

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



*Una Institución Adventista*

**Evaluación del proceso de vermifiltración de las aguas residuales  
domésticas que ingresan a la universidad peruana unión para el  
riego de sus áreas verdes**

Por:

Luz Ángeles Roxana Chagua Reyes

Oscar Quispe Apaza

Asesor:

Ing. Nancy Curasi Rafael

**Lima, Julio del 2020**

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

Ing. Nancy Curasi Rafael, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

### DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: **“Evaluación Del Proceso De Vermifiltración De Las Aguas Residuales Domésticas Que Ingresan A La Universidad Peruana Unión Para El Riego De Sus Áreas Verdes”** constituye la memoria que presenta el(la) **Luz Ángeles Roxana Chagua Reyes y Oscar Quispe Apaza** para aspirar el Grado Académico de Bachiller en Ingeniería Ambiental, cuyo trabajo de investigación ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

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

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Lima, a los *19 días de agosto del 2020*



---

Asesor(a)  
Ing. Nancy Curasi Rafael

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a 30 día(s) del mes de julio del año 2020 siendo las 14:30 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a): PhD. Leonor Segunda Bustinza Cabala, el(la) secretario(a): Mg. Joel Hugo Fernandez Rojas y los demás miembros: Mg. Jackson Edgardo Perez Carpio, Mg. Ronald Hugo Rosales Meza y el(la) asesor(a) Ing. Nancy Curasi Rafael con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de investigación titulado: Evaluación del proceso de vermifiltración de las aguas residuales domésticas que ingresan a la Universidad Peruana Unión para el riego de sus áreas verdes de los (las) egresados (as): a) Oscar Quispe Apaza b) Luz Ángeles Roxana Chagua Reyes conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en Ingeniería Ambiental.

### *(Denominación del Grado Académico de Bachiller)*

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando a los candidatos hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por los candidatos. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado. Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): Oscar Quispe Apaza.

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	16	B	Bueno	Muy Bueno

Candidato/a (b): Luz Ángeles Roxana Chagua Reyes.

CALIFICACIÓN	ESC ALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	17	B+	Muy Bueno	Sobresaliente

(\*) Ver parte *posterior*

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



\_\_\_\_\_  
Presidente/a

\_\_\_\_\_  
Secretario/a

\_\_\_\_\_  
Asesor/a

\_\_\_\_\_  
Miembro

\_\_\_\_\_  
Miembro



\_\_\_\_\_  
Candidato/a (a)



\_\_\_\_\_  
Candidato/a (b)

# **Evaluación Del Proceso De Vermifiltración De Las Aguas Residuales Domésticas Que Ingresan A La Universidad Peruana Unión Para El Riego De Sus Áreas Verdes**

## **EVALUATION OF THE VERMIFILTRATION PROCESS OF DOMESTIC WASTEWATER ENTERING THE UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FOR THE IRRIGATION OF ITS GREEN AREAS**

CHAGUA REYES LUZ ÁNGELES ROXANA<sup>1</sup>; QUISPE APAZA OSCAR<sup>2</sup>

Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, EP. Ingeniería Ambiental, Lima – Perú.

### **Resumen**

Con la explosión demográfica, los recursos hídricos disponibles son contaminados por la excesiva interferencia humana. Para enfrentar este problema, es necesario tecnologías sostenibles que cumplan con la legislación ambiental. Es así que se identifica a la Vermifiltración, como una tecnología económicamente asequible y ambientalmente sostenible para tratar aguas contaminadas con residuos domésticos. El objetivo de esta investigación es realizar un análisis bibliográfico para demostrar y analizar la eficiencia de dicha tecnología, logrando la reducción de DBO, DQO, NTK, SST, SDT y el aumento de pH de las aguas residuales que ingresan a la UPEU, para su posterior uso en el riego de sus áreas verdes; utilizando a la especie *Eissenia Foetida* para este tratamiento; además se obtiene el vermicompost, un biofertilizante rico en NPK. Finalmente se concluye que la tecnología de vermifiltración logra una eficiencia de remoción alrededor del 90%, pudiéndose utilizar para el fin agrícola.

**Palabras clave:** Agua residual doméstica, *Eissenia Foetida*, Vermicompost, Vermifiltración.

### **Abstract**

With the demographic explosion, the available water resources are contaminated by excessive human interference. To face this problem, sustainable technologies that comply with environmental legislation are necessary. Thus, Vermifiltration is identified as an economically affordable and environmentally sustainable technology to treat water contaminated with household waste. The objective of this research is to carry out a bibliographic analysis to demonstrate and analyze the efficiency of said technology, achieving the reduction of BOD, COD, NTK, SST, SDT and the increase in pH of the wastewater entering the UPEU, for its later use in the irrigation of its green areas; using the species *Eissenia Foetida* for this treatment; In addition, vermicompost, a biofertilizer rich in NPK, is obtained. Finally, it is concluded that the vermifiltration technology achieves a removal efficiency of around 90%, and can be used for agricultural purposes.

**Key word:** Wastewater, *Eissenia Foetida*, Vermifiltration, Vermicompost.

\*Correspondencia de autor: km. 19 Carretera Central, Ñaña, Lima. E-mail: [angeleschagua@upeu.edu.pe](mailto:angeleschagua@upeu.edu.pe), [oscarquispe@upeu.edu.pe](mailto:oscarquispe@upeu.edu.pe).

## I. INTRODUCCIÓN

Con el incremento de la población, urbanización y la industrialización a nivel mundial, la escasez de agua dulce se está volviendo un problema incontrolable. Para contrarrestar esta problemática, las autoridades de todo el mundo se ven obligadas a considerar el tratamiento y la reutilización de las aguas residuales producidas por industrias o unidades domésticas Singh et al., (2019).

Según OPS, (2001) el 90% de los desagües de América Latina son vertidos o utilizados sin tratamiento previo, el uso más común que se le da a estas aguas es para el riego de diversos cultivos y áreas verdes.

López et al., (1985), menciona que en el Perú, las aguas grises que generamos a diario, son un problema primordial, ya que no son recogidas ni tratadas adecuadamente, siendo estas usualmente desechadas en carreteras y espacios abiertos cerca de las viviendas, o vertidas en cuerpos hídricos (ríos, lagos y mares) causando un desequilibrio al ambiente y a la vida humana, esto debido a la gran concentración de contaminantes orgánicos e inorgánicos, nutrientes y patógenos Adugna et al., (2019).

Según el análisis realizado por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento SUNASS, (2008) se llegó a la conclusión de que del total de aguas residuales que se generan en nuestro país, el 70% de estas no cuentan con tratamiento alguno, sumado a ello la Autoridad Nacional del Agua ANA, (2013) en su estudio sobre la situación actual en el sector agua y saneamiento en el Perú, precisa que de 786 millones de m<sup>3</sup> de aguas residuales domésticas, 511 m<sup>3</sup> no son tratadas, de las cuales 325m<sup>3</sup> corresponden a Lima y Callao, asimismo de 143 PTARs, solo el 4.9% (7 PTARs) operan en condiciones adecuadas.

Dentro del distrito de Ñaña, la situación en el incremento de la población también es notable, específicamente en el Centro Poblado Virgen del Carmen La-Era la población según el INEI, (2017) creció en un 10% con respecto al año anterior, por lo que podemos deducir que el incremento de las aguas residuales también se ha incrementado en gran manera. Si bien en el año 1988 se construyó la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en el distrito de Carapongo, el cual trata los desagües provenientes de Chosica, Chacabuco y poblaciones ribereñas como lo es el distrito de Ñaña SEDAPAL, (2020), muchos de los pobladores de Ñaña y Carapongo utilizan estas aguas residuales para el fin agrícola.

Este es el caso de la Universidad Peruana Unión, el cual capta las aguas residuales del Vecindario Virgen del Carmen La-Era y los utiliza para el riego de sus áreas verdes, por lo que se ve necesario desarrollar tecnologías viables que puedan tratar estas aguas a pequeña escala y poder ser reutilizadas en el riego de las áreas verdes, sin causar daños a la salud y al ambiente.

Samal et al., (2017) nos menciona que a comparación de otras tecnologías de tratamiento biológico, el proceso de vermifiltración es una tecnología económicamente asequible y ambientalmente sostenible, ya que estimula y mejora la flora bacteriana para reducir los parámetros y patógenos presentes en las aguas grises. Además de que está comprobado que presentan resultados eficientes en tratamientos a pequeña escala Adugna et al., (2019).

Durante el proceso de vermifiltración, las lombrices de tierra se usan como medios de filtración biológica que estimula y acelera la degradación microbiana Singh et al., (2017), con el fin de reducir de las aguas residuales los niveles altos de nitrógeno Kjeldahl (NTK), demanda biológica de oxígeno (DBO), sólidos disueltos totales (SDT), sólidos suspendidos totales (SST), la demanda química de oxígeno (DQO) y aumentar en nivel de pH Manyuchi et al., (2018).

Las lombrices de tierra más populares que se han aplicado en la tecnología de vermifiltración son de la especie *Eisenia Fetida* conocida comúnmente como las lombrices californianas rojas Manyuchi et al., (2018), ya que son altamente eficientes en la remoción de materia orgánica y organismos patógenos, debido a sus características físicas o estructurales Vizcaíno & Fuentes, (2016).

Singh et al., (2017), en su artículo: Una revisión mecanicista sobre la vermifiltración de aguas residuales: diseño, operación y rendimiento, mencionan que el efluente que se obtiene de este proceso es altamente nutritivo en la naturaleza y puede ser aplicado en cultivos agrícolas, de jardinería y otros, además de que a comparación con otros tratamientos no genera lodos, ni olores fétidos.

Es por ello que en este artículo tiene como objetivo realizar un análisis de la bibliografía y demostrar la eficiencia de la tecnología de Vermifiltración, logrando la reducción de DBO, DQO, NTK, SST, SDT y el aumento del nivel de pH, para ser utilizado en el tratamiento de las aguas residuales domésticas que ingresan a la UPEU para su reúso en el riego de sus áreas verdes, asegurando de que no va a causar daños a la salud, ni al ambiente.

## **II. DESARROLLO**

### **2.1. Niveles de tratamiento de aguas residuales**

MINAGRI, (2018) Menciona que existen cuatro niveles de tratamiento para las aguas residuales: el pretratamiento, el tratamiento primario, el secundario y el terciario.

El nivel se determina por el grado de depuración necesario para el uso que se dará posteriormente al agua.



Figura 1 *Uso de aguas tratadas.*

Fuente: MINAGRI.

### 2.1.1. Pretratamiento

El pretratamiento está destinado al acondicionamiento que debe darse a las aguas residuales con la finalidad de eliminar de estas los sólidos gruesos, arenas y gravillas Rojas, (2002).

Los sistemas que se utilizan en el pretratamiento de las aguas residuales son:

- Cribas
- Desarenador

### 2.1.2. Tratamiento Primario

En esta etapa el objetivo es remover a través de la utilización de medios físicos o mecánicos, una parte sustancial del material sedimentable o flotante, además de la carga orgánica que alcanza niveles del 25% al 40% de la DBO y el 50% al 65% de SST Rojas, (2002).

En esta fase se tiene los siguientes tipos de tratamiento:

- Sedimentación primaria.
- Flotación.
- Precipitación química.
- Oxidación química.
- Coagulación y floculación.

### 2.1.3. Tratamiento Secundario

En el tratamiento secundario se busca la disminución de los compuestos orgánicos que se encuentran presentes en el agua residual, mediante procesos biológicos Rojas, (2002).

En esta etapa, la materia orgánica es reducida o convertida en sólidos sedimentables floculantes que logren separarse en tanques de decantación. Romero & Vargas, (2017) mencionan que la utilización de tratamientos biológicos en este proceso, son muy eficientes en cuanto a la remoción de la DBO, al mismo tiempo de que no generan subproductos contaminantes.

En esta fase se descompone la materia orgánica restante. El efluente sale del tratamiento primario y pasa por unas balsas pobladas por bacterias que se alimentan de los restos orgánicos que se encuentran en el agua residual.

Los tratamientos utilizados en el tratamiento secundario son:

- Lodos activados
- Sistema biológico rotativo de contacto
- Tratamiento anaerobio de flujo ascendente
- Filtro percolador
- Filtros intermitentes de arena
- Filtros biológicos

#### **2.1.4. Tratamiento Terciario**

Es un nivel más avanzado y se aplica cuando se requiere obtener un agua de mayor calidad, ya que en esta fase se eliminan sustancias tóxicas y contaminantes específicos Rojas, (2002).

- Desinfección
- Ósmosis inversa

#### **2.2. Tecnología De Vermifiltración**

También conocido como biofiltros, es una tecnología de tratamiento aeróbico, está constituido por un reactor biológico, mediante el cual se remueve la carga orgánica Arango, (2004) y los patógenos Singh et al., (2019) presentes en las aguas residuales.

Este biofiltro se sustenta en la acción depuradora que realizan los microorganismos sobre las aguas residuales, mediante el cual adquieren orgánica y nutrientes como alimento y así utilizarlos sus procesos metabólicos Salazar, (2005).

El afluente que ingresa al filtro biológico lo hace por medio del “sistema de goteo”, permitiendo de esta manera disolver el oxígeno que hay en las aguas residuales y facilitando a las bacterias su proceso de descomposición rápida de sustancias orgánicas que necesitan oxígeno para sobrevivir Singh et al., (2019).

Los medios filtrantes o material de empaque proporcionan un hábitat adecuado para las bacterias aeróbicas y lombrices Singh et al., (2019). Asimismo, como parte de este proceso se obtiene el vermicompost, el cual es un abono producido por el excremento de las lombrices y el cual es rico en NTK Lourenco & Nunes, (2016).



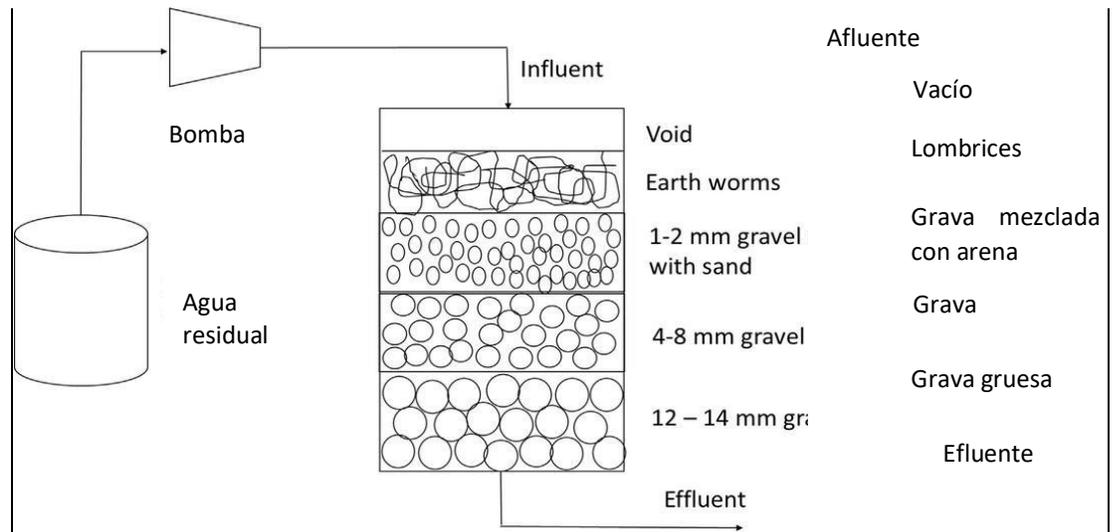


Figura 2 Sistema de Vermifiltración.

## 2.3. Componentes del Sistema de Vermifiltración

### a) *Eisenia Foetida*

Conocida con el nombre común de lombriz roja, es una lombriz de tierra que se caracteriza por ser hermafrodita y es capaz de procrear grandes cantidades de lombrices por año, la eficiencia del proceso de Vermifiltración está influenciada por la salud, la madurez y la abundancia poblacional de esta especie Lourenco & Nunes, (2016).

Características:

- Se desarrolla bien en temperaturas cálidas entre los 25° a los 30° C, el abono que produce de sus deyecciones contiene una gran riqueza bacteriana ( $2 \times 10^{12}$  bacterias/g), asimismo puede desarrollarse espacios pequeños ( $50 \times 10^3 \text{ cm}^3$  de sustrato) y es adaptable a diversas condiciones edafoclimáticas Paco et al., (2011).
- Es una especie muy fértil, su tasa de reproducción anual es de 1:16, lo cual hace referencia a que su población se duplica trimestralmente Pastorelly, (2010).
- Es una especie con gran tolerancia a la aglomeración, puede convivir con gran cantidad de individuos entre los 4.000 a 50.000 por cada metro cuadrado.
- Se adapta mejor al cautiverio Durán & Henriquez, (2009).
- Tiene mayor eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos a comparación de otras especies de lombrices, tal como lo confirma Saboya, (2018) quien en su trabajo obtuvo como resultado una eficiencia del 93% de remoción, es por ello que se recomienda utilizar esta especie en esta tecnología de Vermifiltración.
- Las condiciones de humedad más favorables para que esta especie se reproduzca, es de entre el 70% - 80% Salazar, (2005).

### b) Medio Filtrante

También conocidos como lechos filtrantes, son utilizados como filtro del agua residual con el que se está trabajando, y de esa manera reducir la carga que esta tiene como producto de la actividad en la que fue utilizada.

En la actualidad se utilizan diversos medios filtrantes tales como: arena fina o gruesa, aserrín, restos de café, mesocarpio de coco, etc., realmente esto va a depender del lugar de estudio y de los medios disponibles Fernandez & Sánchez, (2016).

Hoy en día se continúa investigando sobre diversos tipos de medios que sean eficientes en este tratamiento.

### c) Agua Residual Doméstica

También conocidas como aguas grises, son aguas producidas por los usos que se le da en los hogares (desechos humanos, baños, cocina) y otros usos similares, estos son recolectados a través del alcantarillado. Estas aguas presentan niveles bajos de sólidos con un valor menor al 1% y aunque su caudal y composición es variable, pueden estandarizar ciertos rangos para los parámetros más característicos en estas aguas.

#### Características fisicoquímicas:

- **Materia Orgánica:** es un porcentaje significativo de los elementos contaminantes, es a través de este parámetro que se puede identificar el agotamiento del oxígeno en los cuerpos.

La materia orgánica está compuesta en un 90% por carbohidratos, proteínas, grasas y aceites que son derivados de excrementos y orina de seres humanos, restos de detergentes y alimentos. Estos contaminantes son biodegradables, ya que pueden transformarse en compuestos más simples, gracias a la acción de los microorganismos naturales que están presentes en el agua, asimismo el desarrollo de estos microorganismos se ve favorecido por las condiciones de temperatura y nutrientes propias de las residuales domésticas. ○ **Oxígeno disuelto:** Es un parámetro esencial para el ecosistema acuático, es un indicador de contaminación para los cuerpos hídricos. Para el correcto funcionamiento de los tratamientos aerobios de las aguas residuales, es necesario asegurar una concentración mínima de 1 mg/L. ○ **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):** Es un parámetro que se utiliza para medir indirectamente la cantidad de materia orgánica que hay en una muestra de agua residual, mediante la DBO podemos determinar la cantidad de O<sub>2</sub> que necesitan los microorganismos para degradar los compuestos biodegradables. La DBO<sub>5</sub> es una evidencia de que a los 5 días se ha degradado un aproximado del 70% de la materia orgánica, ya después del día 10 este porcentaje aumenta.

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** También es un parámetro que mide indirectamente la cantidad de materia orgánica que hay en una muestra de agua residual. Diferente a la DBO, para este análisis se requiere un oxidante fuerte (dicromato de potasio – K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) en un medio ácido (ácido sulfúrico – H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) en lugar de microorganismos. ○ Por lo anterior se obtiene la siguiente relación:
- $DQO/DBO \geq 5$  (No biodegradable) ○  $DQO/DBO \leq 1,7$  (Muy biodegradable)

- **Sólidos:** La materia orgánica se exhibe en forma de sólidos. Estos sólidos pueden ser sólidos suspendidos o sólidos disueltos, además pueden ser sólidos volátiles, los cuales se presumen orgánicos, o sólidos fijos que suelen ser inorgánicos. También una parte de los sólidos suspendidos pueden ser sedimentables. Lo anterior se determina gravimétricamente (por peso).
- **Potencial de hidrógeno (pH):** Es vital para los procesos biológicos, ya que a través de ello se controla el tratamiento de las aguas residuales (TAR). En gran cantidad de los microorganismos responsables de la depuración de las aguas residuales se desarrollan en un rango de pH óptimo entre 6,5 y 8,5.
- **Nitrógeno Total Kjeldahl:** Este parámetro contiene proteínas, además es un nutriente esencial para las algas y bacterias que participan en la depuración del agua residual. Se presenta en forma de nitrógeno orgánico, amoniacal y formas oxidadas como nitritos y nitratos. Los valores más altos de nitrógeno amoniacal (>1500 mg/L) se consideran inhibitorios para los microorganismos responsables del tratamiento de las aguas residuales.

### Características microbiológicas y parasitológicas

- **Coliformes termotolerantes:** es un indicador de contaminación fecal, se denominan termotolerantes por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas Narvaez et al., (2008).
- **E. Coli:** es un indicador de una reciente contaminación de aguas residuales.
- **Huevos de Helminto:** Los huevos de helminto son indicadores de contaminación de las aguas residuales, usualmente los huevos son consumidos por los humanos, se desarrollan en el intestino y son expulsados en las heces, propagando la enfermedad.

#### 2.4. Parámetros De Diseño

El diseño del vermifiltro se basa en la realización de un balance de masas donde se considera: La población de lombrices que puede cohabitar por unidad de área, cantidad de materia orgánica que pueden ser digeridos y la tasa máxima de riego que puede soportar el lecho filtrante para evitar la muerte de lombrices por falta de oxígeno, que corresponde a  $1 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{día}$ .

De esta manera se considera para el diseño:

$$T_{\text{Riego}} = \frac{Q}{A} \leq 1 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{día}$$

Figura 3 *Fórmula de tiempo de riego.*

Conocido el caudal de diseño, y asumiendo una tasa de riego se puede determinar el área requerida para el tratamiento.

## a) Tiempo de Retención Hidráulica

El tiempo de retención hidráulica (TRH) y la tasa de carga hidráulica (HLR) afectan el tratamiento y la calidad del efluente. La TRH determina el tiempo real en que las aguas residuales están en contacto con el filtro (Ghasemi et al., (2020).

- El tiempo de retención hidráulica (TRH). El TRH depende del caudal de aguas residuales, el volumen del filtro y el tipo de material usado. En principio, dentro de ciertos rangos, cuanto más tiempo permanezca el agua residual dentro del filtro, mayor será la DBO5 y Eficacia de eliminación de DQO. Se requieren un cierto tiempo de contacto con la biopelícula para permitir la adsorción, transformación y reducción de contaminantes Lourenco & Nunes, (2016).
- La tasa de carga hidráulica (HLR). es un parámetro esencial en la etapa de diseño de todos los filtros y determina el volumen y la cantidad de aguas residuales que un vermifiltro puede tratar razonablemente en un momento dado. Los valores más altos de HLR harán que la TRH disminuya y, por lo tanto, reduzca la eficacia del tratamiento Lourenco & Nunes, (2016). El HLR puede depender de parámetros como la estructura, la calidad del efluente y la densidad aparente del empaque del filtro, y el método de aplicación del efluente Siegrist, (1987).

Valores comunes de TRH en sistemas de vermifiltración tienen rango de 1 a 3 h. En cuanto a HLR, los valores comúnmente utilizados han estado entre 0.2 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> x día y 3.0 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> x día Lourenco & Nunes, (2016).

### 2.5. ECA-Agua

El efluente resultante del Sistema de Vermifiltración debe cumplir con los parámetros del ECAAgua de Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, para poder ser reutilizadas en el riego de las áreas verdes, asegurando que no cause daños al ambiente.

### III. DISCUSIÓN

Muchos autores han utilizado esta tecnología para el tratamiento de aguas residuales, mostrando resultados óptimos y satisfactorios, tal y como se evidencia en la siguiente tabla:

Tabla 1.  
Revisión bibliográfica.

Nº	Autores	Título de la investigación	Descripción de la investigación	Análisis estadístico	Resultados	Conclusión
----	---------	----------------------------	---------------------------------	----------------------	------------	------------

1	Manyuchi et al., (2018)	"Tratamiento biológico de aguas residuales de destilería mediante la aplicación de la tecnología de vermifiltración"	Se tuvo como objetivo tratar las aguas residuales de destilería, mediante la metodología de vermifiltración. Se utilizó 10 kg de lombrices ( <i>Eisenia fétida</i> ) en un lecho de vermifiltración de 0,5 mx 0,5 mx 0,3 m durante un ciclo de 40 h. Se analizaron los siguientes parámetros (pH, TKN, DBO, TDS, TSS y DQO), cada 5 días. Además se analizó el vermicompost que se produjo en el proceso de vermifiltración.	Metodología de correlación de Pearson.	El pH cambió de ácido a neutro, disminución del 94.9% para el TKN, 91.1% para el BOD, 91.9% para el TDS, 92.4% para el TSS y 89.4% para el COD. El vermicompost, tenía una composición de 1.87% de nitrógeno, 0.87% de fósforo y 0.66% de potasio.	Se concluyó que en la mayoría de parámetros hubo una remoción de más del 90 %, excepto DQO que se removió en un 89.4%. Además, el vermicompost obtenido, es rico en NPK.
2	Lourenço & Nunes, (2017)	"Optimización de un proceso de vermifiltración para tratar aguas residuales urbanas"	Se tuvo el objetivo de optimizar el proceso de vermifiltración para tratar aguas residuales urbanas. La metodología del proceso de vermifiltración a gran escala que comprende sistemas de vermifiltro de una etapa y de cuatro etapas, se utilizó como material: vermicompost, arena y grava de cuarzo como filtro inerte. Los parámetros evaluados fueron BOD5, DCOt, DQOs, DQOp, SST y NH4+.	Metodología de análisis de varianza (ANOVA).	Los resultados de una sola etapa mostraron eficiencias del 97.5% para el DBO5, 74.3% para el DQOt, 91.1% para el DQOp, 98.2% para el SST y 88.1% para el NH4+, para una relación DQOp / DQOt de 0.20. Para la secuencia de cuatro etapas mostraron eficiencias del 98.5% en DBO5, 74.3% en DQOt,	Se concluyó que las mejores eficiencias de eliminación se obtuvieron con un tiempo de retención hidráulica 6 h, además que se logra alcanzar los estándares de la UE para la descarga de las aguas residuales urbanas.

					86.7% en DQOp, 96.6% en SST y 99.6% en NH4+.	
3	Herrera et al., (2016)	"Efectos de Eisenia foetida y Eichhornia crassipes en la remoción de materia orgánica, nutrientes y coliformes en efluentes domésticos"	<p>Se tuvo el objetivo de conocer la capacidad depuradora del sistema biológico para reducir la carga de materia orgánica en los efluentes residuales domésticos del municipio de San Juan del Cesar.</p> <p>Por un periodo de un mes, fueron aplicados tres tratamientos: T1: E. foetida (biofiltro dinámico aeróbico de flujo vertical); T2: E. crassipes (sistema de flujo horizontal con plantas flotantes) y T3: E. foetida + E. crassipes (sistema en serie), designando 24 h en el tiempo de retención hidráulica y caudales de 0,125L/min (E. foetida) y 0,020L/min (E. crassipes). Se realizó el análisis: DBO5, DQO, SST, NTK, turbidez, coliformes totales y E. Coli, en 30 muestras analizadas (10 para cada sistema)..</p>	El análisis estadístico se realizó mediante la matriz de correlación de Pearson y la prueba de HDS Tukey.	<p>Como resultado en el T1 demostró una eficiencia en la remoción de DQO del 69,2%, T2 eliminó el 100% de SST en el T3 se obtuvo los mejores niveles de remoción, para las demás variables analizadas. En la remoción de materia orgánica, coliformes y nutrientes hay diferencias significativas con un <math>p &lt; 0,05</math>. La matriz de correlación de Pearson indica que existe relación directa <math>p \leq 0,01</math> entre la remoción de DQO, SST, coliformes totales y E. coli. Al final la prueba de HDS Tukey confirmó que el</p>	Finalmente concluyeron en que la especie E. foetida y la especie E. crassipes tienen gran capacidad en cuanto a la reducción de la carga orgánica de efluentes residuales domésticos, obteniéndose un efluente de mejor calidad.

					T3, es más eficiente en la remoción de todos los parámetros analizados,	
					excepto para DBO.	

4	Kumar et al., (2015)	Evaluación del proceso de vermifiltración utilizando ingredientes naturales para el tratamiento efectivo de aguas residuales.	El objetivo fue evaluar el proceso de vermifiltración utilizando diferentes ingredientes naturales como medio: lecho del río, carbón de madera, bolas de vidrio y bolas de lodo. El estudio se realizó durante 90 días. es decir, material del lecho del río, carbón de madera, bolas de vidrio y bolas de lodo se encontró en 72.3, 64.6, 61.5 y 59.8%	Metodología estadística fue ANOVA y el SPSS1. Asimismo se utilizó la prueba HSD de Tukey.	La eliminación promedio de DBO fue de 81.2, 74.5, 72.7 y 70.9%. De manera similar, la eliminación total de SS se observó como 75, 64, 59 y 55%, respectivamente. Al final el vermicompost obtenido era rico en nitrato (31.2 ± 5.9 mg/L), fosfato (18.1 ± 4.6 mg/L).	Se concluyó que el material del lecho del río era adecuado durante el proceso de filtración, la reducción del recuento fecal, indica un propósito más seguro como bien higiénico para la agricultura.
5	Meiyan et al., (2010)	"Rendimiento del tratamiento de vermifiltro a pequeña escala para aguas residuales domésticas y su relación con la lombriz de tierra crecimiento, reproducción y actividad enzimática"	El objetivo fue estudiar un sistema vermifiltro lleno de arenas de cuarzo y ceramsita para aguas residuales domésticas.	Metodología estadística fue SPSS 13.0 y Origin 7.5. Además del análisis de correlación de Pearson.	Las tasas de eliminación fueron DQO (47.3 - 64.7%), DBO5 (54.78 - 66.36%), SS (57.18 - 77.90%), TN (7.63 - 14.90%) y NH4-N (21.01 - 62,31%), respectivamente.	Se concluyó que existe una relación importante de la población de lombrices de tierra y las tasas de eliminación de DQO y DBO5 de aguas residuales domésticas por vermifiltro.

Esta investigación tuvo como propósito identificar y describir aquellas experiencias que tuvieron los diferentes autores en los resultados de la eficiencia de tratamiento de aguas residuales implementando la tecnología de vermifiltración, se optó por esta tecnología de tratamiento porque es una tecnología económicamente asequible y ambientalmente sostenible Samal et al., (2017). A continuación, se estarán discutiendo los principales hallazgos de este estudio,

De los resultados obtenidos en esta investigación, se puede decir que el mejor resultado obtenido fue por los autores Lourenço & Nunes,(2017) llevando como título "Optimización de un proceso de vermifiltración para tratar aguas residuales urbanas", es esa investigación la tecnología tuvo una eficiencia de remoción alrededor de un 90 % con un TRH de 6 horas, este

resultado obtenido con mayor eficiencia es debido a que los autores en la investigación implementaron un sistema de secuencia de vermifiltración contando con 4 filtros, el autor menciona que los resultados indican que en los sistemas de filtros secuenciales pueden mejorar significativamente la eficacia del tratamiento en comparación con filtro de etapa única.

Para la eficiencia de remoción es importante considerar distintos criterios, Herrera et al., (2016) nos menciona que la mejor especie para este tratamiento es la *Eisenia Foetida*, lo cual es respaldado por Meiyan et al., (2010), quien a su vez resalta la relación que hay entre la población de lombrices y las tasas de eliminación de DQO y DBO5 de aguas residuales.

El material del medio filtrante también es un criterio fundamental en esta tecnología, siendo el lecho del río el medio que presenta mejores resultados durante el proceso de filtración, tal como lo menciona Kumar et al., (2015) quien después de analizar diversos materiales como: lecho del río, carbón de madera, bolas de vidrio y bolas de lodo, señala que este material presenta una reducción considerable del índice de contenido fecal, proporcionando un efluente más seguro e higiénico para la agricultura.

#### **IV. CONCLUSIONES**

Finalmente se concluye que el proceso de eliminación de contaminantes es principalmente biológico, mediante el proceso de degradación o transformación y se ha hallado que las lombrices rojas son organismos protectores y productivos, que desempeñan un papel importante en la fragmentación de contaminantes.

Es así que se muestra a la vermifiltración como una alternativa eficiente, económica y sostenible para el tratamiento de aguas residuales, el cual puede ser implementado en la Universidad Peruana Unión, para tratar las aguas residuales que ingresan y así reutilizarlas para el riego de sus áreas verdes.

En función del análisis bibliográfico realizado se demostró que con esta tecnología los niveles de DQO, DBO, TKN, TSS y TDS se redujeron significativamente en más del 90% y se incrementó del nivel de pH de ácido a básico, todo ello con tiempo de retención hidráulica TRH de 6 h, demostrando que no causa daños o alteraciones a la salud y el medio ambiente.

Además, es importante resaltar que se obtiene el vermicompost como subproducto, el cual es rico en NPK y podría ser utilizado como abono.

#### **V. REFERENCIAS**

Adugna, A.T., Andrianisa, H.A., Konate, Y., Maiga, A.H., 2019. Fate of filter materials and microbial communities during vermifiltration process. *J. Environ. Manage.* 242, 98–105. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2019.04.076>

ANA. (2013). Repositorio ANA. Obtenido de <http://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/ANA/938/ANA0000720.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Árango, Á. (2004). La biofiltración, una alternativa para. *Redalyc*, 61-66.

- Durán, L., & Henríquez, C. (2009). Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*). Redalyc, 275-281. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43613279011>
- Fernández Brenis Edinson Joel Bach, Sánchez Zapata Katherine Lissett, 2016. Evaluación de un lecho filtrante utilizando mesocarpo de coco (*Cocos nucifera*), para el tratamiento de aguas residuales de la empacadora de banano Alagarrobo 1, Sullana 2015.
- Ghasemi, S., Mirzaie, M., Hasan, A., Ashrafnejad, M., Hashemian, S., & Shahnemati, S. (2020). Diseño, operación, evaluación de desempeño y optimización matemática de un plan piloto de vermifiltración para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Sciencedirect, 9.
- Herrera, A., Vela, L., Morales, G., Castro, I., 2016. Implementation Of Forward Osmosis And Magnetic Nanoadditives For Water Desalination. Rev. U.D.C.A Actual. & Divulg. Científica 19, 199–206.
- Kumar, T., Bhargava, R., Prasad, K.S.H., Pruthi, V., 2015. Evaluation of vermifiltration process using natural ingredients for effective wastewater treatment. Ecol. Eng. 75, 370–377. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLENG.2014.11.044>
- López, M., García, E., Pérez, J.A., 1985. Aspectos sanitarios del estudio de las aguas.
- Lourenço, N., Nunes, L.M., 2017. Optimization of a vermifiltration process for treating urban wastewater. Ecol. Eng. 100, 138–146. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLENG.2016.11.074>
- Manyuchi, M.M., Mbohwa, C., Muzenda, E., 2018. Biological treatment of distillery wastewater by application of the vermifiltration technology. South African J. Chem. Eng. 25, 74–78. <https://doi.org/10.1016/J.SAJCE.2017.12.002>
- Meiyan, X., Xiaowei, L., Jian, Y., 2010. Treatment performance of small-scale vermifilter for domestic wastewater and its relationship to earthworm growth, reproduction and enzymatic activity. African J. Biotechnol. 9, 7513–7520. <https://doi.org/10.5897/ajb10.811>
- MINAGRI, 2018. Tratamiento de aguas residuales para la remoción de contaminantes potenciales. Lima.
- Narvaez, S., Gomez, M., & Acosta, J. (2008). Coliformes termotolerantes en aguas de las poblaciones costeras y palafíticas de la ciénega grande de Sanata Marta, Colombia. Scielo, 113-122. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v13n3/v13n3a9.pdf>
- Paco, G., Loza, M., Mamani, F., & Sainz, H. (2011). Efecto de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) durante el composteo y vermicomposteo en predios de la Estación Experimental de la Unidad Académica Campesina Carmen Pampa. Scielo. Obtenido de [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2072-92942011000200004](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2072-92942011000200004)
- Pastorelly, D. (2010). Scribd. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/40069767/Agricultura-organica-Lombricultura>
- Rojas, R. (2002). Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Obtenido de [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57123734/GESTION\\_INTEGRAL\\_DEL\\_TRATAMIENTO\\_AR.pdf?1533263624=&response-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57123734/GESTION_INTEGRAL_DEL_TRATAMIENTO_AR.pdf?1533263624=&response-)

contentdisposition=inline%3B+filename%3DCurso\_Internacional\_GETION\_INTEGRAL\_DE  
\_T.p df&Expires=1593357665&Signature=epb-oWpydNR105RHAfsVXR6ZttknhgQb

- Romero López, T., & Vargas Mato, D. (2017). Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas. *Scielo*, 88-100.
- Saboya, X. (2018). Eficiencia del método de lombrifiltro en la remoción de los contaminantes de las aguas residuales domésticas en el Distrito de Chachapoyas-Amazonas. *Concytec*. Obtenido de [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UEPU\\_dbf93e87823c4ebff13d1222eac15985/Description#tabnav](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UEPU_dbf93e87823c4ebff13d1222eac15985/Description#tabnav)
- Salazar, P. (2005). Sistema Tohá; una alternativa ecológica para el tratamiento de aguas residuales en sectores rurales. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/bmficis161s/doc/bmficis161s.pdf>
- Samal, K., Dash, R.R., Bhunia, P., 2017. Treatment of wastewater by vermifiltration integrated with macrophyte filter: A review. *J. Environ. Chem. Eng.* 5, 2274–2289. <https://doi.org/10.1016/J.JECE.2017.04.026>
- SEDAPAL. (2020). Planta de Tratamiento de Auas Residuales Carapongo. Obtenido de [http://www.sedapal.com.pe/c/document\\_library/get\\_file?uuid=2e8f3953-cad5-4398bd75-36703194f686&groupId=10154](http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2e8f3953-cad5-4398bd75-36703194f686&groupId=10154)
- Siegrist, R. L. (1987). Obstrucción del suelo durante la infiltración de aguas residuales subsuperficialmente afectada por la composición del efluente y la tasa de carga. *Journal of Environmental Quality*. Obtenido de <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/jeq1987.00472425001600020016x>
- Singh, R., Bhunia, P., Dash, R.R., 2017. A mechanistic review on vermifiltration of wastewater: Design, operation and performance. *J. Environ. Manage.* 197, 656–672. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2017.04.042>
- Singh, R., Samal, K., Dash, R.R., Bhunia, P., 2019a. Vermifiltration as a sustainable natural treatment technology for the treatment and reuse of wastewater: A review. *J. Environ. Manage.* 247, 140–151. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2019.06.075>
- SUNASS. (2008). Estudio Diagnóstico Situacional de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en las EPS del Perú y Propuestas de Solución. Obtenido de [https://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/libro\\_ptar\\_gtz\\_sunass.pdf](https://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/libro_ptar_gtz_sunass.pdf)
- Vizcaíno, L., & Fuentes, N. (01 de 2016). Efectos de *Eisenia Foetida* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de materia orgánica nutrientes y coliformes en efluentes domésticos. *Scielo*, 189-198. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-42262016000100022](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262016000100022)