



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Análisis de la eficiencia de un prototipo de Biofiltro en el tratamiento de aguas residuales para riego en Trapiche, Comas, 2017”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA AMBIENTAL**

AUTOR:

VASQUEZ PEREZ SHEYLI JAZMIN

ASESOR:

Dr. JIMÉNEZ CALDERÓN CÉSAR EDUARDO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Calidad y Gestión de Recursos Naturales

LIMA - PERÚ

2017-II

PÁGINA DE JURADO

Dr. Jave Nakayo Jorge Leonardo
Presidente

Mg. Tello Mendivil Verónica
Secretaria

Dr. Jiménez Calderón César Eduardo
Vocal

DEDICATORIA

En un país en el que estamos esclavizados a la ignorancia, el presente trabajo de investigación está dedicado a todos los niños y jóvenes que por motivos sociales, económicos y personales no pueden gozar del derecho a la educación. Dedico mi esfuerzo presente y futuro para trabajar por ellos y sus derechos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi soporte en esta y en todas las etapas de mi vida, por ser mi paz y tranquilidad. A mis padres por haber forjado en mi fortaleza y responsabilidad, por haberme acompañado incansablemente en mis triunfos y fracasos y darme su amor incondicional todos los días de mi vida, a mis hermanas por ser el motor que guía mi camino desde que las tuve conmigo. A mis amigos y compañeros por estar conmigo brindándome su apoyo y a mis profesores que me apoyaron desinteresadamente.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Vasquez Perez, Sheyli Jazmin con DNI N° 48223594, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 13 de diciembre de 2017

Sheyli Jazmin Vasquez Perez

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada **“Análisis de la eficiencia de un prototipo de Biofiltro en el tratamiento de aguas residuales para riesgo en Trapiche, Comas, 2017”**, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de **Ingeniera Ambiental**.

Sheyli Jazmin Vasquez Perez

ÍNDICE GENERAL

CARÁTULA	i
PÁGINA DE JURADO	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	iv
.....	iv
PRESENTACIÓN	v
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Realidad Problemática	1
1.2. Trabajos previos.....	3
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	6
1.3.1. Eficiencia del prototipo “Biofiltro”	6
1.3.2. Tratamiento de aguas residuales.....	15
1.4. Formulación del problema	20
1.4.1. Problema General	20
1.4.2. Problemas Específicos	20
1.5. Justificación del estudio.....	20
1.6. Hipótesis	23
1.6.1. Hipótesis General	23
1.6.2. Hipótesis Específica 1	23
1.6.3. Hipótesis Específica 2	24
1.7. Objetivo	24
1.7.1. Objetivo General.....	24
1.7.2. Objetivo Específico	24
CAPÍTULO II. MÉTODO.....	24
2.1. Diseño de investigación	24
2.2. Variables, Operacionalización	26
2.3. Población, muestra y muestreo	28

2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	30
2.5.	Métodos de análisis de datos	38
2.6.	Aspectos éticos	40
CAPÍTULO III. RESULTADOS		40
3.1.	Obtención de Resultados	40
3.2.	Datos obtenidos antes del tratamiento de aguas residuales	40
3.3.	Datos obtenidos con la aplicación de los Tratamientos para agua residual	41
3.4.	Eficiencias de los tratamientos de Biofiltración	57
3.5.	Interpretación de resultados	57
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN		82
4.1.	Discusión	82
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES		83
5.1.	Conclusiones	83
CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES		84
6.1.	Recomendaciones	84
CAPÍTULO VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		86
CAPÍTULO VIII. ANEXOS		89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Lombriz roja de California.....	9
Figura 2: Corte transversal de la Lombriz roja de California.....	11
Figura 3: Recursos provenientes del Proyecto	22
Figura 4: Esquema de la distribución de los biofiltros	33
Figura 5: Gráfico de barras - Variación de la Conductividad eléctrica por tratamiento	42
Figura 6: Gráfico lineal - Variación de la Conductividad eléctrica por tratamiento	42
Figura 7: Gráfico de barras - Variación del pH por tratamiento	43
Figura 8: Gráfico lineal - Variación del pH por tratamiento	44
Figura 9: Gráfico de barras - Variación de la Temperatura por tratamiento	45
Figura 10: Gráfico lineal - Variación de la Temperatura por tratamiento.....	45
Figura 11: Gráfico de barras - Variación de la Turbidez por tratamiento	46
Figura 12: Gráfico lineal - Variación de la Turbidez por tratamiento.....	47
Figura 13: Gráfico de barras - Variación del Oxígeno Disuelto por tratamiento	48
Figura 14: Gráfico lineal - Variación del Oxígeno Disuelto por tratamiento.....	49
Figura 15: Gráfico de barras - Variación del Cloruros por tratamiento	50
Figura 16: Gráfico lineal- Variación del Cloruros por tratamiento	50
Figura 17: Gráfico de barras - Variación de Coliformes Termotolerantes por tratamiento	51
Figura 18: Gráfico lineal - Variación de Coliformes Termotolerantes por tratamiento	52
Figura 19: Gráfico de barras - Variación de DBO5 por tratamiento	53
Figura 20: Gráfico lineal - Variación de DBO5 por tratamiento.....	53
Figura 21: Gráfico de barras - Variación de DQO por tratamiento.....	54
Figura 22: Gráfico lineal - Variación de DQO por tratamiento	55
Figura 23: Gráfico de barras - Variación de Aceites y grasas por tratamiento	56
Figura 24: Gráfico lineal – Variación de Aceites y grasas por tratamiento	56
Figura 25: Temperatura registrada en el mes de agosto y setiembre.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ciclo de reproducción de las lombrices	13
Tabla 2: Operacionalización de las variables.	26
Tabla 3: Distribución de la mezcla de tratamientos	28
Tabla 4: Concentración de estratos de los tratamientos	29
Tabla 5: Procedimientos generales del desarrollo del trabajo investigativo	31
Tabla 6: Fiabilidad del Alfa de Cronbach	35
Tabla 7: Análisis de fiabilidad.....	36
Tabla 8: Parámetros según Estándar de Calidad Ambiental para agua	38
Tabla 9: Valores del análisis físico, químico y microbiológico.	41
Tabla 10: Resultados de Conductividad eléctrica.....	41
Tabla 11: Resultados de pH.....	43
Tabla 12: Resultados de Temperatura	44
Tabla 13: Resultados de Turbidez	46
Tabla 14: Resultados de Oxígeno Disuelto	48
Tabla 15: Resultados de Cloruros.....	49
Tabla 16: Resultados de Coliformes Termotolerantes	51
Tabla 17: Resultados de DBO5	52
Tabla 18: Resultados de DQO	54
Tabla 19: Resultados de Aceites y grasas.....	55
Tabla 20: Eficiencias de los tratamientos de Biofiltración.....	57
Tabla 21: Pruebas de Normalidad	58
Tabla 22: Pruebas de Correlación.....	67
Tabla 23: Análisis de varianza (ANOVA)	74
Tabla 24: Homogeneidad de varianzas.....	77
Tabla 25: Comparaciones múltiples - DMS	78
Tabla 26: Comparaciones múltiples - Tamhane	80

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Coordenadas de Ubicación.	89
Anexo 2: Materiales para la construcción del Sistema de filtración	90
Anexo 3: Construcción del Sistema de filtración	93
Anexo 4: Procedimiento de filtración de aguas residuales.....	96
Anexo 5: Validación de instrumentos por expertos.....	99
Anexo 6: Instrumentos de recolección de datos	104
Anexo 7: Análisis físicos, químicos y microbiológicos	107
Anexo 8: Resultados de Laboratorio de análisis microbiológicos	111
Anexo 9: Matriz de Consistencia.....	112

RESUMEN

En los próximos años el planeta estará expuesto a la escasez de agua potable producto de las actividades económicas productivas que se realizan. Estas actividades generan contaminación en los diferentes cuerpos de agua existentes que lamentablemente no son controlados.

En el Perú más del 70 por ciento de las aguas residuales generadas no son tratadas, adicional a esto de las 143 plantas de tratamiento de agua que se encuentran en territorio nacional solo el 14 por ciento cumple con las normativas vigentes.

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo demostrar la eficiencia de un sistema de tratamiento conocido como “Biofiltro”, este sistema poco convencional tiene la particularidad de poseer lombrices rojas de california (*Eisenia foetida*) como uno de los estratos filtrantes que lo conforman. Estos animales tienen como función la descomposición de la materia orgánica contenida en las aguas residuales, las cuales fueron colectadas de establos ganaderos ubicados en el cono norte de Lima Metropolitana.

Los resultados obtenidos demostraron la eficiencia de los 03 Biofiltros para el tratamiento de aguas residuales mediante el mejoramiento de los siguientes parámetros: conductividad eléctrica, pH, temperatura, turbidez, oxígeno disuelto, cloruros, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, coliformes termotolerantes, aceites y grasas. La eficiencia en el Biofiltro Bola fue del 69.25 por ciento, en el Biofiltro Pómez se obtuvo una eficiencia del 67.84 por ciento y en el Biofiltro Lombriz una eficiencia del 65.71 por ciento.

Palabras clave: eficiencia, aguas residuales, biofiltro, lombrices rojas de california

ABSTRACT

In the coming years the planet will be exposed to the shortage of drinking water product of the productive economic activities that are carried out. These activities for the contamination in the existing bodies of water that unfortunately are not controlled.

In Peru, more than 70 percent of the wastewater generated is not treated, in addition to the 143 water treatment plants that are located in the country, only 14 percent meet the regulations in force.

The objective of this research work is to demonstrate the efficiency of a treatment system known as "Biofiltro", this unconventional system has the peculiarity of having red worms of California (*Eisenia foetida*) as one of the filter strata that make it up. These animals have as function the decomposition of the organic matter contained in the wastewater, which were collected from livestock stables located in the northern cone of Metropolitan Lima.

The results obtained demonstrated the efficiency of the 03 Biofilters for the treatment of wastewater by improving the following parameters: electrical conductivity, pH, temperature, turbidity, dissolved oxygen, chlorides, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, thermotolerant coliforms, oils and fats. The efficiency in the Biofiltro Bola was of 69.25 percent, in the Biofiltro Pómez an efficiency of 67.84 percent was obtained and in the Biofiltro Worm an efficiency of 65.71 percent.

Keywords: efficiency, wastewater, biofilter, california red earthworm

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

El agua es un recurso esencial para los seres vivos, de hecho, sin él, no existiría ninguna forma de vida. La superficie de la Tierra está conformada en aproximadamente un 70 por ciento de agua, y de este porcentaje solo el 2.5 por ciento es agua dulce que abastece a una población mundial que crece casi a un ritmo de 80 millones de personas al año (UNESCO, 2015). El crecimiento urbano, rural y las industrias hacen que la demanda por agua vaya en aumento.

Se estima que hacia el 2030, el planeta enfrentará un déficit mundial del 40 por ciento de agua frente a las condiciones climáticas. El Perú no estará ajeno a esta situación, a pesar de poseer más de cien cuencas hidrográficas, pero inadecuadamente distribuidas, la población hace un mal uso de este recurso con cada actividad realizada. La vertiente amazónica posee la mayor cantidad de agua (97.7 por ciento), sin embargo, es en esta área en donde se encuentra la menor población (33.5 por ciento); caso contrario lo tiene la vertiente del Pacífico con la menor cantidad de agua (1.8 por ciento) y la mayor población asentada en su territorio (62.4 por ciento de población), ciertamente existe una inadecuada distribución de la población en el Perú con respecto a la distribución de los recursos naturales. El registro del número de personas en el Perú al 30 de junio de 2014 ha sido aproximadamente 30 millones; el crecimiento anual es de aprox. 340 mil personas; de otro lado, la población mundial sobrepasó los 7 mil millones de habitantes, a un ritmo de crecimiento anual en 82 millones de personas. (INEI, 2014).

A pesar de esta gran desigualdad en la distribución de recursos hídricos, es en la región costa donde se desarrollan la mayor cantidad de actividades productivas (ganadería, agricultura, agroexportadora, pesquera, etc.) con altos requerimientos de agua para su ejecución. En el Perú, el problema radica en el mal uso que se le da a este recurso.

Tanto la población, las empresas del sector privado y público, como las industrias, difícilmente ejecutan acciones en las que el agua cumpla un ciclo cerrado. Por el contrario, las empresas realizan un uso lineal del agua anulando el reaprovechamiento de este escaso recurso vital lo que nos da como resultado la generación de aguas residuales.

Las aguas residuales representan un problema que está afectando de manera alarmante nuestro bienestar general. Solamente Lima genera más del 66 por ciento del volumen anual nacional de aguas residuales sin tratamiento.

En la actualidad existen centros dedicados a la ganadería y agricultura ubicados en los conos de Lima Metropolitana. Estos lugares no representen consumos a gran escala de los recursos hídricos; sin embargo, algunos de estos establos consumen agua proveniente de pozos (agua subterránea), provocando la contaminación de este recurso durante su proceso. Las aguas generadas por estas actividades de crianza y agricultura están compuestas por materia orgánica, grasas y demás efluentes que llegan a contaminar el ambiente.

Una alternativa de reaprovechamiento de estas aguas servidas es el sistema de filtración, que basa su funcionalidad en la retención de componentes contaminantes. Un sistema de filtración novedoso es el “Biofiltro”, cuya peculiaridad es el uso de lombrices rojas de california en uno de los estratos de filtración para aguas servidas.

Las lombrices rojas de california son, desde hace mucho tiempo, uno de los seres vivos más importantes en lo que respecta a temas agrícolas, ya que se tienen conocimientos sobre la labor que cumplen como productores del “humus de lombriz”, que es una sustancia inodora producto de sus excrementos que contienen abundante nitrógeno, fósforo, potasio y calcio, entre otros nutrientes.

Actualmente se desconoce la acción de las lombrices rojas de california con respecto al tratamiento de aguas residuales, sin embargo, se han realizado

estudios recientes que demuestran la efectividad de estos pequeños animales. Gracias a la digestión y flora bacteriana microbiana se logran degradar residuos orgánicos provenientes de estas aguas contaminadas. Este es una de las motivaciones para realizar el presente trabajo de investigación.

1.2. Trabajos previos

Según la revista de la Facultad de Ingeniería de la UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA (2015), gran parte de la población de Latinoamérica se encuentra asentadas en las ciudades cuya provisión de agua es insuficiente y más aún por carecer de tratamientos para las descargas de aguas residuales. Esta es una oportunidad para reusar el agua utilizada en estos procesos.

Ante la problemática del agua que existe se han desarrollado a lo largo del tiempo muchos sistemas de tratamiento denominados “sistemas convencionales” que poseen ventajas y desventajas actualmente conocidas. Dentro de las desventajas que poseen, destacan el alto costo que demanda su construcción, operación y mantenimiento además de requerir personal altamente calificado y generar subproductos indeseables conocidos como “lodos”. A esta situación se le añade el hecho de que los sistemas convencionales son escasamente desarrollados en zonas rurales.

Ante esta situación profesores de las Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco realizaron un trabajo investigativo titulado “Purificación de agua por medio de filtros lentos de arena en la comunidad de Kuychiro”, esta investigación se realizó con el fin de demostrar la eficiencia de la arena en el tratamiento de aguas para consumo humano provenientes del río Kuychiro; dichas aguas se encuentran contaminadas por el sistema de desagüe de las viviendas y por los residuos orgánicos e inorgánicos que son arrojados por la comunidad. Como parte de la investigación, se evaluó el nivel de contaminación de las aguas mediante el análisis físico, químico y microbiológico, se diseñó también un filtro casero de arena para promover el

proyecto en la comunidad puesto que posee una grave situación de abandono y pobreza. El filtro de arena está constituido por un difusor, válvula flotadora, recipiente, geotextil y tubería de drenaje.

Se realizaron cinco repeticiones incluyendo el primer análisis de base. Conforme se desarrolló la investigación, los análisis físicos, químicos y microbiológicos de las muestras de agua del río Kuychiro comprobaron la eficiencia del filtro, evidenciando los resultados dentro de los parámetros que se exigen para el consumo humano, teniendo como indicador principal a la dureza según la Organización Mundial de la Salud. Respecto a los análisis microbiológicos, el filtro logró disminuir de un 80,91 por ciento a un 67,39 por ciento de remoción de coliformes totales. El filtro obtuvo una cantidad de 282,53 litros de agua tratada en un tiempo de 12 horas. (BARRIENTOS ECHEGARAY, Y OTROS).

Como alternativa de apoyo a esta situación en estudio, un trabajo investigativo desarrollado en Chile por el Dr. José Tohá Castellá, llamado Sistema Tohá o también conocido como “Biofiltro” o “Lombrifiltro” ha sido reportado. Esta investigación basa su tecnología en el tratamiento de aguas residuales mediante un filtro percolador compuesto por diferentes estratos filtrantes y lombrices, las protagonistas de este sistema filtrador.

La funcionalidad de este sistema consiste en la distribución uniforme del agua residual a tratar, de manera que pueda pasar por los diferentes estratos filtrantes, la materia orgánica es retenida y posteriormente consumida por las lombrices, este sistema nos da como resultado agua tratada para su reutilización. Este proyecto fue realizado en el laboratorio de Biofísica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. En la actualidad, este proyecto ha sido implementado en muchos países como Argentina, Paraguay, México, Bolivia, La India, entre otros.

El sistema Tohá tiene una eficiencia teórica de más del 90 por ciento de remoción de contaminantes, tales como; Sólidos suspendidos, Demanda Química de oxígeno y Coliformes fecales.

El sistema Vermifiltro BDATEK de España funciona de la misma manera que el sistema Tohá, salvo mínimas variaciones, el objetivo principal de este sistema es la depuración de aguas sin generación de lodos.

De la misma manera que el sistema Tohá, el sistema BDATEK utiliza diferentes sustratos de granulometría fina de variados tamaños y es en este sustrato en donde está colocados la población de lombrices rojas de california "*Eisenia foetida*". Como ya se mencionó el funcionamiento del sistema BDATEK es muy similar al sistema Tohá; el agua contaminada es rociada sobre el filtro, de manera que atraviesen las capas filtrantes, quedando retenidos los contaminantes del agua en el sustrato, que servirá de alimento para la población de lombrices y la microbiología existente de forma natural. Por el contrario, gracias a la actividad de las lombrices se genera fertilizante natural y agua tratada.

Además, en Ecuador, David Cevallos Zurita realizó un trabajo investigativo titulado "Evaluación de eficiencia de sistemas de biofiltración en aguas residuales industriales" (2015). Mediante este trabajo CEVALLOS ZURITA (2015), comparó la eficiencia de las variaciones realizadas sobre los estratos filtrantes de un "Lombrifiltro" mediante la caracterización de las condiciones iniciales y finales de parámetros contaminantes a través de análisis físicos y químicos; el afluente proviene del camal Empresa de Rastro del Distrito Metropolitano de Quito. En esta empresa se instalaron seis módulos experimentales con diferentes concentraciones de estratos filtrantes de tal manera que puedan compararse las eficiencias para obtener la mejor mezcla para el tratamiento de aguas residuales. Los filtros usados fueron: Piedra pómez, piedra bola de río, piedra grava, aserrín, viruta de pino, hojas de eucalipto (*Eucaliptos globulus*) y lombrices rojas de california (*Eisenia foetida*). Esta experimentación logró demostrar que el tratamiento del módulo 2 y 3 fueron los más eficientes. El tratamiento del módulo 2 representa a la tecnología ya conocida, mientras que el tratamiento del módulo 3 posee una variación en el uso de piedra pómez logrando remover entre 90-93% del DBO5, 84% de DQO, 56-81% de Nitrógeno total y 98-99% de sólidos suspendidos.

CEVALLOS ZURITA (2015) utilizó también como estrato del biofiltro hojas de eucalipto, las cuales no impidieron el desarrollo de las lombrices. Gracias a esto se pudo demostrar que la piedra pómez y las hojas de eucalipto funcionan como estratos eficientes dentro del sistema de filtración.

Como resultado obtuvo una remoción drástica de la turbidez luego del ingreso de las aguas residuales en aproximadamente 20 – 25 días, además de la disminución de parámetros fisicoquímicos entre ellos cantidad de sólidos, sólidos totales, DBO5, DQO y nitrógeno total.

Con respecto a las lombrices, se menciona que su alimentación se basa en grupos microbianos. De tal forma son los hongos y protozoarios la fuente de alimento principal para las lombrices, así mismo las algas también contribuyen en su alimentación, sin embargo, prefieren a los protozoarios. (FERRERA CERRATO, 2014).

“Esto lo confirmaron posteriormente BONKOWSKI Y SCHAEFER (1997), quienes observaron que *Aporrectodea caliginosa* en su estado juvenil casi duplicó su peso en presencia de protozoarios, en comparación con el suelo donde no los había” (FERRERA CERRATO, 2014, p.318).

1.3. Teorías relacionadas al tema

La fundamentación científica y técnica del trabajo de investigación considera las siguientes bases teóricas que están relacionadas a las variables del presente estudio.

1.3.1. Eficiencia del prototipo “Biofiltro”

Los filtros: Los filtros biológicos aeróbicos son aquellos que emplean diversos estratos o medios filtrantes en los cuales las aguas residuales son degradados

por organismos y microorganismo que requieren de oxígeno para sobrevivir; estos son capaces de reducir contaminantes orgánicos biodegradables. (RAMOS, 2010).

Según BARRERO OSUNA ALEJANDRO Y MICHELLE (2012), la filtración es un proceso basado en la separación de partículas sólidas encontradas en un fluido mediante un filtro o medio filtrante, que permite que los fluidos lo atraviesen sin dejar pasar las partículas sólidas. Esta teoría está fundamentada en la velocidad del fluido, la cual se conforma por la fuerza impulsora o fuerza de gravedad (F) y la resistencia (R) del medio filtrante.

Medio filtrante: Es la barrera que permite la retención de sólidos en mayor parte y el ingreso del líquido; representa al elemento fundamental para la realización del proceso de filtración, su elección garantiza el funcionamiento óptimo del proceso.

El medio filtrante puede ser desde telas, papeles o cualquier material poroso que cumplan las siguientes especificaciones:

- Que retengan sólidos provenientes del fluido a filtrar.
- Que ofrezcan resistencia mínima al flujo de filtrado.
- Deben ser químicamente resistente y no tóxico.
- Deben ser lo suficientemente fuerte para soportar la torta.
- No debe obstruirse.

Nota: la torta filtrante es aquella composición de sólidos suspendidos dentro de un sistema de filtración.

Piedra bola y grava: Son piedras extraídas del río de forma esférica a causa de la erosión del paso constante del agua. Estas piedras son usadas para la decoración y construcción de viviendas, sin embargo, también son usadas para el tratamiento de aguas como uno de los estratos filtrantes pues poseen una superficie de contacto que genera una biopelícula en donde se acumulan

microorganismos que se adhieren con mayor firmeza conforme se reproducen las bacterias (CEVALLOS ZURITA, 2015).

Piedra Pómez: Es también llamada pumita o pumicita, es una materia prima de origen mineral proveniente de las erupciones volcánicas (piroclastos), compuesto mayoritariamente por sílice y alúmina. Con porcentajes aproximados de 70 por ciento de SiO_2 y 13 por ciento de Al_2O_3 . Es una roca con alta porosidad, ligera (su densidad se encuentre entre 0.4 y 0.9 g/cm^3), friable, eficaz aislante térmico y con propiedades puzolánicas. Gracias a esta cualidad y su bajo costo es un ingrediente importante en la industria del cemento Portland. Actualmente es también usado para la fabricación de filtros.

Como filtros, la piedra pómez es incorporada por su capacidad absorbente y alta porosidad (PIEDRA PÓMEZ, 2003).

Aserrín: Son residuos provenientes de la industria maderera de bajo coste. El tamaño de sus partículas se encuentra en valores inferiores a 0.8 mm, con una densidad aparente entre 0.1 a 0.45 g/cm^3 , una porosidad superior al 80 por ciento y una capacidad de absorción de agua de 42 por ciento.

Este material no altera químicamente las propiedades de las sustancias que pasan a través de él (CEVALLOS ZURITA, 2015).

Lombriz roja de California:

Descripción de las características de las lombrices (DIAZ, 2002).

- Taxonomía: Se muestra a continuación

Tabla 1: Taxonomía de la lombriz roja de california.

Reino	Animal
División	Anélidos
Clase	Clitelados
Orden	Oligoquetos
Familia	Lombrícidos
Género	Eisenia
Especie	foetida

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Jardinitis Huerto Urbano

Figura 1: Lombriz roja de California

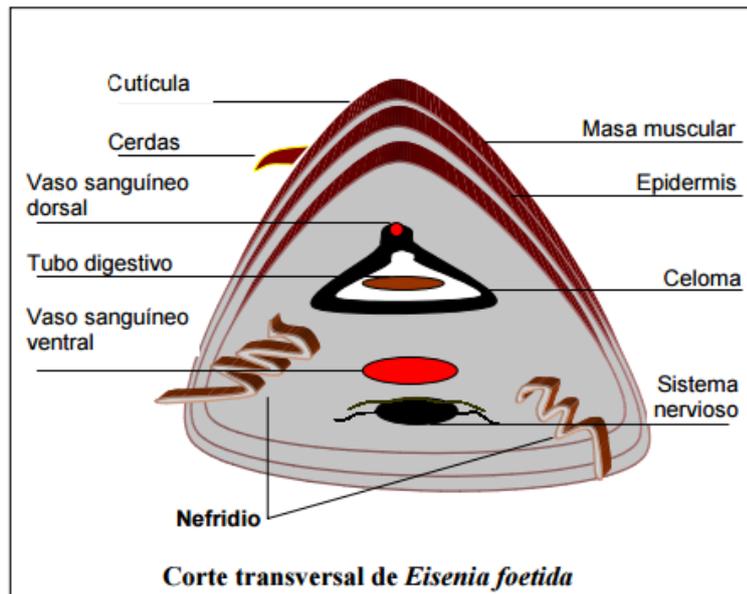
Dentro de la familia de los lombrícidos se encuentran más de 200 especies que varían en tamaño desde algunos milímetros hasta más de un metro de longitud (su tamaño promedio oscila entre 2 y 20 centímetros). De tal forma las lombrices son clasificadas de acuerdo con la pigmentación de su cuerpo:

- ✓ Pigmentado Rojo: Se encuentra la *Lumbricus terrestres* y la *Eisenia foetida* (Ver Figura 1: Lombriz roja de California).
 - ✓ Pigmentado Grises: Se encuentra la *Octalassium Lacteu*.
- Anatomía:
- ✓ Cutícula: Lámina delgada de quitinosa conformada por fibras.
 - ✓ Epidermis: Tipo de epitelio conformado por células glandulares que producen mucus y sustancias cerosas.

- ✓ Peritoneo: Borde limitante del celoma, es conocido como la cavidad de las lombrices.
- ✓ Celoma: Área con líquido encargado de envolver al canal alimenticio. Es expulsado ante situaciones de peligro.
- ✓ Tubo digestivo: El tubo digestivo abarca casi en su totalidad la parte central del cuerpo de las lombrices (desde la boca hasta el ano). En la parte posterior a la boca se encuentra la cavidad bucal y dentro de esta se encuentra el prostomio o células del paladar. Seguido a la cavidad bucal tenemos la faringe (une la boca y el esófago, simulando ser una bomba de succión). El esófago produce una abertura a la altura de la faringe y llega hasta el papo y la molleja, quienes se encargan de aplastar el alimento para su digestión. Atrás de la molleja, da inicio el intestino y es aquí en donde acontece la digestión y absorción de los alimentos (pueden llegar a ser detectados glucosa y sacarosa, además de otras sustancias).

Según DÍAZ EDUARDO (2002), el sistema digestivo de las lombrices es muy eficiente, su poderosa musculatura permite que mientras se esté desplazando, se produzca la mezcla de lo que ha ingerido.

Produce un fluido que contiene enzimas, aminoácidos, azúcares y otras sustancias orgánicas provenientes de los residuos. Entre los más comunes tenemos protozoos, bacterias, hongos, actinomicetes y otros organismos que aportan a la digestión.



Fuente: Guía de Lombricultura

Figura 2: Corte transversal de la Lombriz roja de California

- ✓ Sistema circulatorio: Se ubica entre el aparato digestivo y la pared corporal, está conformado por cinco pares de tubos musculares conocidos como corazones contráctiles. Son estos corazones los que impulsan la sangre.

La sangre absorbe el oxígeno y los nutrientes del intestino eliminando los residuos solubles de los riñones liberando dióxido de carbono por la piel.

- ✓ Sistema respiratorio: La lombriz roja de california es un invertebrado que respira a través de la piel, su cuerpo está recubierto por una capa fina de cutícula la cual deberá estar adecuadamente húmeda. Estos animales no soportan la luz, por lo que al estar expuestos a rayos ultravioletas mueren al poco tiempo.

- ✓ Sistema excretor: Poseen los nefridios, órganos especiales que poseen células internas ciliadas que a través de su movimiento permiten retirar la orina del celoma.
- ✓ Sistema nervioso: De tipo ganglionar escaleriforme, posee dos ganglios unidos por la comisura transversal.
- ✓ Visión: No poseen visión, por el contrario, están abastecidas por células fotosensibles en toda su piel (especialmente en el prostomio).
- ✓ Segmentos: SOMARRIBA REYES Y GUZMÁN GUILLÉN (2004), expresan que los de las lombrices rojas de california son animales de cuerpos cilíndricos, anillados que presentan de entre 120 a 175 segmentos cada uno con funciones distintas según la ubicación que posean. La primera sección posee la boca y el prostomio, cuya función es habilitar el desplazamiento de la lombriz. Cada segmento posee cerdas que tienen la facultad de moverse a voluntad propia durante su desplazamiento. Una lombriz adulta puede llegar a tener una longitud de hasta 8 cm. Y un diámetro de 3 a 5 mm, cambia de color conforme se desarrolla (de blanco rosa a rojo oscuro).
- ✓ Reproducción: Son hermafroditas, las lombrices poseen tanto ovarios como testículos, no pueden autofecundarse. Su fecundación necesita del acoplamiento de dos lombrices para realizar el intercambio de espermas; esta fecundación da como resultado, ambas lombrices fecundadas. La lombriz roja de california posee el clitelium, órgano que se caracteriza por tener forma anillada y estar conformada por una glándula que secreta las sustancias que forman los capullos, cocones o cápsulas donde se alojan los huevos fecundados que se abren en un periodo de entre los 14 a los 21 días en condiciones favorables su color varía entre el verde amarillento y verde rojizo. La madurez sexual la alcanzan cuando aparece el

clitellium y es a partir de ese momento que ya están listas para aparearse, este suceso se produce con un intervalo de siete días y tiene una duración de aproximadamente quince minutos. Según estudios de 2 a 21 lombrices en condiciones propicias pueden dar lugar a 1500 descendientes. DIAZ EDUARDO (2002) manifiesta que, una sola lombriz en un periodo de un año obtiene un aproximado de 10 000 crías.

Recordar que estos valores son posibles si la experimentación es realizada dentro de un laboratorio, caso contrario, las condiciones y diversos factores climáticos y humanos dan como resultado un menor rendimiento reproductivo.

Tabla 1: Ciclo de reproducción de las lombrices

1 lombriz	1 ciclo de 3 meses	10 lombrices por trimestre
1 lombriz	4 ciclo de 3 meses (en un año)	10x10x10x10 lombrices por trimestre

Fuente: Guía de Lombricultura

Las lombrices rojas de california poseen las glándulas de Morren. Estos son órganos que segregan carbonato de calcio para controlar el pH, además inhiben hongos y bacterias que se encuentran en los sustratos orgánicos que consumen las lombrices.

Otra de las características de las lombrices rojas de california es su poder regenerativo de segmentos perdidos (esto solo es posible si la lesión afectó la última porción del intestino, caso contrario, si la lesión afectó regiones anteriores, la lombriz morirá).

La lombriz está conformada por un 80 por ciento de agua y 20 por ciento de materia seca. El 65 por ciento de su cuerpo son proteínas.

- Factores ambientales: Serán descritos conforme a lo expuesto por FERRERA CERRATO (2014).
 - ✓ **Habitad:** Posee un habitat terrestre, desarrollándose en los primeros 50 centímetros de suelo. Se encuentran distribuidos por las zonas tropicales y pueden llegar hasta las zonas frías, incluso algunos desiertos.
 - ✓ **Humedad:** Esta condición está directamente relacionada con el mecanismo respiratorio de las lombrices, ya que el intercambio de gases ocurre a través de la piel húmeda. Las lombrices rojas de california pueden sobrevivir entre un 50 por ciento y 90 por ciento de humedad; se considera óptimo a una humedad de 85 por ciento.
 - ✓ **Temperatura:** Se tiene información de algunas lombrices capaces de soportar temperaturas extremas (0 a 35 °C), sin embargo, esta condición es muy importante pues modifica a otras condiciones. Las lombrices de especie *Eisenia foetida* se desarrollan óptimamente a 25 °C.
 - ✓ **pH:** Es un factor también determinante para el desarrollo de las lombrices; el rango adecuado se encuentra entre 6.5 y 7.5, siendo los valores más óptimos entre 6.8 y 7.2 (SOMARRIBA REYES Y GUZMÁN GUILLÉN, 2004).
 - ✓ **Iluminación:** Como ya se mencionó antes la lombriz roja de california es un animal muy sensible a los rayos ultravioletas, por tal motivo es recomendable colocarlas en lugares provistos de sombras. (SOMARRIBA REYES Y GUZMÁN GUILLÉN, 2004).

Una de las labores más importantes que realizan las lombrices es la conversión de materia orgánica cruda biodegradable a materia orgánica humificada. Esto se

realiza mediante un proceso microbiológico, realizado en gran parte por bacterias, hongos y actinomicetes (DÍAZ EDUARDO, 2002).

Este proceso comienza con la descomposición (fase mesófila aerobia) en donde predominan las bacterias y hongos productores de ácidos. Posterior a esto se genera el aumento de temperatura lo que nos da como resultado la fase termófila, con la participación de los mismos microorganismos, pero con características termófilas.

Al terminar esta fase, se va retornando a la fase mesófila, con el compost ya formando, por lo general tiene un tiempo de duración más largo y efectivo que la primera y termina cuando su temperatura es igual a la del medio ambiente (fase criófila) y da lugar a la variada fauna saprófita.

1.3.2. Tratamiento de aguas residuales

Tratamiento de aguas residuales: GARCÍA VEGA Y GUTIÉRREZ PÉREZ (2011), manifestaron que la teoría de tratamiento de aguas residuales corresponde a procesos físicos, químicos y microbiológicos; que tiene como objetivo eliminar los contaminantes físicos, químicos y microbiológicos presentes en los efluentes de agua. Este tratamiento tiene como finalidad producir agua limpia o también conocido como efluente tratado.

El proceso de tratamiento de aguas residuales comienza con la separación inicial de los sólidos de gran tamaño del efluente a tratar, posteriormente se aplica el desarenado cuyo proceso consiste en la separación de los sólidos más pequeños como la arena. Para el caso de metales, la remoción consiste en reacciones de precipitación utilizadas para eliminar plomo y fosforo principalmente.

La remoción de materia biológica disuelta en el efluente se realiza mediante el uso de bacterias adecuadas; el agua tratada puede sufrir procesos adicionales como desinfección, entre otros. El efluente final puede ser reintroducido al

cuerpo natural o usado para actividades de apoyo. Los procesos de tratamiento de aguas están conformados principalmente por:

- Tratamiento primario: asentamiento y separación de sólidos de gran tamaño.
- Tratamiento secundario: representa el tratamiento biológico de la materia orgánica disuelta presente en el efluente.
- Tratamiento terciario: implican fases adicionales como microfiltración, desinfección, etc.

La remoción de materia biológica disuelta en el efluente se realiza mediante el uso de bacterias adecuadas; el agua tratada puede sufrir procesos adicionales como desinfección, entre otros. El efluente final puede ser reintroducido al cuerpo natural o usado para actividades de apoyo.

Caudal: El caudal corresponde a una cantidad de agua que pasa por un lugar (canal, tubería, etc.) en una cierta cantidad de tiempo, o sea, corresponde a un volumen de agua (litros, metros cúbicos, etc.) por unidad de tiempo (segundos, minutos, horas, etc.).

Dentro de los parámetros físicos que se deben considerar para el tratamiento de aguas se encuentran:

Medición del caudal: $Q = V / T$

Donde el caudal resulta de dividir el volumen de agua que se recoge en el recipiente entre el tiempo que transcurre en coleccionar dicho volumen.

Q: Caudal m^3/s

V: Volumen en m^3

T: Tiempo en segundos

Color: Nos expresa la presencia de materiales de origen natural y antropogénicos, en términos estéticos un distorsionante que restringe el crecimiento y desarrollo de la vida acuática.

Turbidez: Es una medida de la dispersión de la luz por el agua a causa de la presencia en materiales suspendidos coloidales y/o particulados. Este parámetro puede indicar un cambio en la calidad del agua como contaminación por microorganismos y materiales orgánicos.

El parámetro de turbidez fue medido con el equipo turbidímetro portátil proveniente del laboratorio de Fisicoquímica de la Universidad César Vallejo sede Lima Norte.

Temperatura: Este factor es importante en aguas residuales debido a los efectos de solubilidad del oxígeno y en consecuencias sobre las velocidades en el metabolismo, difusión y reacciones químicas y bioquímicas.

Este parámetro fue medido a través del medidor Multiparámetro HACH proveniente del laboratorio de Fisicoquímica de la Universidad César Vallejo sede Lima Norte.

Conductividad: La conductividad eléctrica de una solución es una medida de la capacidad de la misma para transportar la corriente eléctrica y permite conocer la concentración de especies iónicas presentes en el agua analizada.

La conductividad fue medida a través del medidor Multiparámetro HACH proveniente del laboratorio de Fisicoquímica de la Universidad César Vallejo sede Lima Norte.

pH: Se define como el logaritmo de la inversa de la concentración de protones:

$$\text{pH} = \log 1/[\text{H}^+] = - \log [\text{H}^+]$$

Es una propiedad básica e importante que afecta a las reacciones químicas y biológicas. Su rango conforma acidez (0-6), neural (7) y basicidad (7-14). Por ejemplo, los valores extremos de pH pueden originar la muerte de muchas especies dentro de la flora y fauna marina.

El parámetro de pH fue medido a través del medidor Multiparámetro HACH proveniente del laboratorio de Fisicoquímica de la Universidad César Vallejo sede Lima Norte.

Demanda química de oxígeno DQO: Es la cantidad de oxígeno consumido por los cuerpos reductores presentes en el agua sin la intervención de los organismos vivos. De esta manera efectúa la determinación de la cantidad total de materia orgánica oxidable, esta sea biodegradable o no.

Ese parámetro fue analizado en el laboratorio de Fisicoquímica de la Universidad César Vallejo sede Lima Norte. Para ello se usó el Método de refluo abierto.

Demanda bioquímica de oxígeno DBO: Es la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer la materia orgánica presente, por acción bioquímica aerobia. Esta transformación biológica se da en un tiempo superior a los 20 días por lo que se ha aceptado realizar una incubación durante 5 días a 20 °C en condiciones de oscuridad y sin contacto con el aire, a un pH entre 7 y 7.5, además de nutrientes y oligoelementos (este parámetro es conocido como DBO5).

Ese parámetro fue analizado en el laboratorio de Fisicoquímica de la Universidad César Vallejo sede Lima Norte. Para ello se usó el Método de Prueba DBO de 5 días, el cual consisten en la siembra de la muestra durante un periodo de 5 días para después ser aplicado la titulación.

Oxígeno Disuelto: Los valores de oxígeno disuelto (OD) encontradas en aguas residuales depende de las actividades físicas, químicas y biológicas del agua. Este análisis es clave en la contaminación de agua y el control de los procesos de tratamiento de agua residual.

El parámetro de Oxígeno Disuelto fue medido a través del medidor Multiparámetro HACH proveniente del laboratorio de Fisicoquímica de la Universidad César Vallejo sede Lima Norte, este análisis se realizó *in-situ*.

Cloruros: Es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua natural y residual. Su concentración en aguas residuales es mayor que en aguas naturales debido a los procesos industriales, la concentración elevada de este parámetro puede perjudicar el crecimiento vegetal.

Este parámetro fue analizado mediante el método Argentométrico, el cual consiste en la titulación con nitrato de plata en una solución neutra, hasta la formación de cromato de plata rojo. La experimentación se realizó en el Laboratorio de Fisicoquímica de la Universidad César Vallejo sede Lima Norte

Aceites y grasas: Este parámetro se encuentra en estado libre, pueden ser de origen animal, vegetal y mineral. La mayoría de estos productos son insolubles en el agua.

El método usado para la determinación de este parámetro fue mediante separación de compuestos haciendo el uso de bencina y ácido sulfúrico. Esta experimentación se realizó en el Laboratorio de Fisicoquímica de la Universidad César Vallejo sede Lima Norte.

Coliformes Termotolerantes: Dentro del grupo de los Coliformes Totales, se encuentran los Coliformes Termotolerantes capaces de fermentar la lactosa con la producción de ácido y gas en un promedio de 24-48 horas a una temperatura comprendida entre 44 y 45°C con sales biliares. Son llamados Termotolerantes ya que poseen la capacidad de resistir altas temperaturas.

Este análisis fue realizado por el Laboratorio de Control de Calidad de Alimentos, aguas y ambiente de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de la Facultad de Ciencias Biológicas (Ver Anexo 8: Resultados de análisis microbiológicos).

1.4. Formulación del problema

1.4.1. Problema General

¿Qué niveles de eficiencia son observados en un prototipo de “Biofiltro” en el tratamiento de aguas residuales para riego, Trapiche, Comas?

1.4.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál es la composición física, química y biológica del agua residual, antes y después del tratamiento en un prototipo de “Biofiltro” en Trapiche, Comas?
- ¿Qué mezcla de estratos filtrantes en el prototipo “Biofiltro” para el tratamiento de aguas residuales en Trapiche, Comas es más eficiente?

1.5. Justificación del estudio

En muchos de los distritos de Lima Norte existen terrenos de cultivo y establos ganaderos con fuentes de agua provenientes directamente de los ríos más próximos con poco o nada de técnicas de aprovechamiento del recurso agua.

Esta investigación está direccionada a los agricultores y ganaderos de los establos de Trapiche en el distrito de Comas por el grado de consumo de recursos hídricos que usan para sus procesos, además de la poca información que reciben en cuanto a técnicas de mejora y reaprovechamiento.

La problemática de las aguas residuales en el Perú es notable debido a la falta de conciencia del uso que realizamos de ella, como se sabe y ya se mencionó con anterioridad la distribución de los recursos hídricos en el país no es proporcional al uso que se le da.

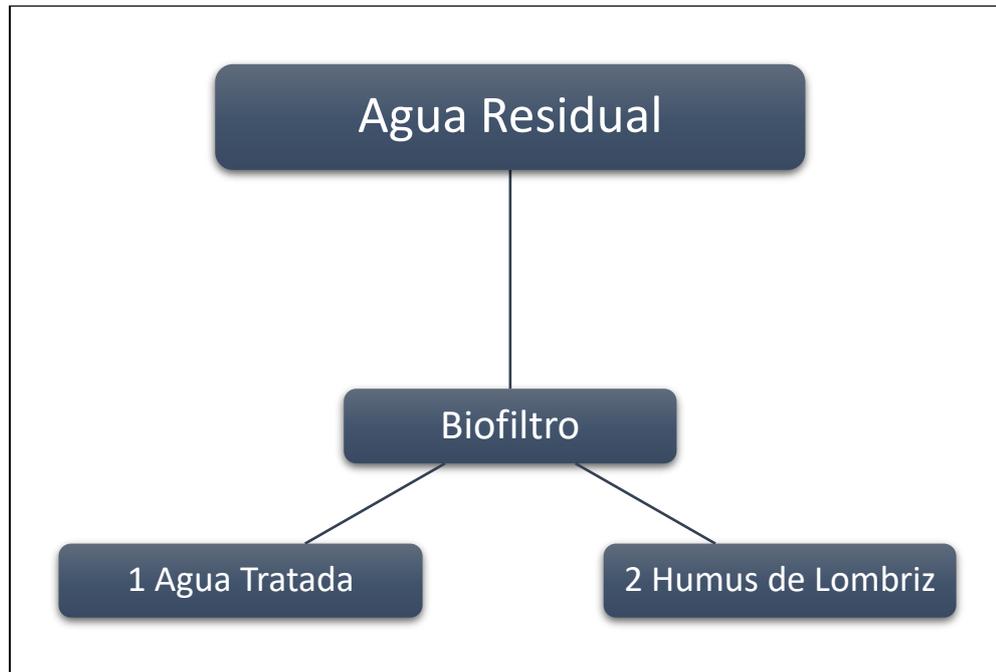
Según la revista de la Facultad de Ingeniería de la UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA (2015), el 92 por ciento del agua dulce que posee el Perú es consumida por la agricultura y ganadería, siendo este un porcentaje abismal comparado con el porcentaje de agua para el consumo humano. Si nos preguntamos a que se debe tal diferencia, nos encontramos con un uso extractivo, ineficiente e inadecuado de la práctica de riego, y esto a su vez se debe por escasa o nula información que reciben los agricultores y ganaderos sobre técnicas o mecanismos amigables con el medio ambiente. A esta situación se le suman los problemas de contaminación producto de las actividades del rubro urbano, industrial y minero.

Esta investigación generó información sobre el análisis de la eficiencia de un prototipo de “Biofiltro” en el tratamiento de aguas residuales provenientes de los establos ganaderos y agrícolas ubicados en Trapiche en el distrito de Comas.

El funcionamiento del Biofiltro está basado en la actividad que realiza una población de *Eisenia foetida* o comúnmente llamada “lombriz roja de California” y demás estratos filtrantes. La medición fue evaluada por análisis físico, químico y microbiológico antes y después de la ejecución de la filtración. Estos análisis siguieron los protocolos ya establecidos.

Se diseñó un prototipo de “Biofiltro” acondicionado con estratos de estratos filtrantes y lombrices para el tratamiento de aguas residuales generadas en los procesos ganaderos y agrícolas de los establos, así mismo se proporcionó los datos e información necesaria para que sean los mismos pobladores quienes construyan sus propios biofiltros, pues los costos de construcción y materiales son accesibles para la población.

Además del reaprovechamiento del recurso agua, el proyecto de investigación proporcionó subsecuentemente “Humus de Lombriz”, como fertilizante natural de gran calidad.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3: Recursos provenientes del Proyecto

Los procedimientos usados en este proyecto abarcaron en primer lugar el análisis del agua residual, para ello se hizo un análisis físico, químico y microbiológico antes de realizar el tratamiento de forma que se conozcan las condiciones del agua contaminada. Los parámetros analizados están designados de acuerdo con lo establecido por los Estándares de Calidad Ambiental de Agua para categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

Paralelamente a esto, se diseñó y construyó el prototipo de “Biofiltro” conformado por tres cisternas, cuya composición se basa en estratos filtrantes y lombrices distribuidas en diferentes proporciones, esto con el fin de buscar la composición más eficiente. Los estratos filtrantes están conformados por piedra grava, piedra bola, piedra pómez, aserrín y el tipo de lombrices usada fue la especie *Eisenia foetida*. (La distribución de las concentraciones de estratos filtrantes y lombrices se observan la Tabla 5: Concentración de estratos de los tratamientos).

El proceso de filtración tuvo aproximadamente un tiempo de duración de 30 días. Durante este tiempo se realizaron monitoreos diarios.

Posterior a este tiempo se realizó la toma de muestras para el análisis físico, químico y biológico del agua tratada. Además, se propone instalar un sistema hidropónico de hortalizas para el empleo del agua que obtendremos en el proceso de filtración.

Mediante este proyecto de investigación se busca resolver los temas de reaprovechamiento del recurso agua, proponiendo un sistema de “Biofiltro” libre de residuos y con un costo de inversión bajo en comparación a otros sistemas de depuración de aguas similares.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis General

Hi: El uso del prototipo de “Biofiltro” es eficiente en el tratamiento de aguas residuales.

Ho: El uso del prototipo de “Biofiltro” no es eficiente en el tratamiento de aguas residuales.

1.6.2. Hipótesis Específica 1

Hi: El uso del prototipo de “Biofiltro” mejora la composición física, química y biológica en el tratamiento de aguas residuales.

Ho: El uso del prototipo de “Biofiltro” no mejora la composición física, química y biológica en el tratamiento de aguas residuales.

1.6.3. Hipótesis Específica 2

Hi: El prototipo “Biofiltro” posee una mezcla óptima de estratos filtrantes para el tratamiento de aguas residuales.

Ho: El prototipo “Biofiltro” no posee una mezcla óptima de estratos filtrantes y lombrices para el tratamiento de aguas residuales.

1.7. Objetivo

1.7.1. Objetivo General

Determinar la eficiencia producida por el prototipo de “Biofiltro” en el tratamiento de aguas residuales para riego, Trapiche, Comas, basada en la teoría de los filtros biológicos de RAMOS (2010).

1.7.2. Objetivo Específico

- Determinar la composición física, química y biológica del agua contaminada tratada mediante el uso de un prototipo “Biofiltro” en Trapiche, Comas, 2017.
- Determinar la mezcla óptima de estratos filtrantes de estratos filtrantes, lombrices en el prototipo “Biofiltro” para el tratamiento de aguas residuales en Trapiche, Comas, 2017.

CAPÍTULO II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

El proyecto de investigación es de tipo experimental puro, con pre-post test, de una casilla, con 05 repeticiones por muestra.

La prueba ANOVA es también llamada análisis de la varianza, es una prueba paramétrica que generaliza a la T-Student, requiere que los grupos a comparar tengan distribución normal.

En efecto la hipótesis nula establece que todas las medias de la población, ósea las medias de los niveles de los factores, son iguales. A diferencia de la hipótesis alternativa que establece que al menos una es diferente.

La variable 1 fue manipulada y medida con el fin de observar sus cambios con respecto a la variable 2 antes y después de los 3 tratamientos aplicados. Estos diseños se usan cuando se desea medir la eficiencia del tratamiento.

Este proyecto analizó la eficiencia que existe en el empleo de un prototipo de “Biofiltro” en el tratamiento de aguas residuales como alternativa al problema de contaminación y mal uso de este recurso.

Mediante la experimentación se determinó las condiciones que alcanzó la variable 2 conforme fueron manipuladas las condiciones de la variable 1. Esto se deriva principalmente de las concentraciones de los módulos de biofiltros y sus tratamientos.

2.2. Variables, Operacionalización

Tabla 2: Operacionalización de las variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES		ESCALA DE MEDICIÓN
Variable 1: Eficiencia del prototipo “Biofiltro”	Los filtros biológicos aeróbicos son aquellos que emplean diversos estratos o medios filtrantes en los cuales las aguas residuales son degradados por organismos y microorganismo que requieren de oxígeno para sobrevivir; estos son capaces de reducir contaminantes orgánicos biodegradables. (Ramos, 2010). La eficiencia de un filtro es representado por la remoción de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos.	Relación existente entre la capacidad de filtración de los diferentes estratos y organismos colocados en diferentes concentraciones. La variable será medida mediante la fórmula de la eficiencia; concentración inicial menos concentración final, dividido entre la concentración inicial; multiplicado por cien.	Concentración de biomasa y estratos filtrantes - tratamiento 1	Tratamiento 1	5% - aserrín y lombrices	$\%E = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100$
					65% - aserrín	
					10% - piedra grava	
					20% - piedra bola	
			Concentración de biomasa y estratos filtrantes - tratamiento 2	Tratamiento 2	5% - aserrín y lombrices	
					65% - aserrín	
					10% - piedra grava	
					20% - piedra pómez	
			Concentración de biomasa y estratos filtrantes - tratamiento 3	Tratamiento 3	5% - aserrín y lombrices	
					95% - aserrín	

Fuente: Elaboración propia

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable 2: Tratamiento de aguas residuales	<p>El tratamiento de aguas son un conjunto de sistemas y operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico cuya finalidad es que a través de los equipamientos elimina o reduce la contaminación o las características no deseables de las aguas, bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales.</p> <p>La finalidad de estas operaciones es obtener unas aguas con las características adecuadas al uso que se les vaya a dar, por lo que la combinación y naturaleza exacta de los procesos varía en función tanto de las propiedades de las aguas de partida como de su destino final. (Aguasistec, 2017)</p>	Procedimiento de análisis físico, químico y biológico mediante pruebas en laboratorio.	Parámetro físico - químico	Conductividad	(uS/cm)
			Parámetro físico - químico	pH	Unidad de pH
			Parámetro físico - químico	Temperatura	°C
			Parámetro físico - químico	Turbidez	UNT
			Parámetro físico - químico	Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L
			Parámetro físico - químico	Cantidad de Cloruros	mg/L
			Parámetro microbiológico	Cantidad de Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml
			Parámetro físico - químico	Cantidad de DBO5	mg/L
			Parámetro físico - químico	Cantidad de DQO	mg/L
			Parámetro físico - químico	Cantidad de Aceites y Grasas	mg/L

Fuente: Elaboración propia

2.3. Población, muestra y muestreo

Muestreo

El tipo de muestreo es No probabilístico. Se aplicó la técnica de muestreo por conveniencia, ya que fue el investigador quién seleccionó las muestras según su criterio.

La investigación está constituida por 03 tratamientos de concentraciones, los que estarán colocados en 3 módulos de 50 centímetros de altura (representó el 100 por ciento). En cada tratamiento se realizaron 05 repeticiones con el fin de obtener mayor cantidad de datos y visualizar la variabilidad de los mismos. Por cada repetición se colocaron nuevos estratos filtrantes.

Las concentraciones de estratos para los 3 tratamientos son:

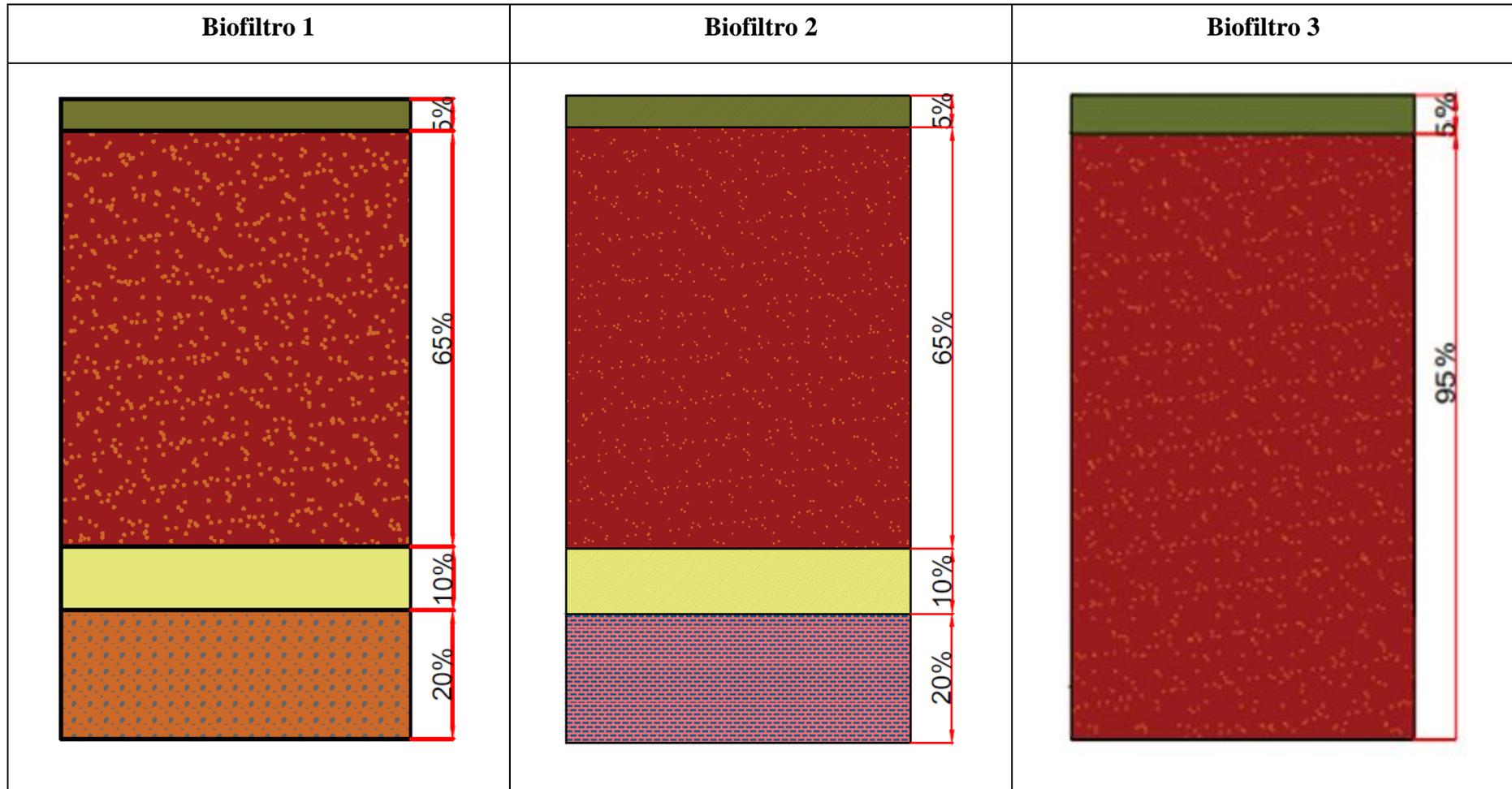
Tabla 3: Distribución de la mezcla de tratamientos

MEZCLAS DE TRATAMIENTOS		
Biofiltro 1	Biofiltro 2	Biofiltro 3
5% - aserrín y lombrices 65% - aserrín 10% - piedra grava 20% - piedra bola	5% - aserrín y lombrices 65% - aserrín 10% - piedra grava 20% - piedra pómez	5% - aserrín y lombrices 95% - aserrín

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran los bocetos de los módulos y las concentraciones de los tratamientos a aplicar en la investigación.

Tabla 4: Concentración de estratos de los tratamientos



Fuente: Elaboración propia

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnicas e instrumentos

El sistema de “Biofiltro” se encargó del tratamiento de aguas residuales mediante la purificación y degradación de materia orgánica proveniente de los establos ganaderos en Trapiche, Comas. Ver Anexo 1: Coordenadas de Ubicación.

Mediante la funcionalidad de los estratos filtrantes (piedra bola de río, grava, piedra pómez y aserrín) y la participación de la lombriz roja de california gracias a su sistema digestivo capaz de digerir la materia orgánica hasta transformarla en humus.

Los instrumentos que se utilizaron durante el proyecto son:

- Instrumento 1. Tabla de Concentración inicial de aguas residuales

Es un formato de elaboración propia creado para registrar los resultados de los monitoreos según los parámetros indicados en la operacionalización de variables de las aguas residuales antes del tratamiento.

- Instrumento 2. Tabla de Concentración final de aguas residuales

Es un formato de elaboración propia creado para registrar los resultados de los monitoreos según los parámetros indicados en la operacionalización de variables de las aguas residuales después del tratamiento.

- Instrumento 3. Tabla de Comparación de concentración inicial y final del Tratamiento de Aguas Residuales.

Es un formato de elaboración propia creado para registrar los resultados de los monitoreos según los parámetros indicados en la operacionalización de

variables de las aguas residuales antes y después del tratamiento en forma comparativa. Ver Anexo 6: Instrumentos de recolección de datos.

Tabla 5: Procedimientos generales del desarrollo del trabajo investigativo

ETAPA	FUENTE	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	RESULTADOS
Reconocimiento y diagnóstico actual del problema de investigación	Tesista	Revisión de bibliografía	Fichas de registro de toma de datos	Conocimiento de la realidad problemática
Construcción del sistema de filtración	Tesista	Experimentación y observación	Componentes del sistema de filtración conformado por un tanque de almacenamiento y 3 biofiltros con diferentes estratos, recolección de agua para tratamiento	Funcionamiento del sistema de filtración para el tratamiento de aguas
Recolección de muestra TESTIGO proveniente del establo que fue colocada temporalmente en el tanque almacenamiento	Estándares de calidad ambiental para agua	Observación y análisis de la muestra en laboratorio	Cadena de custodia, fichas de registro de datos	Emisión de resultados por el laboratorio (condiciones iniciales)

Recolección de muestra después del tratamiento de filtración para los análisis físicos, químicos y microbiológicos	Tesista	Observación y muestra de la muestra en laboratorio	Cadena de custodia, fichas de registro de datos	Emisión de resultados por el laboratorio (condiciones finales)
--	---------	--	---	--

Fuente: Elaboración propia

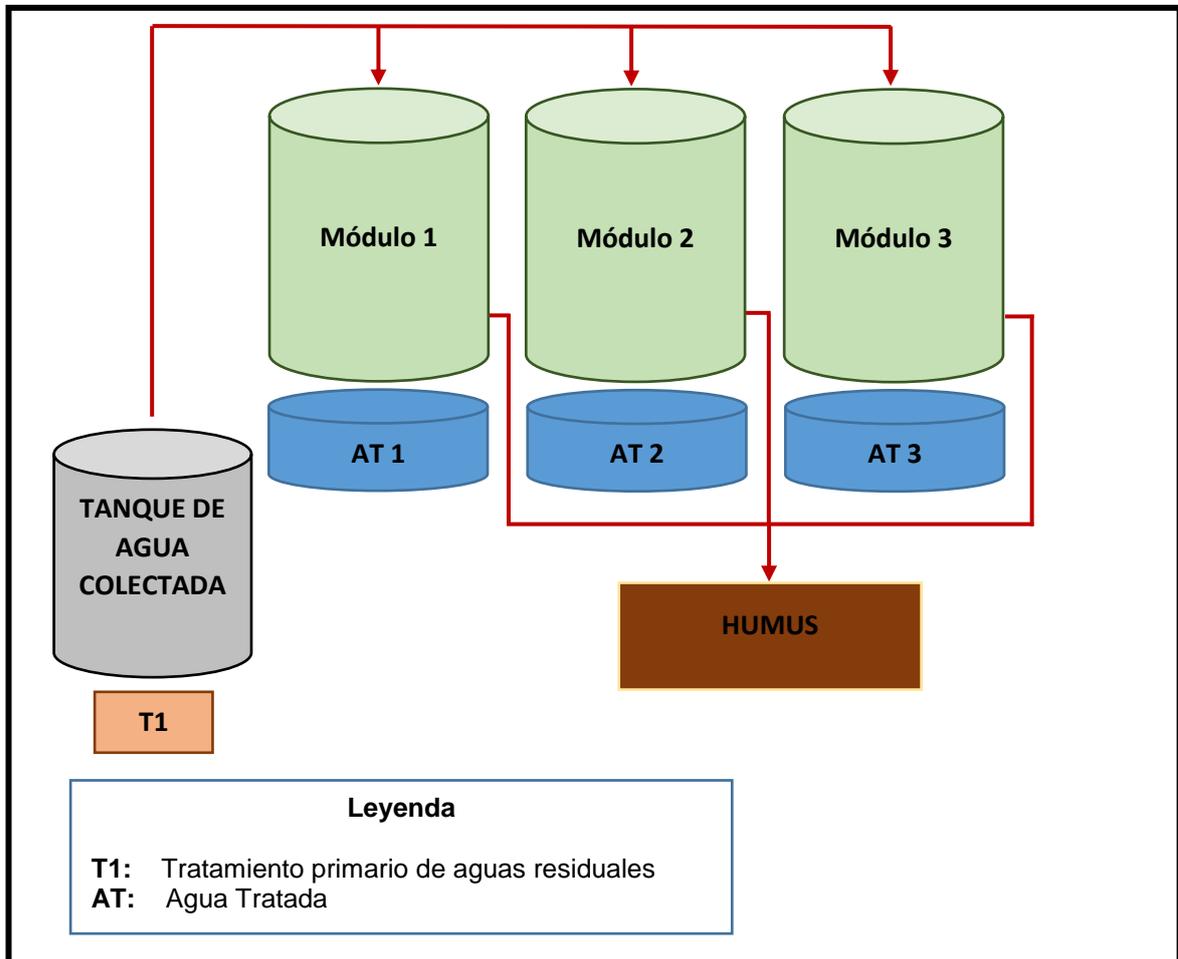
Procedimiento

Se procedió a la compra de los materiales para la construcción del sistema de filtración. Así como a los reactivos e insumos usados para los análisis físicos, químicos y microbiológicos. Ver Anexo 2: Materiales para la construcción del Sistema de filtración.

Se realizó el montaje de 03 módulos en los cuales se distribuyeron las diferentes concentraciones de estratos filtrantes y lombrices. El sistema de filtración se instaló en la casa del investigador con el fin de tener un mayor control y monitoreo diario de las filtraciones que se realizaron. Los módulos estarán ubicados a una altura de 40 centímetros sobre el nivel del piso. Para obtener un mejor desempeño de los biofiltros se realizó un tratamiento primario con el fin de eliminar los sólidos suspendidos en las aguas residuales. Ver Anexo 3: Construcción del Sistema de filtración.

Dentro del establo ganadero se tomó la muestra in situ para proceder a recolectar el agua residual a tratar. La experimentación consistió en el tratamiento de los 03 biofiltros, cada uno de los filtros consta de diferentes estratos. Para cada repetición se procedió al cambio de los estratos filtrantes con el fin de evitar la saturación. El filtro número 3, está conformado solo por lombrices y aserrín, esto con el objetivo de demostrar la acción de las lombrices con respecto al tratamiento de aguas residuales. Ver Anexo 4: Procedimiento de filtración de aguas residuales.

A continuación, se muestra un esquema de la distribución de los biofiltros en la planta de tratamiento.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4: Esquema de la distribución de los biofiltros

Las concentraciones fueron establecidas por CEVALLOS ZURITA (2015) en su investigación (no se considera: viruta de pino y hojas de eucalipto).

Validación de los instrumentos

La validación del instrumento se realizó mediante el criterio de cinco expertos en el tema de estudio, ellos se encargaron de verificar la efectividad de los instrumentos usados y los validaron mediante su firma. Con el uso de estos instrumentos de campo se realizó la recolección de información acerca del área de estudio y también del proceso. (Ver Anexo 5. Validación de instrumentos por expertos).

Especialista 1

Apellidos y Nombres: Jiménez Calderón César

Grado Académico: Doctor

C.I.P.: 42355

Especialista 2

Apellidos y Nombres: Cermeño Castromonte Cecilia

Grado Académico: Magister

C.I.P.: 123075

Especialista 3

Apellidos y Nombres: Peralta Medina Juan Alberto

Grado Académico: Magister

C.I.P.: 56071

Especialista 4

Apellidos y Nombres: Benites Alfaro Elmer Gonzales

Grado Académico: Magister

C.I.P.: 71998

Especialista 5

Apellidos y Nombres: Gamarra Isaac

Grado Académico: Magister

C.I.P.: 13600

Confiabilidad de los instrumentos

Esta prueba se realizó con el uso del Software SPSS 22, en donde fueron analizados los resultados obtenidos durante la experimentación.

A continuación, la tabla de relación del Alfa de Cronbach:

Tabla 6: Fiabilidad del Alfa de Cronbach

Valor	Fuerza de relación
Coefficiente alfa > 0.9	Excelente
Coefficiente alfa > 0.8	Bueno
Coefficiente alfa > 0.7	Aceptable
Coefficiente alfa > 0.6	Cuestionable
Coefficiente alfa < 0.5	Pobre
Coefficiente alfa < 0.4	Inaceptable

Fuente: Elaboración propia

A continuación, los resultados del análisis de fiabilidad:

e

Tabla 7: Análisis de fiabilidad

CONDUCTIVIDAD

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,995	5

INTERPRETACIÓN

El Alfa de Cronbach obtenido se interpreta como Excelente según la Tabla 7.

pH

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,977	5

INTERPRETACIÓN

El Alfa de Cronbach obtenido se interpreta como Excelente según la Tabla 7.

TEMPERATURA

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,976	5

INTERPRETACIÓN

El Alfa de Cronbach obtenido se interpreta como Excelente según la Tabla 7.

TURBIDEZ

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
1,000	5

INTERPRETACIÓN

El Alfa de Cronbach obtenido se interpreta como Excelente según la Tabla 7.

OXÍGENO DISUELTO

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,993	5

INTERPRETACIÓN

El Alfa de Cronbach obtenido se interpreta como Excelente según la Tabla 7.

CLORUROS

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,999	5

INTERPRETACIÓN

El Alfa de Cronbach obtenido se interpreta como Excelente según la Tabla 7.

DBO5

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,989	5

INTERPRETACIÓN

El Alfa de Cronbach obtenido se interpreta como Excelente según la Tabla 7.

DQO

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,999	5

INTERPRETACIÓN

El Alfa de Cronbach obtenido se interpreta como Excelente según la Tabla 7.

ACEITES Y GRASAS

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,973	5

INTERPRETACIÓN

El Alfa de Cronbach obtenido se interpreta como Excelente según la Tabla 7.

Por lo tanto, se concluye que la fiabilidad de los resultados obtenidos por cada parámetro tiene una fuerza de relación “Excelente”.

Fuente: Elaboración propia

Software SPSS 22

2.5. Métodos de análisis de datos

La información obtenida una vez realizados los tratamientos se presentaron mediante un resumen general de tablas y el análisis del laboratorio para resultados iniciales y finales de los parámetros fisicoquímicos se presentaron mediante la cadena de custodia.

Se usó la normativa nacional el D.S 015-2015-MINAM. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.

En la siguiente tabla se muestran los valores de acuerdo con el ECA de agua. Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

Tabla 8: Parámetros según Estándar de Calidad Ambiental para agua

F

PARÁMETROS	UNIDAD	RIEGO PARA VEGETALES
Conductividad	(μ S/cm)	2500
pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5
Temperatura	$^{\circ}$ C	Δ 3
Turbidez	UNT	100
Oxígeno Disuelto	mg/L	\geq 4
Cloruros	mg/L	500
Coliformes Totales	NMP/100 ml	1000
DBO5	mg/L	15
DQO	mg/L	40
Aceites y grasas	mg/L	5

Fuente: Elaboración propia

Programa Microsoft Excel

Este programa permitió la tabulación de todos los datos obtenidos en los análisis físicos, químicos y microbiológicos realizados durante la experimentación. Así mismo permitió la generación de gráficos estadísticos.

Software SPSS Statistics 22

Este software permitió la obtención de la información estadística sobre la relación de las variables mediante el uso de los datos obtenidos en los análisis. Los métodos realizados con este software, se encuentran el alfa de Cronbach, prueba de Normalidad, Prueba de Hipótesis, gráficos, cuadros y diagramas.

Prueba de Normalidad

Cuando la cantidad de la muestra es como máximo de tamaño 50, se puede contrastar la normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk.

Las pruebas de normalidad son usadas para determinar si un conjunto de datos se encuentra correctamente modelada por una distribución normal o no. La normalidad de cada variable fue verificada mediante la prueba de Shapiro – Wilk.

Prueba de Hipótesis

Esta prueba es una regla que manifiesta si se acepta o rechaza una afirmación sobre una población dependiendo de las evidencias proporcionadas por una muestra de datos. Esta prueba analiza dos hipótesis opuestas sobre una población: la hipótesis nula y la hipótesis alternativa.

ANOVA de un factor

Es llamada la técnica del Análisis de la Varianza, la cual es usada en el análisis de los datos de diseños experimentales. Es una extensión de la prueba T - student ya que con ella se pueden contrastar más de dos medias.

Kruskall Wallis

Esta prueba es un método no paramétrico usado para probar el origen de los datos respecto a una misma población. Esta prueba es la oposición al ANOVA ya que no asume la normalidad en los datos.

2.6. Aspectos éticos

Se tuvo en cuenta, además la veracidad de resultados; el respeto por la propiedad intelectual; el respeto por las convicciones políticas, religiosas y morales; respeto por el medio ambiente y la biodiversidad; responsabilidad social, política, jurídica y ética; respeto a la privacidad; proteger la identidad de los individuos que participan en el estudio; honestidad, etc.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Obtención de Resultados

Los resultados fueron obtenidos mediante análisis físicos, químicos y microbiológicos. Los procedimientos se aprecian en el Anexo 7: Análisis físicos, químicos y microbiológicos.

3.2. Datos obtenidos antes del tratamiento de aguas residuales

Para la obtención del TESTIGO, se extrajo una muestra de agua residual propia del establo, compuesta aproximadamente de un total de 100 litros de los cuales se usaron 3 litros para los análisis y los litros restantes fueron usados para los tratamientos. A continuación, se muestra los valores del TESTIGO obtenidos antes de la aplicación de los tratamientos.

Tabla 9: Valores del análisis físico, químico y microbiológico.

N°	PARÁMETROS	UNIDAD	RIEGO PARA VEGETALES	VALOR DEL TESTIGO
1	Conductividad	($\mu\text{S}/\text{cm}$)	2500	3660
2	pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5	8,65
3	Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	Δ 3	19,4
4	Turbidez	UNT	100	419
5	Oxígeno Disuelto	mg/L	\geq 4	2,45
6	Cloruros	mg/L	500	152,45
7	Coliformes Totales	NMP/100 ml	1000	45
8	DBO5	mg/L	15	114
9	DQO	mg/L	40	250
10	Aceites y grasas	mg/L	5	7,81

Fuente: Elaboración propia

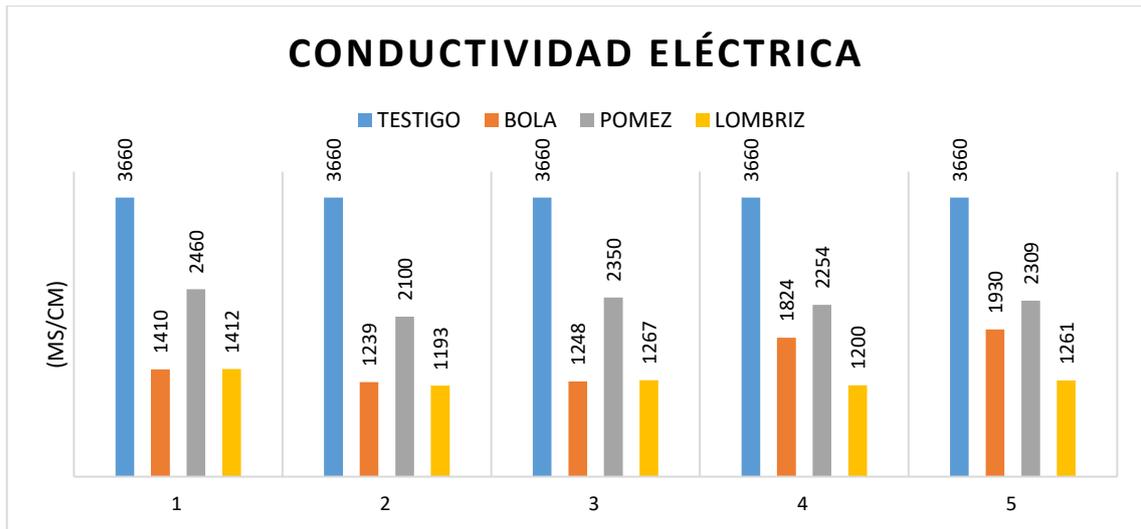
3.3. Datos obtenidos con la aplicación de los Tratamientos para agua residual

3.3.1. Resultados obtenidos de los tratamientos – Conductividad eléctrica

Tabla 10: Resultados de Conductividad eléctrica

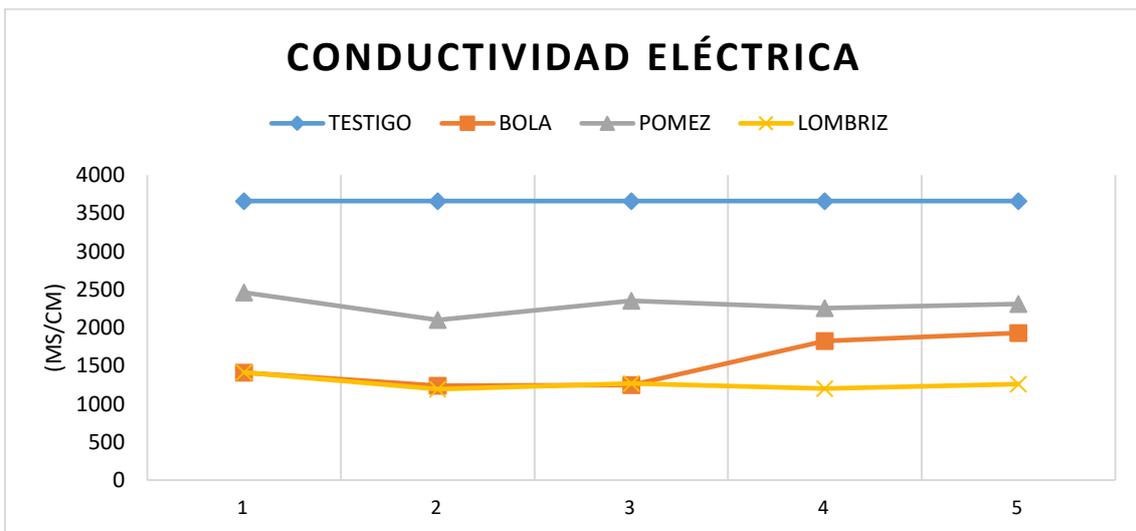
PARÁMETRO	Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)				
	1	2	3	4	5
REPETICIONES					
TESTIGO	3660	3660	3660	3660	3660
BOLA	1410	1239	1248	1824	1930
POMEZ	2460	2100	2350	2254	2309
LOMBRIZ	1412	1193	1267	1200	1261

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 5: Gráfico de barras - Variación de la Conductividad eléctrica por tratamiento



Fuente: Elaboración propia

Figura 6: Gráfico lineal - Variación de la Conductividad eléctrica por tratamiento

Según lo observado en la Figura 5 y 6, efectivamente se logra evidenciar una disminución del parámetro Conductividad Eléctrica con respecto al valor TESTIGO del agua residual.

La eficiencia de los sistemas de filtración se calculó de la siguiente manera:

$$\%E = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100\%$$

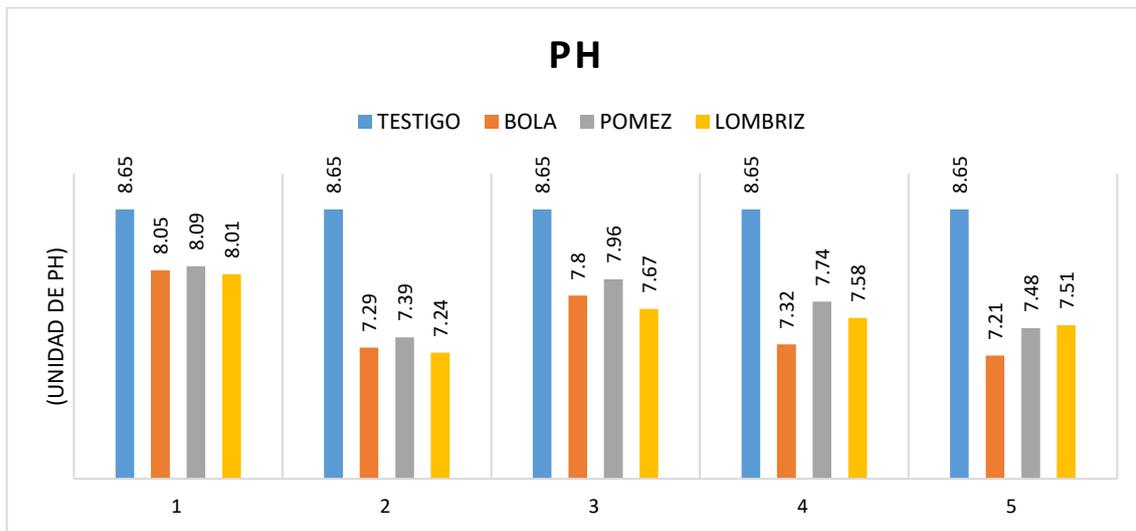
- Para el biofiltro de piedra Bola: 58.2%
- Para el biofiltro de piedra Pómez: 37.3%
- Para el biofiltro solo con lombrices: 65.4%

3.3.2. Resultados obtenidos de los tratamientos – pH

Tabla 11: Resultados de pH

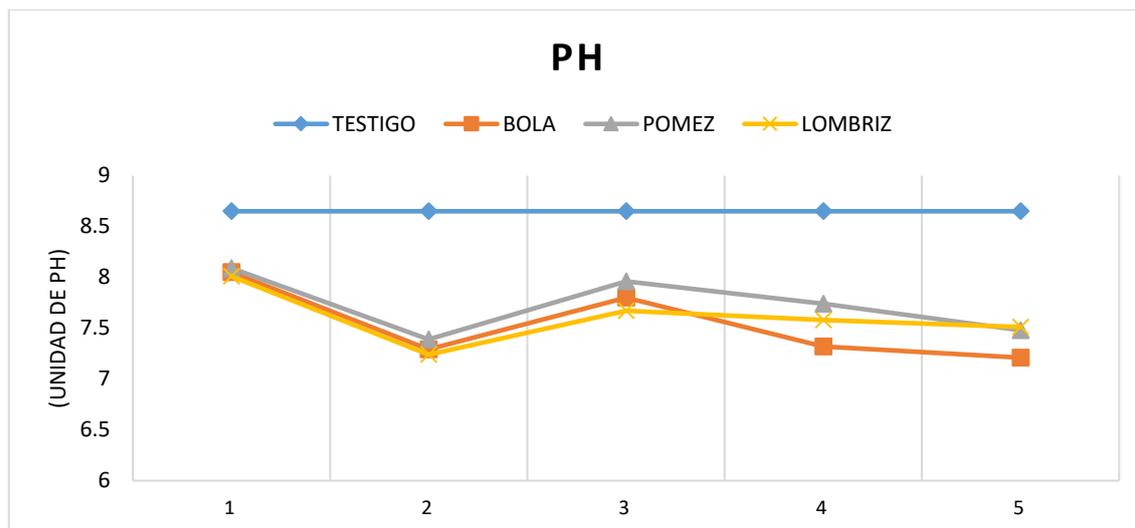
PARÁMETRO	pH (Unidad de pH)				
REPETICIONES	1	2	3	4	5
TESTIGO	8.65	8.65	8.65	8.65	8.65
BOLA	8.05	7.29	7.8	7.32	7.21
POMEZ	8.09	7.39	7.96	7.74	7.48
LOMBRIZ	8.01	7.24	7.67	7.58	7.51

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 7: Gráfico de barras - Variación del pH por tratamiento



Fuente: Elaboración propia

Figura 8: Gráfico lineal - Variación del pH por tratamiento

Según lo observado en la Figura 7 y 8, efectivamente se logra evidenciar una disminución del parámetro pH con respecto al valor TESTIGO del agua residual. Al inicio del proceso de observan los niveles más altos.

La eficiencia de los sistemas de filtración se calculó de la siguiente manera:

$$\%E = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100\%$$

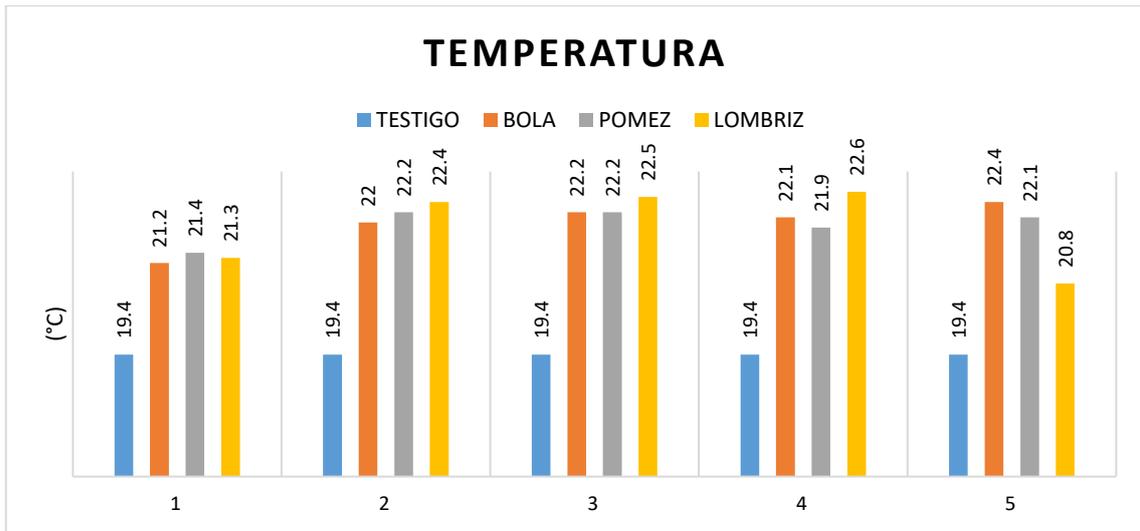
- Para el biofiltro de piedra Bola: 13.3%
- Para el biofiltro de piedra Pómez: 10.9%
- Para el biofiltro solo con lombrices: 12.1%

3.3.3. Resultados obtenidos de los tratamientos – Temperatura

Tabla 12: Resultados de Temperatura

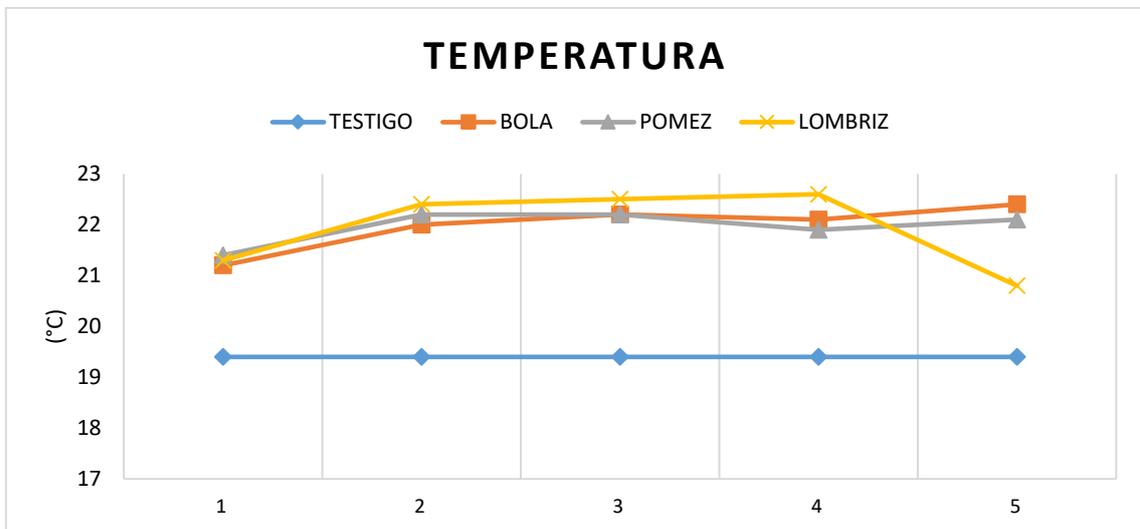
PARÁMETRO	Temperatura (°C)				
REPETICIONES	1	2	3	4	5
TESTIGO	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4
BOLA	21.2	22	22.2	22.1	22.4
POMEZ	21.4	22.2	22.2	21.9	22.1
LOMBRIZ	21.3	22.4	22.5	22.6	20.8

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 9: Gráfico de barras - Variación de la Temperatura por tratamiento



Fuente: Elaboración propia

Figura 10: Gráfico lineal - Variación de la Temperatura por tratamiento

Según lo observado en la Figura 9 y 10, los niveles del parámetro Temperatura son elevados conforme la aplicación de los tratamientos, esto con respecto al valor TESTIGO del agua residual.

La eficiencia de los sistemas de filtración se calculó de la siguiente manera:

$$\%E = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100\%$$

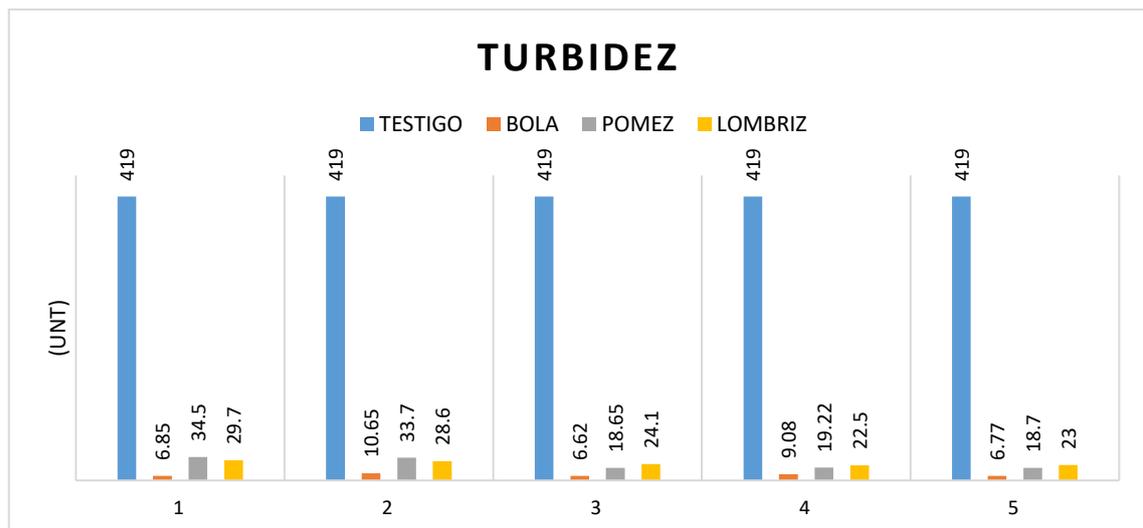
- Para el biofiltro de piedra Bola: 12.8%
- Para el biofiltro de piedra Pómez: 12.8%
- Para el biofiltro solo con lombrices: 12.7%

3.3.4. Resultados obtenidos de los tratamientos – Turbidez

Tabla 13: Resultados de Turbidez

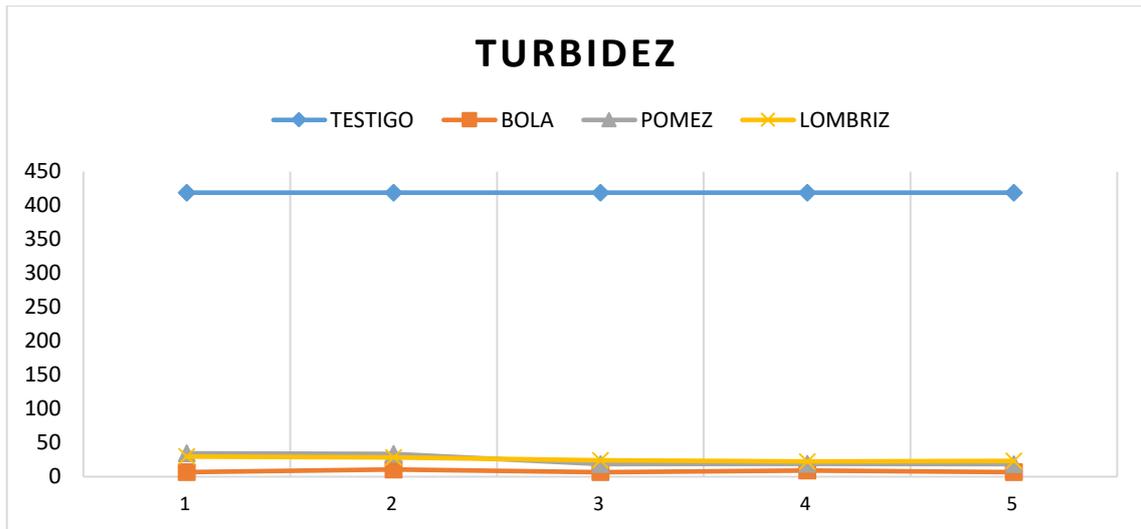
PARÁMETRO	Turbidez (UNT)				
REPETICIONES	1	2	3	4	5
TESTIGO	419	419	419	419	419
BOLA	6.85	10.65	6.62	9.08	6.77
POMEZ	34.5	33.7	18.65	19.22	18.7
LOMBRIZ	29.7	28.6	24.1	22.5	23

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 11: Gráfico de barras - Variación de la Turbidez por tratamiento



Fuente: Elaboración propia

Figura 12: Gráfico lineal - Variación de la Turbidez por tratamiento

Según lo observado en la Figura 11 y 12, efectivamente se logra evidenciar una disminución del parámetro Turbidez con respecto al valor TESTIGO del agua residual. El tratamiento que demuestra mayores mejoras es el Biofiltro con piedra bola.

La eficiencia de los sistemas de filtración se calculó de la siguiente manera:

$$\%E = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100\%$$

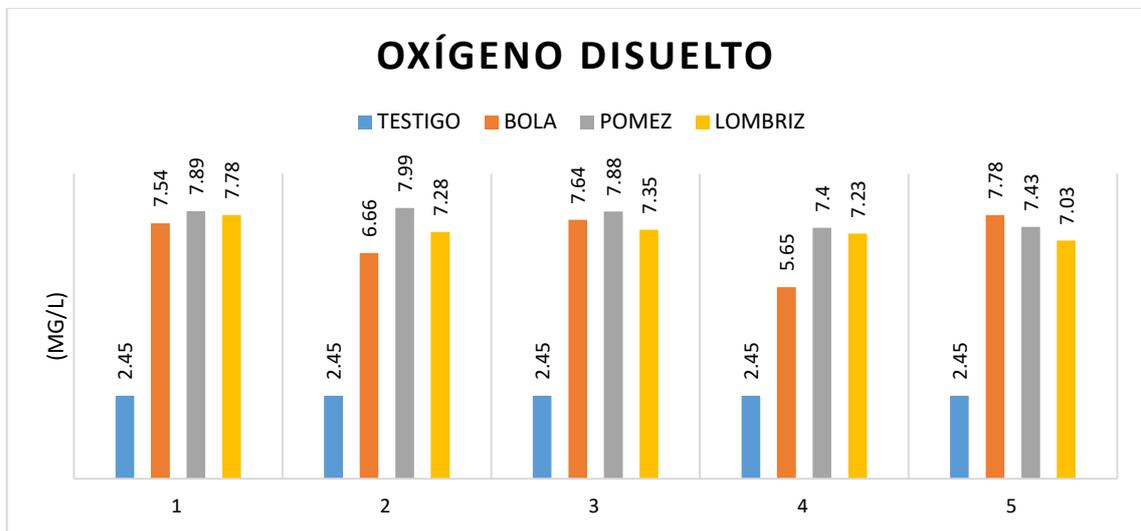
- Para el biofiltro de piedra Bola: 98.1%
- Para el biofiltro de piedra Pómez: 94.1%
- Para el biofiltro solo con lombrices: 93.9%

3.3.5. Resultados obtenidos de los tratamientos - Oxígeno Disuelto

Tabla 14: Resultados de Oxígeno Disuelto

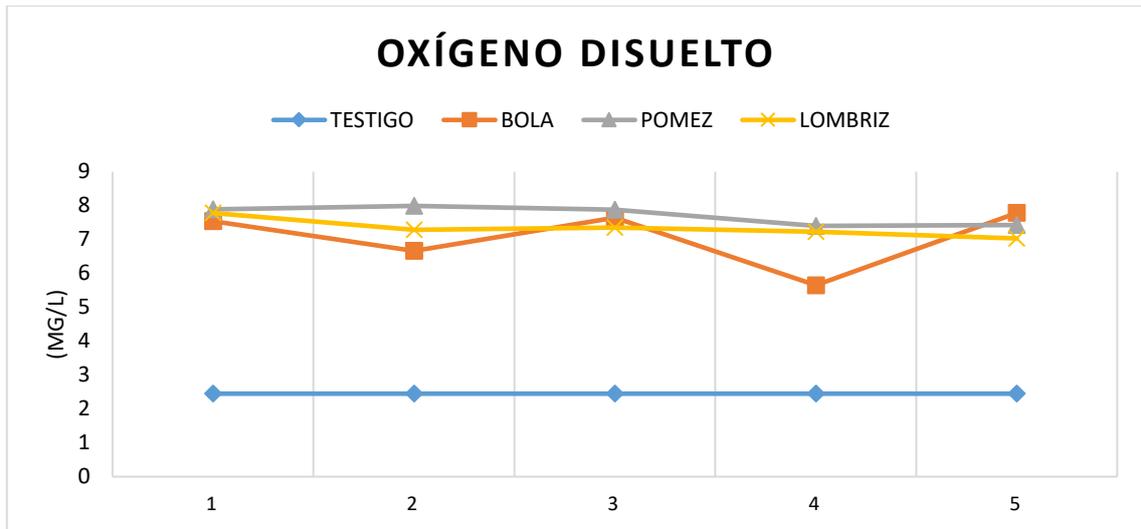
PARÁMETRO	Oxígeno Disuelto (mg/L)				
REPETICIONES	1	2	3	4	5
TESTIGO	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45
BOLA	7.54	6.66	7.64	5.65	7.78
POMEZ	7.89	7.99	7.88	7.4	7.43
LOMBRIZ	7.78	7.28	7.35	7.23	7.03

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 13: Gráfico de barras - Variación del Oxígeno Disuelto por tratamiento



Fuente: Elaboración propia

Figura 14: Gráfico lineal - Variación del Oxígeno Disuelto por tratamiento

Según lo observado en la Figura 13 y 14, el parámetro Oxígeno Disuelto aumenta con respecto al valor TESTIGO del agua residual conforme la aplicación de los tratamientos.

La eficiencia de los sistemas de filtración se calculó de la siguiente manera:

$$\%E = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100\%$$

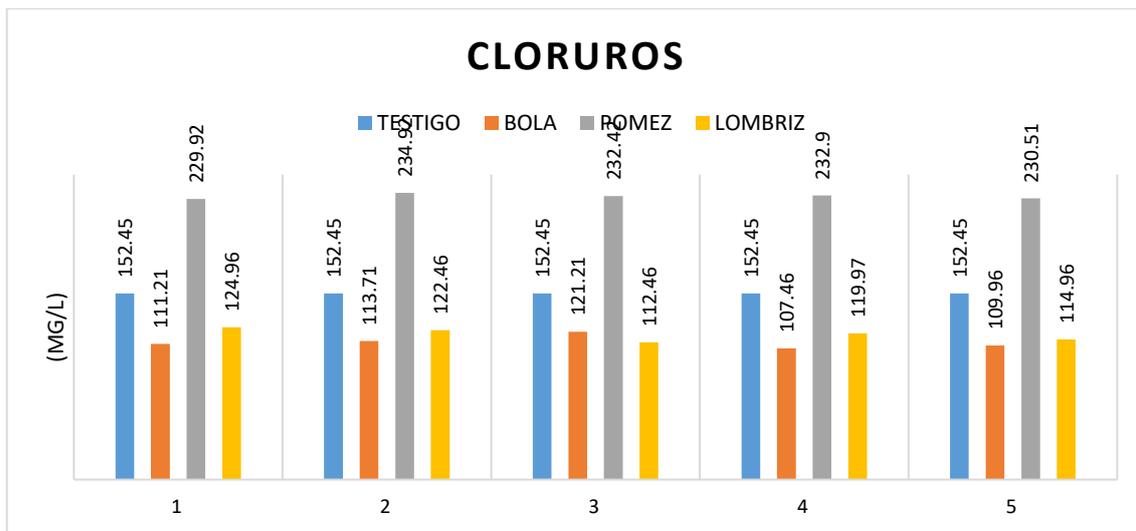
- Para el biofiltro de piedra Bola: 185.7%
- Para el biofiltro de piedra Pómez: 214.3%
- Para el biofiltro solo con lombrices: 197.9%

3.3.6. Resultados obtenidos de los tratamientos – Cloruros

Tabla 15: Resultados de Cloruros

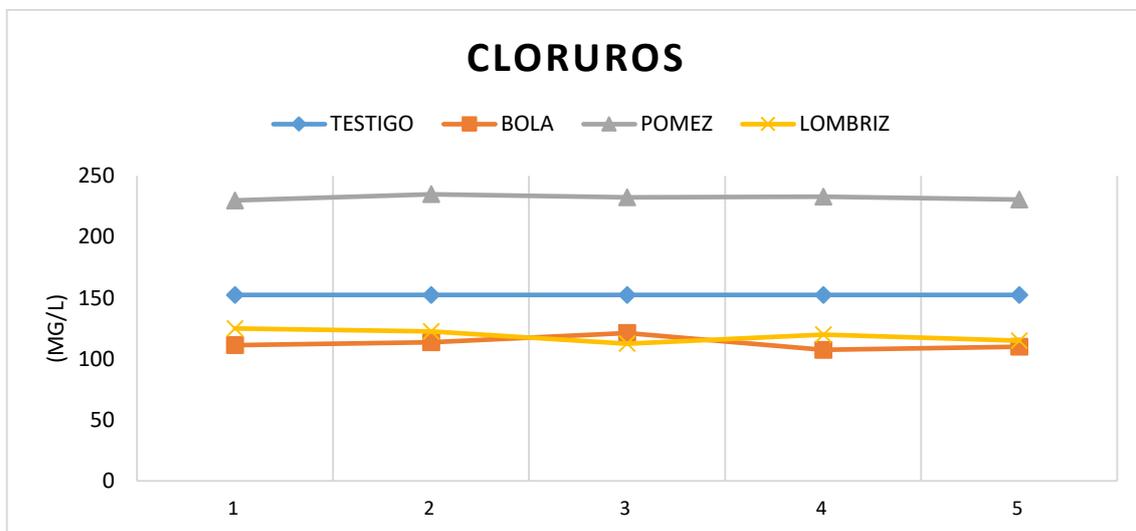
PARÁMETRO	Cloruros (mg/L)				
	1	2	3	4	5
REPETICIONES					
TESTIGO	152.45	152.45	152.45	152.45	152.45
BOLA	111.21	113.71	121.21	107.46	109.96
POMEZ	229.92	234.92	232.42	232.9	230.51
LOMBRIZ	124.96	122.46	112.46	119.97	114.96

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 15: Gráfico de barras - Variación del Cloruros por tratamiento



Fuente: Elaboración propia

Figura 16: Gráfico lineal- Variación del Cloruros por tratamiento

Según lo observado en la Figura 15 y 16, el parámetro Cloruros disminuye con respecto a la aplicación de los tratamientos de Biofiltro con piedra bola y el tratamiento de Biofiltro

conformado solo por lombrices y aserrín, sin embargo, el tratamiento de Biofiltro con piedra pómez aumenta con respecto al valor TESTIGO, debido probablemente a la procedencia marina de la piedra pómez.

La eficiencia de los sistemas de filtración se calculó de la siguiente manera:

$$\%E = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100\%$$

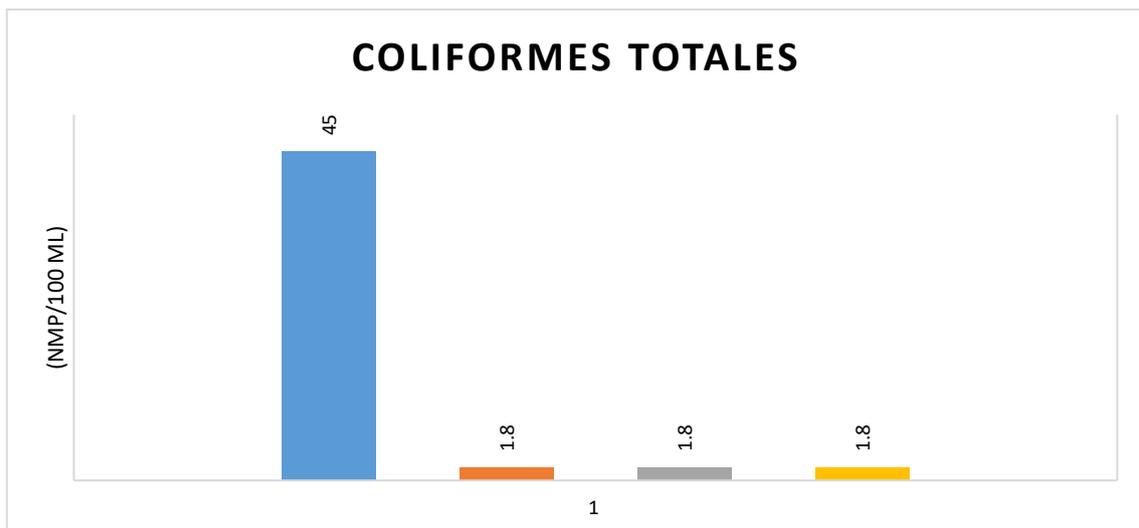
- Para el biofiltro de piedra Bola: 26.1%
- Para el biofiltro de piedra Pómez: 52.2%
- Para el biofiltro solo con lombrices: 22.0%

3.3.7. Resultados obtenidos de los tratamientos - Coliformes Totales

Tabla 16: Resultados de Coliformes Termotolerantes

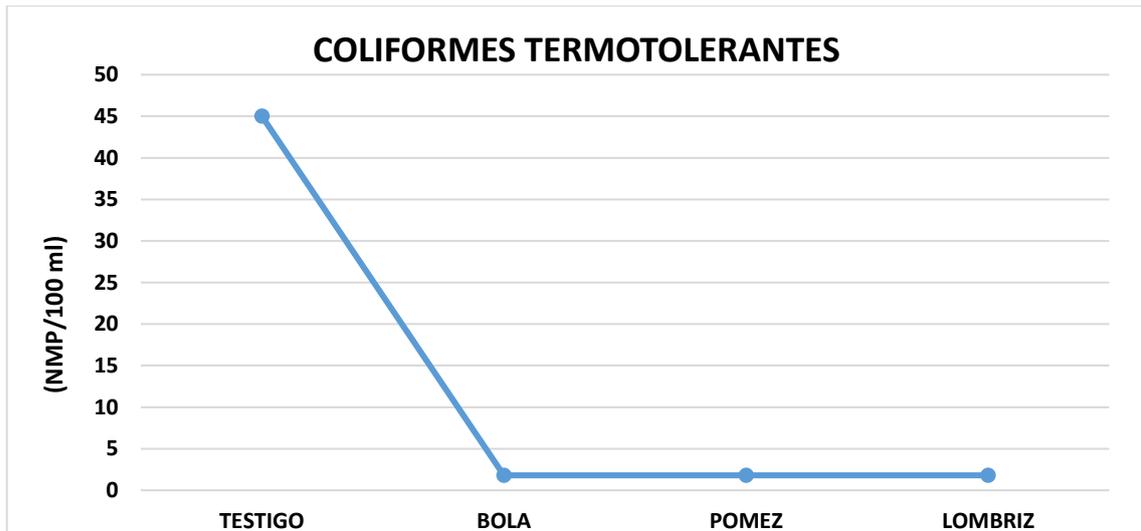
PARÁMETRO	Coliformes Totales (NMP/100 ml)
REPETICIONES	1
TESTIGO	45
BOLA	< 1.8
POMEZ	< 1.8
LOMBRIZ	< 1.8

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 17: Gráfico de barras - Variación de Coliformes Termotolerantes por tratamiento



Fuente: Elaboración propia

Figura 18: Gráfico lineal - Variación de Coliformes Termotolerantes por tratamiento

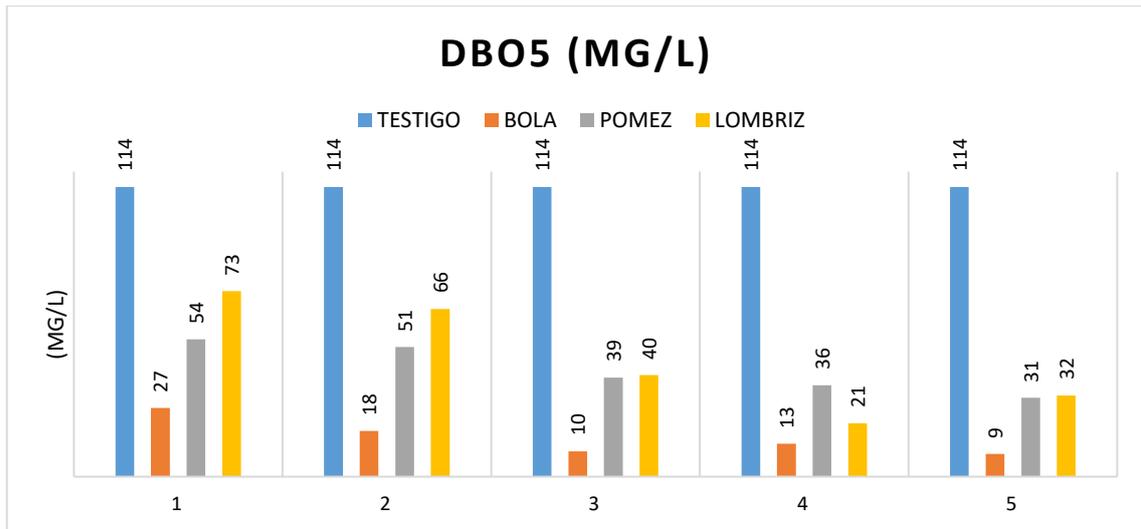
Según lo observado en la Figura 17 y 18, respecto al parámetro Coliformes Termotolerantes, el valor TESTIGO está por debajo del Estándar de Calidad Ambiental, al aplicar los tratamientos.

3.3.8. Resultados obtenidos de los tratamientos - DBO5

Tabla 17: Resultados de DBO5

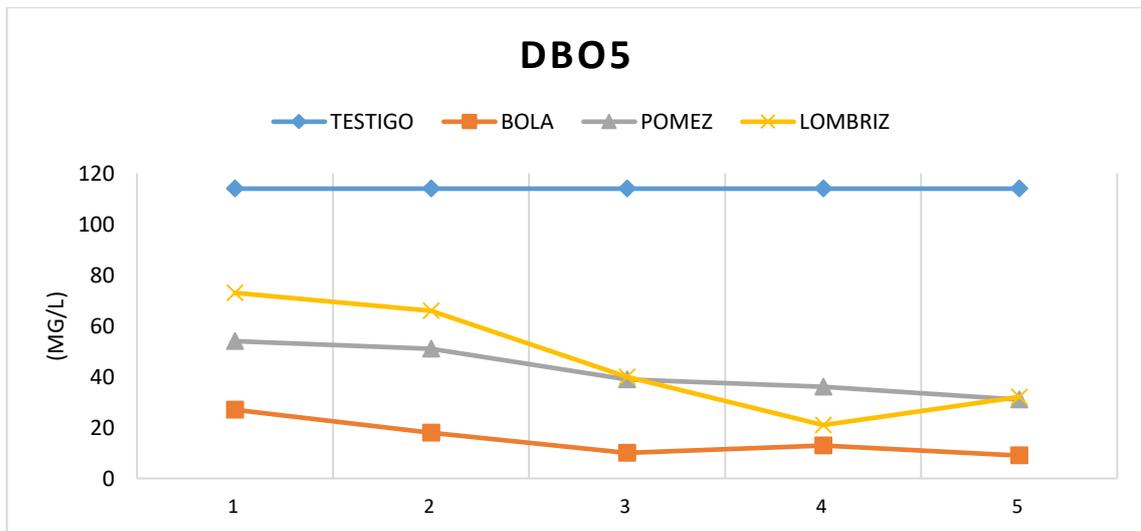
PARÁMETRO	DBO5 (mg/L)				
	1	2	3	4	5
REPETICIONES	1	2	3	4	5
TESTIGO	114	114	114	114	114
BOLA	27	18	10	13	9
POMEZ	54	51	39	36	31
LOMBRIZ	73	66	40	21	32

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 19: Gráfico de barras - Variación de DBO5 por tratamiento



Fuente: Elaboración propia

Figura 20: Gráfico lineal - Variación de DBO5 por tratamiento

Según lo observado en la Figura 19 y 20, efectivamente los valores obtenidos mediante la aplicación de los tratamientos del parámetro DBO5, disminuyen respecto al valor TESTIGO.

La eficiencia de los sistemas de filtración se calculó de la siguiente manera:

$$\%E = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100\%$$

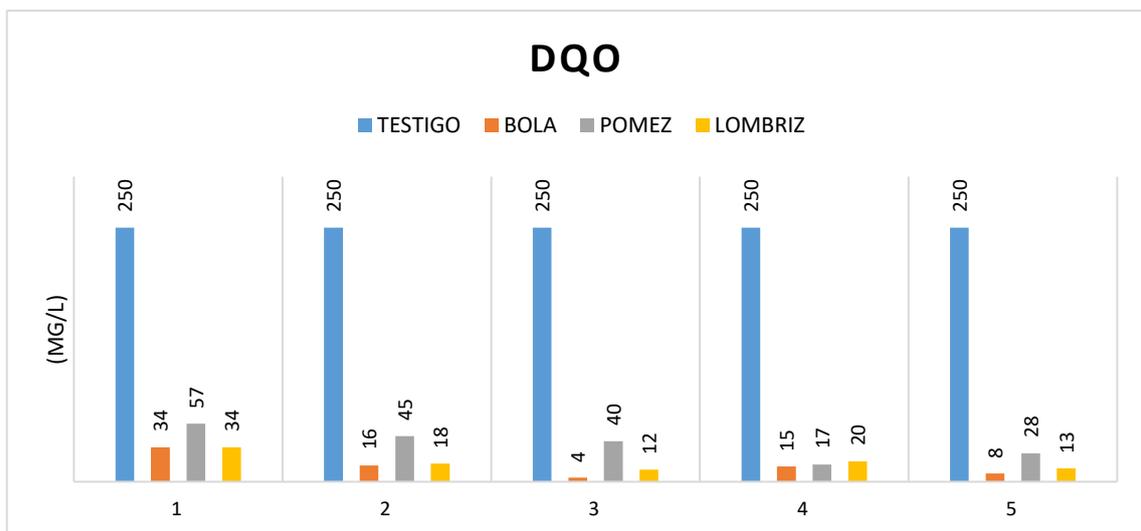
- Para el biofiltro de piedra Bola: 86.5%
- Para el biofiltro de piedra Pómez: 62.9%
- Para el biofiltro solo con lombrices: 59.3%

3.3.9. Resultados obtenidos de los tratamientos – DQO

Tabla 18: Resultados de DQO

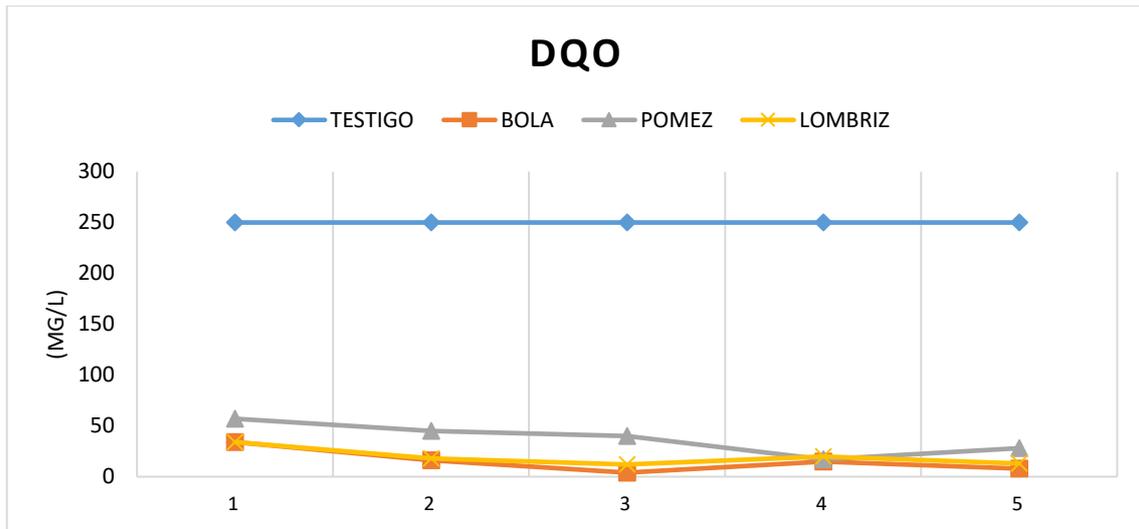
PARÁMETRO	DQO (mg/L)				
REPETICIONES	1	2	3	4	5
TESTIGO	250	250	250	250	250
BOLA	34	16	4	15	8
POMEZ	57	45	40	17	28
LOMBRIZ	34	18	12	20	13

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 21: Gráfico de barras - Variación de DQO por tratamiento



Fuente: Elaboración propia

Figura 22: Gráfico lineal - Variación de DQO por tratamiento

Según lo observado en la Figura 21 y 22, efectivamente los valores obtenidos mediante la aplicación de los tratamientos del parámetro DQO, disminuyen respecto al valor TESTIGO.

La eficiencia de los sistemas de filtración se calculó de la siguiente manera:

$$\%E = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100\%$$

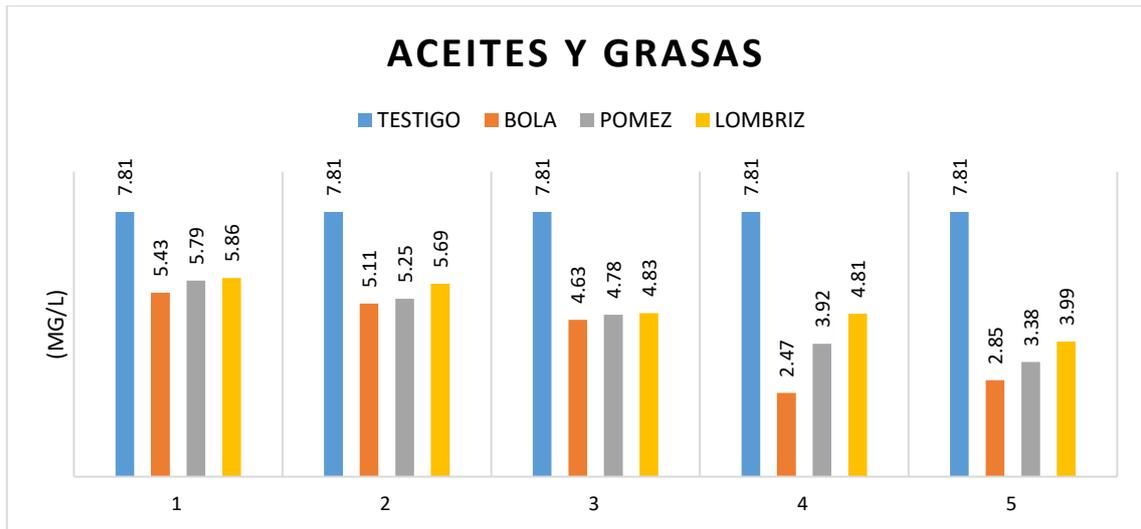
- Para el biofiltro de piedra Bola: 93.8%
- Para el biofiltro de piedra Pómez: 85.0%
- Para el biofiltro solo con lombrices: 92.2%

3.3.10. Resultados obtenidos de los tratamientos - Aceites y grasas

Tabla 19: Resultados de Aceites y grasas

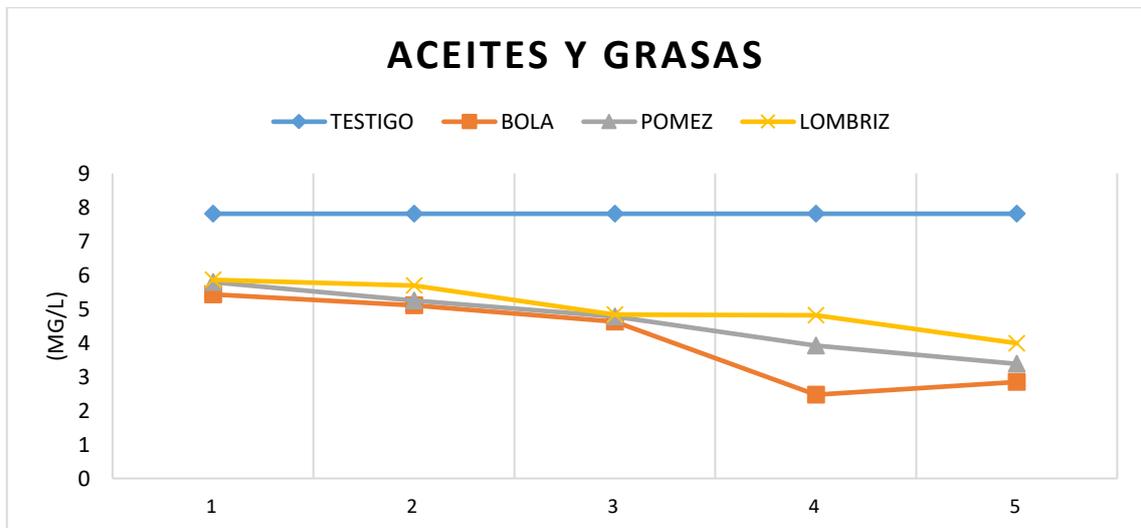
PARÁMETRO	Aceites y grasas (mg/L)				
REPETICIONES	1	2	3	4	5
TESTIGO	7.81	7.81	7.81	7.81	7.81
BOLA	5.43	5.11	4.63	2.47	2.85
POMEZ	5.79	5.25	4.78	3.92	3.38
LOMBRIZ	5.86	5.69	4.83	4.81	3.99

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 23: Gráfico de barras - Variación de Aceites y grasas por tratamiento



Fuente: Elaboración propia

Figura 24: Gráfico lineal - Variación de Aceites y grasas por tratamiento

Según lo observado en la Figura 23 y 24, efectivamente los valores obtenidos en la Figura 24: Gráfico lineal - Variación de Aceites y grasas por tratamiento mediante la aplicación de los tratamientos del parámetro Aceites y Grasas, disminuyen respecto al valor TESTIGO.

La eficiencia de los sistemas de filtración se calculó de la siguiente manera:

$$\%E = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100\%$$

- Para el biofiltro de piedra Bola: 48.8%
- Para el biofiltro de piedra Pómez: 41.1%
- Para el biofiltro solo con lombrices: 35.9%

3.4. Eficiencias de los tratamientos de Biofiltración

En la siguiente tabla se observan los resultados de las eficiencias obtenidas mediante los análisis físicos, químicos y microbiológicos en los tratamientos de Biofiltración:

Tabla 20: Eficiencias de los tratamientos de Biofiltración

	Bola	Pómez	Lombriz
CE	58.2 %	37.3 %	65.4 %
pH	13.3 %	10.9 %	12.1 %
T	12.8 %	12.8 %	12.7 %
Turbidez	98.1 %	94.1 %	93.9 %
OD	185.7 %	214.3 %	197.9 %
CL	26.1 %	52.2 %	22.0 %
DBO5	86.5 %	62.9 %	59.3 %
DQO	93.8 %	85.0 %	92.2 %
A y G	48.8 %	41.1 %	35.9 %
Total	69.25 %	67.84 %	65.71 %

Fuente: Elaboración propia

3.5. Interpretación de resultados

3.5.1. Pruebas de Normalidad

La prueba de normalidad se utilizó para contrastar los datos de la muestra, de esta manera poder determinar su distribución.

Tabla 21: Pruebas de Normalidad

TRATAMIENTOS	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
CONDUCTIVI DAD	BOL	,244	5	,200*	,842	5	,171
	LOM	,298	5	,167	,843	5	,174
	POM	,180	5	,200*	,982	5	,944
PH	BOL	,319	5	,108	,848	5	,189
	LOM	,204	5	,200*	,974	5	,899
	POM	,199	5	,200*	,936	5	,639
TEMPERATU RA	BOL	,317	5	,111	,844	5	,175
	LOM	,322	5	,100	,828	5	,134
	POM	,261	5	,200*	,807	5	,093
TURBIDEZ	BOL	,338	5	,064	,810	5	,097
	LOM	,272	5	,200*	,848	5	,187
	POM	,354	5	,040	,717	5	,014
OD	BOL	,306	5	,143	,844	5	,177
	LOM	,277	5	,200*	,911	5	,475
	POM	,318	5	,108	,807	5	,092
CLORUROS	BOL	,225	5	,200*	,912	5	,479
	LOM	,180	5	,200*	,952	5	,753
	POM	,192	5	,200*	,952	5	,755
DBO5	BOL	,228	5	,200*	,889	5	,351
	LOM	,213	5	,200*	,921	5	,539
	POM	,227	5	,200*	,915	5	,497
DQO	BOL	,279	5	,200*	,900	5	,412
	LOM	,273	5	,200*	,855	5	,211
	POM	,167	5	,200*	,988	5	,972
AYG	BOL	,253	5	,200*	,866	5	,251
	LOM	,207	5	,200*	,923	5	,550
	POM	,164	5	,200*	,968	5	,863

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

Software SPSS 22

Se usa la prueba Shapiro - Wilk porque los tratamientos tienen una cantidad de datos menor a 50.

Prueba de hipótesis:

HO: La distribución de los datos para la muestra conductividad es normal
H1: La distribución de los datos para la muestra conductividad no es normal

Conductividad eléctrica

Tratamiento Bola
Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,171</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la distribución de los datos para la muestra del tratamiento bola en Conductividad eléctrica es normal.</i>
Tratamiento Pómez
Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,944</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la distribución de los datos para la muestra del tratamiento pómez en Conductividad eléctrica es normal.</i>
Tratamiento Lombriz
Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,174</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la distribución de los datos para la muestra del tratamiento lombriz en Conductividad eléctrica es normal.</i>

pH

Tratamiento Bola
Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,189</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la distribución de los datos para la muestra del tratamiento bola en pH es normal.</i>
Tratamiento Pómez
Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,639</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la distribución de los datos para la muestra del tratamiento pómez en pH es normal.</i>
Tratamiento Lombriz
Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,899</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la distribución de los datos para la muestra del tratamiento lombriz en pH es normal.</i>

Temperatura

Tratamiento Bola
Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,175</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la distribución de los datos para la muestra del tratamiento bola en Temperatura es normal.</i>

Tratamiento Pómez
Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,093</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la distribución de los datos para la muestra del tratamiento pómez en Temperatura es normal.</i>
Tratamiento Lombriz
Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,134</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la distribución de los datos para la muestra del tratamiento lombriz en Temperatura es normal.</i>

Turbidez

Tratamiento Bola
Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,097</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la distribución de los datos para la muestra del tratamiento bola en Turbidez es normal.</i>
Tratamiento Pómez
Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,014</i>
Decisión
<i>Se rechaza la hipótesis nula, en consecuencia, la distribución de los datos para la muestra del tratamiento pómez en Turbidez es no es normal.</i>

Tratamiento Lombriz
Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,187</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la distribución de los datos para la muestra del tratamiento lombriz en Turbidez es normal.</i>

Oxígeno Disuelto

Tratamiento Bola
Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,177</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la distribución de los datos para la muestra del tratamiento bola en Oxígeno disuelto es normal.</i>

Tratamiento Pómez
Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,092</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la distribución de los datos para la muestra del tratamiento pómez en Turbidez es normal.</i>

Tratamiento Lombriz
Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,475</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la distribución de los datos para la muestra del tratamiento lombriz en Turbidez es normal.</i>

Cloruros

Tratamiento Bola
Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,479</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la distribución de los datos para la muestra del tratamiento bola en Cloruros es normal.</i>
Tratamiento Pómez
Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,755</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la distribución de los datos para la muestra del tratamiento lombriz en Cloruros es normal.</i>
Tratamiento Lombriz
Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,475</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la distribución de los datos para la muestra del tratamiento lombriz en Turbidez es normal.</i>

DBO5

Tratamiento Bola
Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,351</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la distribución de los datos para la muestra del tratamiento bola en DBO5 es normal.</i>

Tratamiento Pómez
Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,497</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la distribución de los datos para la muestra del tratamiento lombriz en DBO5 es normal.</i>
Tratamiento Lombriz
Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,539</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la distribución de los datos para la muestra del tratamiento lombriz en DBO5 es normal.</i>

DQO

Tratamiento Bola
Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,412</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la distribución de los datos para la muestra del tratamiento bola en DQO es normal.</i>
Tratamiento Pómez
Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,972</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la distribución de los datos para la muestra del tratamiento lombriz en DQO es normal.</i>

Tratamiento Lombriz
Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,211</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la distribución de los datos para la muestra del tratamiento lombriz en DQO es normal.</i>

Aceites y Grasas

Tratamiento Bola
Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,251</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la distribución de los datos para la muestra del tratamiento bola en Aceites y grasas es normal.</i>
Tratamiento Pómez
Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,863</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la distribución de los datos para la muestra del tratamiento lombriz en Aceites y grasas es normal.</i>
Tratamiento Lombriz
Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,550</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la distribución de los datos para la muestra del tratamiento lombriz en Aceites y grasas es normal.</i>

3.5.2. Pruebas de Correlación

Es una técnica estadística que mide la relación lineal entre dos variables aleatorias cuantitativa, de esta manera expresa el grado de orden de las variables.

En la siguiente tabla se muestra las normalidades obtenidas.

Tabla 22: Pruebas de Correlación

		Correlaciones								
		CONDUCTIVIDAD	PH	TEMPERATURA	TURBIDEZ	OD	CLORUROS	DBO5	DQO	AYG
CONDUCTIVIDAD	Correlación de Pearson	1	,194	,003	,189	,298	,862**	,102	,577*	-,254
	Sig. (bilateral)		,489	,990	,501	,281	,000	,718	,024	,360
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15
PH	Correlación de Pearson	,194	1	-,470	,175	,473	,277	,312	,530*	,497
	Sig. (bilateral)	,489		,077	,534	,075	,318	,257	,042	,059
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15
TEMPERATURA	Correlación de Pearson	,003	-,470	1	-,118	-,041	,012	-,244	-,313	-,210
	Sig. (bilateral)	,990	,077		,676	,884	,965	,381	,256	,452
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15
TURBIDEZ	Correlación de Pearson	,189	,175	-,118	1	,383	,449	,851**	,593*	,551*
	Sig. (bilateral)	,501	,534	,676		,159	,093	,000	,020	,033
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15
OD	Correlación de Pearson	,298	,473	-,041	,383	1	,465	,417	,466	,494
	Sig. (bilateral)	,281	,075	,884	,159		,081	,122	,080	,062
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15
CLORUROS	Correlación de Pearson	,862**	,277	,012	,449	,465	1	,328	,654**	,078
	Sig. (bilateral)	,000	,318	,965	,093	,081		,233	,008	,783
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15
DBO5	Correlación de Pearson	,102	,312	-,244	,851**	,417	,328	1	,578*	,673**
	Sig. (bilateral)	,718	,257	,381	,000	,122	,233		,024	,006
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15
DQO	Correlación de Pearson	,577*	,530*	-,313	,593*	,466	,654**	,578*	1	,520*
	Sig. (bilateral)	,024	,042	,256	,020	,080	,008	,024		,047
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15
AYG	Correlación de Pearson	-,254	,497	-,210	,551*	,494	,078	,673**	,520*	1
	Sig. (bilateral)	,360	,059	,452	,033	,062	,783	,006	,047	
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15

**-. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Fuente: Elaboración propia

Software SPSS 22

Prueba de hipótesis

HO: El coeficiente de correlación de Pearson es igual a 0, no existe correlación
H1: El coeficiente de correlación de Pearson es diferente de 0, existe correlación

Conductividad eléctrica – pH

Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,489</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la correlación entre los datos de Conductividad eléctrica y pH es nula.</i>

Conductividad eléctrica – Temperatura

Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,990</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la correlación entre los datos de Conductividad eléctrica y Temperatura es nula.</i>

Conductividad eléctrica – Turbidez

Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,501</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la correlación entre los datos de Conductividad eléctrica y Turbidez es nula.</i>

Conductividad eléctrica – Oxígeno disuelto

Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,281</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la correlación entre los datos de Conductividad eléctrica y Oxígeno disuelto es nula.</i>

Conductividad eléctrica – Cloruros

Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,000</i>
Decisión
<i>Se rechaza la hipótesis nula, en consecuencia, existe una correlación entre los datos de Conductividad eléctrica y Cloruros con una fiabilidad del 99%.</i>

Conductividad eléctrica – DBO5

Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,718</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la correlación entre los datos de Conductividad eléctrica y DBO5 es nula.</i>

Conductividad eléctrica – DQO

Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,024</i>
Decisión
<i>Se rechaza la hipótesis nula, en consecuencia, existe una correlación entre los datos de</i>

Conductividad eléctrica y DQO con una fiabilidad del 95%.

Conductividad eléctrica – Aceites y grasas

Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,360</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la correlación entre los datos de Conductividad eléctrica y Aceites y grasas es nula.</i>
<i>Adicional a esto, el coeficiente de Pearson es -0,254 por lo que ambos parámetros son inversamente proporcionales.</i>

pH – Temperatura

Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,077</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la correlación entre los datos de pH y Temperatura es nula.</i>
<i>Adicional a esto, el coeficiente de Pearson es -0,470 por lo que ambos parámetros son inversamente proporcionales.</i>

pH – Turbidez

Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,534</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la correlación entre los datos de pH y Turbidez es nula.</i>

pH – Oxígeno disuelto

Regla de decisión
<i>Sí Si Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,075</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la correlación entre los datos de pH y Oxígeno disuelto es nula.</i>

pH – Cloruros

Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,318</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la correlación entre los datos de pH y Cloruros es nula.</i>

pH – DBO5

Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,257</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la correlación entre los datos de pH y DBO5 es nula.</i>

pH – DQO

Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,042</i>
Decisión

Se rechaza la hipótesis nula, en consecuencia, existe una correlación entre los datos de pH y DQO con una fiabilidad del 95%.

pH – Aceites y grasas

Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,059</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la correlación entre los datos de pH y Aceites y grasas es nula.</i>

Temperatura – Turbidez

Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,676</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la correlación entre los datos de Temperatura y Turbidez es nula.</i>
<i>Adicional a esto, el coeficiente de Pearson es -0,118 por lo que ambos parámetros son inversamente proporcionales.</i>

Temperatura – Oxígeno disuelto

Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,884</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la correlación entre los datos de Temperatura y Oxígeno disuelto es nula.</i>
<i>Adicional a esto, el coeficiente de Pearson es -0,041 por lo que ambos parámetros son inversamente proporcionales.</i>

Temperatura – Cloruros

Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,965</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la correlación entre los datos de Temperatura y Cloruros es nula.</i>

Temperatura – DBO5

Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,381</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la correlación entre los datos de Temperatura y DBO5 es nula.</i>
<i>Adicional a esto, el coeficiente de Pearson es -0,244 por lo que ambos parámetros son inversamente proporcionales.</i>

Temperatura – DQO

Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,257</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la correlación entre los datos de Temperatura y DQO es nula.</i>
<i>Adicional a esto, el coeficiente de Pearson es -0,313 por lo que ambos parámetros son inversamente proporcionales.</i>

Temperatura – Aceites y grasas

Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,452</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, la correlación entre los datos de Temperatura y Aceites y grasas es nula.</i>
<i>Adicional a esto, el coeficiente de Pearson es -0,210 por lo que ambos parámetros son inversamente proporcionales.</i>

3.5.3. Análisis de Varianza (ANOVA)

Aplicada para variables con distribución normal:

Tabla 23: Análisis de varianza (ANOVA)

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
CE	Entre grupos	2850960,533	2	1425480,267	32,507	,000
	Dentro de grupos	526217,200	12	43851,433		
	Total	3377177,733	14			
pH	Entre grupos	,101	2	,051	,498	,620
	Dentro de grupos	1,219	12	,102		
	Total	1,320	14			
T	Entre grupos	,009	2	,005	,014	,986
	Dentro de grupos	3,968	12	,331		
	Total	3,977	14			
OD	Entre grupos	1,111	2	,556	1,731	,219
	Dentro de grupos	3,852	12	,321		
	Total	4,964	14			
CL	Entre grupos	45181,801	2	22590,901	1157,941	,000
	Dentro de grupos	234,115	12	19,510		
	Total	45415,916	14			
DBO5	Entre grupos	2828,133	2	1414,067	6,544	,012
	Dentro de grupos	2593,200	12	216,100		
	Total	5421,333	14			

DQO	Entre grupos	1373,333	2	686,667	4,589	,033
	Dentro de grupos	1795,600	12	149,633		
	Total	3168,933	14			
AYG	Entre grupos	2,210	2	1,105	,990	,400
	Dentro de grupos	13,403	12	1,117		
	Total	15,613	14			

Fuente: Elaboración propia

Software SPSS 22

Prueba de hipótesis:

HO: $\mu_{bola} = \mu_{pómez} = \mu_{lombriz}$

H1: Al menos dos de los tratamientos son diferentes

Conductividad eléctrica

Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,000</i>
Decisión
<i>Rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, al menos dos de los tratamientos son diferentes.</i>

pH

Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,620</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, los promedios de los datos de los tratamientos aplicados son iguales.</i>

Temperatura

Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,986</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, los promedios de los datos de los tratamientos aplicados son iguales.</i>

Oxígeno disuelto

Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,219</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, los promedios de los datos de los tratamientos aplicados son iguales.</i>

Cloruros

Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,000</i>
Decisión
<i>Rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, al menos dos de los tratamientos son diferentes.</i>

DBO5

Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,012</i>
Decisión

Rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, al menos dos de los tratamientos son diferentes.

DQO

Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,033</i>
Decisión
<i>Rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, al menos dos de los tratamientos son diferentes.</i>

Aceites y grasas

Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,400</i>
Decisión
<i>No rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, los promedios de los datos de los tratamientos aplicados son iguales.</i>

3.5.4. Aplicación de la prueba de comparación múltiple

Tabla 24: Homogeneidad de varianzas

Prueba de homogeneidad de varianzas

	Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
CE	10,352	2	12	,002
pH	,859	2	12	,448
T	4,686	2	12	,031
OD	6,441	2	12	,013
CL	2,004	2	12	,177
DBO5	7,152	2	12	,009
DQO	,903	2	12	,431
AYG	2,427	2	12	,130

Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa en la tabla 25, se aplicó la prueba DMS asumiendo varianzas iguales a los valores cuyo Sig es mayor a 0,05 y en donde los valores Sig fueron menores a 0,05, se aplicó la prueba conservadora T2 de Tamhane adecuada para varianzas desiguales.

Tabla 25: Comparaciones múltiples - DMS

Comparaciones múltiples

DMS

Variable dependiente	(I) TRATAMIENTOS	(J) TRATAMIENTOS	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
						Límite inferior	Límite superior
CE	BOLA	POMEZ	-764,40000*	13,244,083	,000	10,529,638	-4,758,362
	BOLA	LOMBRIZ	26,360,000	13,244,083	,070	-249,638	5,521,638
	POMEZ	LOMBRIZ	1028,00000*	13,244,083	,000	7,394,362	13,165,638
T	BOLA	POMEZ	,02000	,36368	,957	-,7724	,8124
	BOLA	LOMBRIZ	,06000	,36368	,872	-,7324	,8524
	POMEZ	LOMBRIZ	,04000	,36368	,914	-,7524	,8324
OD	BOLA	POMEZ	-,66400	,35834	,089	-14,448	,1168
	BOLA	LOMBRIZ	-,28000	,35834	,450	-10,608	,5008
	POMEZ	LOMBRIZ	,38400	,35834	,305	-,3968	11,648
DBO5	BOLA	POMEZ	-26,80000*	929,731	,014	-470,571	-65,429
	BOLA	LOMBRIZ	-31,00000*	929,731	,006	-512,571	-107,429
	POMEZ	LOMBRIZ	-420,000	929,731	,660	-244,571	160,571

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia

Software SPSS 22

Conductividad eléctrica

Análisis de comparaciones	Interpretación
$\mu_{bola} < \mu_{pómez}$	Los datos promedios de los tratamientos de biofiltro de piedra bola y lombriz son iguales, siendo el tratamiento de biofiltro de piedra pómez superior, sin embargo, el parámetro conductividad eléctrica se encuentra dentro del ECA mientras menores sean sus valores.
$\mu_{bola} = \mu_{lombriz}$	
$\mu_{pómez} > \mu_{lombriz}$	

Temperatura

Análisis de comparaciones	Interpretación
$\mu_{bola} \geq \mu_{pómez}$	Los datos promedios de los tratamientos de biofiltro de piedra pómez y lombriz son iguales, siendo el tratamiento de biofiltro de piedra bola superior (sin embargo, no es significativo).
$\mu_{bola} \geq \mu_{lombriz}$	
$\mu_{pómez} \geq \mu_{lombriz}$	

Oxígeno disuelto

Análisis de comparaciones	Interpretación
$\mu_{bola} \leq \mu_{pómez}$	Los datos promedios de los tratamientos de biofiltro de piedra bola y pómez son iguales, siendo el tratamiento de biofiltro de lombriz superior (sin embargo, no es significativo).
$\mu_{bola} \leq \mu_{lombriz}$	
$\mu_{pómez} \leq \mu_{lombriz}$	

DBO5

Análisis de comparaciones	Interpretación
$\mu_{bola} < \mu_{pómez}$	Los datos promedios de los tratamientos de biofiltro de piedra pómez y bola están por debajo de los datos promedio obtenidos en el tratamiento de biofiltro de lombriz (sin embargo, no es significativo).
$\mu_{bola} < \mu_{lombriz}$	
$\mu_{pómez} \leq \mu_{lombriz}$	

Tabla 26: Comparaciones múltiples - Tamhane

Comparaciones múltiples

Tamhane

Variable dependiente	(I) TRATAMIENTOS	(J) TRATAMIENTOS	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
						Límite inferior	Límite superior
pH	BOLA	POMEZ	-,19800	,21307	,763	-,8450	,4490
	BOLA	BOLA	,19800	,21307	,763	-,4490	,8450
	POMEZ	LOMBRIZ	,13000	,18327	,874	-,4214	,6814
CL	BOLA	POMEZ	119,42400*	251,589	,000	1,281,764	1,106,716
	BOLA	LOMBRIZ	-625,200	330,261	,259	-161,755	36,715
	POMEZ	LOMBRIZ	113,17200*	248,485	,000	1,045,499	1,217,941
DQO	BOLA	POMEZ	-2,200,000	861,510	,105	-484,180	44,180
	BOLA	LOMBRIZ	-400,000	648,999	,912	-238,378	158,378
	POMEZ	LOMBRIZ	1,800,000	795,110	,174	-75,191	435,191
AYG	BOLA	POMEZ	-,52600	,74526	,877	-28,211	17,691
	BOLA	LOMBRIZ	-,93800	,69223	,529	-31,678	12,918
	POMEZ	LOMBRIZ	-,41200	,55287	,858	-20,994	12,754

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia

Software SPSS 22

pH

Análisis de comparaciones	Interpretación
$\mu_{bola} \leq \mu_{pomez}$	Los datos promedios de los tratamientos de biofiltro de piedra pómez y bola son iguales, siendo el tratamiento de biofiltro con piedra pómez superior (sin embargo, no es significativo).
$\mu_{bola} \leq \mu_{lombriz}$	
$\mu_{pomez} \geq \mu_{lombriz}$	

Cloruros

Análisis de comparaciones	Interpretación
$\mu_{bola} < \mu_{pómez}$	Los datos promedios de los tratamientos de biofiltro de piedra bola y lombriz son iguales, siendo el tratamiento de biofiltro con piedra pómez superior, sin embargo, el parámetro cloruros se encuentra dentro del ECA mientras menores sean sus valores.
$\mu_{bola} \leq \mu_{lombriz}$	
$\mu_{pómez} > \mu_{lombriz}$	

DQO

Análisis de comparaciones	Interpretación
$\mu_{bola} \leq \mu_{pómez}$	Los datos promedios de los tratamientos de biofiltro de piedra bola y lombriz son iguales, siendo el tratamiento de biofiltro con piedra pómez superior (sin embargo, no es significativo).
$\mu_{bola} \leq \mu_{lombriz}$	
$\mu_{pómez} \geq \mu_{lombriz}$	

Aceites y Grasas

Análisis de comparaciones	Interpretación
$\mu_{bola} \leq \mu_{pómez}$	Los datos promedios de los tratamientos de biofiltro de piedra bola y lombriz son iguales, siendo el tratamiento de biofiltro con piedra pómez superior (sin embargo, no es significativo).
$\mu_{bola} \leq \mu_{lombriz}$	
$\mu_{pómez} \leq \mu_{lombriz}$	

3.5.5. Prueba no paramétrica Kruskal wallis

Resumen de contrastes de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de TURBIDEZ es la misma entre las categorías de TRATAMIENTOS.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,009	Rechace la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Prueba de hipótesis:

HO: $\mu_{bola} = \mu_{pómez} = \mu_{lombriz}$
--

H1: Al menos dos de los tratamientos son diferentes

Turbidez

Regla de decisión
<i>Sí Sig es menor a 0,05 entonces rechazar la hipótesis nula</i>
<i>Sig es igual a 0,009</i>
Decisión
<i>Rechazar la hipótesis nula, en consecuencia, al menos dos de los tratamientos es diferentes.</i>

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN

4.1. Discusión

CEVALLOS ZURITA (2015) en su tesis “Evaluación de eficiencia de sistemas de biofiltración en aguas residuales industriales” estableció como objetivo principal las comparaciones de las eficiencias en sistemas de biofiltros compuestas por diferentes estratos. Las evaluaciones se realizaron mediante análisis físicos, químicos y biológicos, donde se obtuvo que los tratamientos con mejores mezclas fueron el tratamiento 2 y 3 conformados por lombrices, aserrín, hojas de eucalipto, piedra graba y piedra bola, haciendo la diferencia en tratamientos el uso de piedra pómez en reemplazo de piedra bola. Se obtuvo una remoción del 90-93% de DBO5, en DQO se removió un 84% y un 98-99% de sólidos suspendidos. Esta investigación corrobora los resultados obtenidos en el presente trabajo investigativo.

En el trabajo investigativo “Purificación de agua por medio de filtros lentos de arena en la comunidad de Kuychiro”, BARRIENTOS ECHEGARAY Y

OTROS. Se obtuvo una eficiencia del 24.4% de remoción de turbidez, lo cual contrasta con los resultados obtenidos en la presente investigación en la cual se obtuvo un porcentaje de 98.1, 94.1 y 93.9 mediante la aplicación de los biofiltros conformados por piedra bola, piedra pómez y lombrices respectivamente.

Según SALAZAR MIRANDA (2005), en su investigación titulada: Sistema Tohá; una alternativa ecológica para el tratamiento de aguas residuales en sectores rurales, menciona que el uso de biofiltros mejora la calidad del agua, estas reducciones llegan a ser superiores al 90%, sin embargo, la aplicación del biofiltro para sistemas sépticos genera niveles bajos de eficiencia (40% - 50%), además de no cumplir con los niveles mínimos de la Norma Chilena. Lo que se contrastó con la presente investigación ya que se obtuvo un mejor rendimiento de la eficiencia del prototipo de Biofiltro conforme a la calidad inicial del agua a tratar.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

5.1. Conclusiones

- El prototipo de Biofiltro conformado por lombrices, aserrín, piedra grava, piedra bola y piedra pómez es eficiente para el tratamiento de aguas residuales provenientes de los establos ganaderos ubicados en Trapiche, Comas.

Las eficiencias obtenidas son las siguientes:

Para el Biofiltro “Bola” conformado por lombrices, aserrín, piedra grava y piedra bola, la eficiencia promedio es 69.25 %.

Para el Biofiltro “Pómez” conformado por lombrices, aserrín, piedra grava y piedra pómez, la eficiencia promedio es 67.84 %.

Para el Biofiltro “Lombriz” conformado solo por lombrices y aserrín, la eficiencia promedio es 65.71 %.

- El uso del prototipo de Biofiltro conformado por diferentes estratos filtrantes mejora la composición física, química y biológica en el tratamiento de aguas residuales, mediante la disminución de los parámetros Conductividad eléctrica, pH, Turbidez, Cloruros, Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), Demanda química de oxígeno (DQO) y Aceites y grasas. Así mismo, mediante el aumento de los parámetros Temperatura y Oxígeno disuelto. Ver el ítem 3.3. Datos obtenidos con la aplicación de los Tratamientos para agua residual.
- Según los niveles de eficiencia obtenidos mediante la aplicación de los sistemas de Biofiltración, la mezcla óptima de estratos filtrantes se encuentra en el tratamiento de Biofiltro “Bola” conformado por lombrices, aserrín, piedra grava y piedra bola, cuya eficiencia promedio es 69.25 %.

CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES

6.1. Recomendaciones

- Mantener las lombrices en temperaturas de aproximadamente 25° C, ya que durante el proceso de implementación y aplicación de los sistemas de Biofiltración muchas de las lombrices murieron, cabe recordar que las temperaturas máximas durante los meses de agosto y setiembre fueron 18° C en ambos meses.

	Temperatura mínima	Temperatura Máxima	Temperatura del agua	Horas de sol	Probabilidad de Lluvia	Humedad
Enero	20°C 68°F	26°C 79°F	19°C 66°F	5	0%	81%
Febrero	21°C 70°F	27°C 81°F	21°C 70°F	6	1%	80%
Marzo	20°C 68°F	26°C 79°F	25°C 77°F	7	1%	81%
Abril	18°C 64°F	24°C 75°F	23°C 73°F	6	0%	83%
Mayo	16°C 61°F	21°C 70°F	22°C 72°F	4	2%	83%
Junio	16°C 61°F	19°C 66°F	19°C 66°F	3	5%	82%
Julio	16°C 61°F	19°C 66°F	18°C 64°F	2	5%	82%
Agosto	15°C 59°F	18°C 64°F	18°C 64°F	1	6%	82%
Septiembre	15°C 59°F	18°C 64°F	17°C 63°F	1	5%	84%
Octubre	16°C 61°F	20°C 68°F	16°C 61°F	2	2%	83%
Noviembre	17°C 63°F	21°C 70°F	17°C 63°F	1	1%	82%
Diciembre	19°C 66°F	24°C 75°F	18°C 64°F	3	0%	83%

Fuente: Senahi

Figura 25: Temperatura registrada en el mes de agosto y setiembre

- Habilitar un área despejada para la implementación de estos Bioflitros, ya que durante la ejecución del trabajo de investigación se generaron olores desagradables provenientes el agua residual almacenada en el tanque.
- Realizar la filtración de agua de forma mensual, con el fin de evitar el almacenamiento de agua por periodos de tiempo largos, los cuales puedan provocar la generación de vectores biológicos como el zancudo y el zika.
- Es necesaria la realización de una evaluación social en donde se tenga como objetivo la implementación de estos sistemas de Biofiltración en los sectores ganaderos y agrícolas de nuestro país, buscando concientizar a la población en el reúso del agua residual generado por los procesos de las actividades productivas impulsando el beneficio tanto social como ambiental.

CAPÍTULO VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA. *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*. [En línea] [Fecha de consulta: 8 de Abril de 2017.]

Disponible en:

<http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/209>

2. BARRERO, A Y BARRERO, M (2012). Funcionamiento de los filtros de agua (México): *Funcionamiento de los filtros de agua*. [En línea] [Fecha de consulta: 21 de 04 de 2017.]

Disponible en:

<http://acmor.org.mx/cuamweb/reportescongreso/2012/Primaria/1101.pdf>.

3. BARRIENTOS, E Y OTROS. Asociación Peruana de Energía Solar y del Ambiente (Perú). *Asociación Peruana de Energía Solar y del Ambiente*. [En línea] [Fecha de consulta: 03 de Julio de 2017.].

4. CEVALLOS, F. Titulación. *Evaluación de eficiencia se dsistemas de biofiltración en aguas residuales industriales*. Quito : s.n., 2015.

5. DÍAZ E. 2002. Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior Municipio Capital de La Rioja (Argentina). *Guía de Lombricultura*. [En línea] 2002. [Fecha de consulta: 8 de Abril de 2017.]

Disponible en:

<http://www.biblioteca.org.ar/libros/88761.pdf>.

6. El Universal. El problema del agua en el país. (2011). [En línea]. [Fecha de consulta: 27 de 04 de 2017.].

Disponible en:

<http://eluniversalperu.blogspot.com/2011/06/el-problema-del-agua-en-el-pais.html>.

7. FERRERA, R. *Microbiología Agrícola*. México : Trillas Editorial, 2014. 9789682478109.

8. GARCÍA, G. Instituto Tecnológico de la Paz. *Tratamiento de aguas residuales en zonas urbanas.*(2011). [En línea]. [Fecha de consulta: 9 de Abril de 2017.]
Disponible en:
<https://es.scribd.com/document/95162668/Teoria-Sobre-Tratamiento-De-Aguas-Residuales-En-Zonas-Urbanas-Autoguardado>.
9. Instituto Nacional de Estadística e Informática. *Instituto Nacional de Estadística e Informática.* (2014). [En línea] [Fecha de consulta: 10 de Mayo de 2017.]
Disponible en:
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1157/libro.pdf.
10. SERVINDI: La preocupante y desigual. (2013). [En línea] [Fecha de consulta: 27 de abril de 2017].
Disponible en:
<http://www.servindi.org/actualidad/84511>.
11. UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú (2015). [En línea] [Fecha de consulta: 6 de Abril de 2017.]
Disponible en:
<http://www.usil.edu.pe/sites/default/files/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf>.
12. MIRANDA, P. Tesis para optar el título de Constructor Civil. Sistema Tohá, una alternativa ecológica para el tratamiento de aguas residuales en sectores rurales. Valdivia : s.n., 2005.
13. Panorama Minero Instituto Geológico y Minero de España. *Piedra Pómez.* (2003) [En línea] [Fecha de consulta: 8 de Abril de 2017.]
Disponible en:
http://www.igme.es/PanoramaMinero/Historico/2003_04/PPOMEZ03.pdf.

14. RAMOS, C. *Teoría de la Filtración de aguas*. (2010).
15. Sistema Tohá. *Sistema de depuración de aguas*. (1994). [En línea] [Fecha de consulta: 5 de Abril de 2017].
Disponible en:
<http://sistematoha.cl/newSistematoha/sistema-toha/>.
16. SOMARRIBA, R Y GUZMÁN, G. Universidad Nacional Agraria. *Guía de Lombricultura*. Perú : s.n., 2004.
17. Tecnología BDATEK: *Depuración sin generación de lodos*. (2007) [En línea] [Fecha de consulta: 8 de Abril de 2017].
Disponible en:
<http://bdatek.com/vermifiltro-bdatek/>.
18. UNESCO: *Agua para un mundo sostenible: Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos*. (2015) [En línea] [Fecha de consulta: 21 de Abril de 2017].
Disponible en:
http://www.unesco.org/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf.
19. ZAMUDIO, V. Universidad César Vallejo. *Evaluación de la efectividad del Vermicompostaje para la reducción de metales pesados y patógenos en los lodos residuales generados en la planta de tratamiento de aguas residuales* (2015).

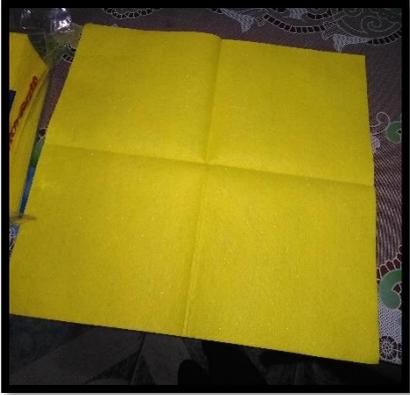
CAPÍTULO VIII. ANEXOS

Anexo 1: Coordenadas de Ubicación.

DATOS DE COORDENADAS	
	Ubicación: Establo ganadero
	18 L 0274782
	UTM 8681778
	Ubicación: Sistema de filtración
	18 L 0274799
	UTM 8680248

Anexo 2: Materiales para la construcción del Sistema de filtración

N°	MATERIAL	OBSERVACIÓN
1		<p>Malla: la malla fue cortada en forma circular para colocarlo como separación en los estratos filtrantes de los biofiltros</p>
2		<p>Aserrín: fue comprado en las madereras ubicado en pro, Los Olivos.</p>
3		<p>Piedra Bola de río: fue obtenido en las orillas del río Chillón</p>
4		<p>Piedra Grava de río: fue obtenido en las orillas del río Chillón</p>

5		<p>Piedra Pómez: fue obtenido en un vivero de Lurín proveniente del mar.</p>
6		<p>Lombriz Roja de California: fueron compradas en una chacra dedicada a la Lombricultura.</p>
7		<p>Baldes de plástico: fueron comprados en Sodimac, tienen una capacidad de 55 litros. Tiene una altura de 50 centímetros y 30 centímetros de diámetro.</p>
8		<p>Paños para limpieza: Se compraron con el fin de minimizar los olores generados durante el tratamiento de aguas</p>

9		<p>Tanque de almacenamiento: el tanque fue comprado de segunda.</p>
10		<p>Accesorios de tubería: comprados en una ferretería.</p>
11		<p>Bencina para los análisis de aceites y grasas</p>
12		<p>Reactivos para el análisis de DBO5, que serán analizados en el Laboratorio de Físico química de la UCV</p>

Anexo 3: Construcción del Sistema de filtración

N°	CONSTRUCCIÓN	OBSERVACIÓN
1		<p>El tanque de almacenamiento fue colocado en el segundo piso de la casa del tesista, con el fin de que el agua descienda hacia los filtros por gravedad. Los 3 biofiltros están colocados en la primera planta, todos conectados por tuberías.</p>
2		<p>Se instalaron las tuberías por donde escurre el agua desde el segundo piso, adicional a esto se implementaron llaves de paso para tener el control del agua que sea tratada durante el proceso.</p>
3		<p>En la fotografía se aprecia como quedó la instalación y la distribución de los tres biofiltros.</p>
4		<p>Los 3 cilindros de plástico fueron perforados en la base de ellos para obtener el agua tratada. Se perforaron los cilindros haciendo uso de un taladro.</p>

5		<p>Posterior a esto se procedió a colocar los estratos filtrantes de acuerdo con las concentraciones establecidas anteriormente. Ver Tabla 4: Distribución de la mezcla de tratamientos.</p>
6		<p>Para la separación de los estratos se colocó la malla previamente cortada en forma circular.</p>
7		<p>Al finalizar la colocación de estratos se procedió a colocar el aserrín hasta la concentración establecida.</p>
9		<p>Finalmente fueron colocadas las lombrices en la parte superior conforme a la concentración ya designada.</p>

10		<p>El mismo procedimiento fue repetido en los otros 2 biofiltros pertenecientes al sistema de filtración de aguas residuales. Así mismo, para cada repetición fueron renovados los estratos filtrantes.</p>
11		<p>Durante la ejecución del procedimiento se evidenció la emisión de olores desagradables, para ello se implementó los paños de limpieza humedecidos.</p>

Anexo 4: Procedimiento de filtración de aguas residuales

N°	PROCEDIMIENTO	OBSERVACIÓN
1		<p>El establo está conformado por 12 vacas, el agua residual es generada durante el proceso de lavado del área donde se encuentran.</p>
2		<p>El agua es dirigida hacia un canal que recorre a lo largo del establo, durante su recorrido está expuesto a excremento.</p>
3		<p>En la fotografía se puede observar el recorrido que hace el canal del agua. Al costado se encuentra el excremento de las vacas.</p>
4		<p>Vista posterior de la distribución de las vacas y el canal por donde escurre el agua.</p>

5		<p>Punto final del canal de agua, desemboca en una acequia proveniente del Río Chillón.</p>
6		<p>Posición obtenida por la lectura del GPS en el punto de recolección del agua</p>
7		<p>Fueron colectados 100 litros de agua residual para el tratamiento de filtración, los cuales fueron llevados a la planta donde se encuentran los biofiltros.</p>
8		<p>Tal como fue mencionado al principio, se realizó un filtrado primario al agua residual. El material sólido evidenciado fue: chala, piedras, restos de comida, pelos, pepas de papaya, etc.</p>

9		<p>Finalmente, el agua fue filtrada por medio de los tres biofiltros. El caudal del tratamiento fue de 20 litros de día. El volumen de agua que ingreso fue el mismo volumen de agua de salida.</p>
10		<p>Agua obtenida del tratamiento de Biofiltración.</p>

Anexo 5: Validación de instrumentos por expertos



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Benites Alfaro Elmer Gonzales
 1.2. Cargo e Institución donde labora: Docente Investigador - Metodólogo
 1.3. Nombre del instrumento motivo de Evaluación: Control de Parámetros Físico-químicos en el Tratamiento de Aguas residuales mediante un prototipo "Biofiltro".
 1.4. Autora del Instrumento: Sheyli Jazmín Vásquez Pérez

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se representa en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

95%

Lima, 06 de junio de 2017

ELMER GONZALES BENITES ALFARO
INGENIERO QUIMICO
Reg. CIP N° 71998

Ing.....



VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Cermeno Castromonte Cecilia
- 1.2. Cargo e Institución donde labora:
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de Evaluación: Control de Parámetros Físico-químicos en el Tratamiento de Aguas residuales mediante un prototipo "Biofiltro".
- 1.4. Autora del Instrumento: Sheyli Jazmín Vásquez Pérez

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.										/			
2. OJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										/			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										/			
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se representa en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.										/			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%

Lima, 19 de junio de 2017

Ing. Cecilia Cermeno
CIP 723095



VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Gamarra Isaac
 1.2. Cargo e Institución donde labora: Docente Ing. Ambiental
 1.3. Nombre del instrumento motivo de Evaluación: Control de Parámetros Físico-químicos en el Tratamiento de Aguas residuales mediante un prototipo "Biofiltro".
 1.4. Autora del Instrumento: Sheyli Jazmín Vásquez Pérez

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											/		
2. OJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											/		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											/		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											/		
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											/		
7. CONSISTENCIA	Se representa en fundamentos técnicos y/o científicos.											/		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											/		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis											/		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.											/		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Lima, de junio de 2017

Ing.....
CIP 13600

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Jiménez Calderón, César Eduardo
 1.2. Cargo e Institución donde labora: Docente - UCV. Doctor
 1.3. Nombre del instrumento motivo de Evaluación: Control de Parámetros Físico-químicos en el Tratamiento de Aguas residuales mediante un prototipo "Biofiltro".
 1.4. Autora del instrumento: Sheyli Jazmín Vásquez Pérez

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se representa en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.												✓	

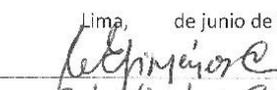
III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

Si
No

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

95%

Lima, de junio de 2017

 Ing. César Jiménez Calderón



VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Peralta Medina Juan Alberto
 1.2. Cargo e Institución donde labora:
 1.3. Nombre del instrumento motivo de Evaluación: Control de Parámetros Físico-químicos en el Tratamiento de Aguas residuales mediante un prototipo "Biofiltro".
 1.4. Autora del Instrumento: Sheyli Jazmín Vásquez Pérez

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACIUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se representa en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

95%

Lima, de junio de 2017

Juan Alberto Peralta Medina
 Ing. JUAN ALBERTO PERALTA MEDINA
 CIP 56071
 DNI 09127909
 TELF. 981521062

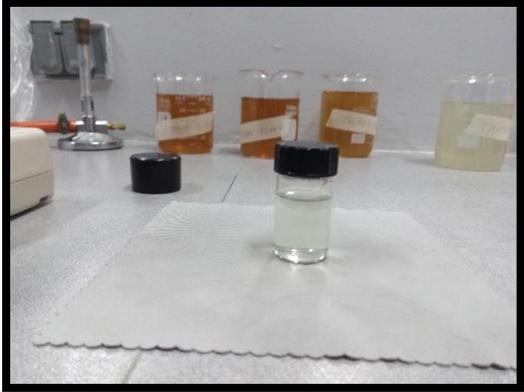
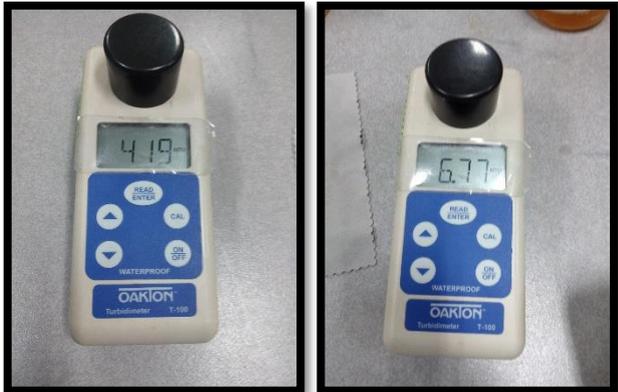
Anexo 6: Instrumentos de recolección de datos

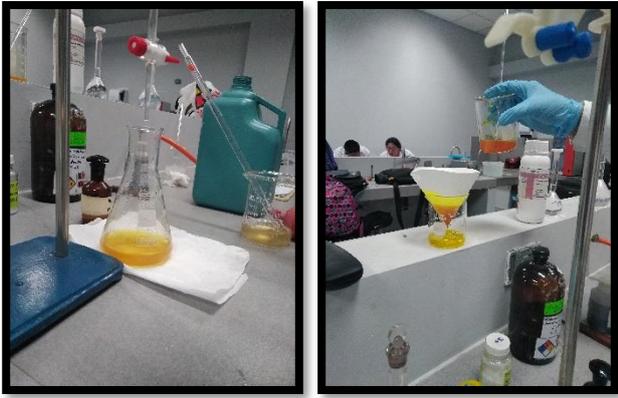
CUADRO DE CONCENTRACIÓN TESTIGO DE AGUAS RESIDUALES				
INVESTIGADOR				
LABORATORIO DE ANALISIS		DIRECCIÓN		
FECHA DE EJECUCIÓN				
MUESTRA		CANTIDAD DE MUESTRA		
N° DE TRATAMIENTO				
MEZCLA				
REFERENCIA NORMATIVA				
INDICADOR	VALORES OBTENIDOS	UNIDADES	VALOR SEGÚN NORMATIVA	OBSERVACIONES
Conductividad		(μ S/cm)	2500	
pH		Unidad de pH	6,5 – 8,5	
Temperatura		°C	Δ 3	
Turbiedad		UNT	100	
Oxígeno Disuelto		mg/L	\geq 4	
Cloruros		mg/L	500	
Coliformes Termotolerantes		NMP/100 ml	1000	
DBO5		mg/L	15	
DQO		mg/L	40	
Aceites y grasas		mg/L	5	

CUADRO DE CONCENTRACIÓN FINAL DE AGUAS RESIDUALES				
INVESTIGADOR				
LABORATORIO DE ANALISIS		DIRECCIÓN		
FECHA DE EJECUCIÓN				
MUESTRA		CANTIDAD DE MUESTRA		
N° DE TRATAMIENTO				
MEZCLA				
REFERENCIA NORMATIVA				
INDICADOR	VALORES OBTENIDOS	UNIDADES	VALOR SEGÚN NORMATIVA	OBSERVACIONES
Conductividad		(μ S/cm)	2500	
pH		Unidad de pH	6,5 – 8,5	
Temperatura		°C	Δ 3	
Turbiedad		UNT	100	
Oxígeno Disuelto		mg/L	\geq 4	
Cloruros		mg/L	500	
Coliformes Termotolerantes		NMP/100 ml	1000	
DBO5		mg/L	15	
DQO		mg/L	40	
Aceites y grasas		mg/L	5	

CUADRO DE COMPARACIÓN DE CONCENTRACIÓN TESTIGO Y FINAL DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES						
INVESTIGADOR						
LABORATORIO DE ANALISIS				DIRECCIÓN		
FECHA DE EJECUCIÓN						
MUESTRA				CANTIDAD DE MUESTRA		
N° DE TRATAMIENTO						
N° DE REPETICIÓN						
REFERENCIA NORMATIVA						
INDICADOR	REPETICIÓN	VALORES PRE	VALORES POST	UNIDADES	VALOR SEGÚN NORMATIVA	OBSERVACIONES
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

Anexo 7: Análisis físicos, químicos y microbiológicos

N°	FOTOGRAFÍA	ANÁLISIS
1		<p>Muestra llevada para análisis de Coliformes Termotolerantes</p>
2		<p>Análisis de Turbidez</p>
3		<p>Análisis de Turbidez</p>

4	 A photograph showing a laboratory bench with several beakers containing orange and yellow liquids. A pH meter and a conductivity probe are connected to the beakers. A notebook with handwritten notes is open on the bench.	Análisis de pH, Conductividad, Temperatura
5	 A photograph showing a laboratory bench with several Erlenmeyer flasks containing yellow liquids. A burette is mounted on a stand, and a pipette is visible. A blue water jug and other laboratory equipment are in the background.	
6	 Two side-by-side photographs. The left photo shows a laboratory bench with a burette and a flask containing a yellow liquid. The right photo shows a person wearing blue gloves pouring a yellow liquid from a beaker into a funnel.	Análisis de Cloruros

7		Análisis de DBO5
8		
9		Análisis de Aceites y grasas

10		Análisis de DQO
11		

Anexo 8: Resultados de Laboratorio de análisis microbiológicos



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS, AGUAS y AMBIENTE.

INFORME N° 552-2017

ESTUDIO REALIZADO : 1. Análisis Microbiológico.

MUESTRAS : 1. AGUA DE TANQUE
2. AGUA DE LOMBRIZ
3. AGUA POMEZ
4. AGUA BOLA

VOLUMEN DE LAS MUESTRAS : 500 mL de cada una

FECHA DE RECEPCIÓN : 03 de noviembre de 2017. HORA: 16:00

FECHA DE ANÁLISIS : 03 de noviembre de 2017. HORA: 17:00

SOLICITANTE : SHEYLI JAZMIN VÁSQUEZ PÉREZ.

DIRECCIÓN : Mz H Lt 19 El Álamo – COMAS.

I. RESULTADO.-

	1. Agua de tanque	2. Agua lombriz	3. Agua Pomez	4. Agua Bola	Límite Permissible*
Numeración de Coliformes Termotolerantes	45	< 1.8	< 1.8	< 1.8	1000 NMP/100mL
CALIFICACIÓN	CONFORME	CONFORME	CONFORME	CONFORME	

- Numeración de Coliformes Termotolerantes. Standard Methods AP11A-AWWA. 9221 B. 9-51. 2012

* De acuerdo a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para la Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, Subcategoría D1: Riego de vegetales según el D.S. N° 004-2017-MINAM.

Lima, 08 de noviembre de 2017.

U. N. M. S. M.
Lab. Control de Calidad Alimentos y Aguas

D^{ra} BEARMAN VERGARA OLIVERA
DIRECTORA

Anexo 9: Matriz de Consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES		ESCALA DE MEDICIÓN
GENERAL	GENERAL	GENERAL	VARIABLE 1						
¿Qué niveles de eficiencia son observados en un prototipo de "Biofiltro" en el tratamiento de aguas residuales para riego, Trapiche, Comas?	Determinar la eficiencia producida por el prototipo de "Biofiltro" en el tratamiento de aguas residuales para riego, Trapiche, Comas, basada en la teoría de los filtros biológicos de RAMOS (2010).	Hi: El uso del prototipo de "Biofiltro" es eficiente en el tratamiento de aguas residuales. Ho: El uso del prototipo de "Biofiltro" no es eficiente en el tratamiento de aguas residuales.	Eficiencia del prototipo "Biofiltro"	El tratamiento de aguas son un conjunto de sistemas y operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico cuya finalidad es que a través de los equipamientos elimina o reduce la contaminación o las características no deseables de las aguas, bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales. La finalidad de estas operaciones es obtener unas aguas con las características adecuadas al uso que se les vaya a dar, por lo que la combinación y naturaleza exacta de los procesos varía en función tanto de las propiedades de las aguas de partida como de su destino final. (Aguasistec, 2017)	Procedimiento de análisis físico, químico y biológico mediante pruebas en laboratorio	Concentración de biomasa y estratos filtrantes - tratamiento 1	Tratamiento 1	5% - aserrín y lombrices	$\%E = \frac{Ci - Cf}{Ci} \times 100$
								65% - aserrín	
								10% - piedra grava	
						Concentración de biomasa y estratos filtrantes - tratamiento 2	Tratamiento 2	5% - aserrín y lombrices	
								65% - aserrín	
								10% - piedra grava	
						Concentración de biomasa y estratos filtrantes - tratamiento 3	Tratamiento 3	5% - aserrín y lombrices	
								95% - aserrín	
								ESPECÍFICOS	
¿Cuál es la composición física, química y biológica del agua residual, antes y después del tratamiento en un prototipo de "Biofiltro" en Trapiche, Comas?	Determinar la composición física, química y biológica del agua contaminada tratada mediante el uso de un prototipo "Biofiltro" en Trapiche, Comas, 2017.	Hi: El uso del prototipo de "Biofiltro" mejora la composición física, química y biológica en el tratamiento de aguas residuales. Ho: El uso del prototipo de "Biofiltro" no mejora la composición física, química y biológica en el tratamiento de aguas residuales.	Tratamiento de aguas residuales	El tratamiento de aguas son un conjunto de sistemas y operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico cuya finalidad es que a través de los equipamientos elimina o reduce la contaminación o las características no deseables de las aguas, bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales. La finalidad de estas operaciones es obtener unas aguas con las características adecuadas al uso que se les vaya a dar, por lo que la combinación y naturaleza exacta de los procesos varía en función tanto de las propiedades de las aguas de partida como de su destino final. (Aguasistec, 2017)	Procedimiento de análisis físico, químico y biológico mediante pruebas en laboratorio	Parámetro físico - químico	Conductividad	(uS/cm)	
						Parámetro físico - químico	pH	Unidad de pH	
						Parámetro físico - químico	Temperatura	°C	
						Parámetro físico - químico	Turbidez	UNT	
						Parámetro físico - químico	Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	
						Parámetro físico - químico	Cantidad de Cloruros	mg/L	
						Parámetro físico - químico	Cantidad de Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	
						Parámetro físico - químico	Cantidad de DBO5	mg/L	
						Parámetro físico - químico	Cantidad de DQO	mg/L	
Parámetro físico - químico	Cantidad de Aceites y Grasas	mg/L							
¿Qué mezcla de estratos filtrantes en el prototipo "Biofiltro" para el tratamiento de aguas residuales en Trapiche, Comas es más eficiente?	Determinar la mezcla óptima de estratos filtrantes de estratos filtrantes, lombrices en el prototipo "Biofiltro" para el tratamiento de aguas residuales en Trapiche, Comas, 2017.	Hi: El prototipo "Biofiltro" posee una mezcla óptima de estratos filtrantes para el tratamiento de aguas residuales. Ho: El prototipo "Biofiltro" no posee una mezcla óptima de estratos filtrantes y lombrices para el tratamiento de aguas residuales.							

Fuente: Elaboración propia

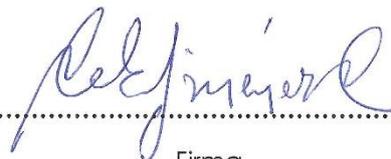
Yo, **Dr. César Eduardo Jiménez Calderón**, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo sede Lima Norte, revisor de la tesis titulada

"Análisis de la eficiencia de un prototipo de 'biofiltro' en el tratamiento de aguas residuales para riego en Trapiche, Comas, 2017"

de la estudiante **Vasquez Perez, Sheyli Jazmin**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lima, 25 de septiembre de 2018.



Firma

Dr. César Eduardo Jiménez Calderón

DNI: 16436847

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

19 %

	Coincidencia	1 de 2
17	Entregado a Universidad...	<1 %
18	www.conam.gob.pe	<1 %
19	repository.lasalle.edu.co	<1 %
20	es.slideshare.net	<1 %
21	repositorio.unapliquitos...	<1 %
22	dppace.untriu.edu.pe	<1 %
23	servindi.org	<1 %
24	www.vivienda.gob.pe	<1 %
25	Entregado a Universidad...	<1 %

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE UN PROTOTIPO DE "BIOFILTRO"
EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA RIESGO EN
TRAPICHE, COMAS, 2017
TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA AMBIENTAL.

ACTORA
VASQUEZ PEREZ SHEYLLAZMÉN
ASESOR:
DR. JIMÉNEZ CALDERÓN CÉSAR EDUARDO
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
Ciudad y Gestión de Recursos Naturales

LIMA - PERÚ

30/7-11



UCV
UNIVERSIDAD
CÉSAR VALLEJO

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL
UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 1

Yo Vasquez Perez, Sheyli Jazmin identificado con DNI N° 48223594,
Egresado(a) de la Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la
Universidad César Vallejo, autorizo (X), No autorizo () la divulgación y
comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado
" Análisis de la eficiencia de un prototipo de "bio-filtro" en el
tratamiento de aguas residuales para riego en Trapiche,
Comas, 2017
";
en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>),
según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de
Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....
.....
.....
.....
.....

FIRMA

DNI: 48223594

FECHA: Los Olivos 02 de octubre del 2018.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Vasquez Perez, Sheyli Jazmin

INFORME TÍTULADO:

Análisis de la eficiencia de un prototipo de "Biofiltro"

en el tratamiento de aguas residuales para riego en Trapiche,

Comas, 2017

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO (A) AMBIENTAL

SUSTENTADO EN FECHA: 13/12/2017

NOTA O MENCIÓN: 15


FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN

Dr. Elmer Benites Alfaro