtro para la remoción de DQO

Fuente: Elaboración propia, 2019

En el análisis realizado al agua residual filtrada se observó que a los 45 días se presentó la mayor eficiencia del filtro con un 97.8 % el cual equivale a una DQO de 330 mg/L. Observando así que el funcionamiento del filtro fue mejorando en el transcurso de tiempo.

d. Aceites y Grasas

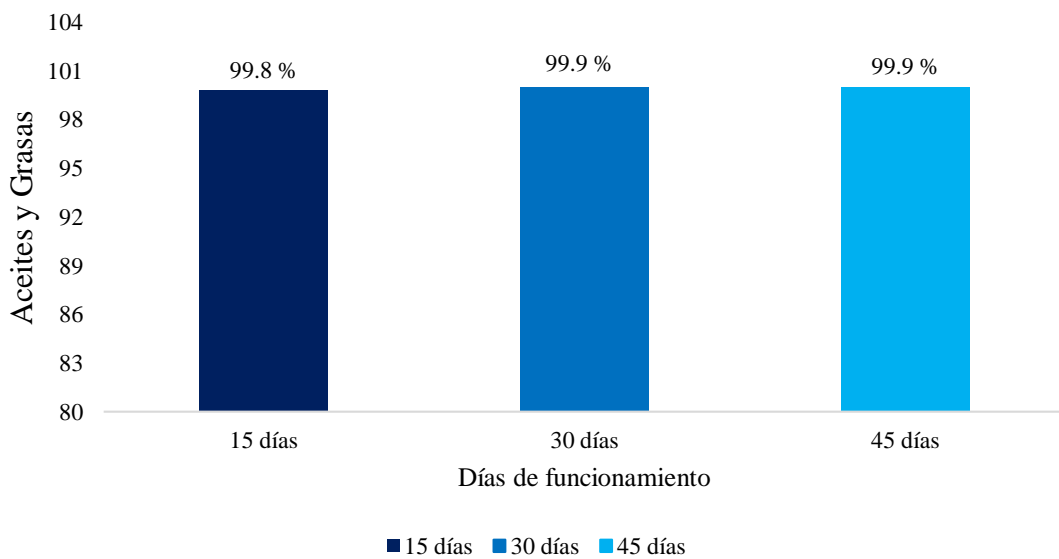


Figura 21. Eficiencia del filtro para la remoción de los Aceites y Grasas

Fuente: Elaboración propia, 2019

Se pudo observar que en el transcurso del tiempo la eficiencia del filtro fue aumentando, siendo que en el en el día 45 el filtro tuvo una mayor eficiencia con 99.9 % de remoción el cual equivale a 10 mg/L de aceites y grasas.

e. Sólidos Totales en Suspensión

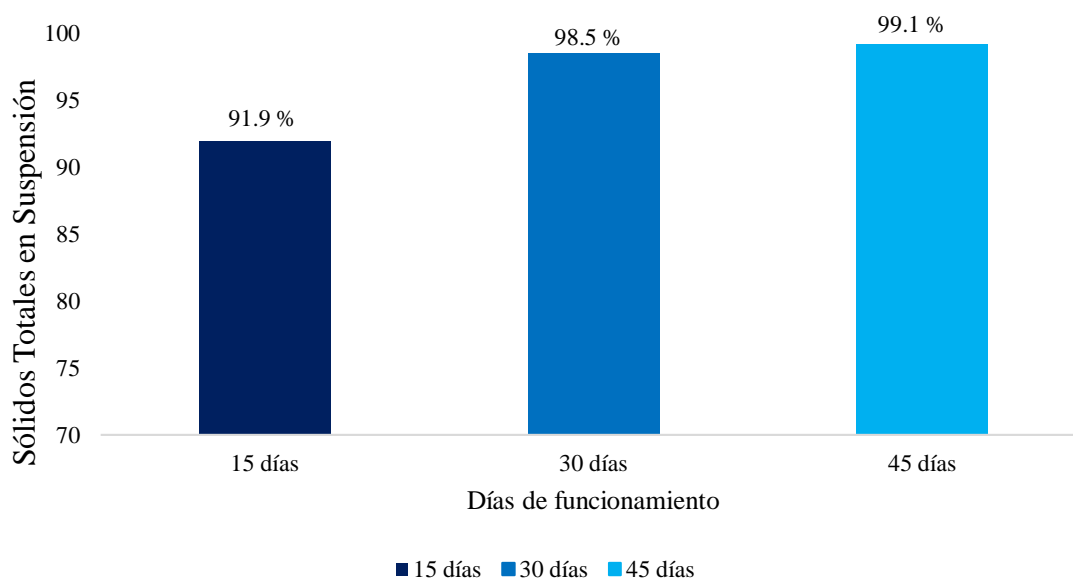


Figura 22. Eficiencia del filtro para la remoción de STS

Fuente: Elaboración propia, 2019

Mediante el análisis realizado se pudo verificar que los Sólidos Totales en Suspensión (STS) fueron disminuyendo notoriamente y que a los 45 días de funcionamiento del filtro presento una mejor eficiencia con 99.1 % de remoción que equivale a 10 mL/L. Permitiendo que este parámetro cumpla con el LMP establecido en el D.S. N° 003-2010 MINAM.

f. Coliformes termotolerantes

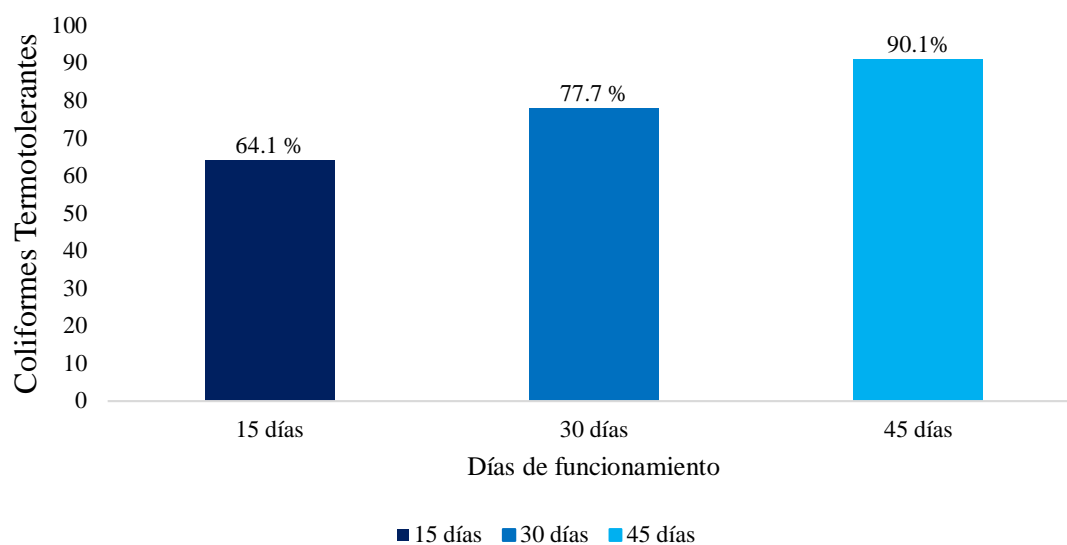


Figura 23. Eficiencia del filtro para la remoción de CT
Fuente: Elaboración propia, 2019

Se puede notar que los Coliformes Termotolerantes desde el inicio del funcionamiento del filtro ha ido disminuyendo los valores de concentración y a medida que transcurre el tiempo obtuvo una mayor eficiencia, así que a los a los 45 días de funcionamiento dio como resultado una remoción de 90.9% que equivale a 20000 NMP/100 mL.

4.1.3.1. Resumen de la eficiencia del filtro anaerobio

A continuación se muestra una Tabla general de la eficiencia del filtro anaerobio, respecto a los parámetros analizados.

Tabla 7.

Promedio de eficiencia del filtro Anaerobio

Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	Unidad	% Eficiencia (15 días)	% Eficiencia (30 días)	% Eficiencia (45 días)	% Promedio de eficiencia
Turbidez	NTU	82.8	87.8	90.0	86.8
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	45.0	66.3	74.8	62.0
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	92.1	96.8	97.8	95.5
Aceites y grasas	mg/L	99.8	99.9	99.9	99.8
Sólidos Totales en suspensión (STS)	mL/L	91.9	98.5	99.1	96.5
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	64.1	77.7	90.9	77.5
Eficiencia Promedio total del filtro Anaerobio					86.3

Fuente: Elaboración propia, 2019

En la Tabla 7 se muestra la eficiencia del filtro con respecto a los parámetros analizados a los 15, 30 y 45 días de funcionamiento, indicando que la mayor eficiencia del filtro se dio a los 45 días. Los resultados encontrados indicaron la gran retención de estos parámetros presentes en el agua residual cruda (pozo séptico), por el filtro anaeróbico con relleno de cáscara de coco, que demuestra que el relleno tiene propiedades de filtración.

Así mismo se tiene la eficiencia promedio total de todos los parámetros que fue de 86.3 %, indicando que la eficiencia del filtro anaerobio es buena, solo que hay que tener en cuenta un mayor Tiempo de funcionamiento del filtro para mejores resultados.

4.2. Discusión

- La implementación del filtro anaerobio con medio filtrante de cáscara de coco (*cocos nucifera*) para el tratamiento de aguas residuales fue construido en un tanque cilíndrico de policlorato de vinilo (PVC) con un volumen total de 200 L, diámetro interno de 0.573 m y una altura total de 1.20 m. A diferencia de la investigación de Tonetti (2008) donde su filtro anaerobio fue construido en un recipiente cilíndrico de acero inoxidable, con un volumen total de 500 L, diámetro interno de 0.75 m, altura de 1.68 m, las dimensiones del filtro de este autor tiene similitud con el filtro que hemos ejecutado. Así mismo Araujo (2015) trabajo en un material de concreto en forma cilíndrica, con un volumen total de 1570 L, diámetro 1.38 m, y una altura 2.42 m. Mattos (2009) utilizo como material acero inoxidable con forma cilíndrica, con volumen total de 500 L, el diámetro interno era de 0.75 m y la altura total de 1.68 m. Comparando con los modelos diseñados por estos autores mencionados el filtro anaerobio también resultó favorable reduciendo los parámetros evaluados y además los materiales fueron económicos y fáciles de conseguir no requiriendo mano de obra especializada para construcción y operación, los mismos que son adaptables a las condiciones económicas y estructurales de una región.
- Los parámetros evaluados al agua residual filtrada a los 45 días de funcionamiento tuvieron una alto porcentaje de remoción de Turbidez (90%), DBO₅ (74.8%), DQO (97.8%), Aceites y Grasas (99.9%), STS (99.1%), y CT (90.9%), contrastados con otras investigaciones como Araujo (2015) donde el filtro anaerobio solo removió un 50% y un 71% de (DBO₅) y (DQO total), de hasta un 87% de (SST) y el 80% de la turbidez, siendo que este sistema fue monitoreado por un periodo de tiempo más largo (15 meses), pero aun así no logró un alto porcentaje de remoción. A diferencia

de otros sistema de tratamiento este tiene mayores porcentajes de remoción respecto a los parámetros analizados, tal es el caso de Correa, Andre, & Mizete (2010) en su investigación tratamiento de aguas residuales domésticas por filtro anaerobio con relleno de bambú el cual obtuvo el 82,37% de remoción de turbidez, este sistema fue evaluado por 3 meses. CEPIS, (2005) presenta otras sistemas de tratamiento como tanque imhoff que elimina solo el 40 al 50% de sólidos suspendidos y reduce la DBO₅ de 25 a 35% debido a esta baja remoción requiere de un sistema complementario. Según Romero (2000) las lagunas de estabilización remueven solo un 75-80% del DBO₅. Nina (2015) en su investigación de evaluación de un biodigestor de polietileno rotoplast en el tratamiento de aguas residuales domésticas menciona que la eficiencia de tratamiento de este sistema fue: DBO₅ 71%, DQO 69%, STS 76%, Coliformes Totales 64%, Coliformes Fecales 87%, Coliformes Termotolerantes 39%. por lo tanto el sistema de tratamiento implementado ha dado buenos resultados demostrando así que es eficiente y que tiene un alto porcentaje de remoción a comparación de otros tratamientos.

- **Parámetros Químicos**

Los valores de concentración de DBO₅ sobrepasan los indicadores establecidos por los Límites Máximos Permisibles (LMP) del D.S. N° 003-2010 MINAM, según Baettker (2015) esto se debe al tiempo de funcionamiento del filtro anaerobio (45 días), debido que el coco tiene que adaptarse y adquirir microorganismos que ayude a disminuir estos parámetros, pero de acuerdo a Aragão (2013) los valores de DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno) y de DQO (Demanda Química de Oxígeno) del desagüe doméstico indican el riesgo de depleción de oxígeno en el agua debido a la degradación de la materia orgánica, y si el agua residual tiene un elevado DQO esto

es mayormente debido a los productos químicos utilizados como productos de limpieza y detergentes.

El resultado de aceites y grasas solamente sobrepaso en el agua residual filtrada I (15 días de evaluación) los Límites Máximos permisibles de D.S. N°003-2010 MINAM, según Aragão (2013) la carga de los aceites y grasas son por los efluentes de cocina ya que posee, además de los lípidos (aceites y grasas), te, café, almidón soluble, glucosa, entre otros, así mismo el lugar de estudio es un centro turístico donde elaboran comida típicas de la región, es por ello que hubo un alto índice de aceites y grasas.

- **Parámetro Microbiológico**

Los resultados de los análisis de los Coliformes Termotolerantes no cumplieron con los límites máximos permisibles del D. S. N° 003-2010-MINAM, de acuerdo a Almeida & Almeida (2005) las bacterias Coliformes son típicas del intestino del hombre y de otros animales de sangre caliente (mamíferos en general), y justamente por estar siempre presentes en el excremento humano (100 a 400 mil millones de Coliformes por habitante al día) y ser de simple determinación, se adoptan como referencia para indicar y medir la magnitud de la contaminación; entonces el alto índice de este parámetro es debido a que el recreo turístico cuenta con discotecas y como es una zona de esparcimiento llegan muchas personas diariamente. En los resultado de Araujo (2015) los Coliformes termotolerantes fueron $1,8 \times 10^5 \pm 2,2 \times 10^5$ su tiempo de evaluación fueron de siete meses con el medio filtrante de cáscara de coco y los resultados fueron similares a este proyecto.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El diseño del filtro anaerobio fue teniendo en cuenta la ABNT, donde varios autores se basaron a ello, así mismo la implementación del filtro anaerobio a base de cáscara de coco como medio filtrante para aguas residuales resulto altamente favorable por disminuir los valores de los parámetros evaluados.
- Comparando los resultados con la normativa el filtro anaerobio fue capaz de reducir la concentración de contaminantes de todos los parámetros analizados, pero no todos lograron estar dentro de los valores establecidos en el D.S. N° 003-2010-MINAM, estos son DBO₅ (120 mg/L), DQO (330 mg/L) y Coliformes termotolerantes (20000 NMP/100 mL) siendo que su eficiencia puede ser aceptable, pero los valores no son adecuados para ser vertidos en los cuerpos de agua.
- De acuerdo al porcentaje de remoción descrita en la Tabla 7 a los 45 días de funcionamiento el filtro anaerobio alcanzó su mayor rendimiento adquiriendo resultados con una disminución de turbidez (90 %), DBO₅ (74.8 %), DQO (97.8 %), Aceites y Grasas (99.9%), Sólidos Totales en Suspensión (99.1%) y Coliformes termotolerantes (90.9 %); por lo tanto se observó que mientras mayor sea los días funcionamiento mayor será la eficiencia del filtro la cual permitirá mejorar las características del agua residual.

5.2. Recomendaciones

- Realizar estudios con más días de funcionamiento del filtro anaerobio a base de cáscara de coco para poder ver la máxima eficiencia del filtro y de esta manera también poder saber el tiempo de vida útil.
- Se recomienda utilizar otra alternativa de tratamiento como un sistema de desinfección simple por goteo (Ver Anexo 26), para desinfectar y eliminar los Coliformes termotolerantes que no pudieron ser removidos en esta investigación, de esta manera reforzar al filtro anaerobio con relleno de cáscara de coco, así mismo mejorar las características del agua residual.
- Hacer evaluaciones con diferentes tipos de aguas residuales, y de esta manera se puede ver el comportamiento del filtro anaerobio con relleno de cáscara de coco frente a los parámetros que serán evaluados del agua residual a tratar.
- Se recomienda realizar ensayos con diferentes tiempos de retención hidráulica y por ende percibir si los resultados de los parámetros disminuyeron al trabajar con distintos tiempos, de este modo puedan recomendar cual es el TRH óptimo de remoción.

Referencias

- Araujo, B. G. L. (2015). *Tratamento de esgoto de pequena comunidade utilizando tanque séptico, filtro anaeróbio e filtro de areia*. Universidade Estadual de Campinas. Retrieved from http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258423/1/Gomes_BiancaGraziellaLentoAraujo_M.pdf
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. Tanques sépticos-Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos-Projeto, construção e operação (1997). Brasil. Retrieved from http://acwasana.com.br/legislacao/nbr_13969.pdf
- Autoridad Nacional del Agua. Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales, Pub. L. No. N° 010-2016-ANA, 92 (2016). Lima, Perú: Resolución Jefatural. Retrieved from <http://www.ana.gob.pe/publicaciones/protocolo-nacional-para-el-monitoreo-de-la-calidad-de-los-recursos-hidricos-0>
- Backes, F. J. (2016). *Avaliação da eficiência de um sistema fossa séptica e filtro anaeróbio em escala piloto para o tratamento de efluente sanitário com a adição de papel higiênico como fonte de matéria orgânica*. Lajeado. Retrieved from <https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/1400/1/2016FranciscoJoseBackes.pdf>
- Cai, L., Ju, F., & Zhang, T. (2014). Tracking human sewage microbiome in a municipal wastewater treatment plant. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 98(7), 3317–3326. <https://doi.org/10.1007/s00253-013-5402-z>
- Casas, J. M., Gea, F., Javaloyes, E., Martín, A., Pérez, J. Á., Triguero, I., & Vives, F. (2007). Educación medioambiental. (J. M. Casas, F. Gea, E. Javaloyes, A. Martín, J. Á. Pérez, I. Triguero, & F. Vives, Eds.) (Editorial). San Vicente (Alicante), España: Club Universitario. Retrieved from

<https://books.google.com.pe/books?id=JDhoUfDmsvEC&pg=PA71&lpg=PA71&dq=La+contaminación+del+agua+consiste+en+la+alteración+de+las+propiedades+químicas&source=bl&ots=1XvcTUBZrb&sig=Kg0efUUjIK91jDVlnLAZ2aDWYwU&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi28YbFn5DcAhXRtlkKHVwL>

CEPIS. (2005a). *Especificaciones técnicas para la construcción de tanque séptico, tanque imhoff y la laguna de estabilización*. Lima. Retrieved from

<http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/sanea/164esp-constr-TI.pdf>

Correa, R., Andre, L., & Mizete, C. (2010). Tratamiento de esgoto doméstico por filtro anaeróbico com recheio de bambu, *20*, 5–19. Retrieved from

<https://periodicos.furg.br/vetor/article/viewFile/825/1371>

Cun, H. U. (2016). *Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales, Tanque séptico-filtro anerobio de flujo ascendente*. Universidad de Guayaquil. Retrieved from

[http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/15723/1/EVALUACION DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/15723/1/EVALUACION%20DE%20SISTEMAS%20DE%20TRATAMIENTO%20DE%20AGUAS%20RESIDUALES.pdf)

Domingues, L. M. (2005). *Sistema Combinado Filtro Anaeróbico - Biofiltro Aerado*

Submerso: Avaliação da Partida e da Nitrificação de Esgoto Sanitário. Universidade Estadual de Campinas. Retrieved from

http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258167/1/Domingues_LigiaMaria_M.pdf

Feyisetan, K., & Awele, J. (2015). A Review of Biochemical Process of Anaerobic Digestion. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, *6*, 205–212.

<https://doi.org/10.4236/abb.2015.63020>

Gallo, R. (2000). Diccionario de la ciencia y la tecnología (p. 196). Universidad de Guadalajara. Retrieved from

<http://www.jmcprl.net/PUBLICACIONES/F25/DICCIENCIAyTEC.pdf>

- Gomes, C. J., & Sandri, D. (2013). Eficiência do tratamento de esgoto com tanques sépticos seguidos de leitos cultivados com diferentes meios de suporte Efficiency of sewage treatment with septic tanks followed by constructed wetlands with different support materials. *Revista Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science: V, 8(1), 172–185.* <https://doi.org/10.4136/1980-993X>
- Guamán, V. A., & Molina, M. A. (2015). *Evaluación de las plantas de depuración de agua residual de las comunidades de Macas y San Pedro, Cantón Cuenca, Azuay.* Universidad de Cuenca. Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21662/1/TESIS.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación.* (S. A. D. C. . McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, Ed.) (Sexta Edic). México. Retrieved from <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Larios, F. J., González, C., & Morales, Y. (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. *Revista de La Facultad de Ingeniería de La USIL, 2(2), 09-25.* Retrieved from <http://www.usil.edu.pe/sites/default/files/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf>
- Lopez, R. A., & Herrera, K. L. (2015). *Planta de tratamiento de aguas residuales para reuso en riego de parques y jardines en el distrito de la Esperanza, Provincia Trujillo, La Libertad.* Universidad Privada Antenor Orrego. Retrieved from http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/1981/1/RE_ING.CIVIL_RODRIGO.LOPEZ_KATHLEEN.HERRERA_TRATAMIENTO.DE.AGUAS.PARQUESYJARDINES_DATOS_T046_46844931TRE.PDF
- Lucho, C. A., Medina, S. A., Beltrán, R. I., & Juárez, B. (2015). Diseño de fosas sépticas

- rectangulares mediante el uso de la herramienta FOSEP. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 14(3), 757–765. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmiq/v14n3/v14n3a18.pdf>
- Mattos, L. (2009). *Tratamento de esgoto sanitário em reator anaeróbico preenchido por casca de coco verde (cocos nucifera) combinado com filtro de areia*. Universidade Estadual de Campinas. Retrieved from http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258677/1/Cruz_LuanaMattosdeOliveira_M.pdf
- Metcalf & Eddy, I. (1995). *Ingeniería de Aguas Residuales*. (MC Graw Hill, Ed.), McGraw-Hill (Tercera Ed). España. <https://doi.org/10.1036/0070418780>
- Ministerio de vivienda Construcción y Saneamiento. (2013). *Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales*. Retrieved from <http://www.vivienda.gob.pe/direcciones/Documentos/anexo-rm-273-2013-vivienda.pdf>
- Mitchell, S. M., Kennedy, N., Ma, J., Yorgey, G., Kruger, C., Ullman, J. L., & Frear, C. (2015). *Anaerobic digestion effluents and processes: The basics*. Washington. Retrieved from <http://cru.cahe.wsu.edu/CEPublications/FS171E/FS171E.pdf>
- Nina, R. S. (2015). *Evaluación de biodigestores de polietileno rotoplast en el tratamiento de aguas residuales domésticas y propuesta de diseño de biofiltro en la comunidad de Oquebamba-Espinar*. Universidad Nacional del Antiplano-Puno. Retrieved from <http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2032/RUBEN SANTOS NINA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Oliveira, R. (2005). *Avaliação Do Desempenho De Sistemas Tanque Séptico-Filtro Anaeróbico Com Diferentes Tipos De Meio Suporte*. Universidade Federal do Rio de

- Janeiro. Retrieved from <http://www.saneamento.poli.ufrj.br/images/Documento/teses/RenataOliveiradeAvila.pdf>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). *Fiscalización ambiental en aguas residuales*. Retrieved from https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- Picado, S. (2016). *Evaluación físico-química, biológica e hidrodinámica del funcionamiento de sistemas de tratamiento prefabricados para el tratamiento de aguas residuales domiciliarias*. Tecnológico de Costa Rica. Retrieved from [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9226/%282016%29 TFG_Sofia Picado Valverde.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9226/%282016%29%20TFG_Sofia%20Picado%20Valverde.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Romero, J. A. (2000). *Tratamiento de aguas residuales por lagunas de estabilización* (3ra). Colombia: Alfaomega. Retrieved from <https://www.casadellibro.com/libro-tratamiento-de-aguas-residuales-por-lagunas-de-estabilizacion/9789701504031/679594>
- Roque, O. C., & Mello, H. A. (2018). Eficiência dos Filtros Anaeróbios tipo cynamon no tratamento de esgotos. In *xx Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental* (pp. 1–11). Brasil. Retrieved from <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/brasil20/i-126.pdf>
- Sánchez, J. A. (2017). *Análisis de la cama de turba como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la lavadora y lubricadora de autos “Lavauto” ubicada en la ciudad de Latacunga provincia de Cotopaxi*. Universidad Tecnica de Ambato. Retrieved from [http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27237/1/Tesis 1220 - Sánchez Ruales José Andrés.pdf](http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27237/1/Tesis%201220%20-%20S%C3%A1nchez%20Ruales%20Jos%C3%A9%20Andr%C3%A9s.pdf)
- Schoemaker, A. (2017). GLOSARIO AMBIENTAL (Primera Ed, pp. 1–44). Retrieved from http://democraciaglobal.org/wp-content/uploads/tomo-1_optimize.pdf

Sustainable Sanitation and Water Management. (2014). *Anaerobic filter*. www.iwanetwork.org/wp.../Compendium-Sanitation-Systems-and-Technologies.pdf

Tonetti, A. L. (2008). *Tratamento de esgotos pelo sistema combinado filtro anaeróbico e filtros de areia*. Universidade Estadual de Campinas. Retrieved from http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258242/1/Tonetti_AdrianoLuiz_D.pdf

Trujillo, G. P., & Guerrero, A. M. (2015). Caracterización físico-química y bacteriológica del agua marina en la zona litoral costera de Huanchaco y Huanchaquito , Trujillo , Perú. *Revista Científica de La Facultad de Ciencias Biológicas*, 35(1), 23–33. Retrieved from <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/faccbiol/article/view/872/801>

United States Environmental Protection Agency. (2017). *Basic Information about Anaerobic Digestion (AD)*. Retrieved from <http://cru.cahe.wsu.edu/CEPublications/FS171E/FS171E.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Ubicación del pozo séptico para la extracción del agua residual.



Fuente: Elaboración propia, 2019

Anexo 2. Envase para el almacenamiento del agua residual del Pozo séptico.



Fuente: Elaboración propia, 2019

Anexo 3. Limpieza, lavado y secado de los cocos.



Fuente: Elaboración propia, 2019

Anexo 4. Cocos frescos



Fuente: Elaboración propia, 2019

Anexo 5. Filtro anaerobio con su soporte de bambú.



Fuente: Elaboración propia, 2019

Anexo 6. Llenado de las cáscara de coco al filtro anaerobio.



Fuente: Elaboración propia, 2019

Anexo 7. Finalización de la elaboración del filtro anaerobio.



Fuente: Elaboración propia, 2019

Anexo 8. Toma de la muestra de agua residual del pozo séptico.



Fuente: Elaboración propia, 2019

Anexo 9. Medición pH y Temperatura del agua.



Fuente: Elaboración propia, 2019

Anexo 10. Toma de la muestra de agua residual del filtro anaerobio.



Fuente: Elaboración propia, 2019

Anexo 11. Preservación de las muestras.



Fuente: Propia 2019.

Anexo 12. Etiquetado y rotulado de las muestras.



Fuente: Elaboración propia, 2019

Anexo 13. Registro de cadena de custodia

Nombre de la PTAR:													
Muestra No.	Afluente	Efluente	Fecha	Hora toma de muestra	Tipo de frasco	Volumen	Reactivos preservación	Parámetro a ser medido					
								AyG	DBO ₅	DQO	SST	CTT	
Hora de entrega al medio de transporte													
Responsable de la PTAR				Operador del muestreo			Custodio de la muestra			Recepción en laboratorio			
Nombre y apellidos	Institución	Firma	Nombre y apellidos	Institución	Firma	Nombre y apellidos	Institución	Firma	Nombre y apellidos	Institución	Firma	Hora	Fecha

Fuente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento 2013

Anexo 14. Requisitos para toma de muestra de agua residual y preservación de las muestras para el monitoreo

Determinación/Parámetro	Recipiente	Volumen mínimo de muestra	Preservación y concentración	Tiempo máximo de duración
Fisicoquímico				
Temperatura	P,V	1000 mL	No es posible	15 min
pH		50 mL	No es posible	15 min
DBO ₅	P,V	1000 mL	Refrigerar a 4°C	48 horas
DQO	P,V	100 mL	Analizar lo más pronto posible, o agregar H ₂ SO ₄ hasta pH<2; refrigerar a 4°C	28 días
Aceites y grasas	V, ámbar boca ancha calibrado	1000 mL	Analizar lo más pronto posible, o agregar H ₂ SO ₄ ,pH<2, refrigerar a 4°C	28 días
Sólidos suspendidos Totales (SST)	P,V	100 mL	Refrigerar a 4°C	7 días
Microbiológico				
Coliformes termotolerantes (NMP)	V, esterilizado	250 mL	Refrigerar a 4°C o Agregar tiosulfato en plantas con cloración	6 horas

Fuente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento 2013

Leyenda:

P = frasco de plástico o equivalente;

V = frasco de vidrio

Anexo 15. Etiqueta para muestra de agua residual

Nombre de la PTAR:						
Denominación del punto de monitoreo (afluente o efluente):						
No. de muestra(orden de toma de muestra)						
Fecha y hora						
Ensayo físico químico	DBO ₅		DQO		AyG	SST
Ensayo microbiológico	CT					
Otros parámetros						
Otros parámetros						
Preservación						
Operador del muestreo						

Fuente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento 2013

Anexo 16. Carta de presentación por parte de la Universidad Peruana Unión para petición de Autorización para la ejecución de la Investigación.



Una Institución Adventista

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Morales, 06 de diciembre de 2018

CARTA N° 067-2018/FIA-EP.IA

**Señora
Barbara Lucila Valles Ríos
Gerente General
Presente.-**

De mi especial Consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a Usted para hacerle llegar un cálido saludo de parte del personal docente y administrativo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión Filial Tarapoto, acompañado del deseo de abundantes éxitos en la tarea que desempeña.

A través de este documento presento a las estudiantes **Velayarce Cuipal, Juana Jhannet** identificada con código de matrícula N° 201322620 y **Retete Pinchi, Roxana** identificada con código de matrícula N° 201322612, egresadas de la Escuela Profesional Ingeniería Ambiental. El motivo principal es realizar su proyecto de Tesis titulado “Eficiencia de un filtro anaerobio para el tratamiento de aguas residuales del recreo turístico “Baby Park”, Juanjuí” en su prestigiosa institución.

Sin otro en particular, me despido de usted.

Cordialmente,

Barbara Lucila Valles Ríos
9.09.12.18



Mg. Delbert Eleasil Condori Moreno
Coordinador
E.P. Ingeniería Ambiental

Anexo 17. Carta de Autorización para ejecución de la Investigación

Juanjui, 06 de Diciembre del 2018

CARTA N° 0001 -2018- BLVR

Señor:

Ing. DELBERT ELEASIL CONDORI MORENO

Director de la E.P. Ingeniería Ambiental de la Universidad Peruana Unión.

Presente.-

**Asunto : Aceptación para la ejecución del proyecto de Tesis Titulado
"Eficiencia de un filtro anaerobio para el tratamiento de aguas residuales del
recreo turístico "Baby Park", Juanjui"**

Referencia : Carta N° 067-2018/FIA-EP.IA

Grato es dirigirme a usted saludándole cordialmente, al mismo tiempo hacer de su conocimiento que en atención al documento de la referencia presentada por las egresadas **ROXANA RETETE PINCHI** y **JUANA JHANNET VELAYARCE CUIPAL** para realizar la ejecución del proyecto de tesis, ha sido aceptada, por el periodo de tiempo requerido.

Esperando la atención inmediata a la presente, me suscribo de Usted.

Atentamente;



Barbara Lucija Valles Ríos
00980088

Anexo 18. Informe de ensayo del agua residual del pozo séptico realizado en el Laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C



SAG

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047



Registro N° LE - 047

**INFORME DE ENSAYO N° 132360 - 2019
CON VALOR OFICIAL**

RAZÓN SOCIAL : RECREO TURÍSTICO BABY PARK
DOMICILIO LEGAL : JR. HUALLAGA - BARRIO CHAMBIRA
SOLICITADO POR : RETETE PINCHI ROXANA
REFERENCIA : BABY PARK - FILTRO ANAEROBIO PARA AGUAS RESIDUALES
PROCEDENCIA : POZO SÉPTICO
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 2019-04-18
FECHA(S) DE ANÁLISIS : 2019-04-18 AL 2019-04-26
FECHA(S) DE MUESTREO : 2019-04-18
MUESTREADO POR : VELAYARCE CUPAL JUANA JHANNET
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIÓ.

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C	Unidades
Aceites y grasas (HEM)	EPA-821-R-10-001 Method 1664 Rev. B. N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry. 2010	0.5 ^(b)	mg/L
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.	2.00 ^(b)	mg/L
Demanda Química de oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method.	10.0	O ₂ mg/L
Sólidos suspendidos totales (TSS)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C.	3.00	mg/L
Turbiedad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23rd Ed. 2017. Turbidity. Nephelometric Method.	0.40	NTU
Numeración de Coliformes Fecales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed. 2017. Multiple Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.	1.8 ^(a)	NMP/100mL

L.C.: límite de cuantificación.
 (a) Límite de detección del método para estas metodologías por ser semicuantitativas.
 (b) Expresado como límite de detección del método.

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Agua Residual	
Matriz analizada	Agua Residual	
Fecha de muestreo	2019-04-18	
Hora de inicio de muestreo (h)	08:00	
Condiciones de la muestra	Refrigerada/ Preservada	
Código del Cliente	Pozo Séptico	
Código del Laboratorio	19041457	
Ensayo	Unidad	Resultados
Aceites y grasas (HEM)	mg/L	56354
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	475.50
Demanda Química de oxígeno (DQO)	O ₂ mg/L	15113
Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	1198.80
Turbiedad	NTU	700
Numeración de Coliformes Fecales ⁽¹⁾	NMP/100mL	220 x 10 ³

(1) Coliformes Fecales es lo mismo que coliformes termotolerantes.

Quim. Belbeth Y. Fajardo León
 C.Q.P. N° 648
 Asesor Técnico Químico

Lima, 03 de Mayo del 2019.

Blga. Marina Vargas Cornejo
 Jefe de Laboratorio de
 Microbiología y Parasitología

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. N.C.B.P. N° 10135

OBSERVACIONES: • Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de preservación del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas.
 • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima
 • Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 1 de 1

Anexo 19. Informe de ensayo del agua residual filtrada a los 15 días de funcionamiento, realizado en el Laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C



SAG

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047



Registro N° LE - 047

**INFORME DE ENSAYO N° 132361 - 2019
CON VALOR OFICIAL**

RAZÓN SOCIAL : RECREO TURÍSTICO BABY PARK
DOMICILIO LEGAL : JR. HUALLAGA - BARRIO CHAMBIRA
SOLICITADO POR : RETETE PINCHI ROXANA
REFERENCIA : BABY PARK - FILTRO ANAEROBIO PARA AGUAS RESIDUALES
PROCEDENCIA : SALIDA DEL FILTRO ANAEROBIO I
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 2019-04-18
FECHA(S) DE ANÁLISIS : 2019-04-18 AL 2019-04-26
FECHA(S) DE MUESTREO : 2019-04-18
MUESTREADO POR : VELAYARCE CUIPAL JUANA JHANNET
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIÓ.

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C	Unidades
Aceites y grasas (HEM)	EPA-821-R-10-001 Method 1664 Rev. B. N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry, 2010.	0.5 ^(b)	mg/L
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test.	2.00 ^(b)	mg/L
Demanda Química de oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method.	10.0	O ₂ mg/L
Sólidos suspendidos totales (TSS)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C.	3.00	mg/L
Turbiedad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23rd Ed. 2017. Turbidity. Nephelometric Method.	0.40	NTU
Numeración de Coliformes Fecales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed. 2017. Multiple Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.	1.8 ^(a)	NMP/100mL

L.C.: límite de cuantificación.

(a) Límite de detección del método para estas metodologías por ser semicuantitativas.

(b) Expresado como límite de detección del método.

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Agua Residual	
Matriz analizada	Agua Residual	
Fecha de muestreo	2019-04-18	
Hora de inicio de muestreo (h)	08:00	
Condiciones de la muestra	Refrigerada/ Preservada	
Código del Cliente	Salida del Filtro Anaerobio I	
Código del Laboratorio	19041458	
Ensayo	Unidad	Resultados
Aceites y grasas (HEM)	mg/L	107
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	261.50
Demanda Química de oxígeno (DQO)	O ₂ mg/L	1198
Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	96.93
Turbiedad	NTU	120
Numeración de Coliformes Fecales ⁽¹⁾	NMP/100mL	79 x 10 ³

(1) Coliformes Fecales es lo mismo que coliformes termotolerantes.

Quim. Bebeth Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

Lima, 03 de Mayo del 2019.

Blga. Marina Vergas Cornejo
Jefe de Laboratorio de Microbiología y Parasitología

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency ASTM: American Society for Testing and Materials. N° de Registro: 10135

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento sin la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas en el laboratorio por un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Rios Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima Página 1 de 1
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Anexo 20. Informe de ensayo del agua residual filtrada a los 30 días de funcionamiento, realizado en el Laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C



SAG

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047



**INFORME DE ENSAYO N° 132701 - 2019
CON VALOR OFICIAL**

RAZÓN SOCIAL : RECREO TURÍSTICO BABY PARK
DOMICILIO LEGAL : JR. HUALLAGA - BARRIO CHAMBIRA
SOLICITADO POR : RETETE PINCHI ROXANA
REFERENCIA : BABY PARK - FILTRO ANAEROBIO PARA AGUAS RESIDUALES
PROCEDENCIA : SALIDA DEL FILTRO ANAEROBIO II
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 2019-05-06
FECHA(S) DE ANÁLISIS : 2019-05-06 AL 2019-05-11
FECHA(S) DE MUESTREO : 2019-05-06
MUESTREADO POR : VELAYARCE CUIPAL JUANA JHANNET
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIÓ.

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C	Unidades
Aceites y grasas (HEM)	EPA-821-R-10-001 Method 1664 Rev. B. N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry. 2010	0.5 ^(b)	mg/L
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.	2.00 ^(b)	mg/L
Demanda Química de oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method.	10.0	O ₂ mg/L
Sólidos suspendidos totales (TSS)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C.	3.00	mg/L
Turbiedad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23rd Ed. 2017. Turbidity. Nephelometric Method.	0.40	NTU
Numeración de Coliformes Fecales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.	1.8 ^(a)	NMP/100mL

L.C.: límite de cuantificación.

(a) Límite de detección del método para estas metodologías por ser semicuantitativas.

(b) Expresado como límite de detección del método.

II. RESULTADOS:

Producto declarado		Agua Residual
Matriz analizada		Agua Residual
Fecha de muestreo		2019-05-06
Hora de inicio de muestreo (h)		06:00
Condiciones de la muestra		Refrigerada/ Preservada
Código del Cliente		Salida del Filtro Anaerobio II
Código del Laboratorio		19050186
Ensayo	Unidad	Resultados
Aceites y grasas (HEM)	mg/L	13.3
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	160.3
Demanda Química de oxígeno (DQO)	O ₂ mg/L	489
Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	18.10
Turbiedad	NTU	85
Numeración de Coliformes Fecales ⁽¹⁾	NMP/100mL	49 x 10 ³

(1) Coliformes Fecales es lo mismo que coliformes termotolerantes.

Quim. Belbeth Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

Lima, 14 de Mayo del 2019.

Blga. Marina Vargas Cornejo
Jefe de Laboratorio de
Microbiología y Parasitología


* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.
 OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea autorizada por el Servicio de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas en el laboratorio por un periodo máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas.
 • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.


Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima Página 1 de 1
 • Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Anexo 21. Informe de ensayo del agua residual filtrada a los 45 días de funcionamiento, realizado en el Laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.



SAG

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado

**INFORME DE ENSAYO N° 133054 - 2019
CON VALOR OFICIAL**

RAZÓN SOCIAL : RECREO TURÍSTICO BABY PARK
DOMICILIO LEGAL : JR. HUALLAGA - BARRIO CHAMBERA
SOLICITADO POR : RETETE PINCHI ROXANA
REFERENCIA : BABY PARK - FILTRO ANAERÓBICO PARA AGUAS RESIDUALES
PROCEDECIA : SALIDA DEL FILTRO ANAERÓBIO III
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 2019-05-22
FECHA(S) DE ANÁLISIS : 2019-05-22 AL 2019-05-29
FECHA(S) DE MUESTREO : 2019-05-22
MUESTREO POR : VELAYARCE CUIPAL JUANA JHANNET
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIÓ.

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C	Unidades
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test.	2.00 ^(a)	mg/L
Demanda Química de oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method.	10.0	O ₂ mg/L
Aceites y grasas (HEM)	EPA-821-R-10-001 Method 1664 Rev. B: N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry, 2010	0.5 ^(b)	mg/L
Sólidos suspendidos totales (TSS)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C.	3.00	mg/L
Turbiedad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23rd Ed. 2017. Turbidity. Nephelometric Method.	0.40	NTU
Numeración de Coliformes Fecales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.	1.8 ^(a)	NMP/100mL

L.C.: límite de cuantificación.
 (a) Límite de detección del método para estas metodologías por ser semicuantitativas.
 (b) Expresado como límite de detección del método.

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Agua Residual
Matriz analizada	Agua Residual
Fecha de muestreo	2019-05-22
Hora de inicio de muestreo (h)	07:15
Condiciones de la muestra	Refrigerada/Preservada
Código del Cliente	Salida de Filtro Anaerobio III
Código del Laboratorio	19051415

Ensayo	Unidad	Resultados
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	120
Demanda Química de oxígeno (DQO)	O ₂ mg/L	330
Aceites y grasas (HEM)	mg/L	10
Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	10
Turbiedad	NTU	70
Numeración de Coliformes Fecales ⁽¹⁾	NMP/100mL	20x10 ³

(1) Coliformes Fecales es lo mismo que coliformes termotolerantes.

****Resultados de campo proporcionados por el cliente**

Parámetro	Unidades	Salida de Filtro Anaerobio III 19051415
**pH	unid. pH	6.6
**Temperatura	°C	31

****Resultados proporcionados por el cliente, no forman parte del alcance de la acreditación.**

17025

Quim. Bebeth Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

EXPERTS WORKING FOR YOU

Lima, 31 de Mayo del 2019. Bigo. Roger Aparicio Estrada
C.B.P. N° 7403
Asesor Técnico Biológico

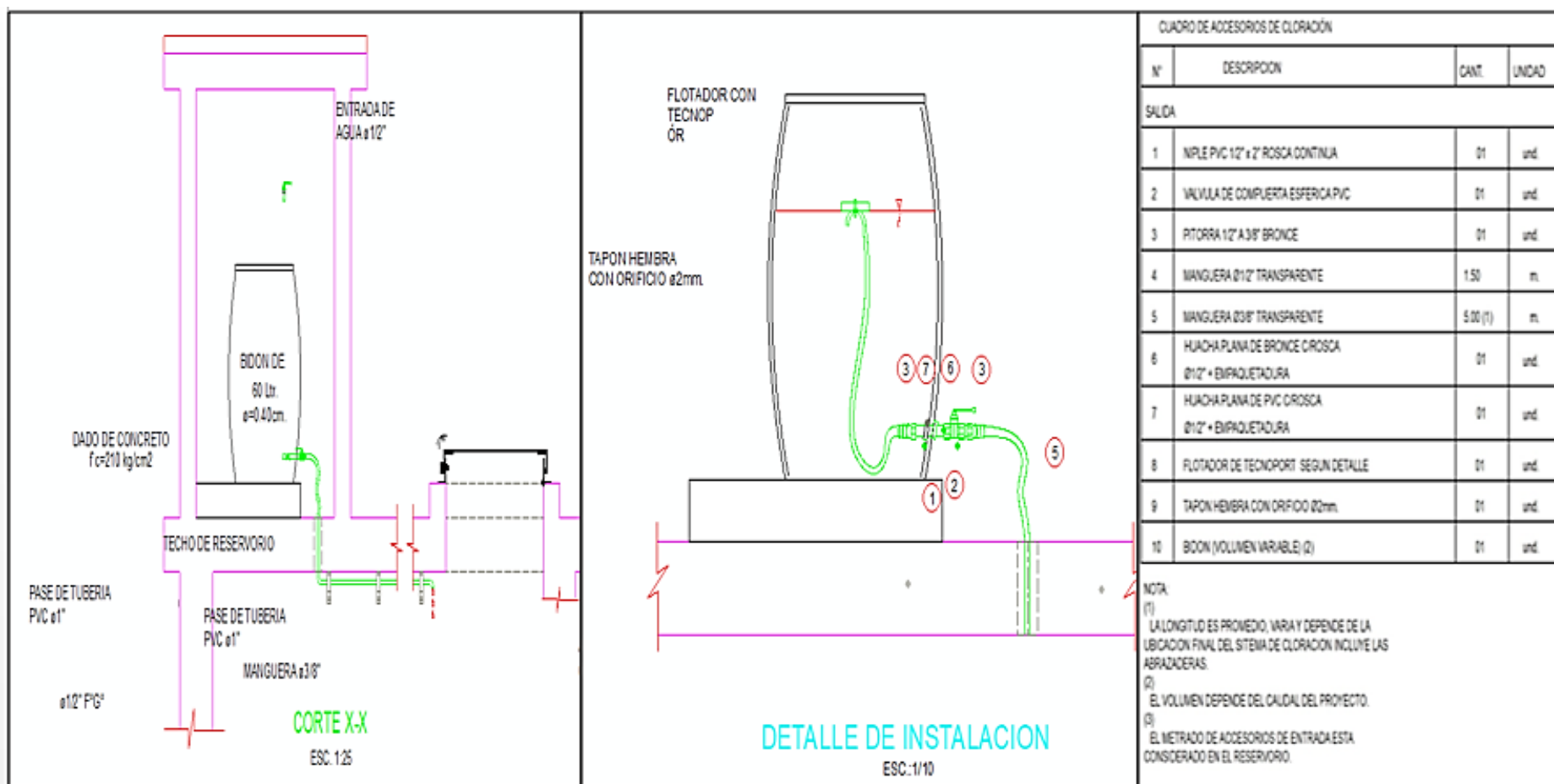
* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.
 EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.
OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento solo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de preservabilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación de contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Rios Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima **Página 1 de 1**
 • Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Cod.: FI 02/Revisión: 06/F.E.03/2018

Anexo 26. Sistema de desinfección simple por goteo



Anexo 27. Certificado de acreditación por INACAL al laboratorio de ensayo Servicios Analíticos Generales S.A.C

Certificado



La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en ejercicio de las atribuciones conferidas por Ley N° 30224, Ley de Creación del INACAL, y conforme al Reglamento de Organización y Funciones del INACAL, aprobado por DS N° 004-2015-PRODUCE y modificado por DS N° 008-2015-PRODUCE, **OTORGA** la presente Renovación de la Acreditación a:

Servicios Analíticos Generales S.A.C.

En su calidad de **Laboratorio de Ensayo**

Servicios Analíticos Generales S.A.C.

Con base en el cumplimiento de los requisitos establecidos en la norma NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración, para el alcance de la acreditación contenido en el formato DA-acr-05P-17F, facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Valor Oficial.

Sede Acreditada: . Naciones Unidas N° 1565, Urb. Chacra Ríos Norte, distrito de Cercado de Lima, provincia de Lima y departamento de Lima.

Fecha de Renovación: 17 de junio de 2016
Fecha de Vencimiento: 17 de junio de 2020

Registro N° LE - 047
Fecha de emisión: 09 de agosto de 2016
DA-acr-01P-02M Ver. 00


Augusto Mello Romero
Director - Dirección de Acreditación



Anexo 28. Certificado de calibración del Tester de pH/Temperatura impermeable HI98127

		ISO/IEC 17025
Instrumentación y Gestión en Metrología		CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Área de Metrología Laboratorio de Química		NÚMERO LQI-0026-2018 Expediente: N° 00008-IM-2018
		Página 1 de 2
Fecha de recepción:	16 de Noviembre de 2018	<p><i>Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</i></p> <p><i>Los resultados del certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.</i></p> <p><i>El usuario esta en la obligación de recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado y el tiempo de uso del instrumento.</i></p> <p><i>INMETRO S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</i></p> <p><i>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito del laboratorio que lo emite.</i></p> <p><i>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</i></p>
Objeto de Calibración:	MEDIDOR DE PH	
Marca/Fabricante:	Waterproof	
Modelo:	HANNA	
Serie / Identificación:	HI98127 / No indica	
Procedencia:	Rumania	
Serie sonda pH:	No indica	
Rango de indicación:	-2,0 a 16,0 pH (función de medición de pH) -5,0 °C a 60,0 °C (función de medición de Temperatura)	
División mínima:	0,1 pH (función de medición de pH) 0,1 °C (función de medición de Temperatura)	
Solicitante:	LOZANO CONSULTORES S.A.C.	
Dirección:	JR. RAMON CASTILLA NRO. 704 - SAN MARTIN - SAN MARTIN - TARAPOTO	
Fecha de calibración:	20 de Noviembre de 2018	
Lugar de calibración:	Laboratorio de Química - Área de Metrología Jr. Antisuyo 280, Urb. Zarate, San Juan de Lurigancho, Lima.	
Metodo de calibración:	La calibración se efectuó por comparación con soluciones estándares certificadas y/o analizadas.	
Condiciones ambientales:		
Temperatura inicial:	20,1 °C	Humedad relativa inicial: 70,2 %
Temperatura final:	20,1 °C	Humedad relativa final: 70,3 %
Sello	Fecha de emisión	Aprobado por:
	20 de Noviembre de 2018	 Ing. Americo Paucar Curaspa Gerencia del Servicio de Metrología
ESTE DOCUMENTO SOLO PUEDE DIFUNDIRSE COMPLETAMENTE Y SIN MODIFICACIONES, LOS EXTRAJEROS O MODIFICACIONES REQUIEREN LA AUTORIZACION DE INMETRO.		
Jr. ANTISUYO Nro. 280 - ZARATE - S.J.L. - Lima 36, Teléfono: (511) - 4596856 / Nextel: 2*1068 / RPM: #969997005 / Celular: 995363358 Web: www.inmetrosac.com / e-mail: calibraciones@inmetrosac.com / ventas@inmetrosac.com / inmetro.sac@gmail.com		

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO LQI-0026-2018

Expediente: N° 00008-IM-2018

Página 2 de 2

Resultados de la Calibración:**Patrones de referencia**

Patrón utilizado	Número de certificado / informe	Trazabilidad de referencia
Material de Referencia Certificado pH 4,01 @ 25 °C	N° Lt: 1219	N.I.S.T.
Material de Referencia Certificado pH 7,01 @ 25 °C	N° Lt: 1401	N.I.S.T.
Material de Referencia Certificado pH 10,01 @ 25 °C	N° Lt: 1272	N.I.S.T.

Función de medición de pH a 25 °C

Valor de Referencia (pH)	Indicación (pH)	Corrección (pH)	Incertidumbre (pH)
4,01	4,00	-0,01	0,02
7,01	7,04	0,03	0,05
10,01	10,00	-0,01	0,02

Observaciones

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

IncertidumbreLa incertidumbre expandida de la medición que se presenta esta basada en una incertidumbre estándar multiplicado por un factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO



ESTE DOCUMENTO SOLO PUEDE DIFUNDIDO COMPLETAMENTE Y SIN MODIFICACIONES, LOS EXTRACTOS O MODIFICACIONES REQUIEREN LA AUTORIZACIÓN DE INMETRO.

Jr. ANTISUYO Nro. 280 - ZARATE - S.J.L. - Lima 36, Teléfono: (511) - 4596856 / Nextel: 2*1068 / RPM: #969997005 / Celular: 995363358
Web: www.inmetrosac.com / e-mail: calibraciones@inmetrosac.com / ventas@inmetrosac.com / inmetro.sac@gmail.com