

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



Una Institución Adventista

**Evaluación de eficiencia del filtro percolador utilizando fibra de coco para tratamiento
de aguas residuales domésticas**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autora:

Vilela Graciela Miranda Romani

Asesor:

Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga

Lima, Perú 2022

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO: Que la presente investigación titulada: “**Evaluación de eficiencia del filtro percolador utilizando fibra de coco para tratamiento de aguas residuales domésticas**”, la memoria que presenta los Bachiller Vilela Graciela Miranda Romani para obtener el 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.

Estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima a los 21 días del mes de octubre del año 2022.

Atentamente,



Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a los **07 días** día(s) del mes de **octubre del año 2022** siendo las **08:30 horas**, se reunieron en modalidad virtual u online sincrónica, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: **Mg. Iliana Del Carmen Gutierrez Rodriguez**, el secretario: **Ing. Orlando Alan Poma Porras**, y los demás miembros: **Mg. Jackson Edgardo Perez Carpio**, **Mg. Joel Hugo Fernández Rojas** y el asesor **Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga**, con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Evaluación de eficiencia del filtro percolador utilizando fibra de coco para tratamiento de aguas residuales domésticas"

de el(los)/la(las) bachiller/es: a) **VILELA GRACIELA MIRANDA ROMANI**

.....b)

.conducente a la obtención del título profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**

(Nombre del Título profesional)

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/la(las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): **VILELA GRACIELA MIRANDA ROMANI**

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	18	A-	MUY BUENO	SOBRESALIENTE

Candidato (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente
Mg. Iliana Del Carmen
Gutierrez Rodriguez

Asesor
Mg. Milda Amparo
Cruz Huaranga

Candidato/a (a)
Vilela Graciela
Miranda Romani

Secretario
Ing. Orlando Alan
Poma Porras

Miembro
Mg. Jackson Edgardo
Fernandez Rojas

Candidato/a (b)

Dedicatoria

Esta tesis dedico especialmente a Dios, quien estaba presente en todo momento, en todo mí caminar brindándome fuerza y esperanza para cumplir con todo lo que me propongo en mi vida profesional y personal.

A mi hermana Yulisa Mila Miranda Romani, quién ya no está conmigo, pero se la dedico con mucho cariño y recuerdo nostálgico hasta el cielo.

A mi hermana Mayra Damarís Miranda Romani, quien forma parte de mi alegría en todo momento; a mis padres Isabel Romani Pongo y Saul Miranda Huaranga por darme la vida y motivarme en el proceso de esta investigación.

A todos ellos los dedico este logro profesional, que a pesar de tantos obstáculos durante el proceso logré llegar a la meta.

Agradecimientos

Agradezco a Dios en primer lugar, quién me ha brindado la vida, salud, inteligencia, ingreso económico, trabajo, perseverancia y paciencia para culminar la investigación; darme la oportunidad de crecer profesionalmente y poder cultivar los mejores valores.

Expreso mi gratitud al Programa Beca 18 por haberme apoyado en mi formación profesional, asimismo doy gratitud a la Universidad Peruana Unión (UPeU), y docentes todos que cumplieron con un gran apoyo incondicional en mis valiosos conocimientos y mi formación profesional.

Agradezco a mi asesora de tesis Magister Milda Cruz Amparo por habernos brindado su asesoramiento permanente, enseñanzas y disponibilidad de tiempo y apoyo.

Por otra parte, agradezco al ingeniero Jaulis Palomino Reymundo por colaborar y separar un espacio para la ejecución de esta investigación. Asimismo, quiero agradecer mi amigo Cesar Aranda Castillo, mis primos Katy, Jesenia y Roger quiénes apoyaron a construir la planta de tratamiento.

Expreso mi gratitud también al MSc. López Gonzales Javier Linkolk, por su valiosa contribución en la parte estadística de la presente investigación.

Finalmente, agradezco a todas aquellas personas que me motivaron y no rendirme hasta lograr el objetivo de sustentar la presente investigación.

Tabla de Contenido

Tabla de Contenido	iv
Listado de tablas	vii
Listado de figuras.....	ix
Abreviaturas	xi
Glosario.....	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRAC	xiv
1. CAPITULO I	1
1.1. Identificación del problema	1
1.2. Justificación de la investigación	2
1.3. Presuposición filosófica	4
1.4. Objetivo general.....	4
1.4.1. Objetivos específicos.....	4
2. CAPÍTULO II	5
2.1. Marco normativo legal.....	5
2.1.1. Ley N° 28611 - Ley General del Ambiente	5
2.1.2. Ley General de servicios de saneamiento Ley N° 26338	5
2.1.3. D.S. N°004-2017-MINAM. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.....	5
2.1.4. D.S. 003-2010 –MINAM-LMP para Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas o municipales	5
2.1.5. Normas OS 090- Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.....	5
2.1.6. Norma OS.100 aspectos básicos de diseño de infraestructura sanitaria	6
2.1.7. Norma OS. 070 Sistema de redes de Aguas Residuales	6
2.2. Marco teórico.....	6
2.2.1. Aguas residuales.....	6
2.2.2. Clasificación de las aguas residuales	7
2.2.3. Pretratamiento	8
2.2.4. Tratamiento primario.....	8
2.2.5. Tratamiento secundario	9
2.2.6. Tratamiento terciario	9
2.2.7. Parámetros importantes en el tratamiento de aguas residuales	11

2.2.8.	Filtros percoladores o biológicos	12
2.2.9.	Aserrín de madera	22
2.2.10.	Fibra de coco	23
2.2.11.	Grava	25
2.2.12.	Tratamiento de purga de lodos del filtro percolador	26
3.	CAPITULO III.....	27
3.1.	Descripción de lugar de ejecución	27
3.1.1.	Factores climatológicos del lugar.....	28
3.2.	Tipo de investigación.....	29
3.2.1.	Diseño de investigación	30
3.2.2.	Población y muestra	31
3.2.3.	Variables de estudio	31
3.2.4.	Formulación de hipótesis	32
3.3.	Materiales y equipos	32
3.4.	Metodología.....	34
3.4.1.	Diagnóstico de campo y aforo de caudal	35
3.4.2.	Diseño, construcción e implementación del tratamiento de agua residual doméstica utilizando filtro percolador	38
3.4.3.	Periodo pre operacional de filtro percolador.....	45
3.4.4.	Muestreo o monitoreo de los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos de agua ...	47
3.4.5.	Análisis de la muestra	50
3.4.6.	Análisis estadístico.....	51
4.	CAPITULO IV.....	52
4.1.	Resultados.....	52
4.1.1.	Características del agua residual	52
4.1.2.	Diseño y operación del filtro percolador.....	55
4.1.3.	Comportamiento de los parámetros Fisicoquímicos y microbiológicos en cotejo con las normativas.....	57
4.1.4.	Comportamiento de la remoción de los parámetros durante el tratamiento a través de la Prueba POST HOC	67
4.1.5.	Eficiencia del filtro percolador en la remoción de los parámetros.....	73
4.2.	Discusión.....	77
5.	CAPITULO V	80
5.1.	Conclusiones	80
5.2.	Recomendaciones	81

REFERENCIAS.....	82
ANEXOS	90

Listado de tablas

Tabla 1 Propiedades de las aguas residuales y diversas fuentes de origen (Ramalho, 2003).	7
Tabla 2 Características de las aguas residuales domésticas típicas (Oviedo Montes et al., 2007). 7	
Tabla 3 Grado y unidad para tratar las aguas residuales (Lozano Rivas, 2016).	10
Tabla 4 Características de filtros percoladores (Lozano Rivas, 2016).	14
Tabla 5 Medidas de diseño de filtro, según señala la Norma OS.090-RNE.	15
Tabla 6 Características físicas de los medios de filtros percoladores (Romero Rojas, 2008).	17
Tabla 7 Propiedades físicas de la fibra de coco (Gallardo Sinchiguano, 2017).	24
Tabla 8 Propiedades mecánicas típicas de las fibras naturales (Gallardo Sinchiguano, 2017, pág. 11).	24
Tabla 9 Características físicas de las gravas (Carbotecnia, 2004).	25
Tabla 10 Tipos de gravas (Oocities, 2009).	26
Tabla 11 Temperatura y factor de capacidad relativa, basado en la Norma Técnica Peruana OS.090.	26
Tabla 12 Producción de lodos en litros por persona y por día (Metcalf and Eddy, 1995).	27
Tabla 13 Tiempo de digestión según Temperatura del ambiente, basado en la Norma Técnica Peruana OS.090.	27
Tabla 14 Determinación y proyección de la población del distrito de Santa Eulalia (SENAMHI, 2019).	29
Tabla 15 Resumen de Temperatura anual (SENAMHI, 2019).	29
Tabla 16 Precipitación Media mensual (SENAMHI, 2019).	29
Tabla 17 Materiales, Herramientas e equipos utilizados en la ejecución de la investigación.	32

Tabla 18 Datos para dimensionamiento de digestor de lodos según la Norma Técnica Peruana OS.090.	43
Tabla 19 Resumen de diseño y funcionamiento de filtro percolador	46
Tabla 20 Lineamiento de toma de muestra.	49
Tabla 21 Metodología utilizada por laboratorio.	50
Tabla 22 Resultado de las características de agua residual a tratar (Informes emitidos por el laboratorio -ver anexo 14-15).	53
Tabla 23 Resultados de los parámetros físico-químicos, microbiológicos analizados de Pre-Post monitoreo (Informes emitidos por el laboratorio -ver anexo 14-15).	54
Tabla 24 Resultados del diseño del filtro percolador.....	55
Tabla 25 Resultados de variables de operación del filtro percolador.	57
Tabla 26 Resultados de Post tratamiento en relación a ECA (Informes emitidos por el laboratorio ALAB).	57
Tabla 27 Resultados de Post tratamiento en relación a LMP.	59
Tabla 28 Tabla de análisis del porcentaje y nivel de eficiencia.....	73
Tabla 29 Eficiencia del filtro percolador con fibra de coco en la remoción de los parámetros....	73
Tabla 30 Eficiencia del filtro percolador con fibra de coco en el porcentaje de remoción de DBO ₅	74
Tabla 31 Eficiencia del filtro percolador en el porcentaje de remoción de DQO Y SST según los días de tratamiento.	76

Listado de figuras

<i>Figura 1:</i> Tecnología del tratamiento de agua residual (Ministerio del Ambiente (MINAM), 2009).	10
Figura 2: Forma típica de las bacteria (CONAGUA, 2013).	13
Figura 3 componentes básicos del filtro percolador (blogspot, 2019).....	14
Figura 4: Filtro Percolador con sistemas Móviles (C. Castro, 2017, pág. 1).....	19
Figura 5: Filtro percolador rectangular, alimentado por gravedad, con distribución fija (C. Castro, 2017, pág. 4).	20
Figura 6: Aserrín de madera (García Cepeda, 2012).	22
Figura 7: Composición química general de madera (Cruz de León, 2011).	23
Figura 8: Características de coco (Premier Horticulture Ltd., 2022).....	24
Figura 9: Gravas (La Grava - Materiales de Construcción, 2012).....	25
Figura 10: Diseño de investigación.....	31
Figura 11: Fases de la metodología implementada.	35
Figura 12: Biodigestor en funcionamiento	36
Figura 13: Tanque de concreto de 1500 l de volumen.....	38
Figura 14: Diseño de filtro percolador de vista corte.	40
Figura 15: Filtro percolador implementado.	45
Figura 16: Periodo de arranque del filtro percolador.....	47
Figura 17: Etapas de monitoreo.	48
Figura 18: Comportamiento de aceites y grasas.	60
Figura 19: Comportamiento de la turbidez.	61

Figura 20: Comportamiento de la temperatura	61
Figura 21: Comportamiento de oxígeno disuelto.....	62
Figura 22: Comportamiento del pH.	63
Figura 23: Comportamiento de la conductividad.....	63
Figura 24: Comportamiento de Sólidos Suspendidos totales	64
Figura 25: Comportamiento del DQO.	65
Figura 26: Comportamiento del DBO ₅	66
Figura 27: Comportamiento de coliformes termotolerantes	66
Figura 28: Resultado del comportamiento de aceites y grasas.	67
Figura 29: Resultado del comportamiento de conductividad.	68
Figura 30: Resultado del comportamiento de demanda bioquímica de oxígeno.	68
Figura 31: Resultados del comportamiento del DQO.....	69
Figura 32: Resultado de comportamiento de oxígeno disuelto.....	69
Figura 33: Resultado de comportamiento de turbidez.	70
Figura 34: Resultados del comportamiento del SST.....	70
Figura 35: Resultados de comportamiento de pH.....	71
Figura 36: Resultados del comportamiento de la temperatura.....	71
Figura 37: Resultado de coliformes fecales o termotolerantes.	72
Figura 38: Eficacia del filtro percolador en la remoción de DBO ₅ según días de tratamiento. ...	75
Figura 39: Eficiencia del filtro percolador con fibra de coco en Remoción de DQO-DBO ₅ -SST.	75
Figura 40: Remoción de SST y DQO.	77

Abreviaturas

TRH: Tiempo de retención hidráulica

DBO₅: Demanda Bioquímica de Oxígeno

pH: Potencial de hidrógeno

TDS: Sólidos Disueltos Totales

DQO: Demanda Química de Oxígeno

SST: Sólidos Suspendidos Totales

OD: Oxígeno Disuelto

ECA: Estándares de Calidad Ambiental

Glosario

Grasas y aceites (AyG): No son biodegradable y son inmiscibles en el agua.

Fibra de coco: Subproducto que se encuentra en la capa intermedia de la cáscara del coco.

Coliformes Termotolerantes: Son bacterias indicadoras de contaminación con indol positivo, y una temperatura óptima hasta 45°C, asimismo es integrante del grupo de coliformes totales.

Aserrín de madera: Son partículas de tamaños dispersos o polvos que salen de la madera cuando es cortada en su más mínima acabado; asimismo en ese proceso se obtiene la viruta, que son trozos de materia sobrante en forma de placa curva o espirales.

RESUMEN

Se evaluó la eficacia del filtro bacteriano o percolador, empleando mesocarpo del coco, el agua residual que se trató fue proveniente de una vivienda unifamiliar, ubicada en Carapongo, Distrito Lima y Región Lima. Para desarrollar esta investigación se diseñó un filtro percolador con caudal de diseño de 171 L/día, con una altura de 1.75 m, y un diámetro de 0.58 m, con empaquetado de fibra de coco (mesocarpo del coco), aserrín de la madera, arena fina, grava y piedra mediana. El sistema tuvo un mes como periodo de arranque, posterior a ello, 90 días de funcionamiento. La toma de muestra fue por un mes, con monitoreo semanal, y el caudal tratado fue 141 L/día. La eficiencia se refleja a los 27 días de tratamiento en un intervalo de tratamiento a un mes, y una vez por semana, obteniendo resultado de 60 % de eficiencia de aceites y grasas; 98 % turbidez; 79 % DBO₅; 32 % Conductividad; 17 % TDS; 100 % Coliformes Termotolerantes. Mientras en un periodo de operación a los tres meses, con intervalo de monitoreo cada tres días, y con duración de 4 etapas se tiene 86 % de DQO, 10 % SST y -41 % de OD. Entonces, se concluye la fibra de coco si tiene buena remoción los parámetros (DBO₅ y DQO), Así mismo se logró cumplir con normativa peruana de agua “ECA de categoría III” parámetros de aceites y grasas; OD; Conductividad; PH; Temperatura y los Coliformes Termo tolerantes, mas no DBO₅ y DQO.

Palabras claves: Fibra de coco, aserrín de madera, tratamiento, coliformes termotolerantes.

ABSTRAC

The effectiveness of the bacterial filter or percolator was evaluated, using coconut mesocarp, the wastewater that was treated came from a single-family home, located in Carapongo, Lima District and Lima Region. To develop this research, a trickling filter was designed with a design flow rate of 171 L/day, with a height of 1.75 m and a diameter of 0.58 m, packed with coconut fiber (coconut mesocarp), wood sawdust, fine sand, gravel and medium stone. The system had a month as a start-up period, after which, 90 days of operation. Sampling was for one month, with weekly monitoring, and the treated flow was 141 L/day. The efficiency is reflected at 27 days of treatment in a treatment interval of one month, and once a week, obtaining a result of 60% efficiency of oils and fats; 98% turbidity; 79% BOD5; 32% Conductivity; 17% TDS; 100% Thermotolerant Coliforms. While in an operation period after three months, with a monitoring interval every three days, and with a duration of 4 stages, there is 86% COD, 10% TSS and -41% DO. Then, the coconut fiber is concluded if it has good removal of the parameters (BOD5 and COD), Likewise, it was possible to comply with the Peruvian water regulations "ECA category III" parameters of oils and fats; OD; Conductivity; pH; Temperature and Thermo tolerant Coliforms, but not BOD5 and COD.

Keywords: Coconut fiber, wood sawdust, treatment, thermotolerant coliforms.

1. CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Identificación del problema

Hoy en día en todos los países hay un rápido crecimiento en la población y aumento excesivo del uso de agua, un recurso fundamental para la sociedad. En 2012, había residentes más que en 2000 y se predice que este patrón continuará en el futuro. El rápido consumo de agua ha venido incrementándose en un 1 % anual en todo el mundo desde los años 80; década pasada; generando aguas residuales (UNESCO, 2019). Mientras (FAO, 2017), manifestó que solo el 20% de las aguas residuales retornan al ambiente teniendo un tratamiento previo, lo cual repercute en la economía, salud y calidad del agua.

En gran parte de los países las aguas servidas son vertidas sin tratamiento y eso va aumentando continuamente en el mundo entero, convirtiéndose en problema desde el punto social y ambiental (FAO, 2017). En China la producción de agua residual municipal (El Volumen anual del efluente doméstico, industriales, comerciales y escorrentía urbana o aguas diversas de tormenta (e.g.) anual en las diversas zonas urbanas es 48.51 km³/año o 10⁹ m³/año, esta misma cantidad es tratada. Italia genera 5.206 y el mismo volumen es tratado. Por otra parte en Estados Unidos genera 60.41 10⁹ m³/año de agua residual y la cantidad tratada es 45.35.y Brasil anualmente genera 7.46810⁹ m³/año llevando a tratamiento un volumen de 4.047 (WWAP, 2017).

En Perú el aumento de las aguas residuales en ciudades es de 0.995 10⁹ m³/año y el volumen tratado es de 0.275 (FAO, 2017), existen plantas de tratamiento de aguas residuales, pero no tiene una cobertura al 100%, así mismo sus infraestructuras son insuficientes, lo cual las aguas residuales tratadas excedan los LMP, y se incumplan con los ECA (O. E. y F. A. OEFA, 2014). En 2009, diversas redes de alcantarillado administradas por empresas sanitarias llegaron a recoger

786 millones de m³ que estaban conectados a domicilios, de esto 1,9 millones de m³ se originó en Callao y Lima, mientras que el 35% de las aguas servidas llega a tener un pretratamiento antes de disponerlos en alguna fuente, mientras que 275,0 millones de m³ son vertidas sin ningún tratamiento (UNESCO, 2019). No tratar el agua residual contamina el medio ambiente.

El agua servida municipal por lo general se origina de diversas fuentes que ocasionan contaminación ambiental. Las aguas residuales de fuentes domésticas es otro problema latente porque son reutilizadas en riego agrícola sin tener un tratamiento previo (Quintero García & González Salcedo, 2006).

Actualmente en la Asociación de Carapongo “Los Viques” situado en el distrito de Lurigancho - Lima. La población usa el agua en mayor proporción para regar sus terrenos agrícolas, y es agua que no tiene tratamiento previo. De igual manera existen hogares que no cuentan con agua ni desagüe. Frente a estas circunstancias, la presente investigación propone desarrollar un filtro percolador con empaque de fibra de coco para facilitar tratamiento de aguas domésticas.

Se va realizar la investigación en una vivienda que no cuenta el sistema del alcantarillado, por consiguiente, el agua residual que origina la vivienda son vertidos directamente al canal principal de riego, ocasionando contaminación de cuerpos receptores, suelos y subsuelos, así mismo generando proliferación de vectores.

1.2. Justificación de la investigación

El agua como recurso fundamental para supervivencia del hombre y seres vivos, tiene múltiples funciones y de gran importancia en las diferentes actividades que se desarrolla. Sin embargo, el agua utilizada retorna al ambiente como agua residual causando la contaminación si

no es tratada. El agua residual no tiene valor inmediato debido a su calidad, de esta manera se tiene la necesidad de tener agua de calidad mediante algún tratamiento (Reyes, 2016).

Actualmente, la necesidad del buen manejo adecuado de las aguas servidas se ha transformado en gran utilidad para la salud y medio ambiente, a razón de ellos se impelente más alternativas para tratar dicho tipo de aguas. La tecnología que se usa para tratar este tipo aguas debe asegurar la eliminación o mejoramiento del compuesto orgánico en los valores permitidos que indica las normas vigentes que regulan el vertido del efluente así mismo, debe garantizar para de reutilización.

Cada volumen de agua residual debe ser monitoreado y tratado mediante diferentes procesos, para controlar, remover y depurar las aguas residuales, donde se puedan recuperar sus características y lograr una calidad que permita su disposición final o aprovechamiento por reutilización. El tratamiento y reúso del agua son principales pilares para un desarrollo saludable (Guadarrama & Galván, 2015).

Este trabajo tiene la finalidad evaluar la eficacia del filtro bacteriano utilizando lecho filtrante fibra de coco para mejorar la calidad del líquido a través del proceso adecuado de las aguas residuales domésticas altamente contaminantes de una sola casa. (Quintero García & González Salcedo, 2006) menciona que “este material tiene un gran impacto en los poros permeables del interior de la fibra, cumpliendo la función de absorberla en agua a granel”, además facilita la reducción de contaminantes en forma líquida, en esta forma en que el agua tratada restante se puede reutilizar en plantas de riego, incluso para otros fines, como lavado de autos

(Pereira et al., 2014) concluyó que “*para mejorar las aguas residuales, el uso de fibra de coco es útil y además es una alternativa altamente favorable para eliminar contaminantes*”.

1.3. Presuposición filosófica

“Los hice conforme a su inmundicia y conforme a su transgresión, y escondí de ellos mi rostro”.

Ezequiel 39:24

Este texto bíblico nos enseña que Dios se avergüenza de nosotros cuando contaminamos su creación y no hacemos nada para solucionar.

1.4. Objetivo general

Evaluar la eficacia de filtro percolador empleando fibra de coco para tratar aguas residuales domésticas.

1.4.1. Objetivos específicos

- Diseñar un Filtro percolador como tratamiento secundario, posterior al tratamiento de un tratamiento primario. Desarrollar un nuevo proceso para dar tratamiento a las aguas residuales de origen domestico utilizando de un biodigestor y Filtro percolador.
- Comparar los resultados de agua residual tratada con lo estipulado por las normativas peruanas.
- Determinar la remoción de parámetros físicos y químicos (Temperatura, Turbiedad, pH TDS, SST, Conductividad, DBO5, Aceite y grasas y Oxígeno Disuelto) y microbiológicos (Coliformes Termotolerantes o fecales) del efluente del tratamiento secundario (Filtro percolador).

2. CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Marco normativo legal

2.1.1. Ley N° 28611 - Ley General del Ambiente

2.1.1.1. *Artículo 66. De la salud ambiental*

Este artículo menciona que el estado debe cuidar la salud pública y debe proteger el medio ambiente.

2.1.2. Ley General de servicios de saneamiento Ley N° 26338

2.1.2.1. *Artículo 3*

Menciona que el agua y desagüe son servicios básicos y prioritarios que se deben tener en cuenta para cuidar la salud pública y el ambiente.

2.1.3. D.S. N°004-2017-MINAM. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.

2.1.3.1. *Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales a) Subcategoría D1: Riego de vegetales*

Incluye agua de calidad aceptable para riego: cultivos de alimentos vivos (Ejemplo: vegetales de bajo crecimiento, árboles frutales o similares)

2.1.4. D.S. 003-2010 –MINAM-LMP para Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas o municipales

Están obligados a monitorear las aguas residuales los que sean dueños de alguna planta, esto tiene que estar bajo un programa aprobado por el estado peruano.

2.1.5. Normas OS 090- Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales

Son instalaciones donde el agua es tratada y procesada antes de ser vertida aun cuerpo receptor.

2.1.6. Norma OS.100 aspectos básicos de diseño de infraestructura sanitaria

2.1.7. Norma OS. 070 Sistema de redes de Aguas Residuales

Se utilizan para ciudades mayores de 2.000 habitantes, para construir proyectos de infraestructura de saneamiento.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Aguas residuales

Es el agua que sufrió cambios en su composición a causa de la actividad humana, son aguas que provienen de los vertimientos de las actividades industriales, municipales, de servicios, comerciales, agrícolas, domésticos, en general de cualquier otra actividad, o también la mezcla de ellas (MINAM, 2016).

2.2.1.1. Características de las aguas residuales (AR)

Las aguas residuales están vinculadas a un programa de monitoreo y análisis de laboratorio, así mismo poseen sus propias características únicas. (Oviedo Montes et al., 2007)

Tabla 1

Propiedades de las aguas residuales y diversas fuentes de origen (Ramalho, 2003).

Características	Parámetro
Físicas	SST
	T°
	Color
	Olor
	Aceites y grasas
Químicas inorgánicas	pH
	Cloruros
	Nitrógeno
	Fosforo
Biológicas	Virus y bacterias
	Protozoarios
	Nematodos

2.2.2. Clasificación de las aguas residuales

Las cuatro fuentes principales de cuerpos de agua son: (1) aguas domesticas o urbanas, (2) cuerpos de aguas residuales industriales, (3) cuerpos de aguas agrícolas, (4) Aguas blancas (Ramalho, 2003, pág. 10).

2.2.2.1. Aguas residuales domesticas

Según, (OEFA, 2014) se generan de fuentes comercial y residencial, que deben ser tratadas.

Tabla 2

Características de las aguas residuales domésticas típicas (Oviedo Montes et al., 2007).

Parámetro	Magnitud
Ortofosfatos	10 mg/L-P
DQO	400 mg/L

SST	200 mg/L
SSV	150 mg/L
Nitrógeno amoniacal	30 mg/L-N
DBO	200 mg/L

2.2.2.2. Aguas residuales industriales

De acuerdo con (Reyes, 2016) son los líquidos residuales desechadas de la construcción.

2.2.2.3. Aguas residuales agrícolas

Son los generados de granjas circundantes, pesticidas y fertilizantes que se utilizan, y contribuye al agua superficial eutrofización (Quintero García & González Salcedo, 2006).

2.2.2.4. Aguas blancas

De acuerdo con (Hernández Lehmann & Galán Martínez, 2004) son aguas originarias de escorrentía superficial, riego parques y lugares públicos.

2.2.3. Pretratamiento

Son los procesos que están al principio del sistema, en esta etapa se depura los residuos que se separan fácilmente y en otros casos lleva otro proceso de pre aireación (Espigares & Pérez, 2001). Las rejillas y el desarenador son unidades utilizadas para esta etapa.

2.2.4. Tratamiento primario

(CONAGUA, 2013) menciona que este proceso abastece al tanque de sedimentación primarias. sin embargo (Boards, 2016) menciona que este desarrollo elimina partículas orgánicas e inorgánicas y los desechos.

2.2.5. Tratamiento secundario

Son procesos biológicos predominando las reacciones bioquímicas, realizado por microorganismos , según (Boards, 2016) este proceso “*Elimina disueltos y coloidales restantes (también conocido como nonsettleable)*”, asimismo requiere un tratamiento terciario dependiendo de la disposición final (*Capítulo I Naturaleza del agua residual*, 2018).

2.2.5.1.1. Clasificación de tratamiento secundario

- **Tratamiento biológico aerobio**

Es el aceptor de electrones que genera respiración del oxígeno para depurar la materia.

Además, gran parte de la DQO se convierte en lodo (Sánchez Rojas, 2016, pág. 20)

- **Tratamiento biológico anaerobio**

Son aquellos que actúan sin oxígeno. Por otra parte, necesitan mayor tiempo de retención hidráulica. (Sánchez Rojas, 2016).

2.2.6. Tratamiento terciario

Este tratamiento añade química para formar un precipitado con el fósforo para la eliminación en los clarificadores secundarios (Boards, 2016).

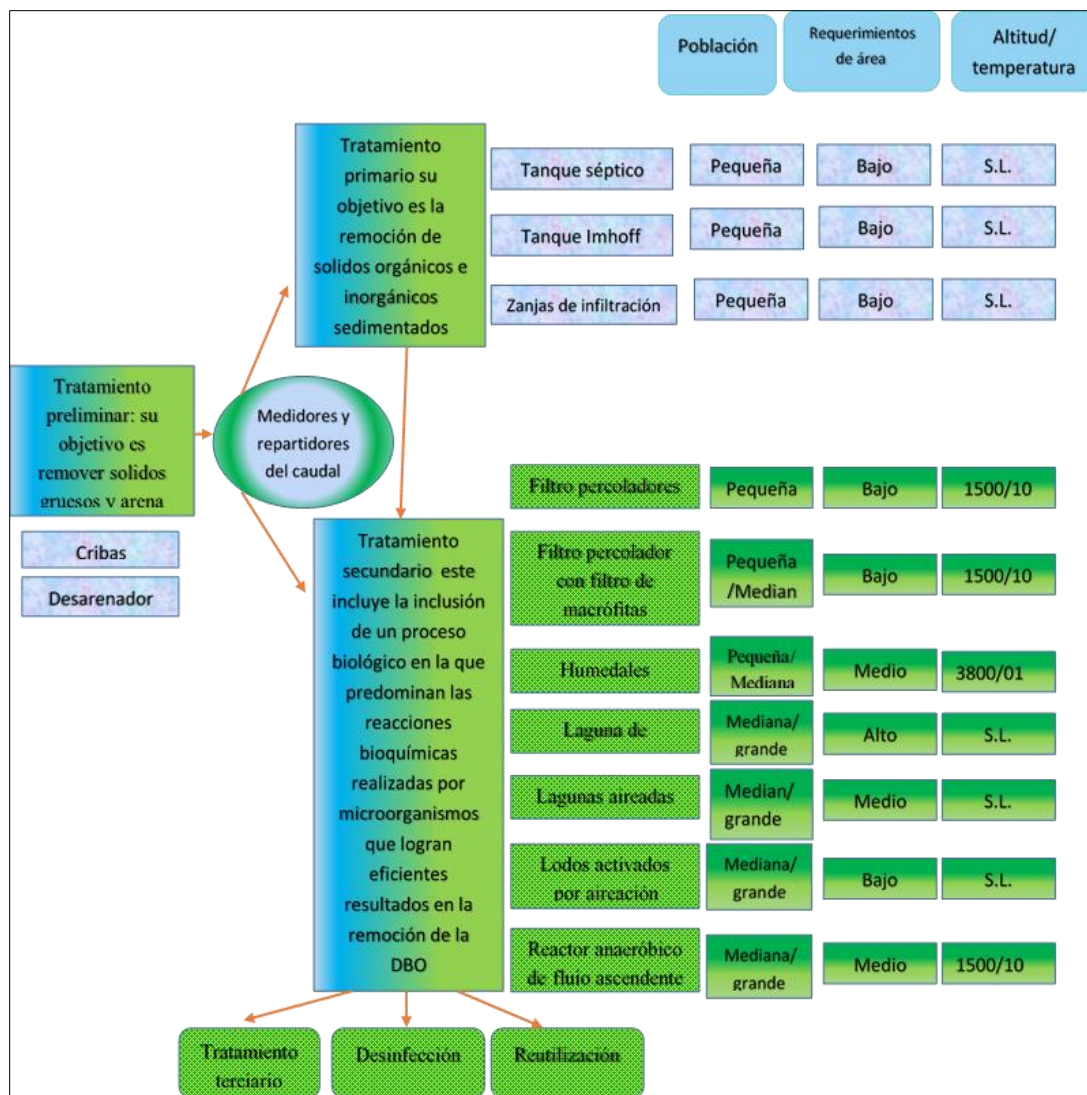


Figura 1: Tecnología del tratamiento de agua residual (Ministerio del Ambiente (MINAM), 2009).

Tabla 3

Grado y unidad para tratar las aguas residuales (Lozano Rivas, 2016).

Grado de tratamiento	Objetivo	Proceso	Unidad	Nivel de eficiencia
Preliminar	Eliminación de arenas y grasas y objetos gruesos,	Físico y químicos.	Tanques de neutralización - Pozos gruesos - Cribas o cámaras de rejillas desarenadores	No se logran remociones significativas en SST y DBO.
Primario	Eliminación de materia sedimentable y flotante	Físicos y químicos.	Sedimentadores - Tanque séptico - Decantadores primarios - Tanque Imhoff -	60 a 70% de sólidos suspendidos totales.

Secundario	Eliminación de materia orgánica disuelta coloidal	Biológico	Tanques de flotación - Biodigestores Humedales y lagunas, Reactores biológicos filtros percoladores, Reactores anaerobios	Remoción de entre el 50% y el 95% de la DBO
Terciario o avanzado	Depuración de materia orgánica residual, sólidos en suspensión, nutrientes y patógenos	Químico y biológico	Coagulación - Adsorción - Floculación - Intercambio iónico - Filtración - Lagunas de desinfección	Eficacias remoción, el cual depende del tipo de contaminante

Fuente: propia

2.2.7. Parámetros importantes en el tratamiento de aguas residuales

2.2.7.1. *Coliformes totales*

Tiene forma de bacilos, en un día originan gas y ácidos, son conocidas como Gram negativas (Sánchez Rojas, 2016).

2.2.7.2. *Coliformes termotolerantes*

Son todos los que no generan endosporas y que al ser incubados dan resultado de colonias color azul (S. Castro, 2009).

2.2.7.3. *Potencial de hidrogeno (pH)*

Es definida como la medida convencional que permite ver concentraciones de iones hidrógeno de forma sintetizada, consiste en conseguir el logaritmo opuesto de las concentraciones de las mismas (García, 2011).

2.2.7.4. *Conductividad eléctrica*

Según (Bañuelos et al., 2010) es una reacción de transporte donde la carga eléctrica se va a través del sistema.

2.2.7.5. Turbiedad

Según (Galvan Carpio, 2007), es la característica óptica de un líquido frente a la transparencia de material particulado y además, mide el grado de claridad de un líquido.

2.2.7.6. Temperatura del agua residual

Según, (Cortiles Boulevard, 2013) existe un rango de temperatura del agua residual que está entre 20 °C -15 °C , pero cuando esta debajo de 15 °C la eficiencia se ve vulnerado, (Gomez, 1993). Por otro lado, (Jiménez Cisneros, 2001) menciona que un incremento de este parámetro ocasiona solubilidad de las sustancias, generando aumento los sólidos disueltos.

2.2.7.7. Oxígeno disuelto

(Espigares & Pérez, 2001) enseña que los niveles más elevados de DQO muestran mayor cantidad de material orgánico oxidable, lo que disminuye OD.

2.2.7.8. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Según (Rojas, 2002) este indicador es biodegradable y con oxígeno consigue degradar biológicamente la materia orgánica. El contacto de DQO/DBO₅ indica la biodegradabilidad de los líquidos residuales.

Es una cantidad no biodegradable y biodegradable, representada como oxígeno disuelto que necesita organismos aerobios para degradar la materia (WWAP, 2017).

2.2.8. Filtros percoladores o biológicos

Según, (EPA, 2000) es un proceso de tratamiento aerobio que necesita microorganismos y son tipo biológico con medio adherido o asistido (Ministerio del Ambiente (MINAM), 2009), también son considerado como estanques impermeables rellenos con piedras trituradas.

La finalidad de esta unidad es disminuir la carga de materia orgánica desarrollando películas. En este proceso realizar la formación película fija o biopelículas compuesta por microorganismos. (CONAGUA, 2013).

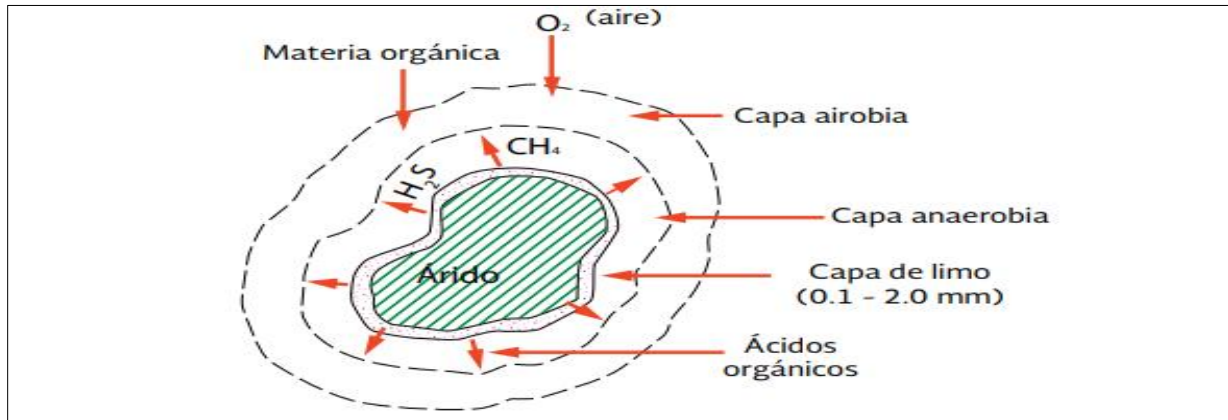


Figura 2: Forma típica de las bacteria (CONAGUA, 2013).

Los filtros biológicos funcionan de la siguiente manera: clarificado en tratamiento primario, y con el espesor del filtro realiza drenaje y se irriga uniformemente en forma de chorros, y la ventilación del drenaje permitirá el intercambio de aire (Komarov, 2018).

2.2.8.1. Partes del filtro percolador

Por otra parte (CONAGUA, 2013) afirma los filtros percoladores son procesos que están conformados por componentes básicos (medio de soporte, Sistema repartidor, drenaje, transferencia, y estructura de contención).

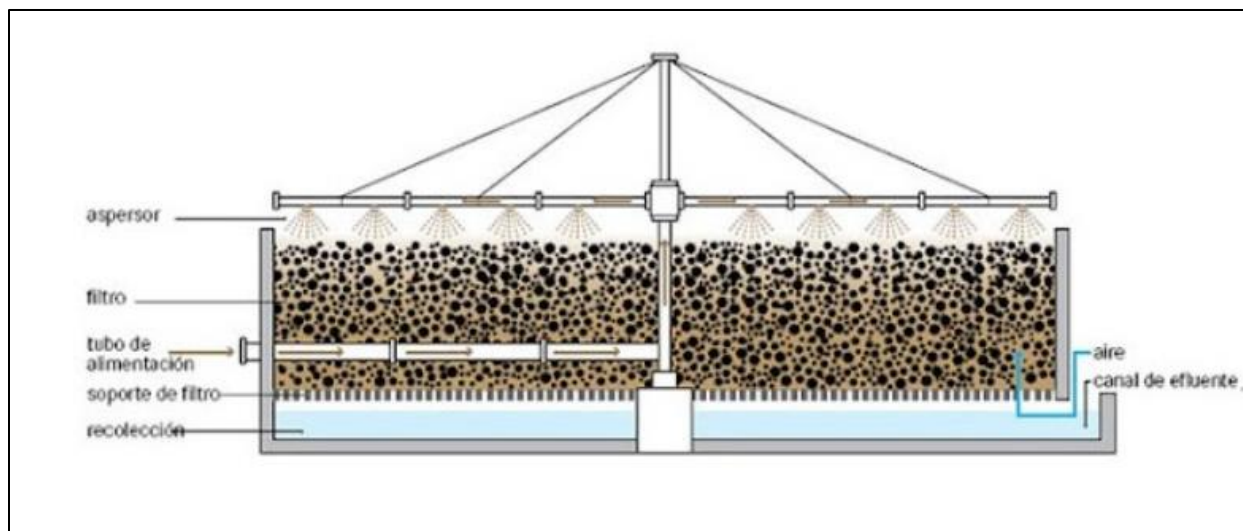


Figura 3 componentes básicos del filtro percolador (blogspot, 2019)

2.2.8.2. Características de filtros percoladores

(Menéndez Gutiérrez & Garcia Zumalacarregui, 2013) enseña que pueden ser tanques de forma rectangular o cilíndrico, que contiene un relleno y utilizan sistemas que añaden incremento de la biomasa sobre los medios de apoyo crecimiento adherido (Naz et al., 2014).

Tabla 4

Características de filtros percoladores (Lozano Rivas, 2016).

Parámetro	Baja	Alta	Muy alta
Carga hidráulica m^3/m^2-d	1-4	10-40	40-200
Carga orgánica de DBO_5 kg/m^3-d	0.08-0.040	0.32-1.0	0.80-6.0
Profundidad (m)	1.5-3.0	2-2.5	4.5-12
Relación de recirculación	0.0	1-3;2-1	01-04
Medio filtrante y tamaño	Piedras escorias, etc. 2.5-13	Piedras, materiales sintéticos 2.5-13	Materiales sintéticos
Superficie específica m^2/m^3	60-70	60-70	80-200
Constante (n) del material	1.5-3.5	1.5-3.5	0.4-0.6

Constante de trazabilidad k	= 2.21 (m*d) ^-0.5 = 0.25 a 2.51 (m*d) ^-0.5		
Espacio vacío	40-60	40-60	94-97
Peso específico (kg/m ³)	800-1450	800-1450	30-100
Carga orgánica para nitrificación (kg DBO ₅ /m ³ *d)	0.1-0.16	0.1-0.5	0.16-0.4
Moscas en el filtro	Muchas	Pocas	Muy pocas
Arrastre de sólidos	Intermitente	Continuo	Continuo
Eficiencia de remoción de DBO ₅ (%)	80-85	50-70	50-85

Tabla 5
Medidas de diseño de filtro, según señala la Norma OS.090-RNE.

Parámetros	Valor	
Quitar DBO	25-30	%
Quita los sólidos en suspensión	70-90	%
Remoción de bacterias	0-2	%
Remoción de helmintos	0-1	%
Eficacia de remoción de DBO soluble	80	%
Piedras pequeñas	25-75	Mm
Piedras grandes	10 y 12	Cm
Pendiente de fondo	1-2	%
	Tipo de carga	
	Baja	Alta
Carga hidráulica m ³ /m ² -d	1.00-4.00	8.00-40.00
Carga orgánica de DBO ₅ kg/m ³ -d	0.80-0.40	0.40-4.80
Hondura (piedra) m	1.50-3.00	1.00-2.00

Medio plástico (m)	Hasta 12	
Relación de circulación	0.0	1.00-2.00

2.2.8.3. Clasificación de filtros percoladores

Para quitar la materia orgánica el principal componente es la adsorción y asimilación biológica en el empaque (Metcalf & Eddy, 1996)

2.2.8.3.1. Filtros percoladores de carga baja

Son los filtros con de volúmenes bajos que haciendo una nitrificación casi completa, pero tiene un defecto lo cual crea olores y proliferación de vectores, por lo general tienen una carga hidráulica constante (Montiel Gonzales, 2001).

2.2.8.3.2. Filtros percoladores de carga alta

Su función es recircular el efluente del clarificador del filtro para conseguir rendimientos óptimos que se asemejan a los de los filtros de baja carga (Metcalf & Eddy, 1996).

2.2.8.3.3. Filtros percoladores de carga muy alta

Tienen cargas entre 0.40-0.8 kg DBO₅ /m³. día con cargas hidráulicas con caudal medio, por encima a las que se tendría si se trabaja a baja carga. La eficiencia que se alcanza en DBO₅ está entre el 60-70 %, cuando existan efluentes (España Leal et al., 2017).

(Montiel Gonzales, 2001) señala que la diferencia está en la profundidad y carga hidráulica. Factores que afectan el diseño y rendimiento de filtros percoladores

2.2.8.4. Factores que afectan en el diseño y rendimiento del filtro

2.2.8.4.1. Características del afluente

Un dato significativo es conocer la carga orgánica soluble con respecto a la DQO soluble biodegradable, los filtros percoladores oxidación bioquímicamente y mediante reducción celular (España Leal et al., 2017).

2.2.8.4.2. *El pretratamiento – tratamiento primario*

Es importante para el diseño de los filtros, requiere instalar rejillas estos sistemas (España Leal et al., 2017).

2.2.8.4.3. *Distribución del caudal*

Permite priorizar la dosificación al volumen de aguas para el tratamiento (España Leal et al., 2017).

2.2.8.4.4. *Cargas hidráulicas y orgánicas*

La carga orgánica volumétrica es primordial para verificar el TRH se puede apreciar en la dosis de lodo acumulado (España Leal et al., 2017).

2.2.8.4.5. *Tipos de medios filtrantes*

(Araujo Becerril, Laura Azaira Hernández García et al., 2019) menciona “*El medio filtrante es un material ideal de soporte por lo cual debe tener bastante área y volumen, y sea económico y sostenible con el ambiente*”.

Tabla 6
Características físicas de los medios de filtros percoladores (Romero Rojas, 2008).

Empaque	Tamaño	Masa/unidad de volumen kg/m³	Superficie específica m²/m³	Volumen de vacío (%)
Grava de río	Pequeña	25-65	1250-1450	55-70
	Grande	100-130	800-1000	40-50

Escorias del horno	Pequeña	50-80	900-1200	55-70	40-50
	Grande	75-125	800-1200	45-60	50-60
Plástico	Convencional	600*600*1200	30-100	80-100	94-97
	Alta superficie específica	600*600*1200	30-100	100-200	94-97
Madera de pino		1200*1200*500	150-175	40-50	70-80

2.2.8.4.6. *Profundidad de filtro percolador*

Son medios de soporte sintetizado mayormente están contruidos con profundidad de 5 a 8 m, pero existe estudios hasta 12.8 m, pero la altura se verá reflejado en su estética(España Leal et al., 2017).

Algunos investigadores controlan el volumen, sin importar la profundidad (Brown y caldwell), otros expresan que mejora según la profundidad (Parket, 1984).por otra parte, los mentores añaden que a mismo volumen y mayor altura es mejor el rendimiento (Logan, 1987).

2.2.8.4.7. *Ventilación*

Es fundamental en condiciones aerobias para asegurar un tratamiento eficaz.

2.2.8.4.8. *Temperatura*

Este indicador influye en la eficacia porque daña el recorrido del sustrato y la efectividad de la ruptura solido líquido (CONAGUA, 2013, pág. 33).

2.2.8.5. *Construcción de filtros*

2.2.8.5.1. *Forma de filtro*

(CONAGUA, 2013) cita la mayoría de las plantas tienen distribuidores rotativos, y generalmente son circulares, sin embargo existen filtros hexagonales, octogonales y rectangulares.

Los filtros circulares son sistemas móviles, en donde el giro puede alcanzarse por carga hidráulica sin necesidad de motores, mientras que los fijos pueden colocarse en filtros rectangulares.

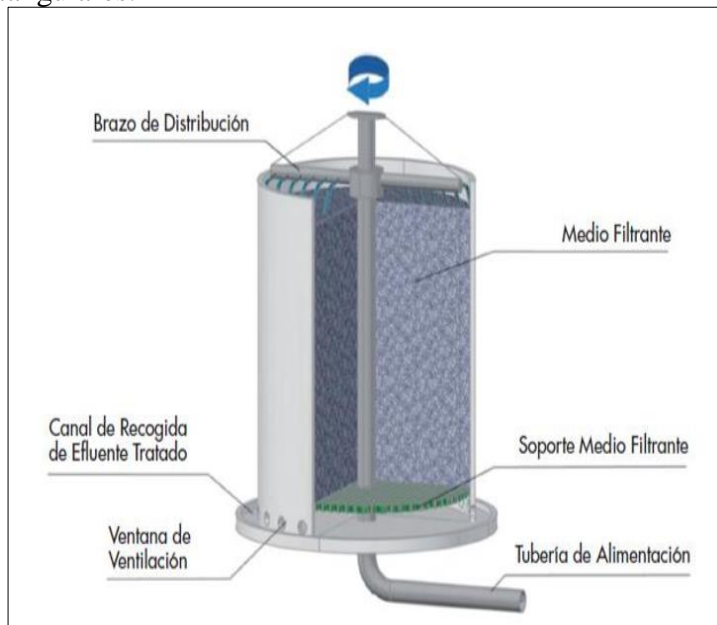


Figura 4: Filtro Percolador con sistemas Móviles (C. Castro, 2017, pág. 1).

Los filtros percoladores con alimentación fija deben tener sistema de distribución desmontable, facilitando la limpieza del filtro en caso de atascamiento. Así mismo se recomienda la alimentación por gravedad para ahorrar bombas y consumo de energía, también ayudará a realizar las operaciones de lavado del filtro, para mantenerlo sin obstrucciones (C. Castro, 2017, pág. 4).



Figura 5: Filtro percolador rectangular, alimentado por gravedad, con distribución fija (C. Castro, 2017, pág. 4).

2.2.8.5.2. Paredes

Este parámetro influye en diseño normalmente tiene espesor de 0.2 a 0.3 m., para seleccionar el material para esta estructura se debe tener consideración la economía y la resistencia a fugas.

2.2.8.5.3. Inundación

Las paredes deben ser impenetrables y el canal de drenaje debe estar suministrado de puertas.

2.2.8.5.4. Domos

Es aconsejable cubrir los filtros para aguantar el aire de la ventilación de las torres de lavado química.

2.2.8.5.5. Drenaje

El suelo del filtro debe ser apto y reforzado entre 100 y 200 mm para soportar el drenaje de agua.

2.2.8.5.6. *Estructura de soporte*

El empaque en general posee gravas y arenas de gran tamaño, pero existen otro material más sostenibles y económicos como PVC, polímeros, bambú entre otro más que logran buena remoción (Naz et al., 2014)

2.2.8.5.7. *Canal recolector*

Es encargado de conducir el flujo de agua y producir ventilación.

2.2.8.5.8. *Especificaciones del medio de soporte*

El medio de soporte presidirá por los materiales que hay en la localidad y tipo de investigación y/o a realizar

2.2.8.6. ***Mecanismos Físicos-Químicos y Microbiológicos en el tratamiento de aguas residuales con Filtros percoladores***

2.2.8.6.1. *Mecanismos físicos*

La ruptura del líquido consiste en procesos físico por lo general funcionan con gravedad, requiere evaporación, presión y centrifugación (Bassan et al., 2005).

2.2.8.6.2. *Mecanismo Químicos*

Agregando ciertos químicos para realizar la floculación y la efectividad en la sedimentación (Bassan et al., 2005).

2.2.8.6.3. *Mecanismo Microbiológicos*

Prevalecen las bacterias facultativas, su función es depurar todo lo orgánico (Yucra Yucra, 2016).

2.2.8.7. Eficiencia de un Filtro percolador

La eficiencia resulta importante prever la confiabilidad de la operación por su propia naturaleza (Izquierdo Kulich & Menéndez Gutiérrez, 2002).

La eficiencia depende del total de contaminación depurado dentro del filtro, por otro lado, la confiabilidad se evalúa de acuerdo a lo que se reúne a la salida, esto debe ser menor lo que está permitido (Izquierdo Kulich & Menéndez Gutiérrez, 2002).

2.2.9. Aserrín de madera

Son partículas provenientes de fibras de celulosa unidas con lignina (Montiel Gonzales, 2001).

Según (España Leal et al., 2017) el aserrín en la actualidad es un empaque están utilizando los investigadores por sus propiedades de encimas, y origen biológico permite el incremento de microorganismos del agua residual mediante procesos metabólicos.



Figura 6: Aserrín de madera (García Cepeda, 2012).

2.2.9.1. Características de aserrín de madera

Según (Cruz de León, 2011, pág. 15) los componentes principales de las maderas son los compuestos extraíbles (3 al 7 %), holo celulosa (65 a 75 %) y lignina (20 a 30 %)

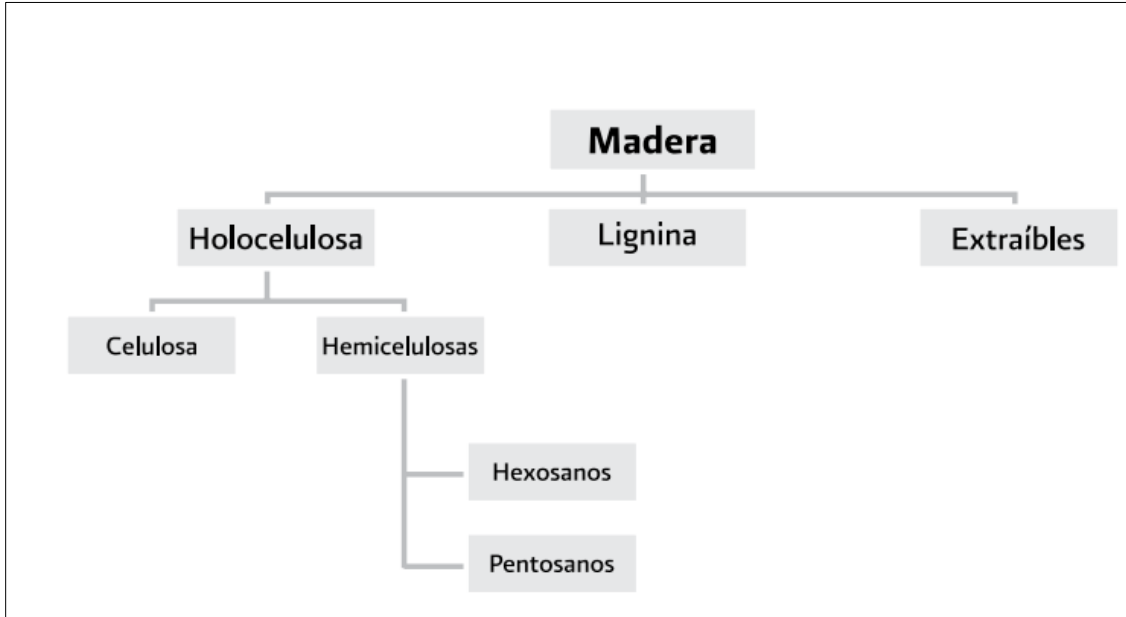


Figura 7: Composición química general de madera (Cruz de León, 2011).

2.2.10. Fibra de coco

Es originaria en Tailandia con la mayor producción, asimismo se afirma que se encuentra en caribe. Se obtiene de la corteza de su fruto, el cual es el objeto principal de su cultivo que contiene su pulpa comestible, por lo tanto mayormente la fibra es tratada como desecho (Gallardo Sinchiguano, 2017).

2.2.10.1. Características y propiedades de fibra de coco

Es un subproducto que al cumplir su primera función de frutal es reconocido como desecho orgánico.



Figura 8: Características de coco (Premier Horticulture Ltd., 2022).

Tabla 7

Propiedades físicas de la fibra de coco (Gallardo Sinchiguano, 2017).

Contenido de humedad %	Contenido de ceniza %	Contenido de carbono %	Absorción de agua %	Diámetro promedio (um)	Densidad g/cm ³
27.1	5.1	51.5	169	397	1.29

Tabla 8

Propiedades mecánicas típicas de las fibras naturales (Gallardo Sinchiguano, 2017, pág. 11).

Tipo de fibra	Longitud	Diámetro	Densidad absoluta g/cm ³	Módulo de elasticidad Gpa	Resistencia última a la ruptura Mpa	Elongación a la ruptura %	Absorción de agua %
Yute	1800-3000	0.10-0.20	1.02-1.04	26-32	250-350	1.5-1.9	62

Lino	500	-	-	100	1000	1.8-2.2	-
Bambú	2500-3500	0.5-0.40	1.52	33-40	350-500	-	40-50
Caña de azúcar	50-300	0.20-0.40	1.20-1.30	15-19	170-290	-	70-75
Plátano	-	0.43	0.298	1.4	92	5.9	276
Coco	50-350	0.10-0.40	1.12-1.15	19-26	120-200	10-25	130-180

2.2.11. Grava

Se designa grava a las rocas y también pueden ser naturales. (*La Grava - Materiales de Construcción*, 2012) asimismo contribuyen en la distribución del líquido (Carbotecnia, 2004).



Figura 9: Gravas (*La Grava - Materiales de Construcción*, 2012).

2.2.11.1. Características de la grava

La función principal de las gravas es brindar apoyo para detener impurezas.

Tabla 9

Características físicas de las gravas (Carbotecnia, 2004).

Contenido de humedad %	Contenido de ceniza %	Densidad g/cm ³
------------------------	-----------------------	----------------------------

< 2.36	5	2.5
2.36 – 25.4	17.5	2.5
> 25.4	25	2.5

Tabla 10
Tipos de gravas (Oocities, 2009).

Material	Diámetro (pulgadas)	Espesor (pulgadas)
Grava	1 ½ a ¾	8
Arena	0.55 a 0.45 mm	20 a 24

2.2.12. Tratamiento de purga de lodos del filtro percolador

Las medidas a considerar para el diseño de digestor de lodos de filtro percolador se aprecia en las tablas posteriores:

Tabla 11
Temperatura y factor de capacidad relativa, basado en la Norma Técnica Peruana OS.090.

Temperatura (°C)	Factor de capacidad relativa (fcr)
5	2.0
10	1.40
15	1.00
20	0.70
> 25	0.50

Tabla 12

Producción de lodos en litros por persona y por día (Metcalf and Eddy, 1995).

	Lodos nuevos (l/p/hb)	Lodos digeridos (l/p/hb)	Lodos secos (l/p/hb)
Sedimentación primaria	1.09	0.30	0.10
Filtros biológicos	1.50	0.50	0.15
Lodos activados	1.80	0.80	0.20

Tabla 13

Tiempo de digestión según Temperatura del ambiente, basado en la Norma Técnica Peruana OS.090.

Temperatura (°C)	Tiempo de digestión (días)
5	110
10	76
15	55
20	40
> 25	30

Los fangos penetrados deberán retirarse habitualmente para valorar remoción de lodos, así calcular en base a estos tiempos referenciales de digestión limos frescos y limos digeridos. Acto seguido en un tiempo de primer retiro se deberá tener paciencia doblemente de digestión para su posterior extracción.

3. CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción de lugar de ejecución

Este estudio se realizó en la Asociación de Carapongo “Los Viques” ubicado en Mz B lote 1, Distrito Lurigancho - Lima. Con coordenadas UTM:

- Este: 297327.
- Norte: 8672809.
- Altitud: 471 msnm.

Para la ubicación de la investigación se empleó el software ArcGis, 2019 que permitió ubicar geográficamente el lugar de ejecución, ver Anexo 1.

3.1.1. Factores climatológicos del lugar

El dato climatológico se obtuvo según los registros de SENAMHI de la estación más cercana al lugar de ejecución de la investigación.

3.1.1.1. *Temperatura*

Al Este de Lima, existe una Estación Meteorológica del SENAMHI, ubicada en el Distrito de Lurigancho cuyos datos se presentan a continuación:

- Estación: Ñaña – 111023
- Altitud: 543 m.s.n.m.
- Estado: funcionando.

Según la data de la estación más próxima, la temperatura media multianual en promedio comprendida entre los años 2019 fue de 22.9 °C; la temperatura máxima registrada fue el tercer mes del año con 27.6 °C y la mínima se registró en el séptimo mes con 19 °C.

Tabla 14

Determinación y proyección de la población del distrito de Santa Eulalia (SENAMHI, 2019).

temperatura	Ene	Feb	Mar	Abr	Mar	Jun	Jul	Agos	Set	Oct	Nov	Dic	T° prom
T° media	25.8	27.2	27.6	26.6	21.6	19.2	19	20.4	19.2	22.6	24.4	21.4	22.9

Tabla 15

Resumen de Temperatura anual (SENAMHI, 2019).

Temperaturas (°C)	
Temperatura promedio	22.91
Temperatura máxima	27.2
Temperatura mínima	19

3.1.1.2. Precipitación

Los registros de precipitación durante los años 2019, y en el mes de Setiembre se produjo la máxima precipitación de 2.4 mm, registrándose promedio anual de 0.39 mm.

Tabla 16

Precipitación Media mensual (SENAMHI, 2019).

Precipitación	Ene	Feb	Mar	Abr	Mar	Jun	Jul	Agos	Set	Oct	Nov	Dic	Prec. prom
Precipitación media	0.7	1.6	0	0	0	0	0	0	2.4	0	0	0	0.392

3.2. Tipo de investigación

La presente investigación fue de tipo aplicativo y tecnológico, debido a que impulsó a utilizar la fibra de coco para tratar el agua residual proveniente de la vivienda. Así mismo el estudio fue tipo:

Descriptivo: Se interpretó e investigó los resultados obtenidos aplicando el empaque a base de fibra de coco.

Cuantitativo: se consiguió datos mediante el análisis y medición de los parámetros Temperatura, pH, Turbiedad, Oxígeno Disuelto, Aceites y grasas, Conductividad, DBO₅, DQO y Coliformes Termotolerantes, Solidos Suspendidos Totales y Solido Disuelto Total.

3.2.1. Diseño de investigación

Existen diseño experimental y no experimental (Los experimentos puros, pre-experimentos y cuasi experimentos).

La presente investigación desarrolló diseño pre -experimental puro porque se manipulo deliberadamente las variables. Es decir, el agua residual del efluente de un biodigestor ingresó al filtro percolador para cumplir con su debido tratamiento, para finalmente ser analizado y comparado los resultados con la normativa vigente. El esquema del diseño tiene la siguiente nomenclatura:

G – O₁ – O₂ – X

- G: Grupo de experimento.
- O₁: Pre prueba en el efluente del biodigestor.
- O₂: Post prueba en el efluente de filtro percolador.
- X: Tratamiento.

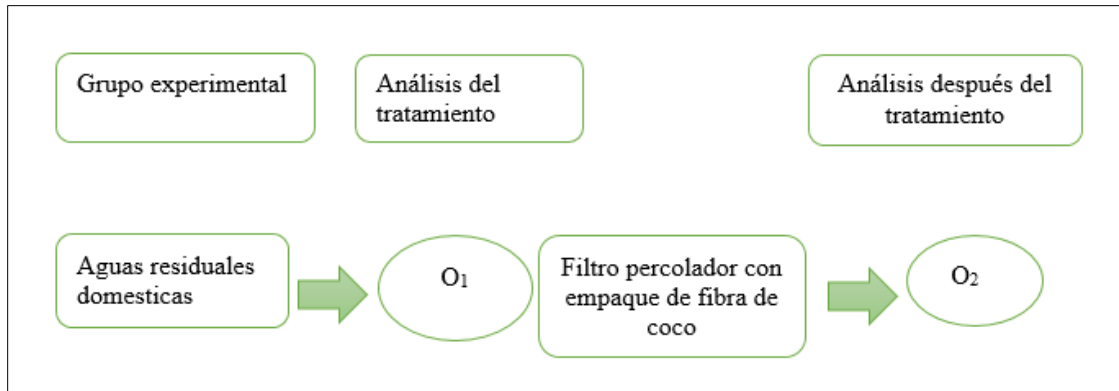


Figura 10: Diseño de investigación.

3.2.2. Población y muestra

3.2.2.1. Población

Fue el aserrín y la fibra de coco que se usó en el tratamiento de aguas residuales.

3.2.2.2. Muestra

El mecanismo de diseño fue orientado al empleo de material de empaque, en estructuras de filtros percoladores con fibra de coco.

3.2.3. Variables de estudio

3.2.3.1. Variables independientes

Sistema de filtro percolador con empaque de fibra de coco.

3.2.3.2. Variables dependientes

- Parámetros fisicoquímicos (Oxígeno, pH, Temperatura, Turbiedad, Conductividad, Aceites y Grasas, SST, OD, DQO y DBO5, TDS).
- Parámetros Microbiológicos (Coliformes Termotolerantes).

3.2.3.3. Variables intervinientes

- Temperatura ambiental.

- Humedad relativa.

3.2.4. Formulación de hipótesis

3.2.4.1. *Hipótesis nula*

Sistema filtros percolador con empaque de fibra de coco no tiene eficiencia en la remoción de los contaminantes (Aceites y Grasas, SST, DQO, DBO₅, turbidez, pH, Conductividad, OD, TDS, Coliformes Termotolerantes) del agua residual domestica de un biodigestor.

3.2.4.2. *Hipótesis alterna*

Sistema filtros percolador con empaque de fibra de coco tiene eficiencia en la remoción de los contaminantes (Aceites y Grasas, SST, DQO, DBO₅, turbidez, pH, Conductividad, OD, TDS, Coliformes Termotolerantes) del agua residual domestica de un biodigestor.

3.3. Materiales y equipos

Tabla 17

Materiales, Herramientas e equipos utilizados en la ejecución de la investigación.

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad
1	Materiales para diagnostico en campo		
1.1	Tablero	1	Unidad
1.2	Lapicero	1	Unidad
1.3	Hojas bond	2	Hojas
2	Materiales y herramientas para aforo de caudal		
2.1	Cemento Sol	4	Bolsas
2.2	Fierro ½	2	Unidades
2.3	Madera mdf	1	Plancha
2.4	Arena fina	½	m ³

2.5	Piedra chancada	½	m ³
2.6	Cronometro	1	Unidad
2.7	Lapicero	1	Unidad
2.8	Cuaderno de campo	1	Unidad
2.9	Tubo de desagüe 2"	50	cm
2.10	Llave de 2"	1	Unidad
2.11	Cinta teflón	1	Unidad
2.12	Pico	1	Unidad
2.13	Pala	1	Unidad
2.14	Barreta	1	Unidad
3	Materiales, herramientas y equipo para construcción de filtro percolador		
3.1	Cilindro de 55 galones	2	Unidades
3.2	Tubo de 2" de PVC para desagüe	4	Unidades
3.3	Llave 2"	2	Unidades
3.4	Cinta teflón	4	Unidades
3.5	Sicaflex para metal de 300 ml	2	Unidades
3.6	Madera estructurada	1	Unidad
3.7	Fibra de coco	2	Sacos
3.8	Aserrín de madera	½	Saco de 80 kg.
3.9	Grava	1	-
3.10	Arena fina	1	-
3.11	Plano	1	Unidad
3.12	Lapicero	1	Unidad
3.13	Cuaderno de campo	1	Unidad
3.14	Codos 2"	5	Unidades
3.16	Tee	1	Unidad

3.16	Pico	2	Unidades
3.17	Barreta	1	Unidad
3.18	Palas	2	Unidades
3.19	Cemento Sol	1	Bolsa
4	Materiales, herramientas y equipos para monitoreo y análisis de agua		
4.1	Vaso precipitador de 500 ml	1	Unidad
4.2	Vaso precipitador de 20 ml	2	Unidad
4.3	Multiparámetro marca “HANNA”	1	Unidad
4.4	Celular	1	Unidad
4.5	Lapicero	2	Unidades

3.4. Metodología

La presente investigación se desarrolló en 5 fases; Diagnostico de campo y aforo de caudal, diseño y construcción del filtro percolador, periodo de arranque, Operacional, finalmente análisis estadístico.

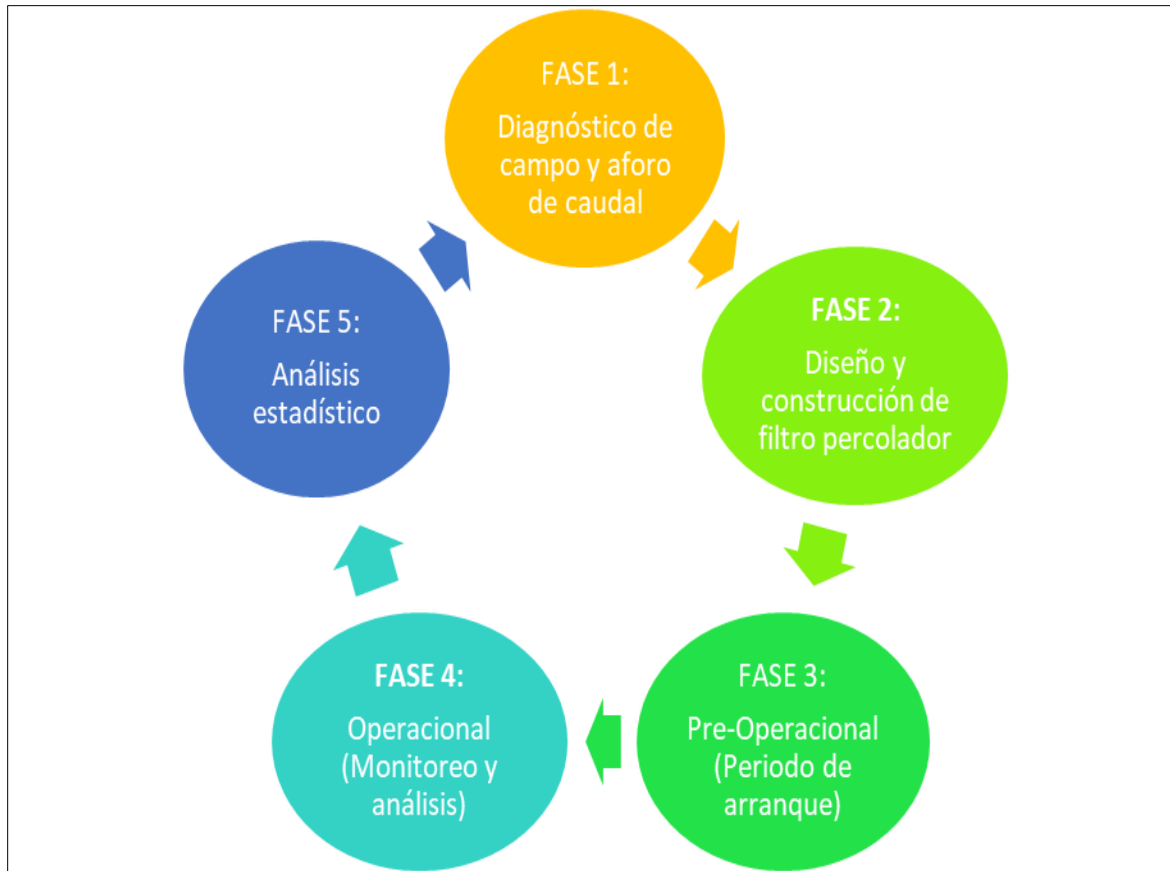


Figura 11: Fases de la metodología implementada.

A continuación, se detalla cada Fase del procedimiento experimental, el cual tuvo como fin “evaluar la eficiencia del filtro percolador utilizando fibra de coco para dar tratamiento a las aguas residuales”. Es importante indicar que el proyecto se desarrolló en plena emergencia de la pandemia por la COVID-19, enfermedad que perjudica nuestro país y a nivel mundial desde inicios de marzo del año 2020.

3.4.1. Diagnóstico de campo y aforo de caudal

Cuando se realizó estudio de campo se verificó la existencia de sistema de tratamiento primario, que remueve materiales en suspensión en un porcentaje del 60 a 70% de SST y hasta un

porcentaje de 30% de la DBO. Normalmente se utilizan fosas sépticas o tanques Imhoh (Ministerio del Ambiente (MINAM), 2009).

El biodigestor funciona como un procesador sin oxígeno de agua residual que se sitúa bajo el suelo.



Figura 12: Biodigestor en funcionamiento

Cuando se realizó diagnóstico de campo para implementar el proyecto se encontró un biodigestor en funcionamiento como tratamiento primario, la fuente de este sistema de tratamiento termina en subsuelo debido a la de pendiente de terreno. Así mismo se realizó mantenimiento para su posterior aforo de caudal e ingreso al filtro percolador.

Por otra parte, se realizó aforo del caudal por el método directo, porque nos brinda información verdadera y exacta acerca de las características de la cantidad de agua residual del lugar, para el cual se construyó la planta de tratamiento de aguas residuales.

Para medir el aforo de caudal se empleó el método volumétrico.

$$Q = \frac{V}{T}$$

Donde:

- Q = Caudal (m^3/seg).
- V = Volumen del recipiente (m^3)
- T = Tiempo en llenar el recipiente (s)

Para el caudal máximo horario de diseño, se usó el método directo realizando los cálculos con la siguiente formula:

$$Q_{\text{máxhor}} = (k * Q_{\text{prom}}) = 1.8 * Q_{\text{máxhor}}$$

Donde:

- $Q_{\text{maxhor.}}$ = Caudal máximo horario (m^3/seg).
- $K_{\text{min.}}$ = Caudal mínimo horario (0.5).

Para el aforo de caudal se elaboró una estructura de concreto con capacidad de almacenamiento de 1500 litros de volumen.



Figura 13: Tanque de concreto de 1500 l de volumen.

Se realizó el aforo de caudal durante 7 días para obtener dato verídico, obteniendo el caudal promedio de diseño 171.42 l/día.

3.4.2. Diseño, construcción e implementación del tratamiento de agua residual doméstica utilizando filtro percolador

La Planta de tratamiento se diseñó para una vivienda con 5 habitantes, donde no tienen una red de alcantarillado, por lo cual se diseñó y se instaló el sistema de filtro percolador basado en el

RNE específicamente la Norma OS.090 y en principal por experiencias observadas de otros investigadores.

Se diseñó 1 filtro percolador de forma circular, tipo aerobio y de carga baja con flujo ascendente, de manera que se utilice la gravedad de la tierra para que el agua residual pueda recircular. Al interior y exteriores donde se ubicó el filtro, se encuentra tanque de concreto en forma prisma cuadrangular regular 1x1 m y de altura 1.5 m. El filtro está a base de 2 cilindros metálicos de espesor 0.9 mm, diámetro 0.585 m, altura de 1.75 m, área 0.269 m² y con volumen de 0.470 m³. En el centro de cilindro cuenta con tubo de 4", altura de 2 m y aperturas en círculos para que pueda circular el agua y oxigenar hacia afuera el olor.

Por otra parte se tiene 135 cm de empaque y cada uno ocupando 35 cm, como primer empaque esta piedras del rio de 8 a 10 cm de tamaño y grava de 1 1/2", a continuación de ello viene fibra de coco, luego aserrín de marera, posterior a ello se vuelve colocar fibra de coco con altura de 10 cm y finalmente se colocó arena fina de 20 cm dejando 40 cm de altura libre para circulación de agua y pasar al siguiente tratamiento de sedimentador que se acondiciono. Para las conexiones de ingreso y salida de agua se usó tubería PVC de 2", codos de 90 y válvulas de 2".

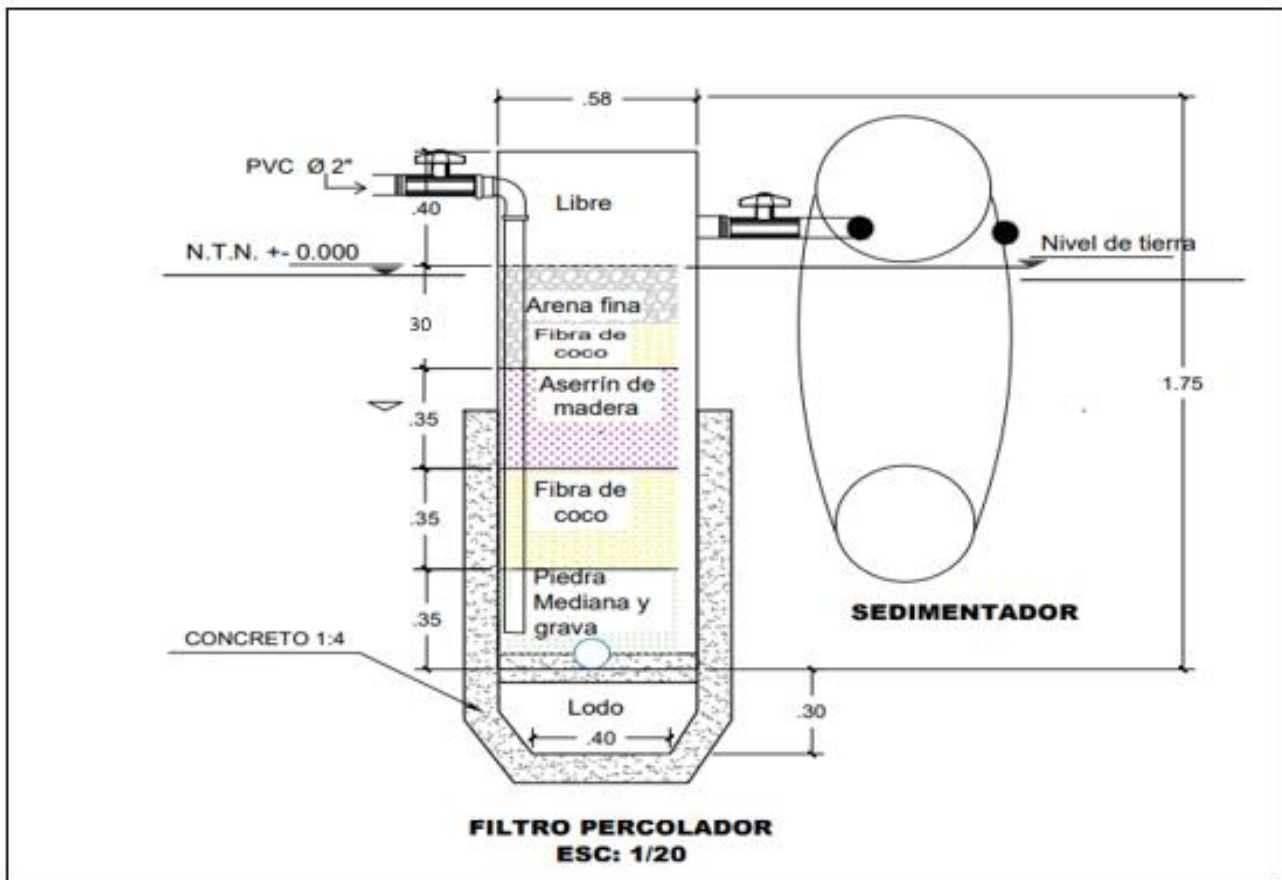


Figura 14: Diseño de filtro percolador de vista corte.

3.4.2.1. Diseño de parámetros de operación del filtro percolador

En un filtro percolador los parámetros de operación son importantes para verificar su eficiencia.

3.4.2.1.1. Área del filtro percolador

Se utiliza para calcular el área en m se utilizó la Ecuación 1:

$$AT = \frac{V}{H} \quad \text{ecuación 1}$$

Donde:

- $AT = \text{Área de filtro en m}^2$.

- V_f = Volumen del filtro en m³.
- H = Altura total del filtro en m.

3.4.2.1.2. *Volumen del filtro percolador*

Para determinar el volumen en m³ o litros se empleó la Ecuación 2:

$$V_f = \pi h R^2 \quad \text{ecuación 2}$$

Donde:

- V_f = Volumen de filtro m³.
- H = Altura de filtro.
- R = Radio de cilindro.

3.4.2.1.3. *Carga orgánica total*

Para calcular la carga orgánica se utilizó la Ecuación 3:

$$COT = DBO_5 * Q_{prom} \quad \text{ecuación 3}$$

Donde:

- COT = Carga orgánica.
- $Q_{prom.}$ = Promedio del caudal.
- DBO_5 = Demanda bioquímica de oxígeno.

3.4.2.1.4. *Carga orgánica (CO)*

Para calcular la carga orgánica se utilizó la Ecuación 4:

$$CO_v = \frac{COT}{VF} \quad \text{ecuación 4}$$

Donde:

- CO = Carga orgánica.
- COT = Carga orgánica total.
- VF = Volumen de filtro.

3.4.2.1.5. Carga hidráulica

Se utilizó la Ecuación 5 para medir la carga volumétrica:

$$CV = \frac{Q_{prom}}{AF} \text{ ecuación 5}$$

Donde:

- CH = Carga hidráulica m³/m².dia.
- Q_{prom.} = Caudal empírico o promedio.
- VF = Volumen del filtro m³.

3.4.2.1.6. Velocidad de filtración

Para calcular la velocidad de filtración se utilizó la Ecuación 6:

$$Ve = CH * e \text{ Ecuación 6}$$

Donde:

- Ve = Velocidad de filtración.
- CH = Cargas hidráulica.
- E = Espesor del medio filtrante.

3.4.2.1.7. Eficiencia del sistema de filtros

Se empleó la Ecuación 7 para calcular el porcentaje de eficiencia (E) del sistema de filtros:

$$E = \frac{S_o - S_f}{S_o} * 100 \text{ Ecuación 7}$$

Donde:

- S_o DBO5 % = Cantidad del perímetro en el afluente (Biodigestor).
- S_f DBO5 % = Cantidad del parámetro en el afluente (Sistema de filtro).

3.4.2.2. *Dimensionamiento del digestor de lodos*

Se diseñó el digestor de lodos en forma trapezoide en a nivel de ubicación de la base del cilindro. Lo pendientes del trapezoide tiene 60° ambos lados en eje horizontal.

Tabla 18

Datos para dimensionamiento de digestor de lodos según la Norma Técnica Peruana OS.090.

Descripción	Valor
Altura del filtro percolador	1.70 m
Altura de purga de lodos	0.60 m
Ancho	0.40 m
Tiempo de digestión a temperatura de 27 °C	30 días
Población futura	5 habitantes
Factor de capacidad a temperatura de 27 °C	0.50

3.4.2.3. *Volumen de almacenamiento y digestión de lodos (m³)*

Según la Norma OS. 090 RNE, se considera el separamiento de lodos una cantidad de 70 litros por cada habitante para temperaturas de 15°C. Para temperaturas diferentes se debe multiplicar al volumen unitario por un factor de capacidad.

$$v_a = \frac{V_o * P * fcr}{1000m^3} = \frac{(70 * 0.50) * 5}{1000} = 0.21m^3$$

Donde:

- V_0 = Volumen de digestión 70 (1/hab) a 15 °C, según RNE.
- Fcr = Factor de capacidad relativa, según RNE.
- P = Población futura (hab.).

Para retiro de lodos se conectó una tubería de 4" hasta llegar al secado de lodos específicamente a la cámara de lecho de y para su retiro de lodos húmedo se tomó temperatura mínima del lugar de ejecución equivalente de 15° Celsius, haciendo el retiro de lodo húmedo cada 2 meses.

Finalmente, una vez diseñado se ha construido el filtro percolador para implementar y poner en marcha para la prueba hidráulica y periodo de arranque.



Figura 15: Filtro percolador implementado.

3.4.3. Periodo pre operacional de filtro percolador

Antes de poner en funcionamiento el filtro percolador se realizó la prueba hidráulica con capacidad de 470 litros. La prueba fue iniciada fue una vez que se apartó la válvula de control que se encuentra antes del filtro percolador. Se dejó por 2 días consecutivos la retención de agua en el filtro con la finalidad de verificar fuga en las tuberías y el cilindro.

Se realizó aforo de caudal al ingreso del filtro percolador con el método volumétrico obteniendo 144 l/día y 0.0016667 l/s, el cual se mantuvo constante teniendo el mismo caudal en el efluente del filtro percolador.

fue de un (01) día el tiempo de retención hidráulica del filtro percolador.

Tabla 19
Resumen de diseño y funcionamiento de filtro percolador

Descripción	Valor
Caudal de diseño	171 l/día
Caudal de tratamiento	144 l/día
Tiempo de retención hidráulica	24 horas
Energía utilizada	Gravedad
Operación ejecutada	Filtración biológica
Temperatura	Ambiente
Elemento filtrante principal	Fibra de coco
Elementos complementarios	Aserrín de madera, arena fina, grava y piedras medianas
Tipo de flujo	Vertical – ascendente
Forma de filtro	Circular
Diámetro	0.58 m
Altura	1.75 m
Fluido de contacto	Agua residual doméstico
Materiales de construcción	accesorios PVC, Metal y plástico

El periodo arranque fue durante un mes calendario, el período mínimo que se necesita para adaptar las películas de bacterias adheridas en el lecho filtrante de fibra de coco, aserrín de

madera y arena fina, en el tiempo de arranque influyo bastante el empaque se utilizó, porque se ha extraído muestras para análisis de pH y Solidos Disueltos totales.



Figura 16: Periodo de arranque del filtro percolador.

3.4.4. Muestreo o monitoreo de los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos de agua

El monitoreo nos permite seguimiento y verificación de los parámetros físicos, microbiológicos y químicos de la calidad del agua, entonces para llevar acabo se desarrolló en tres etapas.

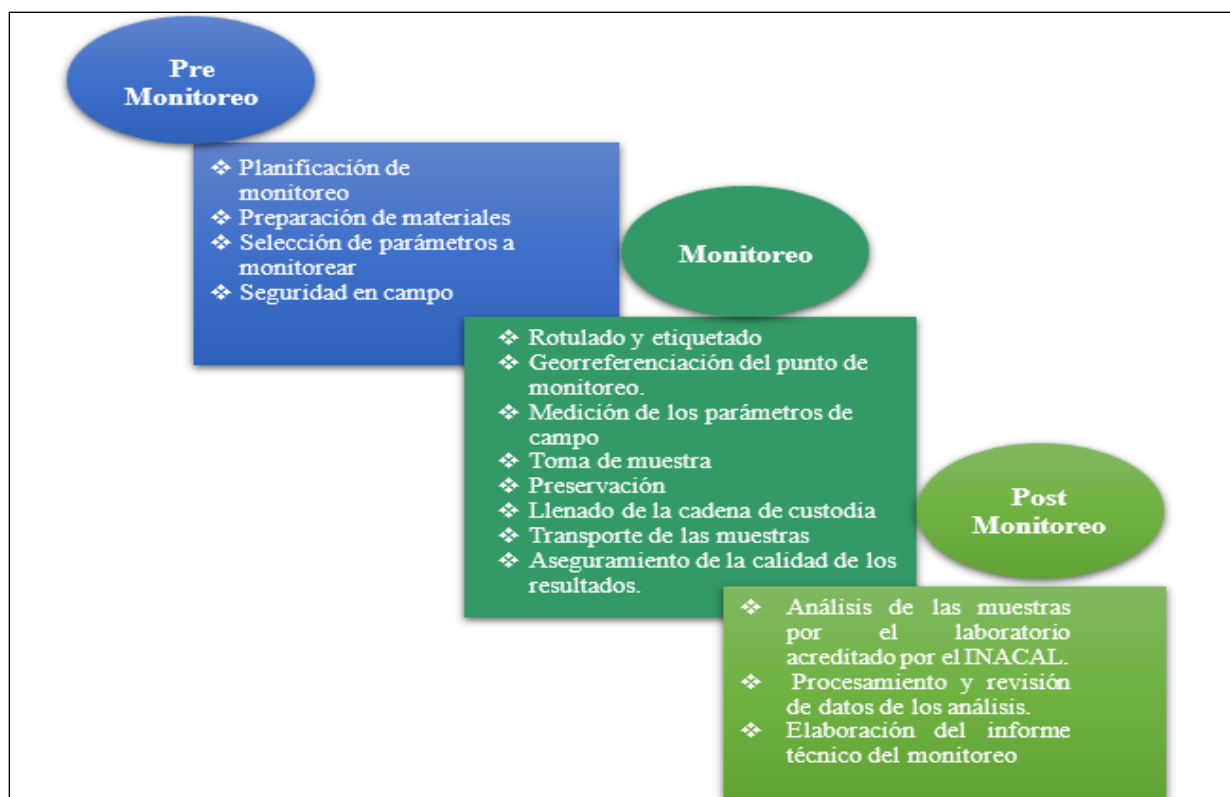


Figura 17: Etapas de monitoreo.

Para el monitoreo del tratamiento de aguas residuales domésticas se empleó el Protocolo de Monitoreo de aguas residuales el cual se aprobó mediante RM N° 273-2013-Vivienda / VMCS. Asimismo, se usó procedimiento de muestreo de agua facilitada por el laboratorio.

- Método estándar para la evaluación del agua y el agua residual -APHA-AWWA-WEF, 23rd Ed – 2017.
- Protocolo Nacional para Monitorear la Calidad de las Aguas Superficiales (RJ N° 010-2016-ANA).
- Clasificación de matriz agua para ensayos de laboratorio NTP 214.042:2012.

Se realizó monitoreo de los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos tomando muestra en el afluente del filtro percolador como pre tratamiento y en el efluente del filtro percolador como post tratamiento.

Los parámetros químicos y físicos monitoreados en in situ fueron la Temperatura, pH, TDS y Conductividad, para esto se utilizó un multiparámetro portátil marca HANNA, el cual fue calibrado antes de iniciar el análisis. Para hacer análisis se tomó muestra con vaso precipitador de 500ml, luego se traspasó una porción de muestra a vaso precipitador de 20ml para ser analizado. El periodo de análisis fue diario por 30 días hábiles, así mismo al día se analizó tres veces en horario de mañana, mediodía y tarde; este procedimiento se desarrolló en el efluente y afluente del filtro.

Los parámetros microbiológicos y físico-químicos (Turbidez, Oxígeno disuelto, Grasas y Aceites, SST, DBO₅ y Coliformes Termotolerantes) fueron analizados 1 sola vez en el afluente del filtro percolador para obtener dato de Pretratamiento. Mientras para el efluente del filtro percolador se tomó muestra una vez a la semana durante 1 mes. La muestra se mandó laboratorio acreditado por INACAL para ser analizados. Las muestras para cada parámetro se tomó según especifica la tabla 20, posteriormente para ser transportado al laboratorio.

Tabla 20
Lineamiento de toma de muestra.

Parámetro	Tipo de envase	Cantidad / volumen	Preservación y condiciones de almacenamiento
Turbidez	Plástico ámbar	100 ml	Refrigerar ≤ 6 °C
Solidos suspendidos totales	Plástico o vidrio	1 L	Refrigerar ≤ 6 °C
Aceites y grasas	Vidrio ámbar, boca ancha	1 L	Adicionar 20 gotas de H ₂ SO ₄

DBO ₅	Plástico	1 L	Llenar completamente la botella sin dejar burbujas y refrigerar ≤ 6 °C
DQO	Plástico o vidrio	100 ml	Adicionar 10 gotas de H ₂ SO ₄
Oxígeno disuelto	Plástico	500 ml	-
Coliformes termotolerantes	Plástico estéril	250 ml	Refrigerar < 10 °C sin congelar, no llenar completamente, dejar 2.5 cm de espacio

Una vez tomada las muestras se ejecutó el relleno de la cadena de custodia para transportar en un cooler hasta entregar las muestras al laboratorio.

3.4.5. Análisis de la muestra

La metodología usada para análisis de los parámetros microbiológicos y físico-químicos (Oxígeno disuelto, Turbidez, Grasas y Aceites, SST, DBO₅ y Coliformes termotolerantes) se desarrolló según la Tabla 20.

Tabla 21
Metodología utilizada por laboratorio.

Tipo de ensayo		Preservación y condiciones de almacenamiento	
Aceites y grasas		SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23 rd Ed 2017	Aceite y grasa. Líquido-Líquido, Método gravimétrico de partición
Coliformes fecales (termotolerantes NMP)		SMEWW 9221 F.2, 23 rd Ed. 2017	Técnica de fermentación en tubos múltiples para miembros del grupo de coliformes. Técnica estándar de fermentación de coliformes totales
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)		SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). Prueba de DBO de 5 días
Turbidez (*)		SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B 23rd Ed. 2017	Turbiedad. Método nefelométrico

Demanda Química de Oxígeno (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed.2017	Demanda química de oxígeno, reflujó cerrado, método colorimétrico
Oxígeno disuelto (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O G. 23rd Ed. 2017	Oxígeno (Disuelto). Método de electrodo de membrana
Sólidos suspendidos totales (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017	Sólidos. Sólidos suspendidos totales secados a 103-105°C

Finalmente, el laboratorio reportó los informes de ensayo con los resultados, para su revisión y análisis estadístico correspondiente. Asimismo, con el fin de tener seguro la confiabilidad de los valores arrojados por los equipos, se coordinó con el laboratorio la entrega de los certificados de calibración correspondientes y certificados de acreditación.

3.4.6. Análisis estadístico

Analizando estadísticamente los resultados pre y postratamiento obtenidos en la fase de experimentación fue analizado con el software informático Excel, y posteriormente con el software estadístico R Studio, utilizando el método de prueba Tukey.

R Studio es un software libre que cuenta un extenso de paquetes estadísticos que proporciona una interfase más fluida con el programa R. Es decir es una máscara que permite visualizar el software, tiene la ventaja de manejar orden y visualización de los procesos llevados a cabo en R (Boccardo Bosoni & Ruiz Bruzzone, 2018).

R Studio es un software más del software R de elevado nivel encargado del cálculo numérico intensivo, visualización de datos y análisis. R Studio tiene extenso de paquetes estadísticos muy eficaces para analizar datos, análisis financiero y ajuste de curvas (Barrera, 2016).

4. CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Resultados

4.1.1. Características del agua residual

El efluente de un biodigestor suministra el agua residual a tratar. Dicha agua que es tratado en el biodigestor procede de una vivienda unifamiliar, ubicado en Viquez - Carapongo. Para saber el tipo de contaminante que está presente en el agua residual del biodigestor, se realizó una caracterización del agua residual antes del tratamiento. Se establecieron once parámetros de calidad del agua residual: SST, aceites y grasas, temperatura y pH, cumplen con lo estipulado en los LMP del DS N° 003-2010-MINAM. Mientras, que la demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno y los coliformes Termotolerantes no cumplen con LMP. Por otra parte, los parámetros turbidez y OD cumplen con ECA del D.S. N°004.2017 MINAN, más no con el parámetro Conductividad. Asimismo, para dar valor al parámetro de Sólidos Disueltos Totales se compara con normativa LMP de Panamá, en el cual se verifico que no cumple. Mencionados resultados, se aprecian en la Tabla 22.

Tabla 22

Resultado de las características de agua residual a tratar (Informes emitidos por el laboratorio - ver anexo 14-15).

Parámetros	Unidad	Pre tratamiento	D.S. N° 004-2017-MINAM-PERÚ Cat.3-D1: Riego de vegetales	DS N° 003-2010 MINAN LMP de efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residual Doméstica o Municipal -Perú	DGTI-COPAN IT-39-2000 LMP de las descargas de efluentes líquidos-Panamá	D.S. N° 004-2017-MINAM-PERÚ Cat. 1-A1: Poblacional y Recreacional	
Fisicoquímicos							
Aceites y grasas (*)	mg/l	10	5	20	-	-	
Turbidez (*)	NTU	58.2	-	-	-	5	
DBO ₅ (*)	DBO ₅ /l	143.2	15	100	-	-	
DQO (*)	(mg/l)	469	40	200	-	-	
SST	(mg/l)	50	-	150	-	-	
OD (*)	(mg/l)	4	≥4	-	-	-	
Conductividad (c)	(µs/cm)	3520	2500	-	-	-	
pH (c)	Unidad	7.42	6.5-8.5	6.5-8.5	-	-	
Temperatura (c)	°C	23.5	Δ3	<35	-	-	
TDS (c)	(mg/l)	1639	-	-	1000	-	
Microbiológico							
Coliformes termotolerantes (*)	(NMP/100 ml)	13,000,000.00	2,000	10,000	-	-	

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL – DA Ensayo acreditado por el IAS.

(c) Ensayo realizado en campo (medida in situ).

Coliformes fecales (termotolerantes) (NMP)

DBO₅: Demanda bioquímica de oxígeno (Test DBO de 5 días).

DQO: Demanda química de oxígeno.

SST: Sólidos suspendidos totales.

Tabla 23

Resultados de los parámetros físico-químicos, microbiológicos analizados de Pre-Post monitoreo (Informes emitidos por el laboratorio -ver anexo 14-15).

Parámetros	Unidad	Pre tratamiento		Post tratamiento		
		T (0) **	T (1)	T (2)	T (3)	T (4)
Fisicoquímicos						
Aceites y grasas (*)	mg/l	10	5	5	5	4
Turbidez (*)	NTU	58.2	42.4	8.5	3.5	1
DBO ₅ (*)	DBO ₅ /l	143.2	292.8	149	100	30
DQO (*)	(mg/l)	469	265.4	187	64.5	64.2
SST	(mg/l)	50	46.78	45.72	45.24	45.17
OD (*)	(mg/l)	4	5	5.64	5.67	5.64
Conductividad (c)	(μs/cm)	3520	2300	2480	2470	2400
pH (c)	Unidad	7.42	7.3	7.33	7.44	7.37
Temperatura (c)	°C	23.5	24.8	19.3	20	22
TDS (c)	(mg/l)	1639	1423	1560	1557	1353
Microbiológico						
Coliformes Termotolerantes (*)	(NMP/100 ml)	13.000.000.0	3300000.0	23,000	11,000	900

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL – DA

Ensayo acreditado por el IAS.

(c) Ensayo realizado en campo (in situ).

Se reporta hallazgos de los parámetros microbiológicos, físico-químicos, antes y después de los tratamientos; en ese sentido, se mostrarán los análisis estadísticos computacionales elaborados. Los resultados obtenidos de los de monitoreos de la calidad de agua residual tratada se encuentran en los Informes de reportes emitidos por el laboratorio acreditado (ALAB) encargado de analizar los parámetros (OD, aceites y grasas, Turbidez, DBO5, Coliformes Termotolerantes, SST y DQO). Mientras los parámetros de conductividad, PH, TDS, temperatura fueron analizados en in situ con multiparámetro portátil.

4.1.2. Diseño y operación del filtro percolador

Se realizó cálculos del diseño del filtro percolador en Microsoft Excel. Los resultados obtenidos se observan en la Tabla 24.

Tabla 24
Resultados del diseño del filtro percolador.

Descripción	Fórmula	Resultado	Unidad	Referencia
Numero de filtro	N	1	Unidad	
Carga orgánica total de DBO ₅	$COT = DBO_5 \text{ afluente} * Q_{prom}$	0.02	kg DBO/m ³ *día	
Carga orgánica	$Co = COT/Vf$	0.1	kg DBO/m ³ *día	Debe estar de 0.08-0.4, según la Norma OS.090
Área de filtro	$AF = VF/H$	0.27	m ²	Cálculo
Volumen de filtro (Vf)	$Vf = \text{Carga orgánica} / \text{Carga Volumétrica}$		m ³	Cálculo
Carga hidráulica (CH)	$CH = Q_{prom} / AF$	1	m ² .día	Debe estar de 1-4, según la Norma OS.090
Velocidad de filtración	$Ve = CH * e$ (espesor de medio filtrante)	0.22	-	Cálculo
Caudal de recirculación (Qr)	$Qr = Q_{prom} * 2$	0.342	m ³ /día	-

Razón de recirculación		0	-	Tipo de carga baja Norma OS.090
Eficiencia del sistema de filtros	$E = \frac{S_o - S_f}{S_o} * 100$	79 %	-	A los 27 días de operación del filtro * Según (Gamarra Barrera, 2018), caudales hasta 1500 l/día y temperatura de $15^{\circ} \leq T \leq 25^{\circ}$, el tiempo de retención hidráulica es 1 día * Según (Romero Rojas, 1999), el THR es 24 horas
Tiempo de retención hidráulica		1.0	Día	

El sistema de tratamiento de la presente investigación fue diseñado para $1 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}$ de carga hidráulica el cual cumple con lo mencionado en la norma OS.090 que habla de las plantas de tratamiento de agua residual. Asimismo, trato $0.1 \text{ kg DBO}/\text{m}^3 \cdot \text{día}$ de carga orgánica cumplimiento con la norma mencionada.

El filtro percolador se implementó 7 junio de 2021, y tuvo un mes de periodo de arranque hasta 7 de julio. El 7 de julio se realizó el primer monitoreo hasta 7 de agosto, sin embargo, el día 20 de setiembre, del mismo año se añadió tres parámetros para monitoreo OD, SST Y DQO con el objetivo de cumplir con la ECA.

El periodo de arranque del sistema de tratamiento de agua residual tomo 30 días calendarios con una temperatura que oscila de $17-27^{\circ}\text{C}$. Es eficiente el tratamiento de aguas residuales cuando se requieren aproximadamente 3-60 días para desarrollar bio película a fin de iniciar con el proceso de tratamiento de aguas residuales según (Naz et al., 2014).

Tabla 25
Resultados de variables de operación del filtro percolador.

Variable	Unidad	Tiempo (días)				
		T (0) **	6	16	20	27
Caudal	m ³ /día	0.171	0.144	0.144	0.144	0.144
Carga orgánica total	kg DBO/m ³ *día	0.02	0.04	0.02	0.01	0.00
Carga orgánica	kg DBO/m ³ *día	0.05	0.09	0.05	0.03	0.01
Carga hidráulica	m ³ .m ² /día	1	1	1	1	1
Velocidad de filtración	m ³ .m ² /día	0.22	0.19	0.19	0.19	0.19

En la Tabla 25, se observan las variables de operación de los filtros percoladores, las mismas que son: carga orgánica total, caudal de circulación, carga orgánica, velocidad de filtración y carga hidráulica. El caudal de operación se mantuvo constante acorde pasaban los días debido a que el sistema de filtros funcionó por gravedad. Además, la carga orgánica se mantuvo alrededor de 0.02 Kg DBO/m³día (promedio) de igual modo disminuyó en el día 27 y en la semana 4 del mes. Las variables velocidad de filtración y carga hidráulica se han mantenido constante. (Metcalf & Eddy, 1996) afirma que sistemas de carga baja produce calidad estable en el efluente y carga hidráulica constante.

4.1.3. Comportamiento de los parámetros Físicoquímicos y microbiológicos en cotejo con las normativas

Tabla 26
Resultados de Post tratamiento en relación a ECA (Informes emitidos por el laboratorio ALAB).

Parámetros	Unidad	Post – tratamiento	D.S. N° 004- 2017- MINAM- Cat.3-D1:	Estado
------------	--------	--------------------	--	--------

							Riego de vegetales
		T (1)	T (2)	T (3)	T (4)		
Fisicoquímico							
Aceites y grasas (*)	(mg/l)	5	5.9	5.4	4	5	Cumple
DBO ₅ (*)	(mg DBO ₅ /l)	292.8	149	100	30	15	No cumple
DQO (*)	(mg/l)	265.4	187	64.5	64.2	40	No cumple
OD (*)	(mg/l)	5	5.64	5.67	5.64	≥4	Cumple
Conductividad (*)	(μs/cm)	2300	2480	2470	2400	2500	Cumple
pH (*)	Unidad	7.3	7.33	7.44	7.73	6.5-8.5	Cumple
Temperatura (*)	°C	24.8	19.3	20	22	Δ3	Cumple
Microbiológicos							
Coliformes termotolerantes (*)	(NMP/100 ml)	3,300.000	23,000	11,000	900	2,000	Cumple

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL – DA

Ensayo acreditado por el IAS.

(c) Ensayo realizado en campo (in situ).

En la tabla 26, se compara los resultados obtenidos de los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos con el D.S. N° 004-2017 MINAN, Categoría tres para riego de vegetales. El agua residual de la vivienda después de haber sido sometido al tratamiento cuatro, no supera la ECA-D1. Entonces se puede decir que los indicadores aceites y grasas, OD, Conductividad, Coliformes Fecales o Termotolerantes y temperatura cumplen la norma menciona, excepto DQO y DBO₅ no cumplen, el DBO₅ en el tratamiento uno tiene cantidad de materia orgánica, sin embargo, con el transcurso de los días disminuye, obteniendo a 30 mg DBO₅/l en el día 27 y DQO 40 mg/l en el día 86.

Tabla 27
Resultados de Post tratamiento en relación a LMP.

Parámetros	Unidad	Post – tratamiento				D.S. N° 003-2010-MINAM-LMP de efluentes de plantas de tratamiento de agua residual doméstica o municipal	Estado
		T (1)	T (2)	T (3)	T (4)		
Fisicoquímicos							
Aceites grasas (*)	y (mg/l)	5	5.9	5.4	4	20	Cumple
DBO ₅ (*)	(mg DBO ₅ /l)	292.8	149	100	30	100	No cumple
DQO (*)	(mg/l)	265.4	187	64.5	64.2	200	No cumple
SST (*)	(mg/l)	46.78	45.72	45.25	45.17	150	Cumple
pH (*)	Unidad	7.3	7.33	7.44	7.73	6.5-8.5	Cumple
Temperatura (*)	°C	24.8	19.3	20	22	<35	Cumple
Microbiológicos							
Coliformes termotolerantes (*)	(NMP/100 ml)	3,300.000	23,000	11,000	900,000	10,000	Cumple

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL – DA
Ensayo acreditado por el IAS.

(c) Ensayo realizado en campo (in situ).

La tabla 27 expresa que: la calidad de las aguas residuales domesticas tratada de una vivienda, después de ser sometida al cuarto tratamiento no supera ninguno de los valores establecidos en los LMP para los efluentes de PTAR.

4.1.3.1. Aceites y grasas

La concentración con la que el agua residual ingresó fue de 10mg/L de aceites y grasas lo que indica presencia de películas impermeables que dificulta generar oxígeno, sin embargo, en el día 16 genero un máximo 5.9 mg/L y un mínimo en el día 27 con 4mg/L cumpliendo con a ECA y LMP.

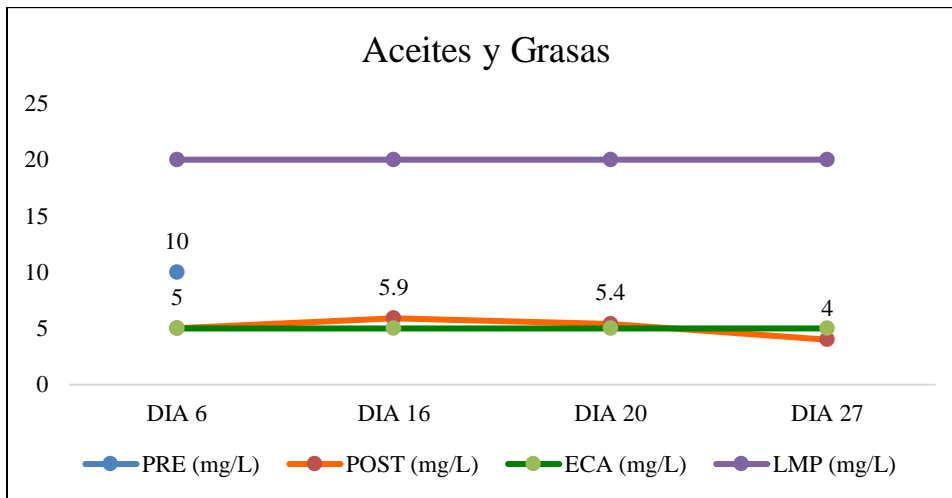


Figura 18: Comportamiento de aceites y grasas.

Los aceites y grasas son un parámetro inamisible en el agua que permanecen formado natas y espumas perjudicando generar oxígeno para el desarrollo del microorganismo, por ende, se debe eliminar en los tratamientos físico y químico.

4.1.3.2. Turbidez

La turbidez ayuda comprobar los sólidos suspendidos concentrados en el agua. Este parámetro ingreso al filtro con 42.4 NTU y con el proceso de tiempo en el día 27 alcanzo 1NTU, dando a conocer un tratamiento positivo el funcionamiento del sistema de tratamiento.

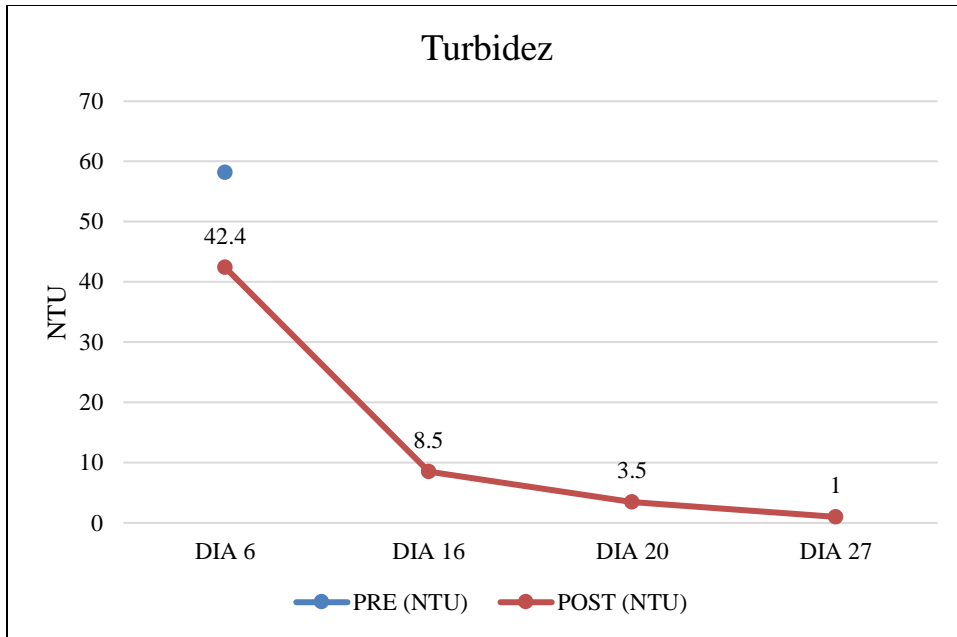


Figura 19: Comportamiento de la turbidez.

4.1.3.3. Temperatura

La temperatura durante el monitoreo del sistema de tratamiento se mantuvo en un rango de máximo 24.8 °C y un mínimo de 19 °C, la fibra de coco puede tolerar temperaturas de hasta 200°C sin perder sus propiedades (Quintero García & González Salcedo, 2006).

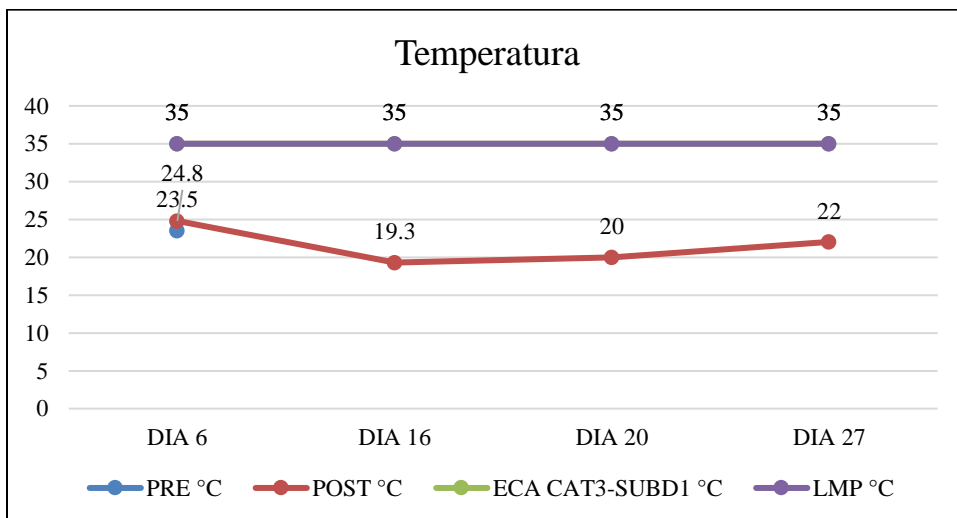


Figura 20: Comportamiento de la temperatura

4.1.3.4. Oxígeno disuelto

El oxígeno ingreso al filtro con 4 mg/L, y durante el monitoreo oscilo en rango de 5 a 5.54mg/L, estos valores cumplen con la ECA. Sin embargo, el incremento de la concentración indica presencia de aceites y grasas.

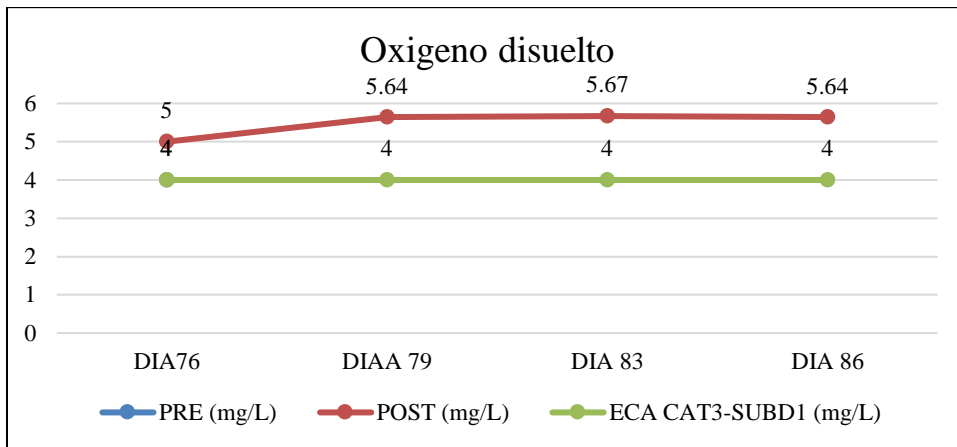


Figura 21: Comportamiento de oxígeno disuelto.

4.1.3.5. Potencial de hidrógeno

El pH antes de ingresar al filtro registro un valor 7.42, y los 6 días de funcionamiento 7.3 con máximo de 7.73 en el día 27, estos valores Comparando con el ECA para agua categoría III – Riego de vegetales y Bebidas de Animales, el resultado y los LMP tiene rango de 6.5-8.5 cumple. El pH al ver que se mantuvo 7.3-7.73 desarrollo un proceso adecuado.

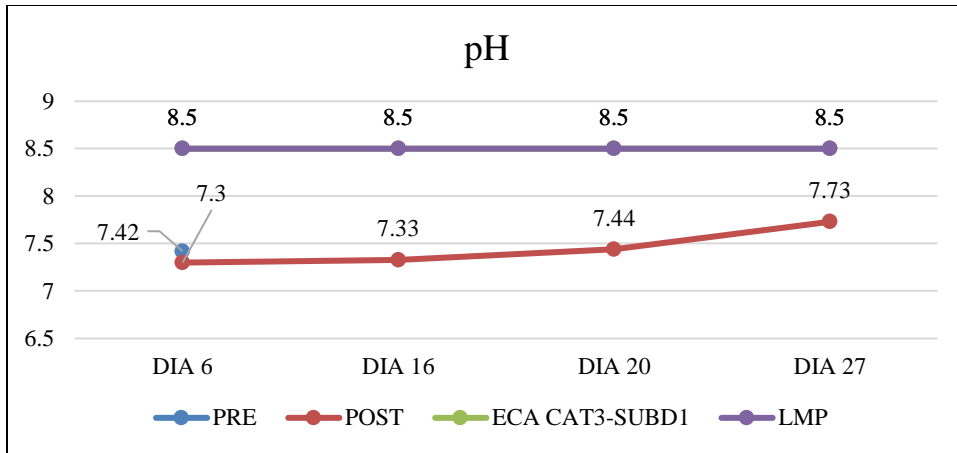


Figura 22: Comportamiento del pH.

4.1.3.6. Conductividad

La conductividad eléctrica ($\mu\text{s}/\text{cm}$) permite medir el contenido iónico en el agua, este parámetro ingreso con 2300 ($\mu\text{s}/\text{cm}$), y en día 6 de operación del sistema mostro un resultado de 3520($\mu\text{s}/\text{c}$), según (Velasco, 2015) indica hay cantidad de sales minerales que perjudica la materia orgánica. Pero al día 27 disminuyo arrojando 2470 ($\mu\text{s}/\text{cm}$), y cumple con el ECA para Agua, categoría III – Riego de vegetales y Bebidas de Animales.

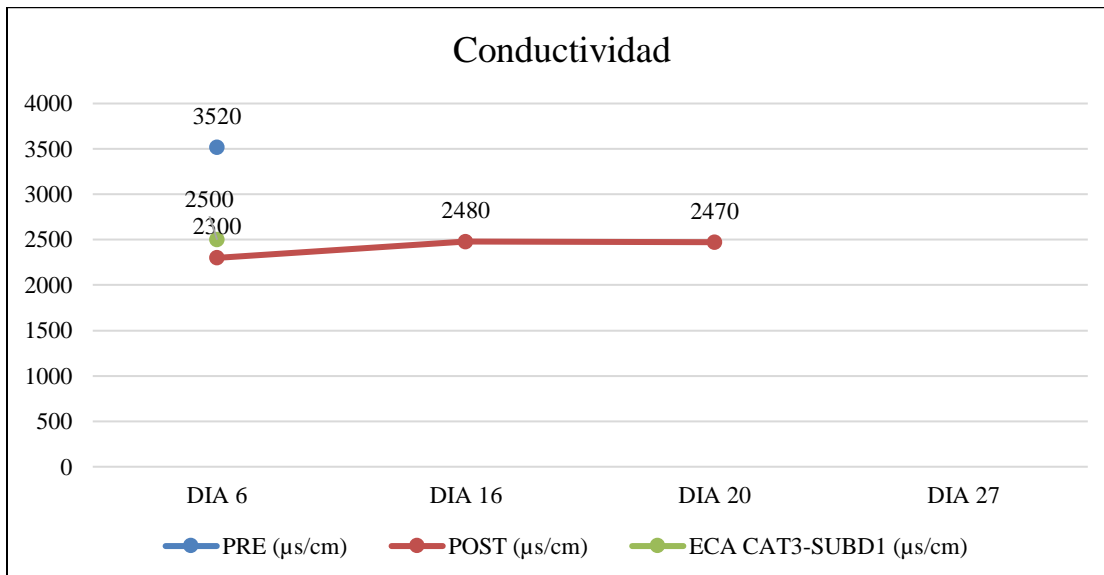


Figura 23: Comportamiento de la conductividad.

4.1.3.7. Sólidos suspendidos totales

El análisis de los SST según los resultados de laboratorio se observa en la Figura 24, entró con 50 mg/l y a los 76 días de operación bajó hasta 46.78 mg/l, asimismo durante el proceso se mantuvo en 45 mg/l orgánica por lo cual se encuentra dentro de la norma para de descarga de líquidos PTAR.

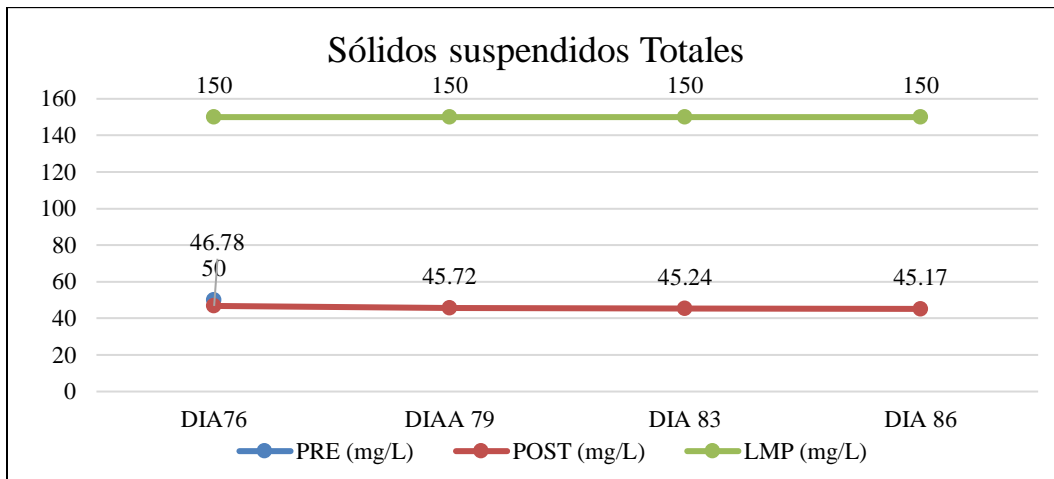


Figura 24: Comportamiento de Sólidos Suspendidos totales

4.1.3.8. Demanda química de oxígeno

El análisis del DQO según los resultados de laboratorio se observa en la Figura 25 que ingresó con 469 mg/l y a los 76 días de operación de operación disminuyó en 265.4mg/l llegando con 64.2mg/l en el día 86. este resultado solo cumple con LMP para descargada líquidos de PTAR.

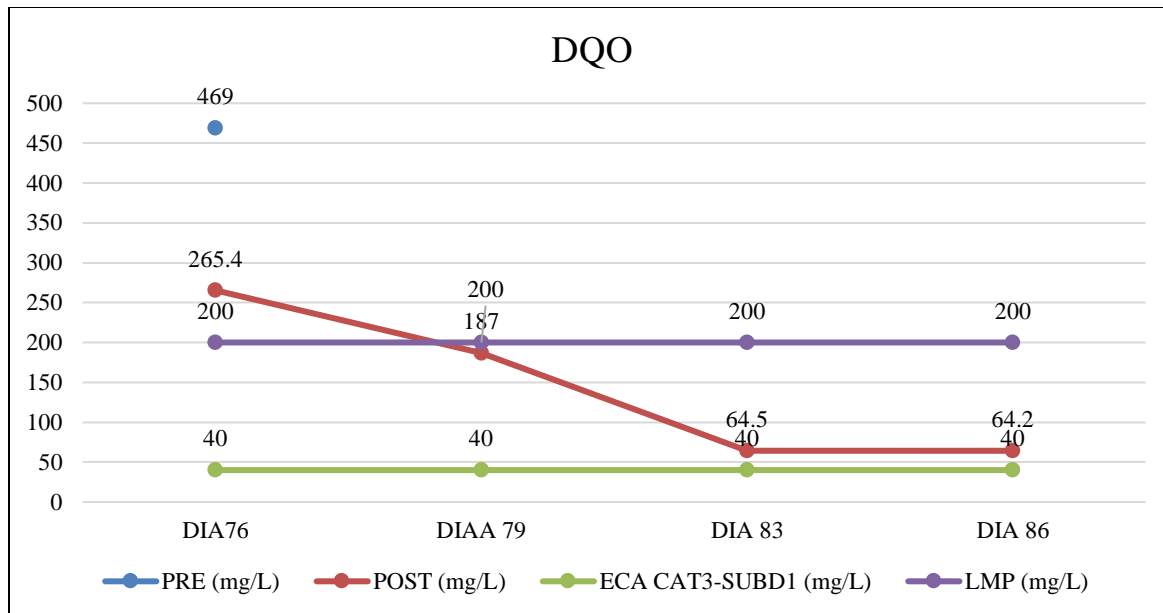


Figura 25: Comportamiento del DQO.

4.1.3.9. Demanda bioquímica de oxígeno

El análisis del DBO según los resultados de laboratorio se puede observar en la Figura 26 donde ingresó con 143 mg/l, pero a los 6 días de operación a 292.8 mg/l, lo que indica inadecuado tratamiento de agua, es decir no está degradando el material orgánico biodegradable y no biodegradable. Sin embargo, con el transcurso de tiempo a los 27 días disminuyó a 30mg/l, lo cual indica que cumple con el LMP de 100 mg/l para descargar de líquidos de PTAR, mientras con ECA no cumple.

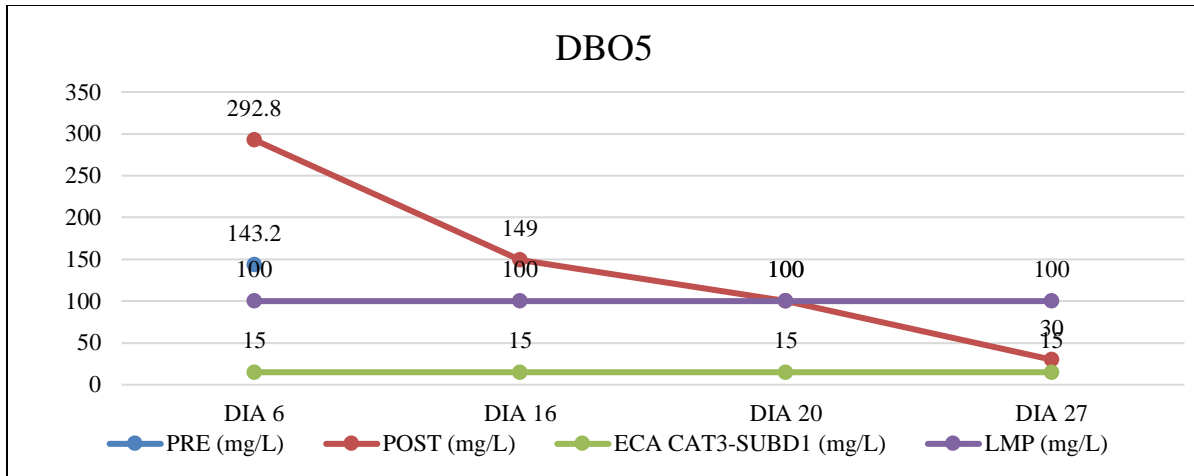


Figura 26: Comportamiento del DBO₅.

4.1.3.10. Coliformes termotolerantes o fecales

El análisis de este parámetro según los resultados de laboratorio se puede observar en la Figura 27 ingreso con 13,000,000 NMP/100 ml, pero a los 6 días de operación disminuyó la concentración a 3,300,000 NMP/100 ml y finalmente a los 27 días de operación llegó a 900 NMP/100 ml, lo cual cumple con la norma ambiental aplicable que permite hasta 2000 NMP/100 ml para descarga ECA para Agua, Categoría III – Riego de vegetales y Bebidas de Animales y 10,000 NMP/100 ml para descarga de líquidos de PTAR.

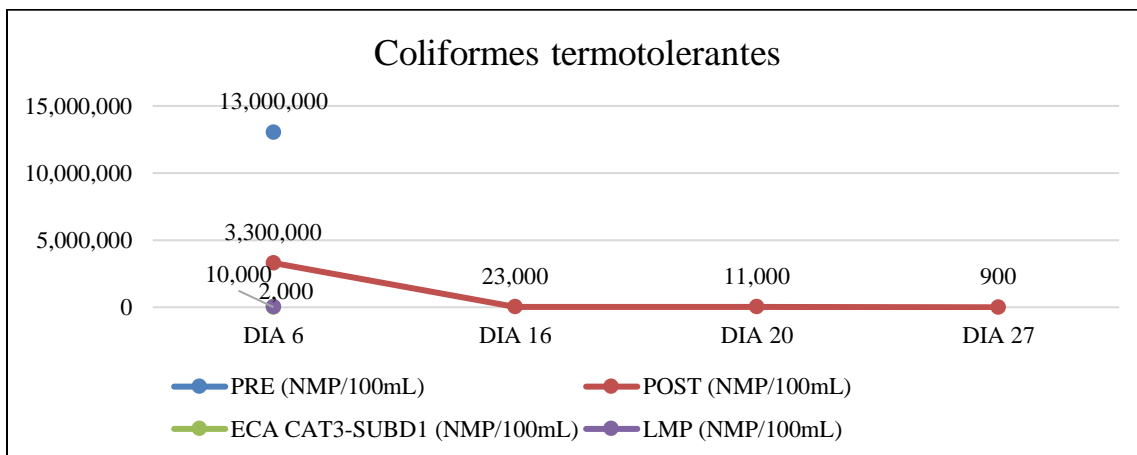


Figura 27: Comportamiento de coliformes termotolerantes

4.1.4. Comportamiento de la remoción de los parámetros durante el tratamiento a través de la Prueba POST HOC

Para ver como se comportan los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos se hizo con la Prueba POST HOC para las diferentes variables.

En esta sección se observan los experimentos para comparar las diferentes condiciones determinadas por los parámetros microbiológicos y físico-químicos, tanto para el afluente como para el efluente del filtro percolador. Una vez confirmado la existencia de diferencias entre medias (ANOVA), la prueba de rango post hoc ayuda a determinar qué medias son diferentes. La prueba TUKEY, identifica medias que no se diferencian entre sí y que son subconjuntos homogéneos. La razón fundamental de su uso, se debe al número elevado de comparaciones y al hecho de que efectúa un control sobre el índice de error global.

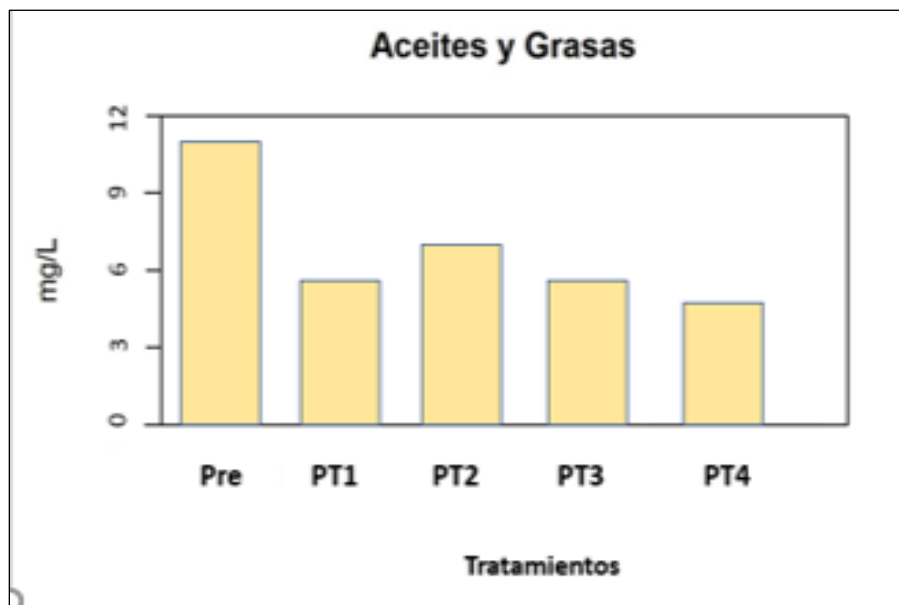


Figura 28: Resultado del comportamiento de aceites y grasas.

Figura 28 los tratamientos de Aceites y Grasas 10 (mg/l) pre,máx. 5.9 (mg/l) PT2, mín de 4(mg/l) PT4, el significancia al 95% ($p < 0.05$). Siendo el Pre = Afluente del filtro percolador.

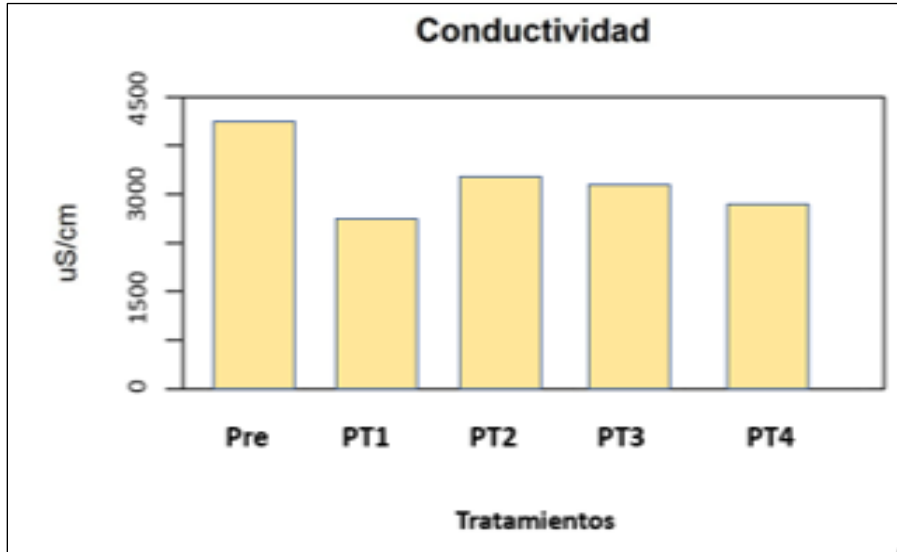


Figura 29: Resultado del comportamiento de conductividad.

En la figura 29 Conductividad 3520(uS/cm) pre,max 2480 (uS/cm) PT2 , mín 2300 PT1; el significancia al 95 % ($p < 0.05$), la significancia al 95 % ($p < 0.05$). Siendo el Pre = Afluente del filtro percolador.

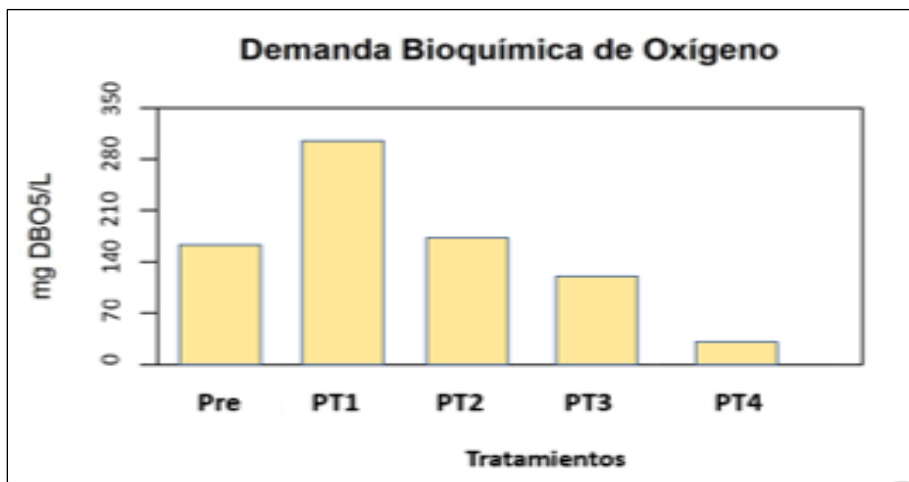


Figura 30: Resultado del comportamiento de demanda bioquímica de oxígeno.

En la Figura 30 el parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg DBO₅/l) 143.2 pre,máx. 298.2 (mg DBO₅/l), min 30 (mg DBO₅/l). Siendo el Pre = Afluente del filtro percolador.



Figura 31: Resultados del comportamiento del DQO.

En la Figura 31 el parámetro DQO 469 (mg /L) pre, máx. 265.4 (mg /l), 64.2 min (mg /L) en el pretratamiento y postratamiento. La significancia al 95 % ($p < 0.05$). Siendo el Pre = Afluente del filtro percolador.

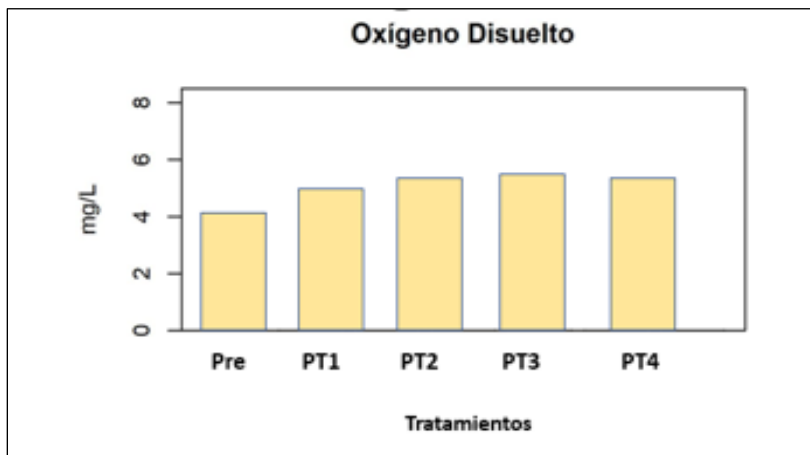


Figura 32: Resultado de comportamiento de oxígeno disuelto.

En la Figura 32 el parámetro OD 4 (mg/l) pre, máx. 5.67 (mg/l) TP3, 5 min (mg/l) PT1 en el pretratamiento y postratamiento. La significancia al 95% ($p < 0.05$). Siendo el Pre = Afluente del filtro percolador.

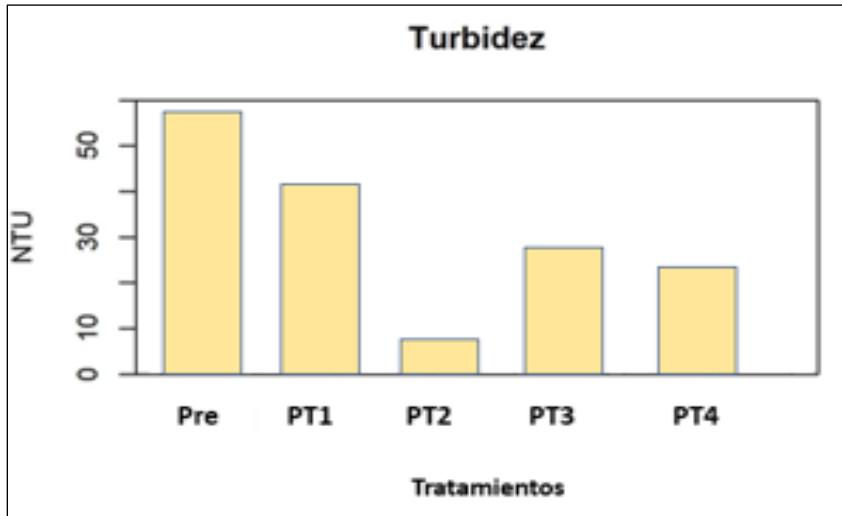


Figura 33: Resultado de comportamiento de turbidez.

En la Figura 33 el parámetro Turbidez 58.2 (NTU) pre, max. 42.8 (NTU), Min. 1 (NTU) min, en el pretratamiento y postratamiento. La significancia al 95 % ($p < 0.05$). Siendo el Pre = Afluente del filtro percolador.

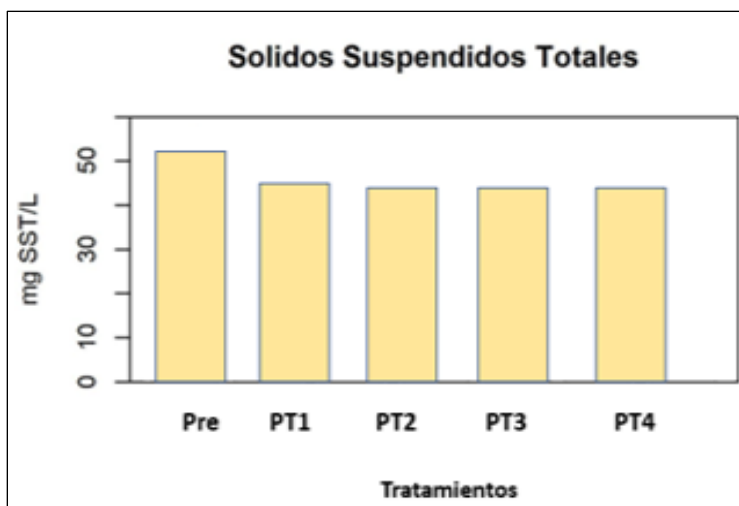


Figura 34: Resultados del comportamiento del SST.

En la Figura 34 Sólidos Suspendedos Totales 50 (mg /l) pre, max 46.78 (mg /l), min 45.17 (mg /l) en el pretratamiento y postratamiento, en el pretratamiento y postratamiento. La significancia al 95% ($p < 0.05$). Siendo el Pre = Afluente del filtro percolador.

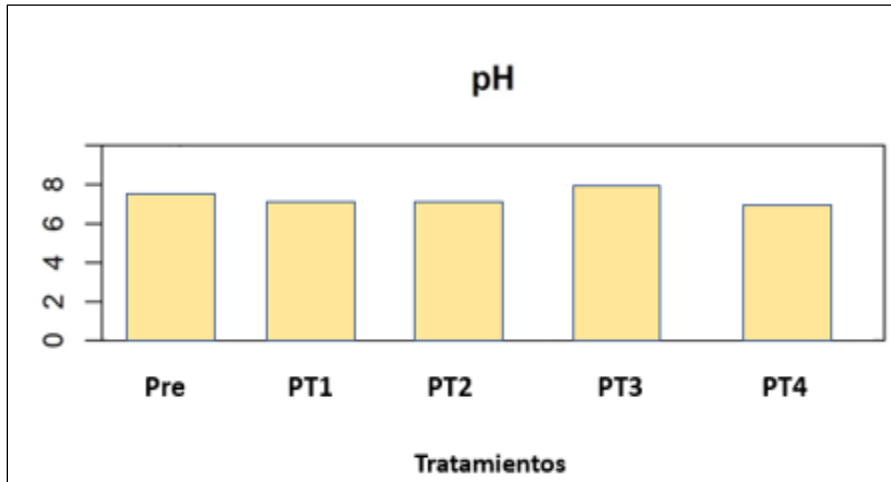


Figura 35: Resultados de comportamiento de pH.

En la Figura 35 la Temperatura 23.5 (°C) pre,max 24.8 (°C), min 19.3 (°C) PT2, en el pretratamiento y postratamiento. La significancia al 95% ($p < 0.05$). Siendo el Pre = Afluente del filtro percolador.

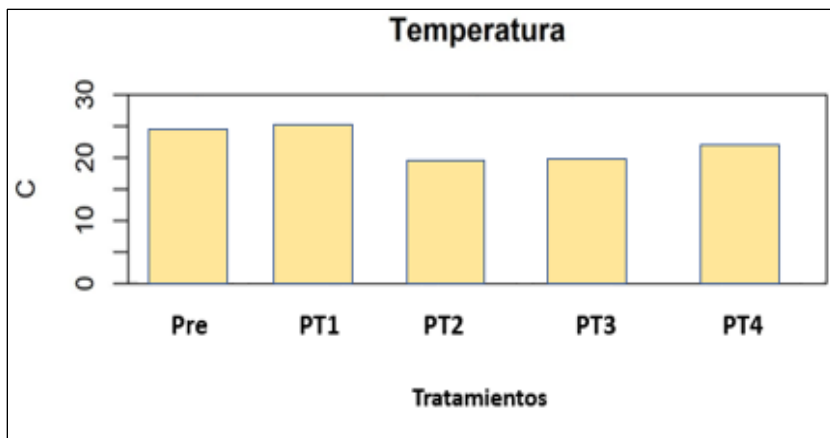


Figura 36: Resultados del comportamiento de la temperatura.

En la Figura 36 pH 7.42 pre, max, 7.44 TP3 y min 7.3 en TP1, TP2 TP4 en el pretratamiento y postratamiento, Se representan significancia al 95% ($p < 0.05$). Siendo el Pre = Afluente del filtro percolador.

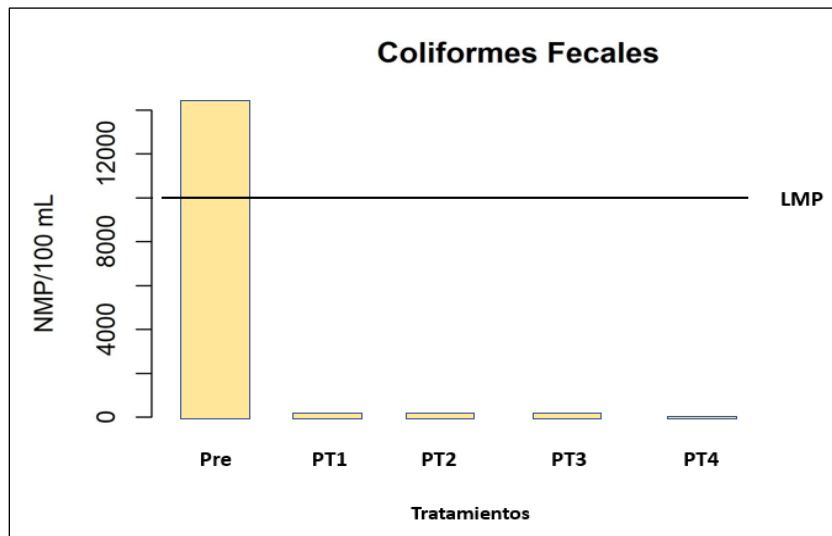


Figura 37: Resultado de coliformes fecales o termotolerantes.

En la Figura 37, Coliformes Fecales 1 (NMP/100 ml) 13000000 pre, max. 3300000 (NMP/100 ml) PT1, min 900 (NMP/100 ml) TP4 en el pretratamiento y postratamiento.

En los tratamientos de PT01, PT02, PT03, PT04 de la figura 28 hasta 37 representan significancia al 95% de tratamiento, tanto en los parámetros físico-químicos como microbiológicos se ve que hay una reducción importante:

- PT01 = Fibra de coco, más una capa de aserrín,
- PT02 = Fibra de coco, más una capa de aserrín,
- PT03 = Fibra de coco, más una capa de aserrín,
- PT04 = Fibra de coco), más una capa de aserrín

Se representan significancia al 95% ($p < 0.05$). Siendo el Pre = Afluente del filtro percolador. LMP = Límite máximo permisible.

Por lo tanto, los tratamientos han actuado de manera positiva, pues se observa que hay disminución.

4.1.5. Eficiencia del filtro percolador en la remoción de los parámetros

Para determinar el nivel de eficacia específica en el tratamiento de aguas residuales domesticas con filtro percolador se utilizará según la Tabla 29.

Tabla 28

Tabla de análisis del porcentaje y nivel de eficiencia

Rango % de remoción	Nivel de clasificación
-200 - 0	Nula
01 - 25	En proceso
26 – 50	regular
51 - 75	Bueno
76 - 100	Muy bueno

Tabla 29

Eficiencia del filtro percolador con fibra de coco en la remoción de los parámetros.

Parámetros	Resultado	% de remoción
Aceites y grasas	4	60
Turbidez	1	98
DBO ₅	30	79
Conductividad	2400	32
TDS	1353	17
DQO	6402	86
SST	45.17	10

OD	5.64	- 41
Temperatura	22	6
Ph	7.37	1
Coliformes termotolerantes	900	100

La eficacia de remoción de los parámetros en un intervalo de tratamiento a un mes, una vez por semana se obtuvo los siguientes resultados: 60% de eficiencia de aceites y grasas; 98% turbidez; 79% DBO₅; 32% Conductividad; 17% TDS; 100% coliformes Termotolerantes, Temperatura 6% y pH 1%. Mientras en un periodo de operación aproximadamente a los tres meses, con intervalo de monitoreo cada tres días, y con duración de 4 etapas se tiene 86% de DQO, 10% SST y -41% de OD. Ver Tabla 30.

Según, (Boards, 2016) la eficacia del filtro biológico se fundamenta en su capacidad de remoción de DBO₅.

Tabla 30
Eficiencia del filtro percolador con fibra de coco en el porcentaje de remoción de DBO₅.

Días	DBO₅	% de remoción
6	292.8	- 104
16	149	- 4
20	100	30
27	30	79

En la Tabla 30, se muestra los resultados obtenidos del porcentaje de remoción del parámetro DBO₅ de tratamiento de agua residual doméstica con filtro percolador como

tratamiento secundario. A los 6 días de funcionamiento se obtuvo - 104% de remoción, y a 16 días - 4%, en 20 días 30% y finalmente a 27 días última semana del mes se tiene 79% de remoción, esto indica a los inicios de la fase operacional no se obtiene dato confidencial.

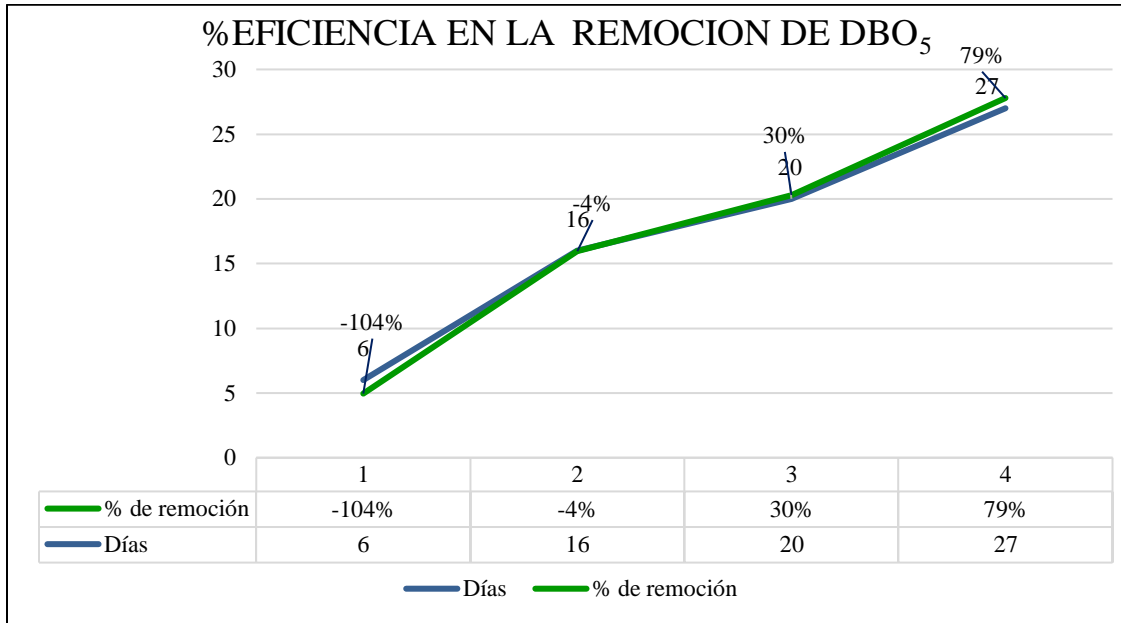


Figura 38: Eficacia del filtro percolador en la remoción de DBO5 según días de tratamiento.

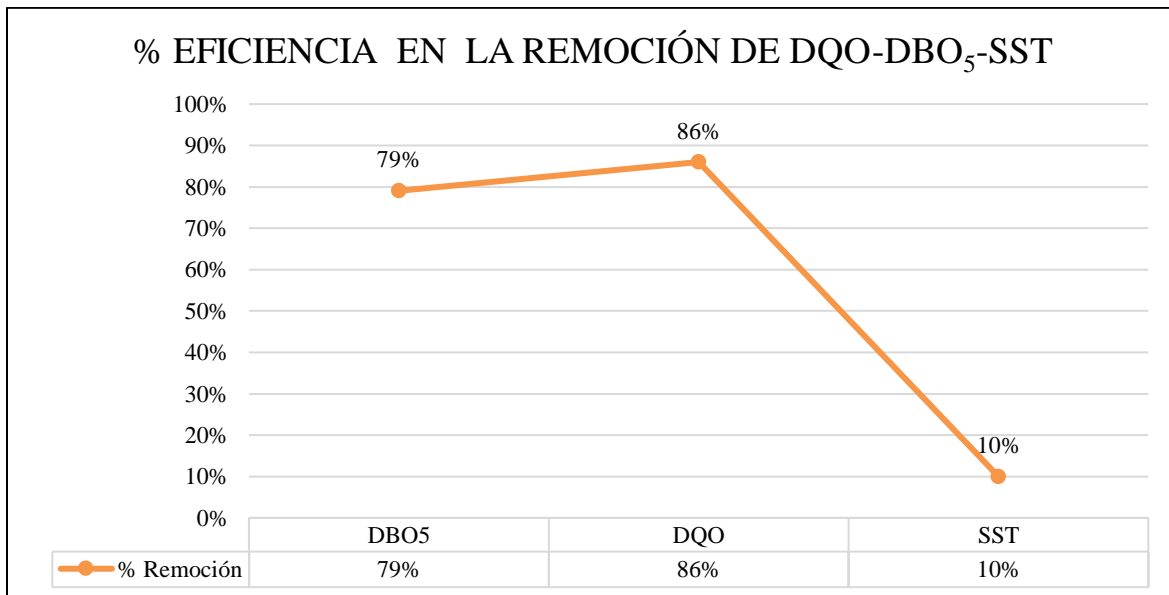


Figura 39: Eficiencia del filtro percolador con fibra de coco en Remoción de DQO-DBO5-SST.

En la Figura 39 se observa el porcentaje de eficiencia de los parámetros DBO₅ 79% de remoción, 86% de DQO y 10% de SST.

Los parámetros DQO, DBO₅ y SST serán considerados como más significativos en este estudio, sin dejar de menos los parámetros; coliformes Termotolerantes, aceites y grasas, aunque en menor proporción.

Tabla 31
Eficiencia del filtro percolador en el porcentaje de remoción de DQO Y SST según los días de tratamiento.

Días	DQO	% DQO	SST	% SST
76	265.4	43.41	45.78	8
79	187	60.13	45.72	9
83	64.5	86.25	45.24	10
86	64.2	86.31	45.27	10

Se realizó 4 etapas de análisis exclusivo para incrementar confiabilidad de datos los parámetros DQO y SST. En la tabla 31 a los días 76 de operación del filtro percolador se tiene 43.41% de DQO y 8% de SST, y a los días 79 días 60% de DQO Y 9% de SST, día 83 se obtuvo 86.25% de DQO y 10% de SST, finalmente a los 86 días el resultado es 86% de DQO y 9% de SST; estos resultados se tienen con tres días diferencia de monitoreo.

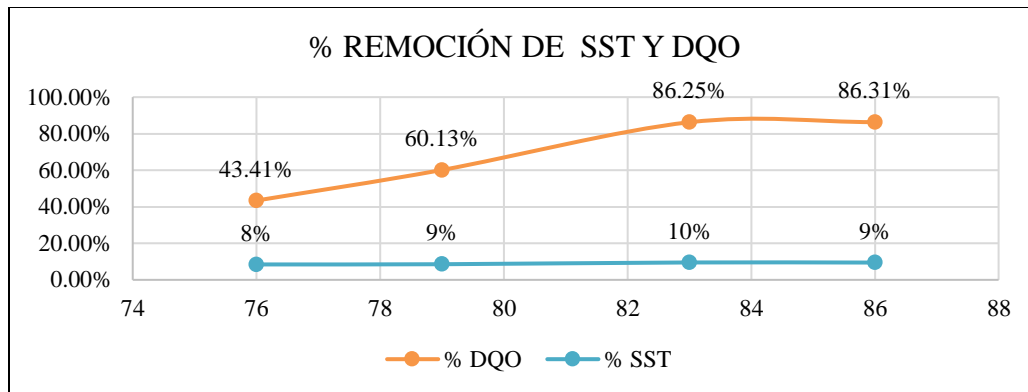


Figura 40: Remoción de SST y DQO.

4.2. Discusión

En el presente estudio se hizo la evaluación de la eficacia de filtro percolador con empaque de fibra de coco como principal lecho filtrante para tratar el agua residual doméstica, para lo cual se tomó el parámetro primordial DBO_5 que es un indicador fundamental en el monitoreo de la calidad del agua y más aún en el proceso de purificación de las aguas residuales que tiene la función de reducir materia orgánica. Los datos del parámetro DBO_5 se obtienen a través de la cantidad de material orgánica degradado biológicamente. De esta manera, se pudo conseguir el porcentaje de depuración de DBO_5 la cual fue de 79% en la etapa final de tratamiento (27 días). Así mismo, (García Serrano & Corzo Hernández, 2008) en uno de sus trabajos similares al presente estudio, logró obtener una remoción de 79.17% de DBO_5 , y el tesista (Gallardo Sinchiguano, 2017) obtuvo 81.05% a los 90 días de tratamiento. La turba de coco, como también se le conoce, fue el material de sustrato muy eficiente en la reducción de DBO_5 en un 78% y DQO en un 56% según la investigación realizado por (Saeed et al., 2012). La eficiencia de este material de sustrato según los resultados obtenidos por (Yasdi et al., 2021) es mayor, cuando se emplea como carbón activado, pues el porcentaje de absorción superó en un 9% a los resultados obtenido en el presente investigación.

Por otra parte, en la presente investigación se añadió el DQO Y SST para evaluar la eficiencia del filtro, porque DQO es un complemento que otorga oxígeno suficiente para depurar la materia orgánica que se va a degradar (DQO_5), mientras el SST refleja una parte de materia orgánica.

En la figura 39, se muestra el comportamiento del DQO y el SST a los 86 días de funcionamiento del filtro se logró 86% de DQO y 10% de SST, la remoción es significativa para DQO dando lugar al funcionamiento adecuado del filtro percolador, (Saeed et al., 2012) afirma en su investigación que alcanzó un 82.36 % de DQO y 81.27 % de SST a los 40 días. Por otra parte, se presencia que SST no tiene significancia en la presente investigación y (Fernandez Brenis & Sanchez Zapata, 2016) afirman que logró resultado final -25 % y -50 % de eficiencia de SST, esto indica que el mesocarpo de coco aumenta la concentración de SST. Entre tanto, (Kun et al., 2013) reportaron la remoción de 68.99 % de DQO, asimismo, (Lv et al., 2020) entre otros parámetros mostraron tasas de eliminación promedio de 77 % de DQO, estos se obtuvieron como resultado del tratamiento de las aguas residuales domésticas con un humedal de flujo vertical integrado con fibra de coco. Y cuanto al SST, en investigaciones realizadas por (Prashant et al., 2013) en India Central, en la que se construyeron humedales de flujo lento para el tratar efectivamente el agua residual, empleando fibra de coco y otros componentes naturales, obteniendo una reducción de 46.6 %.

La altura del empaque del filtro percolador y los días de operación del sistema influyen en la depuración DQO que se verifica según los meses de funcionamiento el porcentaje de eficiencia positivo. Según, (CONAGUA, 2013) el filtro con altura de 15 cm de lecho filtrante, muestra una eficacia que disminuye el parámetro de DQO del 57.35 %. En la presente investigación el lecho filtrante tuvo 35 cm cada lecho filtrante.

Por otra parte los parámetros coliformes totales, aceites y grasas son componentes para verificar la calidad de tratar el agua residual teniendo una eficacia de 60 % en aceites y grasas, coliformes termotolerantes 100 %, permitiendo un resultado favorable, así mismo (Reyes, 2016), afirma que obtuvo 98.90 %, en coliformes totales; por otra parte (Fernandez Brenis & Sanchez Zapata, 2016) obtuvo 31 % y -54 % de eficiencia en coliformes Termotolerantes. Los efectos del material fibra de coco como sustrato alternativo humedales para la remoción de SST fue en un 64.4% e incluso lograron eliminar coliformes totales en su totalidad, según señalaron (Quintero García & González Salcedo, 2006).

En la presente investigación se logró obtener las concentraciones promedias finales de 30 mg/L, 64.2 mg/L y 45.27mg/L para DBO₅, DQO y SST respectivamente. Sin embargo, (Reyes, 2016) menciona sus resultados finales obtuvo Sólidos Suspendidos Totales = 40 mg/l, DQO = 174 mg/l y DBO = 23 mg/l demostrando eficacia muy buena en tratar el agua residual domestica con fibra de coco. Adicionalmente la carga orgánica última del agua residual fue de 1.89 kg DQO/m³día, en los 40 días que funcionó el filtro percolador, resultado similar son presentados por (Yasdi et al., 2021), donde la carga orgánica final fue de 2.4 kg DQO/ m³día durante un periodo de 90 días.

En la presente investigación como resultado final post tratamiento se logró resultados de eficiencia de Oxígeno Disuelto -41% indicando que no existió remoción porque el oxígeno debe mantener o aumentar o mantenerse para una buena remoción de materia orgánica, a su vez los parámetros pH y Temperatura tienen 1 % y 6 % ubicándose en nivel de remoción en proceso porque no debe existir mucha variación en estos dos indicadores; paralelamente TDS obtuvo 17 %, y SST 10 % logrando una un nivel de eficiencia en proceso, esto indica que el mesocarpo de

coco no tiene capacidad de remover los sólidos en agua; a la vez el parámetro conductividad alcanzo 32 % con un nivel de remoción regular, porque la fibra de coco posee una conductividad eléctrica de 0.06-2.9 milisiemens aumentando nivel de sales o manteniendo el nivel de sal del agua residual; no obstante aceite y grasas logró 60 % llegando a nivel de eficiencia buena; mientras DBO5 79 %, DQO 86 %, Turbidez 98 % y Coliformes Termotolerantes 100% alcanzó eficiencia de remoción muy buena lo esperado para tratar agua residual doméstica en filtro percolador. Así mismo se logró cumplir con la ECA de categoría III para los parámetros Temperatura, aceites y grasas; OD; Conductividad; pH y Coliformes Termotolerantes

5. CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La presente investigación concluye que se evaluó la eficiencia del filtro percolador utilizando fibra de coco para el tratamiento de aguas residuales domésticas porque se demostró buena remoción de DBO5 79 %, aceites y grasas 60 %, turbidez 98 % y coliformes Termo tolerantes 100 % a los 27 días de tratamiento, y 86 % DQO a los 86 días.
- Por otra parte, se concluye que se diseñó y elaboró un filtro percolador de flujo ascendente (FAFA) con caudal de diseño de 171 L/día y 144L/L de tratamiento con tiempo de retención hidráulica 24 horas.
- Asimismo, se concluye que los parámetros evaluados; aceites y grasas, OD, Conductividad, Coliformes Fecales o termotolerantes y temperatura cumplen con lo especificado en el D.S. N° 004-2017 MINAN, categoría III para riego de vegetales y bebidas a de animales, Sub Categoría D:1, excepto DQO y DBO5. Por otra parte, se verifico que los siguientes parámetros: DBO₅,

DQO, SST, pH y T° cumplen con lo mencionado en el D.S. N° 003-2010 MINAN- LMP para efluentes de PTAR domésticas.

- Además, se concluye que se determinó la eficacia de remoción de los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos en un intervalo de tratamiento de un mes y con monitoreo semanal, en el cual se obtuvo remoción de 60% de eficiencia de aceites y grasas; 98% turbidez; 79% DBO5; 32% Conductividad; 17% TDS; 100% coliformes Termo tolerantes, Temperatura 6% y pH 1%. Mientras en un periodo de operación aproximadamente a los tres meses, con intervalo de monitoreo cada tres días, y con duración de 4 etapas se tiene 86% de DQO, 10% SST y -41% de OD.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda verificar el área de terreno para implementar la planta que tratará el agua, porque el pendiente influye en la construcción y en la circulación del agua.
- Cuando se realiza investigación basándose en la fibra de coco en tratamiento de aguas residuales mínimo 2 meses de monitoreo de DQO Y DBO5 para verificar si cumple con los ECA de agua a mayor exactitud.
- Definir desde inicio parámetros a monitorear con la finalidad de verificar resultados al mismo tiempo.
- La fibra de coco debe seguir un tratamiento de extracción y secado minucioso para que sus características no sean alteradas antes de ser utilizada como material filtrante.
- El sedimentador que recepción el agua tratada de filtro percolador debe estar cubierto para no alterar las características fisicoquímicas del agua.
- Realizar diseño desde pretratamiento para obtener secuencia correlativa en la unidad de tratamiento de agua residual.

REFERENCIAS

- Araujo Becerril, Laura Azaira Hernández García, B. N., Mejía Rodríguez, J. F., Salazar Figueroa, J. A. M., Tiburcio Martínez, A., & Tiburcio Martínez, A. (2019). *Filtros Percoladores*. Universidad Autónoma de México.
- Bañuelos, J., Gartzia, L., Pérez, L., Sola, R., Veloso, A., & Vilas, J. L. (2010). *Experimentación en Química Física*. UPV, Universidad del País Vasco. <https://www.ehu.es/es/web/zientzia-teknologia-fakultatea/hezkuntza-berrikuntzarako-proiektuak-01>
- Barrera, A. (2016). *El aserrín como material expresivo en el diseño*. 57.
- Bassan, M., Dodane, P., & Strande, L. (2005). Capítulo 3. Mecanismos de Tratamiento. *Tecnología*, 2(51), 43–63.
- Boards, W. (2016). *Wastewater Operator Certification Program | California State Water Resources Control Board*. https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/operator_certification/operator_certification.html
- Boccardo Bosoni, G., & Ruiz Bruzzone, F. (2018). Uso de RStudio para Estadística Univariada en Ciencias Sociales. *Research and Higher Education Center, July*, 97. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.32783.48803>
- Capítulo I Naturaleza del agua residual*. (2018).
- Carbotecnia, T. de agua y aire. (2004). Filtros de grava arena sílica y antracita. En *Boletín*

técnico AG-009 (Vol. 45203, Número 1, pp. 1–3).

<http://carbotecnia.info/PDF/boletines/AG-009.pdf>

Castro, C. (2017). Filtros Percoladores. *Universidad de Valencia*, 1–13.

http://agua.marn.gob.sv/Documentos/TallerAguas2015/FiltroPercoladorFinal_Sup-Costes.pdf

Castro, S. (2009). *Determinación de Coliformes , Termotolerantes en aguas naturales , superficiales o subterráneas, aguas , recreacionales y aguasresiduales. Manual de procedimiento analítico para muestras ambientales, 3.*

CONAGUA, C. N. del A. (2013). Manual de sistemas de tratamiento de aguas residuales utilizados en Japón. *Semarnat, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*, 10.

Cortiles Boulevard, A. R. (2013). Manual de sistemas de tratamiento de aguas residuales utilizados. En *Comisión Nacional del Agua*, 20 (pp. 1–20).

Cruz de León, J. (2011). *Consideraciones tecnológicas en la protección de la madera* (Vol. 59, pp. 1–50).

EPA, E. P. A. (1998). *Wastewater Treatment Works... The Basics* (Número May).

EPA, E. P. A. (2000). Wastewater Technology Fact Sheet Dechlorination. En *Environmental Protection Agency*.

España Leal, L. M., Duque, Q., Fernando, D., & Reyes Aguirre, S. (2017). Sistemas aerobios echeridos: Filtros percoladores. En *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents* (Vol. 7, Número 2). Universidad del Valle.

Espigares, M., & Pérez, J. (2001). *Aguas residuales. Composición.*

FAO, O. de las N. U. para la A. y la A. (2017). *Naciones Unidas advierte que más del 80% de las aguas residuales se vierten al ecosistema sin depurar.* Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/republica-dominicana/noticias/detail-events/es/c/853936/>

Fernandez Brenis, E. J., & Sanchez Zapata, K. L. (2016). *Elacuación de un lecho filtrante utilizando mesocarpo de coco (Cocos nucifera), para el tratamiento de aguas residuales de la empacadora de banano.*

Gallardo Sinchiguano, L. antonio A. (2017). *Análisis de la fibra de coco como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes del Centro de Faenamiento Latacunga* [Universidad Técnica de Ambato].
<https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/27238>

Galvan Carpio, T. (2007). *Agua.* IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. <http://www.ideam.gov.co/web/agua/agua>

Gamarra Barrera, E. C. (2018). *Diseño hidráulico de filtro anaerobio para tanque séptico.*
<https://es.scribd.com/document/378968353/11-Diseno-Filtro-Anaerobio-Ts>

García Cepeda, R. (2012). *Artículos sobre el uso y aprovechamiento del reciclaje del aserrín de madera para la mejora de nuestro planeta tierra.* Reciclarrín.
<http://reciclarrin.blogspot.com/>

Garcia, M. (2011). *Disturbios del estado ácido-básico en el paciente crítico. Artículo de Revision,*

28(1), 46–55.

García Serrano, J., & Corzo Hernández, A. (2008). *Depuración con humedales contruidos . Guía práctica de diseño, construcción y explotación de sistemas de humedales de Flujo Superficial.*

Gomez, E. giraldo. (1993). Tratamientos anaerobios de las aguas residuales domésticas. Limitaciones y potencialidades. *Revista de Ingeniería Uniandes.*

Guadarrama, M. E., & Galván, A. (2015). Impacto del uso de agua residual en la agricultura. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias, 4, 7.*

Hernández Lehmann, A., & Galán Martínez, P. (2004). *Manual De Depuración Uralita* (Parainfo (Ed.)). www.parainfo.es

Izquierdo Kulich, E., & Menéndez Gutiérrez, C. (2002). Método gráfico para la evaluación de filtros percoladores. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental, XXIII(1), 39–44.*

Jiménez Cisneros, B. E. (2001). *La contaminación ambiental en México* (Limusa Noriega Editores (Ed.)).

Komarov. (2018). Tratamiento de aguas residuales mediante filtros biológicos. *Revista Science Callejón.* [https://doi.org/revista Science callejón](https://doi.org/revista%20Science%20callej%C3%B3n)

La Grava - Materiales de Construcción. (2012). <http://materiales-de-construccion-ujcv.blogspot.com/2012/01/la-grava.html>

Lozano Rivas, W. A. (2016). Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.

ResearchGate, December 2012.

<https://www.researchgate.net/publication/298354134%0ADiseño>

Lv, Z., Zhou, Z., Pan, R., & Ding, A. (2020). Pilot Scale Study on Combined Ultra Filtration and Other Technique to Treat Rural Domestic Sewage. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 508(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/508/1/012015>

Menéndez Gutiérrez, C., & Garcia Zumalacarregui, J. (2013). Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales mediante filtros percoladores - Control de la operación, mantenimiento y muestreo. *ResearchGate, November 2015*, 1–51.

Metcalf and Eddy. (1995). *Ingeniería de aguas residuales. Volumen 1: Tratamiento, vertido y reutilización.*

Metcalf, & Eddy. (1996). *Ingeniería de aguas residuales. Volumen 1. Tratamiento, vertido y reutilización* (I. McGraw-Hill (Ed.); España).

MINAM, M. del A. (2016). Aprende a prevenir los efectos del mercurio: Residuos y áreas verdes. En *Biblioteca Nacional del Perú*. <http://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/60017>

Montiel Gonzales, J. M. R. (2001). *Los filtros biológicos aerobios como una alternativa para aumentar la eficiencia de las lagunas de oxidación*. Universidad Autónoma de Nuevo León.

Protocolo de monitoreo de la calidad de aguas de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales, Pub. L. No. Resolución Ministerial N° 273-2013-VIVIENDA (2013).

Naz, I., Saroj, D. P., Mumtaz, S., Ali, N., & Ahmed, S. (2014). Assessment of biological

trickling filter systems with various packing materials for improved wastewater treatment. *Environmental Technology (United Kingdom)*, 36(4), 424–434.

<https://doi.org/10.1080/09593330.2014.951400>

OEFA, O. de E. y F. A. (2014). *Fiscalización ambiental en aguas Residuales*.

https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827

OEFA, O. E. y F. A. (2014). *OEFA prioriza fiscalización ambiental del manejo de aguas residuales*. https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827

Oocities. (2009). *filtración en grava y arena*.

Oviedo Montes, J. A., Pereira Vilorio, W. D., & Vitola Garrido, C. S. (2007). Evaluación técnica del sistema de tratamiento de aguas residuales de la Primera Brigada de Infantería de Marina Brim - 1. En *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents* (Vol. 7, Número 2). Universidad de Sucre.

Pereira, S., Bittencourt, J., Miranda, R., Mares, E., Santos, D., Oliveira, G., & Maciel, A. (2014). Fibra De Coco Como Biosorvente Na Remoção Da Matéria Orgânica De Águas Residuais. *The Challenge of Developing Creative Artists in a Standardized World*, 7, 396–400.

<https://doi.org/10.14684/intertech.13.2014.396-400>

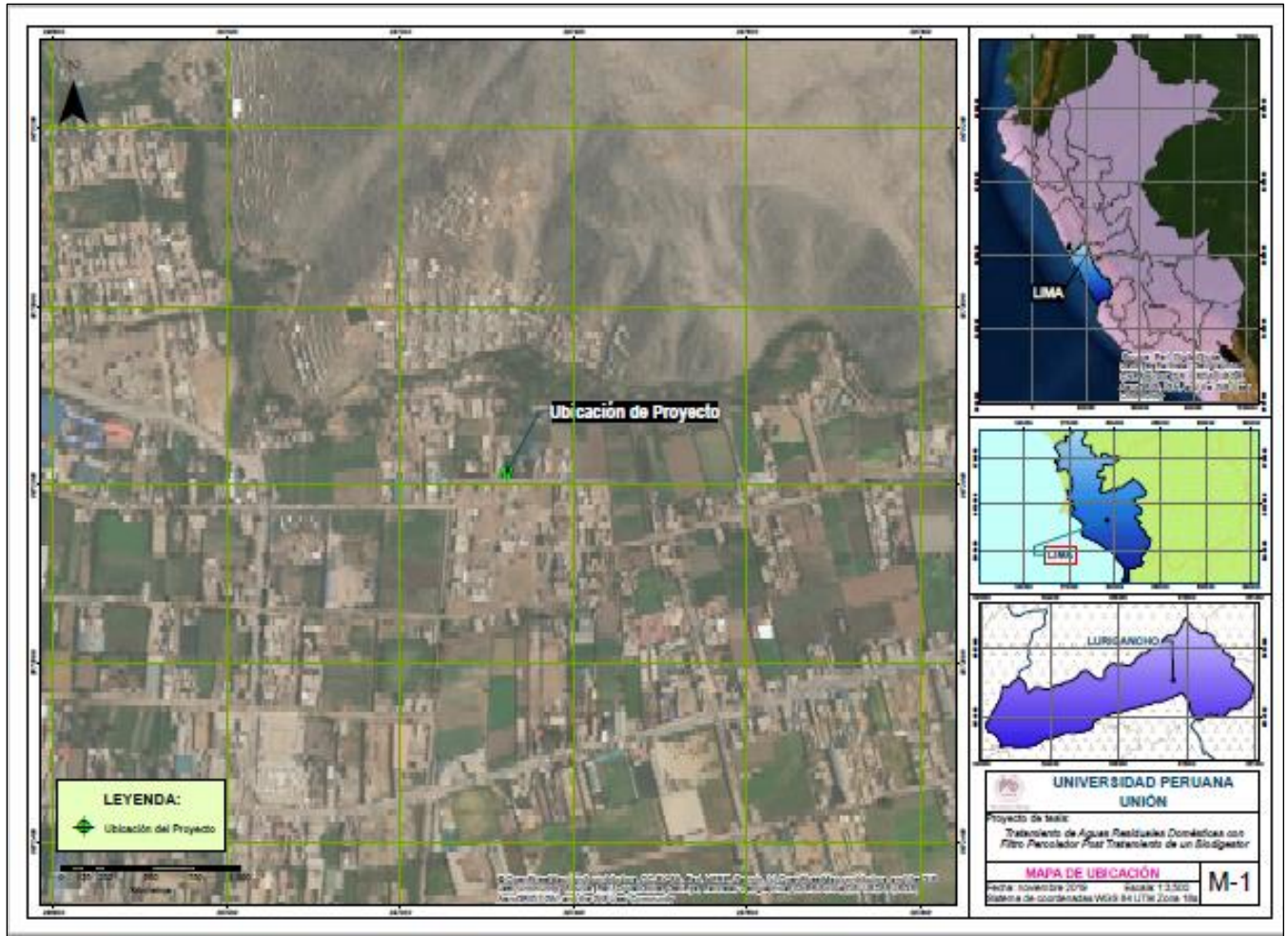
Prashant, Billore, S. K., Sharma, J. K., Singh, N., & Ram, H. (2013). Treatment of wastewater and restoration of aquatic systems through an eco-technology based constructed treatment wetlands - A successful experience in Central India. *Water Science and Technology*, 68(7), 1566–1573. <https://doi.org/10.2166/wst.2013.401>

- Premier Horticulture Ltd. (2022, febrero 14). *Fibra de coco: un componente de los medios de cultivo*. <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/fibra-de-coco-un-componente-de-los-medios-de-cultivo/>
- Quintero García, S. L., & González Salcedo, L. O. (2006). Fibra De Coco Mekor Propiedades Mecanica. *Ingeniería y Desarrollo, Julio-Di(20)*, 134–150.
<https://www.redalyc.org/pdf/852/85202010.pdf>
- Ramalho, R. S. (2003). *Tratamiento de aguas residuales* (Reveté S. A. (Ed.); Revisada). Publicaciones Digitales S. A.
- Reyes, J. V. (2016). Biofilter for pollutant removal for the treatment of wastewater. *Enfoque UTE*, 3(1), 41–56. <http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/>
- Rojas, R. (2002). Conferencia Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales. *Gestion Integral de Tratamiento de Aguas Residuales*.
dateca.unad.edu.co/.../ARESIDUAL2012.../fundamentoaguasresiduales...
- Romero Rojas, J. A. (1999). *Tratamiento de aguas residuales por lagunas de estabilización* (ALFAOMEGA (Ed.); 3ra. Ed.).
- Romero Rojas, J. A. (2008). *Tratamiento de Aguas Residuales - Teoria y Principios de Diseño*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería (A. de E. U. de C.- ASEUC (Ed.)).
- Saeed, T., Afrin, R., Muyeed, A. Al, & Sun, G. (2012). Treatment of tannery wastewater in a pilot-scale hybrid constructed wetland system in Bangladesh. *Chemosphere*, 88(9), 1065–1073. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.04.055>

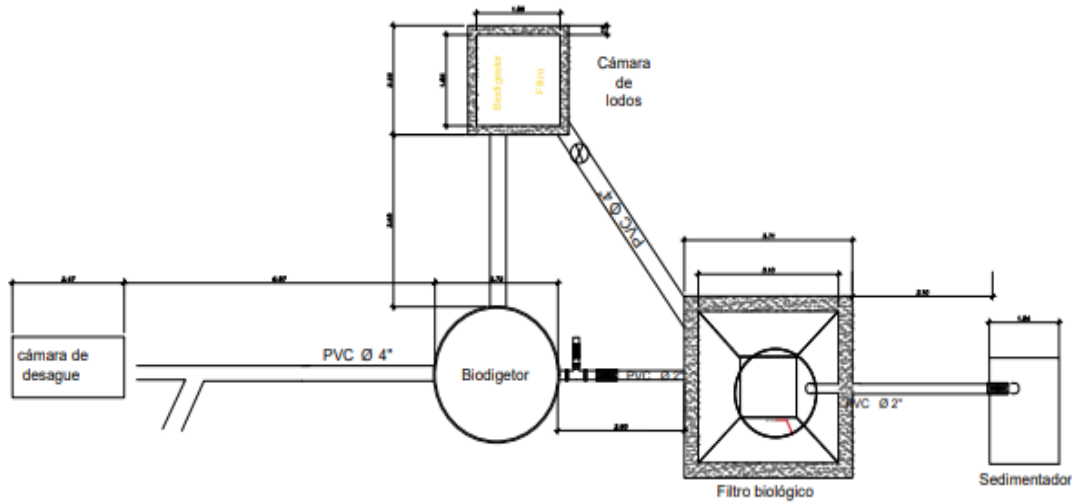
- Sánchez Rojas, J. A. (2016). *Eficiencia de remoción de nitrógeno en un sistema unifamiliar de tanque séptico mas filtro percolador*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- SENAMHI, S. N. de M. e H. del P. (2019). *Datos hidrometeorológicos a nivel nacional*. Portal de transparencia. <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>
- UNESCO. (2019). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019. No dejar a nadie atrás. En *Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura*. <http://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2019/>
- WWAPWWAP, P. M. de E. de los R. H. de las N. U. (2017). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. Aguas residuales: El recurso desaprovechado. En *Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura*.
- Yasdi, Ussarvi, D., Rinaldi, Anggraini, F. J., & Cahyani, S. E. (2021). Jurnal Presipitasi Coconut shell-based activated carbon preparation and its adsorption efficacy in reducing BOD from The Real Wastewater from. *J. Pres. : Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 18(1), 116–130.
- Yucra Yucra, R. R. (2016). *Influencia de PET reciclado en las características del agua residual doméstica mediante el proceso de filtro percolador para el distrito de Taraco,, provincia de Huancane, región Puno*. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.

ANEXOS

Anexo 1: Mapa de ubicación de la ejecución del proyecto de investigación.



Anexo 2: Plano de vista en corte y en planta de la planta de tratamiento de agua residual.



PLANO EN PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

ESCALA: 1/50

PROYECTO TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL		LAMINA
PROYECTO: TESIS ING AMBIENTAL		P-01
DISEÑADOR: VILELA MIRANDO ROMANÍ		
LUGAR: ÑAÑA - LIMA	FECHA: 18/04/20	

Anexo 3: Cadena de custodia (pre tratamiento).

ALAB		CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA										FORMA N° 01						
Datos del cliente Razón Social: 1072045597 Persona de contacto: Vilela Miranda Romari Nombre del proyecto: Evaluación de eficiencia del filtro percolador utilizando Fibra de Coco Para trat. de agua residual doméstica												Orden de servicio: 3284 Pág. de:						
Correo / Teléfono: miranda.romari.12@gmail.com / 947609227 Informe de ensayo: 16-21-7985 / 06-21-7914 Procedencia o lugar de muestreo: Carapango - Lurgancho																		
Punto de muestreo / Estación	Codigo de laboratorio	Muestra	Clasificación		Ubicación	N° Frascos	PARAMETRO MUESTRA				T° Agua (°C)	pH (valor en pH)	CE (valor en µmhos/cm)	OD (mg/L)	Cloro Libre (mg/L)	Cloro Total (mg/L)	OBSERVACIONES	
			Grupo	Sub-grupo			Comentarios (LITR)	V	P	H ₂ SO ₄								Cloro
1	H-21 41920	F: 20/09/21 H: 12:30pm	RE	A-R Doméstico	N: 2673295.93 E: 297322.24	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
Descripción de equipos utilizados: N°: 1 Código interno del equipo: Multiparametro Hanna Hanna Nombre del equipo:			Legenda F: Fecha H: Hora V: Vólvulo T° Agua: Temperatura del Muestra T° Ambiente: Temperatura ambiente CE: Conductividad Eléctrica OD: Oxígeno Disuelto						Clasificación de la Matriz Agua. Ref: NTP 214.042 GRUPO: RE - REFINA SUBGRUPO: A-R - RESIDUOS DOMÉSTICOS OBSERVACIONES:									
Observaciones / Comentarios - Parámetros monitoreados en campo (T° PH, TDS y conductividad) - Datos del afluente del filtro percolador			Muestreado por: Vilela Miranda R. Fecha: 20-09-21 Firmado: (Firma)						Muestreado por: ALAB									

Anexo 4: Cadena de custodia del muestreo de agua del afluente del filtro percolador.

ALAB		CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA										FORMA N° 01					
Datos del cliente Razón Social: 1072045597 Persona de contacto: Vilela Miranda R. Nombre del proyecto: Evaluación de eficiencia del filtro percolador utilizando fibra de coco Para trat. de agua residual doméstica												Orden de servicio: 4710 Pág. de:					
Correo / Teléfono: miranda.romari.12@gmail.com / 947609227 Informe de ensayo: 15-21 / 1844 / 16-21 - 11944 Procedencia o lugar de muestreo: Carapango - Lurgancho																	
Punto de muestreo / Estación	Codigo de laboratorio	Muestra	Clasificación		Ubicación	N° Frascos	PARAMETRO MUESTRA				T° Agua (°C)	pH (valor en pH)	CE (valor en µmhos/cm)	OD (mg/L)	Cloro Libre (mg/L)	Cloro Total (mg/L)	OBSERVACIONES
			Grupo	Sub-grupo			Comentarios (LITR)	V	P	H ₂ SO ₄							
1	H-21 41920	F: 20/09/21 H: 12:30pm	RE	A-R Doméstico	N: 2673295.93 E: 297322.24	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
Descripción de equipos utilizados: N°: 1 Código interno del equipo: Multiparametro Hanna Hanna Nombre del equipo:			Legenda F: Fecha H: Hora V: Vólvulo T° Agua: Temperatura del Muestra T° Ambiente: Temperatura ambiente CE: Conductividad Eléctrica OD: Oxígeno Disuelto						Clasificación de la Matriz Agua. Ref: NTP 214.042 GRUPO: RE - REFINA SUBGRUPO: A-R - RESIDUOS DOMÉSTICOS OBSERVACIONES:								
Observaciones / Comentarios - Parámetros monitoreados en campo (T° PH, TDS y conductividad)			Muestreado por: Vilela Miranda R. Fecha: 20-09-21 Firmado: (Firma)						Muestreado por: ALAB								

Anexo 5: Cadena de custodia de muestra de agua tratada efluente de filtro percolador semana 1.

ALAB		CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA				L: 2017 P: H M: 00/00/00									
Datos del cliente Razón Social: 1072045599 Persona de contacto: Vilela Miranda Romani Correo / Teléfono: Miranda.romani12@gmail.com / 447609227 Nombre del proyecto: Evaluación de eficiencia del filtro percolador utilizando fibra de coco para trat. de agua residual doméstica				Orden de servicio: 3284 Plan de Monitoreo: Informe de ensayo: 16-21-7986/66-21 7915 Procedencia o lugar de muestreo: Coropongo - Lunganchu											
Descripción de la muestra: H2O y del grupo DBO5 Turbidez				Puntos de muestreo: Accite y del grupo DBO5 Turbidez											
Punto de muestreo / Estación	Codigo de laboratorio	Muestreo	Clasificación		Ubicación		N° Focales		Temperatura (°C)	pH	CE (µmhos/cm)	OD (mg/L)	Cloro Libre (mg/L)	Cloro Total (mg/L)	OBSERVACIONES
			Grupo	Sub-grupo	Coordenadas (UTM)	Y	Z	1							
1	H-1-71 27531	P: 12/07/21 H: 12:30pm	A.R.	Doméstica	8672724	297332	18	✓	24.8	7.3	2300				
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															

Descripción de equipos utilizados:		Leyenda				Clasificación de la Matriz Agua Ref: NTP 214.042	
Nº	Código interno del equipo	Nombre de equipo	F: Focales	H: Hacia	V: Vacia	T: Muestra	CE: Conductividad Eléctrica
1		Multímetro marca "Hanna"	H: Hacia	C: Color	P: Puntos	T: Análisis	OD: Oxígeno Disuelto
2							
3							
4							

Nombre:	Vilela Miranda R.	Recepción de muestra:
Fecha:	12/07/21	
Firma:	<i>Ruf</i>	

Observaciones / Comentarios:
- Datos del efluente del filtro percolador - post tratamiento
- Parámetros monitoreados en campo (LT, PH, Conductividad y TDS)

12-07-21
RECEPCIÓN DE MUESTRAS
15:52
CHILAO

Anexo 6: Cadena de custodia de muestra de agua tratada de efluente filtro percolador semana 2.

ALAB		CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA										L: 1091442 R: 01 09/06/11							
Datos del cliente: Razón Social: 1072045597 Persona de contacto: Vilela Miranda Román Nombre del proyecto: Evaluación de eficiencia del filtro percolador utilizando fibra de coco Para trat. de agua residual doméstica												Orden de servicio: 3284 Plan de Muestreo: Informe de ensayo: 15-21 / 8045 Procedencia o lugar de muestreo: Carapongo - Lurigancho							
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA												PARAMETROS DE ENSAYO		PARAMETROS DE SUELO		OBSERVACIONES			
Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestreo	Clasificación	Ubicación	N° Frascos	Acidez y Alkalinidad	Conductividad	Temperatura	DBO ₅	Turbidez	T° Agua (°C)	pH	CE (µmhos/cm)	OD (mg/L)	Cloro Libre (mg/L)				
H2	H-21 30392	F: 22/07/21 R: 12:30PM	A.R. Doméstico	N: 8672312.84 E: 297333.48	✓	✓	✓	✓	✓	✓	19.3	7.33	2420						
Descripción de equipos utilizados: 1. Código único del equipo: Múltiparametro marca Hanna 2. Nombre de equipo: Múltiparametro marca Hanna 3. 4.												Legenda: F: Fecha H: Hora V: Volumen T° Agua: Temperatura de Muestra T° Ambiente: Temperatura ambiente N: Número de Frasco E: Estado Muestreado por: Vilela Miranda R. Fecha: 22/07/21 Firmado:				Clasificación de la Matriz Agua. Ref: NTP 214.042 AB: Agua Ambiental AR: Agua Residual AS: Agua de Superficie AA: Agua de Alcantarillado AP: Agua de Pluvia			
Observaciones / Comentarios: - Datos del efluente del filtro percolador - post tratamiento - Parámetros monitoreados en campo (T°, pH, Conductividad y TDS)												RECEPCIÓN DE MUESTRAS 22-07-21 16:10 CALLAO							

Anexo 7: Cadena de custodia de muestra de agua tratada del efluente filtro percolador semana 3.

ALAB		CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA										L: 1091442 R: 01 09/06/11							
Datos del cliente: Razón Social: 1072045597 Persona de contacto: Vilela Miranda Román Nombre del proyecto: Evaluación de eficiencia del filtro percolador utilizando fibra de coco Para trat. de agua residual doméstica												Orden de servicio: 3284 Plan de Muestreo: Informe de ensayo: 15-21 / 8045 Procedencia o lugar de muestreo: Carapongo - Lurigancho							
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA												PARAMETROS DE ENSAYO		PARAMETROS DE SUELO		OBSERVACIONES			
Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestreo	Clasificación	Ubicación	N° Frascos	Acidez y Alkalinidad	Conductividad	Temperatura	DBO ₅	Turbidez	T° Agua (°C)	pH	CE (µmhos/cm)	OD (mg/L)	Cloro Libre (mg/L)				
H2	H-21 30392	F: 26/07/21 R: 12:30PM	A.R. Doméstico	N: 8672312.84 E: 297333.48	✓	✓	✓	✓	✓	✓	20	7.44	2470						
Descripción de equipos utilizados: 1. Código único del equipo: Múltiparametro marca Hanna 2. Nombre de equipo: Múltiparametro marca Hanna 3. 4.												Legenda: F: Fecha H: Hora V: Volumen T° Agua: Temperatura de Muestra T° Ambiente: Temperatura ambiente N: Número de Frasco E: Estado Muestreado por: V. Miranda Román Fecha: 26/07/21 Firmado:				Clasificación de la Matriz Agua. Ref: NTP 214.042 AB: Agua Ambiental AR: Agua Residual AS: Agua de Superficie AA: Agua de Alcantarillado AP: Agua de Pluvia			
Observaciones / Comentarios: - Datos del efluente del filtro percolador - post. trat. - Parámetros monitoreados en campo (Conductividad, pH, T° y TDS)												RECEPCIÓN DE MUESTRAS 26-07-21 16:30 CALLAO							

Anexo 8: Cadena de custodia de la muestra de agua tratada del effluente de filtro percolador día 1.

Punto de muestreo / Estación		Código de laboratorio	Muestra	Clasificación	Ubicación	N° Frascos		PARAMETROS EN SERVO				OBSERVACIONES				
Grupo	Sub-grupo	Coordenadas (UTM)	V	P	T° Agua (°C)	pH (valor en pH)	CE (µmhos/cm)	OD (mg/L)	Cloro Libre (mg/L)							
1	#2	H-21	F: 02/08/21 H: 12:30pm	A.R. Doméstica	N: 8632793.4 E: 293337.46	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	22	7.37	2400	
2			F:	ME												
3			H:	ME												
4			F:	ME												
5			H:	ME												
6			F:	ME												
7			H:	ME												
8			F:	ME												
9			H:	ME												

Descripción de equipos utilizados:

N°	Código interno del equipo	Nombre de equipo
1		Multiparametro Hanna "Hanna"
2		
3		
4		

Legenda:

F: Fecha de muestreo; H: Hora de muestreo; V: Viento; P: Precipitación; T° Agua: Temperatura ambiente; T° Agua: Temperatura de muestra; CE: Conductividad eléctrica; OD: Oxígeno disuelto.

Clasificación de la Muestra Agua. Ref: NTP 214.042

Estado: Limpio Sucio

AP: Agua potable; AB: Agua de bebida; AS: Agua de servicio; AD: Agua de ducha; AE: Agua de lavado; AF: Agua de fregar; AG: Agua de gasear; AH: Agua de hervir; AI: Agua de infusionar; AJ: Agua de lavar; AK: Agua de limpiar; AL: Agua de lustrar; AM: Agua de mojar; AN: Agua de lavar; AO: Agua de lavar; AP: Agua de lavar; AQ: Agua de lavar; AR: Agua de lavar; AS: Agua de lavar; AT: Agua de lavar; AU: Agua de lavar; AV: Agua de lavar; AW: Agua de lavar; AX: Agua de lavar; AY: Agua de lavar; AZ: Agua de lavar.

Observaciones y Comentarios:

- Datos monitoreados del effluente del filtro percolador - post-trat.

- Parámetros monitoreados en campo (pH, conductividad, T° y TDS)

RECIBIDA LABORATORIO CALIAS 20-08-21 16:20

Anexo 9: Cadena de custodia de la muestra de agua tratada del effluente de filtro percolador día 1.

Punto de muestreo / Estación		Código de laboratorio	Muestra	Clasificación	Ubicación	N° Frascos		PARAMETROS EN SERVO				OBSERVACIONES				
Grupo	Sub-grupo	Coordenadas (UTM)	V	P	T° Agua (°C)	pH (valor en pH)	CE (µmhos/cm)	OD (mg/L)	Cloro Libre (mg/L)							
1	#2	H-21	F: 20/09/21 H: 12:30pm	A.R. Doméstica	N: 8632793.4 E: 293337.46	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	24	7.5	2500	
2			F:	ME												
3			H:	ME												
4			F:	ME												
5			H:	ME												
6			F:	ME												
7			H:	ME												
8			F:	ME												
9			H:	ME												

Descripción de equipos utilizados:

N°	Código interno del equipo	Nombre de equipo
1		Multiparametro Hanna "Hanna"
2		
3		
4		

Legenda:

F: Fecha de muestreo; H: Hora de muestreo; V: Viento; P: Precipitación; T° Agua: Temperatura ambiente; T° Agua: Temperatura de muestra; CE: Conductividad eléctrica; OD: Oxígeno disuelto.

Clasificación de la Muestra Agua. Ref: NTP 214.042

Estado: Limpio Sucio

AP: Agua potable; AB: Agua de bebida; AS: Agua de servicio; AD: Agua de ducha; AE: Agua de lavado; AF: Agua de fregar; AG: Agua de gasear; AH: Agua de hervir; AI: Agua de infusionar; AJ: Agua de lavar; AK: Agua de limpiar; AL: Agua de lustrar; AM: Agua de mojar; AN: Agua de lavar; AO: Agua de lavar; AP: Agua de lavar; AQ: Agua de lavar; AR: Agua de lavar; AS: Agua de lavar; AT: Agua de lavar; AU: Agua de lavar; AV: Agua de lavar; AW: Agua de lavar; AX: Agua de lavar; AY: Agua de lavar; AZ: Agua de lavar.

Observaciones y Comentarios:

Parámetros monitoreados en campo (conductividad, pH, T° y TDS)

RECIBIDA LABORATORIO CALIAS 20-09-21 16:30

Anexo 10: Cadena de custodia de muestra de agua tratada de efluente de filtro percolador día 4.

ALAB		CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA										L. F. 001.03 E. 01 S. 001.03.01			
Datos del cliente Razón Social: 1072045597 Persona de contacto: Vilela Miranda R Nombre del proyecto: Evaluación de eficiencia del filtro percolador utilizando fibra de coco Para trat. de agua residual doméstica.					Orden de servicio: 4710 Plan de Muestreo: Interno de ensayo Fecha de ensayo: 18-2/11980 Procedencia o lugar de muestreo: Casapango Lurgancho					Pág. de:					
Nº	Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestreo	Clasificación		Ubicación	Nº Frascos		Tª (°C)	pH (valor real)	CE (valor real)	OD (mg/l)	Cloro Libre (mg/l)	Cloro Total (mg/l)	OBSERVACIONES
				Grupo	Sub-grupo		V	P							
1	#2	H-21 41920	F: 23/09/21 H: 12:30PM	AR	Doméstico	Nº 86727924 E: 297233.08	1	1	21	7.4	2490				
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															

Descripción de equipos utilizados:		Leyenda				Clasificación de la Matriz Agua, Ref: NTP 214.042	
Item	Código interno del equipo	Nombre de equipo	F: Filtro H: Horno	N: Neteo E: Esde	V: Vial P: Plástico	Tª: Max. Tiempo de almacenamiento Tª: Ancho. Temperatura ambiente	CE: Conductividad Eléctrica OD: Órgano Disuelto
1		Multiparametro marca Hanna	Muestreado por:		Clasificación de la Matriz Agua, Ref: NTP 214.042		
2			Clasificación de la Matriz Agua, Ref: NTP 214.042		AR: Agua Residual AR: Agua de Lavado AR: Agua de Limpieza AR: Agua de Fregar AR: Agua de Baño AR: Agua de Cocina AR: Agua de Lavado de Vehículos AR: Agua de Lavado de Maquinaria AR: Agua de Lavado de Ropa AR: Agua de Lavado de Alimentos AR: Agua de Lavado de Objetos AR: Agua de Lavado de Herramientas AR: Agua de Lavado de Maquinaria Agrícola AR: Agua de Lavado de Maquinaria Industrial AR: Agua de Lavado de Maquinaria Naval AR: Agua de Lavado de Maquinaria Aeroespacial AR: Agua de Lavado de Maquinaria Espacial		
3			Muestreado por: Vilela Miranda R		Muestreado por: <input type="checkbox"/> ALAB <input type="checkbox"/> Cliente		
4			Fecha: 23/09/21		RECEPCIÓN DE MUESTRAS 23-09-21 16:05		
Observaciones / Comentarios			* Datos del efluente del filtro percolador * Parámetros monitoreados en campo (Tª, pH, Conductividad y TDS)				

Anexo 11: Cadena de custodia de muestreo de agua residual tratado de filtro percolador del día 7.




ALAB		CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA										L. F. 001.03 E. 01 S. 001.03.01			
Datos del cliente Razón Social: 1072045597 Persona de contacto: Vilela Miranda Romario Nombre del proyecto: Evaluación de eficiencia del filtro percolador utilizando fibra de coco Para trat. de agua residual doméstica.					Orden de servicio: 4710 Plan de Muestreo: Interno de ensayo Fecha de ensayo: 18-21-19945 Procedencia o lugar de muestreo: Casapango - Lurgancho					Pág. de:					
Nº	Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestreo	Clasificación		Ubicación	Nº Frascos		Tª (°C)	pH (valor real)	CE (valor real)	OD (mg/l)	Cloro Libre (mg/l)	Cloro Total (mg/l)	OBSERVACIONES
				Grupo	Sub-grupo		V	P							
1	#2	H-21 41920	F: 23-09-21 H: 12:30PM	AR	Doméstico	Nº 86727924 E: 297233.08	1	1	21	7.4	2.5				
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															

Descripción de equipos utilizados:		Leyenda				Clasificación de la Matriz Agua, Ref: NTP 214.042	
Item	Código interno del equipo	Nombre de equipo	F: Filtro H: Horno	N: Neteo E: Esde	V: Vial P: Plástico	Tª: Max. Tiempo de almacenamiento Tª: Ancho. Temperatura ambiente	CE: Conductividad Eléctrica OD: Órgano Disuelto
1		Multiparametro marca Hanna	Muestreado por:		Clasificación de la Matriz Agua, Ref: NTP 214.042		
2			Clasificación de la Matriz Agua, Ref: NTP 214.042		AR: Agua Residual AR: Agua de Lavado AR: Agua de Limpieza AR: Agua de Fregar AR: Agua de Baño AR: Agua de Cocina AR: Agua de Lavado de Vehículos AR: Agua de Lavado de Maquinaria AR: Agua de Lavado de Ropa AR: Agua de Lavado de Alimentos AR: Agua de Lavado de Objetos AR: Agua de Lavado de Herramientas AR: Agua de Lavado de Maquinaria Agrícola AR: Agua de Lavado de Maquinaria Industrial AR: Agua de Lavado de Maquinaria Naval AR: Agua de Lavado de Maquinaria Aeroespacial AR: Agua de Lavado de Maquinaria Espacial		
3			Muestreado por: Vilela Miranda R		Muestreado por: <input type="checkbox"/> ALAB <input type="checkbox"/> Cliente		
4			Fecha: 27/09/21		RECEPCIÓN DE MUESTRAS 27-09-21 15:45 CALLAO		
Observaciones / Comentarios			* Datos del efluente del filtro percolador * Parámetros monitoreados en campo (Tª, pH, Conductividad y TDS)				

Anexo 12: Cadena de custodia del muestreo de agua residual tratado del filtro percolador del día 11.

ALAB		CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA										L: 1081-1-2 R: R D: 2017-A-13																																																																																																																																																																										
Datos del cliente RUTN Social: 1072045597 Persona de contacto: Vilela Miranda Romeri Nombre del proyecto: Evaluación de eficiencia del filtro percolador												Orden de servicio: 4310 Plan de Muestreo: Informe de ensayo: 15-21-21998 Procedencia o lugar de muestreo: Cordoba - Longoncho																																																																																																																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Punto de muestreo / Estación</th> <th rowspan="2">Código de laboratorio</th> <th rowspan="2">Muestreo</th> <th colspan="2">Clasificación</th> <th rowspan="2">Ubicación</th> <th colspan="2">N° Frascos</th> <th rowspan="2">T° Agua (°C)</th> <th rowspan="2">pH (valor real)</th> <th rowspan="2">CE (µmhos/cm)</th> <th rowspan="2">OD (mg/l)</th> <th rowspan="2">Cloro Libre (mg/l)</th> <th rowspan="2">Cloro Total (mg/l)</th> <th rowspan="2">OBSERVACIONES</th> </tr> <tr> <th>Grupo</th> <th>Sub-grupo</th> <th>V</th> <th>P</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>#2</td> <td>M-21 30398</td> <td>20/09/21 12:30:00</td> <td>A-2</td> <td>A-R</td> <td>Coordinadas (UTM)</td> <td>V</td> <td>P</td> <td>20.8</td> <td>7.35</td> <td>243</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>														Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestreo	Clasificación		Ubicación	N° Frascos		T° Agua (°C)	pH (valor real)	CE (µmhos/cm)	OD (mg/l)	Cloro Libre (mg/l)	Cloro Total (mg/l)	OBSERVACIONES	Grupo	Sub-grupo	V	P	#2	M-21 30398	20/09/21 12:30:00	A-2	A-R	Coordinadas (UTM)	V	P	20.8	7.35	243																																																																																																																																											
Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestreo	Clasificación		Ubicación	N° Frascos		T° Agua (°C)	pH (valor real)	CE (µmhos/cm)	OD (mg/l)	Cloro Libre (mg/l)	Cloro Total (mg/l)				OBSERVACIONES																																																																																																																																																																					
			Grupo	Sub-grupo		V	P																																																																																																																																																																															
#2	M-21 30398	20/09/21 12:30:00	A-2	A-R	Coordinadas (UTM)	V	P	20.8	7.35	243																																																																																																																																																																												
Descripción de equipos utilizados: 1. Multiparametro Yeca Hanna			Leyenda: F: Filtro, N: Neta, V: Vaso, T: Muestra, CE: Conductividad Eléctrica, OD: Oxígeno Disuelto					Clasificación de la Matriz Agua, Ref: NTP 214.042 M: Agua Residual, A: Agua de Afluente, C: Agua de Coefluente, S: Agua de Sifón, D: Agua de Drenaje, E: Agua de Evaporación, P: Agua de Pluvia, T: Agua de Trazo, CE: Conductividad Eléctrica, OD: Oxígeno Disuelto																																																																																																																																																																														
Observaciones / Comentarios: * Datos del efluente del filtro percolador * Parámetros monitoreados en campo (T°, pH, Conductividad y TDS)			Muestreado por: Vilela Miranda R Fecha: 30/09/21 Firmado: [Firma]					RECEPCIÓN DE MUESTRAS 30-09-21 16:20 [Sello circular de laboratorio]																																																																																																																																																																														

Anexo 13: Informe de ensayo pretratamiento semana 1.

		LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE - 096	
		Registro N° LE - 096	

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-7985

IV. RESULTADOS

ITEM	1
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-27530
CÓDIGO DEL CLIENTE:	PUNTO 1
COORDENADAS:	E:0297322
UTM WGS 84:	N:8672795
PRODUCTO:	Agua Residual
SUB PRODUCTO:	Residual Doméstica
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	I-OPE-1.5
FECHA y HORA DE MUESTREO :	12-07-2021 12:30

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Aceites y Grasas (*)	mg/L	0,48	1,20	10,00
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) †	NMP/100mL	NA	1,8	13 000 000,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg BOD5/L	0,4	2,0	143,2
Turbidez (*)	NTU	NA	0,01	58,20

(†) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA
 † Ensayo acreditado por el IAS



L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *<= Menor que el L.C.M.
 L.D.M.: Límite de detección del método, *<= Menor que el L.D.M.
 *,: No ensayado
 NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Anexo 14: Informe de ensayo pre-tratamiento semana día 1.

 ALAB ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 096	 INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N° LE - 096
--	---	---

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-11944

IV. RESULTADOS

ITEM	1
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-41920
CÓDIGO DEL CLIENTE:	PUNTO 1
COORDENADAS:	E:0297322
UTM WGS 84:	N:8672795
PRODUCTO:	Agua Residual
SUB PRODUCTO:	Residual Doméstica
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO :	20-09-2021 12: 30

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Demanda Química de Oxígeno (*)	(mg O ₂ /L)	2,0	5,0	469,5
Oxígeno Disuelto (**)	mg DO/L	NA	0,1	4
Sólidos Suspendedos Totales (*)	mg Total Suspended Solids/L	2	5	50

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA
 (**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado




L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<=" Menor que el L.C.M.
 L.D.M.: Límite de detección del método, "<=" Menor que el L.D.M.
 "-": No ensayado
 NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Anexo 15: Informe de ensayo post-tratamiento semana 1.

 ALAB ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.	 IAS ACCREDITED <small>Water Laboratory</small> TL-833	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE - 096	 INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N° LE - 096
--	--	---	---

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-7986

IV. RESULTADOS

ITEM	1
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-27531
CÓDIGO DEL CLIENTE:	PUNTO 2
COORDENADAS:	E:0297333
UTM WGS 84:	N:8672797
PRODUCTO:	Agua Residual
SUB PRODUCTO:	Residual Doméstica
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	I-OPE-1.5
FECHA y HORA DE MUESTREO :	12-07-2021 12:30

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Acetres y Grasas (*)	mg/L	0,48	1,20	5,00
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) †	NMP/100mL	NA	1,8	3 300 000,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg BOD ₅ /L	0,4	2,0	292,8
Turbidez (*)	NTU	NA	0,01	42,40

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA
 † Ensayo acreditado por el IAS




L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<=" Menor que el L.C.M.
 L.D.M.: Límite de detección del método, "<=" Menor que el L.D.M.
 "-": No ensayado
 NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Anexo 16: Informe de ensayo post-tratamiento semana 2.

 ALAB <small>ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.</small>	 IAS <small>ACCREDITED</small> <small>TL-833</small>	<small>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE - 096</small>	 INACAL <small>DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado</small> <small>Registro N° LE - 096</small>
---	---	---	--

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-8645

IV. RESULTADOS

ITEM				1
	CÓDIGO DE LABORATORIO:			M-21-30392
	CÓDIGO DEL CLIENTE:			PUNTO 2
	COORDENADAS:			E:0297333
	UTM WGS 84:			N:8672797
	PRODUCTO:			Agua Residual
	SUB PRODUCTO:			Residual Doméstica
	INSTRUCTIVO DE MUESTREO:			I-OPE-1.5
	FECHA y HORA DE MUESTREO:			22-07-2021 12:30
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Acetees y Grasas (*)	mg/L	0,48	1,20	5,90
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ²	NMP/100mL	NA	1,8	23 000,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg BOD5/L	0,4	2,0	149,0
Turbidez (*)	NTU	NA	0,01	8,50

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA
² Ensayo acreditado por el IAS




L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.
L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.
"-": No ensayado
NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Anexo 17: Informe de ensayo post-tratamiento semana 3.

 ALAB <small>ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.</small>	 IAS <small>ACCREDITED</small> <small>TL-833</small>	<small>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE - 096</small>	 INACAL <small>DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado</small> <small>Registro N° LE - 096</small>
---	---	---	--

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-8821

IV. RESULTADOS

ITEM				1
	CÓDIGO DE LABORATORIO:			M-21-30392
	CÓDIGO DEL CLIENTE:			PUNTO 2
	COORDENADAS:			E:0297333
	UTM WGS 84:			N:8672797
	PRODUCTO:			Agua Residual
	SUB PRODUCTO:			Residual Doméstica
	INSTRUCTIVO DE MUESTREO:			I-OPE-1.5
	FECHA y HORA DE MUESTREO :			26-07-2021 12:30
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Acetees y Grasas (*)	mg/L	0,48	1,20	5,00
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ²	NMP/100mL	NA	1,8	11 000,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg BOD5/L	0,4	2,0	100,0
Turbidez (*)	NTU	NA	0,01	3,50

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA
² Ensayo acreditado por el IAS


L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.
L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.
"-": No ensayado
NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES


Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Anexo 18: Informe de ensayo post-tratamiento semana 4.




ALAB
ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.



IAS
ACCREDITED
TL-833

LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE - 096



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado
Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-8822

IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-27530
CÓDIGO DEL CLIENTE:				PUNTO 2
COORDENADAS:				E: 0297333
UTM WGS 84:				N: 8672797
PRODUCTO:				Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Residual Doméstica
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				I-OPF-1.5
FECHA y HORA DE MUESTREO :				02-08-2021 12:30
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Aceites y Grasas (*)	mg/L	0,48	1,20	4,00
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) *	NMP/100mL	NA	1,8	900,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (**)	mg BOD5/L	0,4	2,0	30,0
Turbidez (**)	NTU	NA	0,01	1,00

Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA
 Ensayo acreditado por el IAS


L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *<=" Menor que el L.C.M.
 L.D.M.: Límite de detección del método, *<=" Menor que el L.D.M.
 "-": No ensayado
 NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.


"FIN DE DOCUMENTO"

Anexo 19: Informe análisis de la calidad de agua posterior al tratamiento del efluente del filtro percolador día 1.



ALAB
ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 096



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado
Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-11945

IV. RESULTADOS

ITEM				2
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-41920
CÓDIGO DEL CLIENTE:				PUNTO 2
COORDENADAS:				E: 0297333
UTM WGS 84:				N: 8672797
PRODUCTO:				Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Residual Doméstica
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO :				20-09-2021 12:30
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Demanda Química de Oxígeno (*)	(mg O2/L)	2,0	5,0	265,4
Oxígeno Disuelto (**)	mg DO/L	NA	0,1	5
Sólidos Suspendedos Totales (*)	mg Total Suspended Solids/L	2	5	46,78

Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA
 El Ensayo indicado no ha sido acreditado


L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *<=" Menor que el L.C.M.
 L.D.M.: Límite de detección del método, *<=" Menor que el L.D.M.
 "-": No ensayado
 NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.


"FIN DE DOCUMENTO"

Anexo 20: Informe análisis de la calidad de agua posterior al tratamiento del efluente del filtro percolador día 4.



ALAB
ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 096



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado

Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-11980

IV. RESULTADOS

ITEM	2
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-41920
CÓDIGO DEL CLIENTE:	PUNTO 2
COORDENADAS:	E: 0297333
UTM WGS 84:	N: 8672797
PRODUCTO:	Agua Residual
SUB PRODUCTO:	Residual Doméstica
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO :	23-09-2021 12:30

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Demanda Química de Oxígeno (*)	(mg O ₂ /L)	2,0	5,0	187
Oxígeno Disuelto (**)	mg DO/L	NA	0,1	5,64
Sólidos Suspendidos Totales (*)	mg Total Suspended Solids/L	2	5	45,72

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA
(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado


L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *c*= Menor que el L.C.M.
L.D.M.: Límite de detección del método, *c*= Menor que el L.D.M.
-: No ensayado
NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.


"FIN DE DOCUMENTO"

Anexo 21: Informe análisis de la calidad de agua posterior al tratamiento del efluente del filtro percolador día 7.



ALAB
ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 096



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado

Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-11982

IV. RESULTADOS

ITEM	2
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-41920
CÓDIGO DEL CLIENTE:	PUNTO 2
COORDENADAS:	E: 0297333
UTM WGS 84:	N: 8672797
PRODUCTO:	Agua Residual
SUB PRODUCTO:	Residual Doméstica
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO :	26-09-2021 12:30

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Demanda Química de Oxígeno (*)	(mg O ₂ /L)	2,0	5,0	64,5
Oxígeno Disuelto (**)	mg DO/L	NA	0,1	5,67
Sólidos Suspendidos Totales (*)	mg Total Suspended Solids/L	2	5	45,24

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA
(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado


L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *c*= Menor que el L.C.M.
L.D.M.: Límite de detección del método, *c*= Menor que el L.D.M.
-: No ensayado
NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES


Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Anexo 22: Informe análisis de la calidad de agua posterior al tratamiento del efluente del filtro percolador día 11.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-11982

IV. RESULTADOS

ITEM	2
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-41920
CÓDIGO DEL CLIENTE:	PUNTO 2
COORDENADAS:	E: 0297333
UTM WGS 84:	N: 8672797
PRODUCTO:	Agua Residual
SUB PRODUCTO:	Residual Doméstica
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO :	26-09-2021 12: 30

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Demanda Química de Oxígeno (*)	(mg O2/L)	2,0	5,0	64,5
Oxígeno Disuelto (**)	mg DO/L	NA	0,1	5,67
Sólidos Suspendidos Totales (*)	mg Total Suspended Solids/L	2	5	45,24

Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA
 El Ensayo indicado no ha sido acreditado


L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.
 L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.
 -: No ensayado
 NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Anexo 23: Certificado de calibración de equipo multiparámetro portátil marca HANNA.



Instrument: HB9130
 S/N: 05090081101
 Software version: 1.03
 Description: pH/EC/TDS/Temperature Waterproof Tester
 Made in: ROMANIA

Hanna Instruments certifies that this instrument has been produced, calibrated and tested to meet all applicable Hanna Instruments procedures, using standards and reference instruments, the accuracy of which is traceable to the National Institute of Standards (NIST) in the USA or to internationally acceptable national physical standards. The standards and reference instruments used in calibration and testing are supported by a calibration system which meets requirements of ISO 9001.


The following tests have been performed according with the reference from the Quality Check Procedure of the meter:

Calibration Points	Results
7.01 pH	Passed
4.01 pH	Passed
12.88 mS/cm	Passed


Testing Points	Reading Values
10.01 pH	9.99 pH
5.00 mS/cm	5.16 mS/cm
25.0 °C	25.0 °C

* All the above measurements were done at 25 °C with the current configuration.


Calibration, functionality test, aesthetic control and packing have been met.

Date: 2020.02.26 Inspector: Corina Pop
 Title: Engineer
 Signature: 

ID: HB9130_rev01_June 2019 Page 1 of 1



Hanna Instruments Inc. 584 Park East Drive
 Worcester, RI 02895
www.hannainst.com



Anexo 24: Certificado de acreditación y garantía de calibración de equipo multiparámetro portátil marca HANNA, facilitado por el proveedor.



DECLARACION JURADA GARANTIA COMERCIAL

Señores,
MIRANDA ROMANI VILELA GRACIELA
RUC 10720455973
Presente. -

Provi Now Scientific S.A.C con N° de R.U.C 20519063221, debidamente representado por su Gerente General el Sr. Miguel Angel Ugaz Bazan, identificado con DNI Nro. 41235292, como proveedores de Equipos de Laboratorio en General, MIRANDA ROMANI VILELA GRACIELA NI Nro. 10720455973 una **GARANTÍA** de 6 meses del siguiente producto:

ITM	PRODUCTO	MARCA	MODELO	CANTIDAD	N/SERIE
1	HI98130	HANNA	HI98130	1	LOTE 05090081101

La garantía ofertada cubre los defectos de fábrica y/o vicios ocultos, cubriendo el cambio o reparación de los componentes que puedan ser afectados, así como la mano de obra asociada.

El Equipo se encuentra con adecuada calibración de fabrica certificada por HANNA INSTRUMENT.

Los bienes sujetos a desgaste no se encuentran cubiertos por la garantía, lo mismo que daños ocasionados por operar fuera de las especificaciones de fábrica o que el equipo sea usado por personal no capacitado, problemas de terrorismo, conmoción civil o fenómenos telúricos entre otro tipo de situaciones fortuitas no atribuibles al desgaste normal.

Atentamente

Lima, 15 de JUNIO del 2021



MIGUEL ANGEL UGAZ BAZAN
Gerencia General
PROVI NOW SCIENTIFIC

Av. Bolívar 970 Int 305 Pueblo Libre Lima-Perú
Teléfonos: +51 1330 2115 Cel: 982 326 784 www.provinow.com
e-mail: gerencia@provinowscientific.com

Anexo 25: Certificado de acreditación por la INACAL “ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L”.



Anexo 26: Certificado de acreditación por la IAS “ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L”.



Anexo 27: Vista de la estructura que compone el filtro percolador.



Anexo 28: Preparación e incorporación de fibra de coco como empaque del filtro percolador.





Anexo 29: Preparación de aserrín de madera y arena fina como última capa de empaque del filtro percolador.





Anexo 30: Vista de la planta de tratamiento de agua residual doméstica a escala real diseñado para una vivienda unifamiliar.



Anexo 31: Vista de la salida del agua residual doméstica tratada del filtro percolador.



Anexo 32: Vista de la cámara de lodos.



Anexo 33: Medición de los parámetros de campo empleando el equipo portátil multiparámetro marca HANNA.



Anexo 34: Análisis del agua de los parámetros in situ de pH, T°, conductividad eléctrica y TDS del residual domestica tratada.



Anexo 35: Toma de muestras de agua residual domestica tratada para su posterior análisis en laboratorio.



Anexo 36: Muestras de agua tratada para traslado al laboratorio de análisis debidamente etiquetado y empacado.

