



Universidad César Vallejo

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Eficacia de remoción de la DBO de agua residual doméstica
mediante el uso de purificadores, Revisión Sistemática, 2022**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental**

AUTORES:

Galindo Cusipuma, Gianmarco (orcid.org/0000-0001-5657-3746)

Pow Sang Garcia, Wendy Lizbeth (orcid.org/0000-0002-5918-4196)

ASESOR:

Dr. Espinoza Farfan, Eduardo Ronald (orcid.org/0000-0003-4418-7009)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

Este presente trabajo de investigación se lo dedicamos a nuestros padres, que es gracias a ellos que hemos llegado hasta este punto; por su amor, trabajo y sacrificio.

Ser sus hijos es un orgullo y privilegio.

Agradecimiento

A Dios, nuestros padres, familiares, maestros por guiarnos cada día, porque sin su guía no seríamos las personas de bien que somos.

A la universidad que nos dio la oportunidad de pertenecer a la institución, a nuestros compañeros y asesor que gracias a su paciencia y enseñanza podemos hacer posible la conclusión satisfactoria de esta hermosa carrera.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Índice de Abreviaturas	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	12
3.1. Tipo y diseño de investigación	12
3.2. Categorías, sub categorías y matriz de categorización apriorística	12
3.3. Escenario de estudio	13
3.4. Participantes	13
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	13
3.6. Procedimientos	13
3.7. Rigor científico	15
3.8. Método de análisis	16
3.9. Aspectos éticos	16
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
V. CONCLUSIONES	29
VI. RECOMENDACIONES	30
REFERENCIAS	31
ANEXOS	38

Índice de tablas

Tabla 1: Purificadores mas usados en la remoción de la DBO en aguas residuales domésticas.	17
Tabla 2: Tiempo de remoción de la DBO en aguas residuales domésticas por purificadores.	22
Tabla 3: Tipo de variables ambientales influyentes en la remoción de las DBO de aguas residuales domésticas	25
Tabla 4: Purificadores más eficientes en remover la DBO en aguas residuales domésticas	28

Índice de figuras

Figura 1: Diagrama de flujo de los artículos utilizados.	15
Figura 2: Purificadores usados en remover DBO en aguas residuales domésticas.	20
Figura 3: Tiempo usado por los purificadores en remover la DBO de ARD	23
Figura 4: Temperatura usada por los purificadores en remover la DBO en ARD	26
Figura 5: Humedad usada por los purificadores en remover la DBO en ARD	27
Figura 6: pH usada por los purificadores en remover la DBO en ARD	27

Índice de Abreviaturas

DBO: Demanda bioquímica de oxígeno.

OMS: Organización mundial de la salud.

ARD: Aguas residuales domésticas.

pH: Potencial de hidrógeno.

TRH: Tiempo de retención hidráulica.

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

OEFA: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.

MO: Moringa oleifera

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene el objetivo de conocer los purificadores más eficientes en remover los porcentajes más altos de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en aguas residuales domésticas. Por lo tanto, se realizó una metodología de investigación básica con enfoque cualitativo, diseño de revisión sistemática. Los resultados fueron que el purificador más usado para la remoción de la DBO presentes en aguas residuales domésticas fue de flujo vertical siendo su remoción de 80.69% a 96% sometido a una temperatura de 24.6 a 30°C. Además, en un tiempo de 3 y 3.5 horas lograron remover la DBO en 36% a 67%; los purificadores de lodos activados convencionales, Filtro anaeróbico, Filtro con relleno de residuos plásticos usaron un tiempo de 1 a 12 días para removerla en 55% a 94% y los purificadores de tipo Humedales artificiales híbridos, Sistema de biofiltro percolador usaron un tiempo de 2 a 15 semanas en removerla en 85.6%. Las condiciones ambientales óptimas en temperatura son de 24.6 a 30°C, humedad en 80%, pH en 6.9 a 8.1, en el proceso de purificación del agua. Se concluyó que los purificadores de flujo vertical, lodos activados convencionales y Filtro anaeróbico fueron los más eficientes.

Palabra clave: Purificadores, agua residual doméstica, DBO.

Abstract

The present research work has the objective of knowing the most efficient purifiers in removing the highest percentages of Biochemical Oxygen Demand (BOD) in domestic wastewater. Therefore, a basic research methodology with a qualitative approach and a systematic review design was carried out. The results were that the most used purifier for the removal and/or elimination of the Biochemical Oxygen Demand present in domestic wastewater was the vertical flow purifier with a removal rate of 80.69% to 96% at an average temperature of 24.6 to 30°C. In addition, in a time of 3 and 3.5 hours they managed to remove BOD in 36% to 67%; the conventional activated sludge purifiers, Anaerobic Filter, Filter with plastic waste filling used a time of 1 to 12 days to remove BOD in 55% to 94% and the purifiers of type Hybrid Artificial Wetlands, Percolating Biofilter System used a time of 2 to 15 weeks to remove BOD in 85.6%. The optimum environmental conditions in terms of temperature are 24.6 to 30°C, humidity at 80%, pH at 6.9 to 8.1, in the water purification process. It was concluded that the vertical flow purifiers, conventional activated sludge and anaerobic filter were the most efficient in removing BOD from the water.

Keyword: Purifiers, domestic wastewater, BOD.

I. INTRODUCCIÓN

La manipulación y control de aguas residuales domésticas es un elemento relevante en la defensa de la calidad de vida pública y del ambiente, por lo que el uso de estas aguas sin tratar se dirige directamente hacia la fuente de contaminación. Según FAO, los países desarrollados tratan alrededor del 70% de las aguas contaminadas, en cambio, este porcentaje desciende al 28 % en los ingresos medios de algunos países, bajo a medio y 38% en los países de ingresos altos (Vega et al., 2021, p.4).

En los países pobres, sólo el 5% de las aguas residuales municipales e industriales se tratan al día. Esto es muy preocupante, especialmente desesperante por la mala situación, por la poca área circundante o presencia del gobierno, la exposición significativa a estas aguas residuales sin tratar, causando graves daños a la salud pública y al ambiente (Yahiaoui et al., 2018, p.12).

En el Perú, la mayor parte del agua no se trata adecuadamente, el manejo y control de aguas residuales es una preocupación. Por ejemplo, en el Perú, solo el 32% de los 2,2 millones de metros cúbicos de aguas servidas que pasarán por alcantarillas interiores en 2020 serán tratadas antes de ser descargados a fuentes naturales de agua (lagos, quebradas, ríos y mares) (Shukla et al., 2021, p.8).

Las ARD comprenden numerosos contaminantes que son nocivos para el medio ambiente. Obteniendo un sin número de Parámetros de contaminantes que existen en las ARD, es decir la Demanda Bioquímica de Oxígeno. Si la concentración del contaminante supera el estándar de calidad y se tira directamente al medio ambiente; por consiguiente afectará gravemente la calidad de vida pública y a los demás seres vivos (Sangkharak et al. 2020, p.12). Por lo tanto, antes de arrojarlas al medio ambiente, las ARD deben ser tratadas. Hoy en día, la tecnología de tratamiento de ARD se ha aplicado en las distintas áreas. Muchas tecnologías, que tienen muchas ventajas, son los purificadores empleados en los tratamientos (Martikainen et al., 2018, p.9).

Donde la DBO es un indicador muy importante en el estudio y categorización del agua no consumible. Las mediciones de la DBO determinan el total de oxígeno requerido para equilibrar el carbono orgánico, además de señalar la biodegradabilidad y la existencia de materia orgánica en el lugar, y su presencia de este compuesto, método que se maneja para determinar qué tan efectivamente es metabolizado por las bacterias que se encuentran comúnmente en el agua contaminada (Lachapelle et al., 2019, p.3).

Por consiguiente, se presenta el problema general:

PG: ¿Cuáles son los purificadores más eficientes en remover los porcentajes más altos de la DBO en aguas residuales domésticas?

Seguido de los problemas específicos:

PE1: ¿Cuáles son los purificadores más usados para remover la DBO en aguas residuales domésticas?

PE2: ¿Cuál es el tiempo adecuado para los purificadores en remover la DBO de las aguas residuales domésticas?

PE3: ¿Cuáles son las condiciones ambientales que influyen en los procesos de los purificadores en la eliminación de DBO de las aguas residuales domésticas?

La Justificación social, se mostrará a la sociedad que, por la mala disposición final de las ARD, a los cuerpos de aguas más cercanas como los ríos o quebradas, se ve afectado el medio ambiente y la calidad de vida pública por lo que, se generará el conocimiento sobre los usos de los purificadores con la finalidad de que se disminuya el nivel de contaminación de las ARD.

Justificación económica, debido a la despreocupación y desmerecimiento sobre la calidad del agua debido a las descargas que se realizan a diario de las aguas servidas usadas en los domicilios, las autoridades realizan grandes inversiones para la disminución de contaminantes, por consiguiente esta tesis busca dar otras alternativas menos costosas.

Justificación metodológica se enfocará en una investigación cualitativa, dando uso a diferentes bases de datos, donde serán extraídos artículos y revista como

alimentos de la información a la solución de los problemas y categorías planteadas en la investigación, así alimentar con mayor información a los futuros investigadores que tomen como instrumento en su investigación.

Justificación ambiental estará encaminado en los tratamientos de las aguas residuales domesticas con purificadores, todo esto es ocasionado por la rápida expansión sin planificación en áreas urbanas y asentamientos industriales las cuales estas descargan aguas residuales a los cuerpos de agua que son como receptores. Donde por la aplicación de tratamientos con purificadores será una alternativa eficaz, los procesos no son nocivos para el medio ambiente, además de ser económico.

Seguidamente se presenta el objetivo general:

OG: Evaluar a los purificadores más eficientes en remover los porcentajes más altos de la DBO en aguas residuales domésticas.

Los objetivos específicos:

OE1: Enumerar a los purificadores más usados en remover la DBO en aguas residuales domésticas.

OE2: Establecer el tiempo adecuado para los purificadores en remover la DBO de las aguas residuales domésticas.

OE3: Indicar las condiciones ambientales que influyen en los procesos de los purificadores en la eliminación de DBO de las aguas residuales domésticas.

II. MARCO TEÓRICO

Sumiyati, et al. El objetivo fue analizar la eficacia de la rebaja de la acumulación de la DBO en ARD mediante el biofiltro de reactor anaeróbico con de grava volcánica. Se empleo como metodología reactores con biofiltros anaerobios de vidrio cuya capacidad fue de treinta litros y el medio del biofiltro fue grava volcánica. En este estudio los Tiempos de Retención Hidráulica fijados fueron de 24h, 12h, 6h y 3h. Finalmente lo que se logró fue que la eficacia en la disminución de la acumulación de la DBO en ARD artificiales alcanzó un 80% de eliminación en la apariencia de DBO en aguas residuales. Concluyó que para que se traten las aguas residuales se utilizó un biofiltro anaeróbico, la ciencia que se utilizo fue el medio de grava volcánica, esta fue muy útil para disminuir la acumulación de DBO, y se concluye que la más alta eficiencia de remoción fue de 88.36% (2018, p.7).

Khotimah et al. Su propósito fue establecer la remoción de DBO en aguas grises usando el Sistema de Capas Múltiples del Suelo. En este estudio uso una metodología de 2 etapas, las etapas de implementación de la mezcla de suelo estándar para caja, que es la combinación del suelo andosol y el carbón activado que se encontraba en el reactor 1, suelo andosol y bambú apus que se encontraba en el reactor 2, y suelo andosol, carbón activado y bambú apus que se encontraba en el reactor 3. Los datos obtenidos del tratamiento de ARD empleando la técnica de capas de suelo múltiple correspondientemente en reactores (1, 2 y 3) pueden eliminar la DBO en un 26%, 25% y 29%. Concluyó que el nivel de eficiencia de la técnica de capas de suelo múltiple con elementos de suelo permeable (zeolita, arena de sílice y la grava) y la agrupación de las combinaciones del suelo que varían en la eliminación de DBO tienen un promedio de 26% para el reactor 1 que contiene el carbón activado y el suelo andosol; 25% para reactor 2 que contiene el bambú apus y el suelo andosol; y para el reactor 3 que contiene el carbón activado, bambú apus y el suelo andosol en este se obtuvo un 29% (2021, p. 5).

Dacewicz, et al. Su objetivo fue analizar la efectividad en la eliminación de contaminantes de las ARD pretratadas manipulando un filtro de flujo vertical con un relleno de residuos plásticos. Se mando a analizar un ejemplar de aguas residuales y otra con un anticipado tratamiento para observar y reconocer la validez de la

separación en cuanto a la composición orgánica (DBO y DQO), sólidos suspendidos y amonio, y dependerá del tipo de llenado del filtro y el tamaño del trabajo. Se obtuvo como resultados en promedio, las reducciones de DQO, DBO, sólidos en suspensión y amonio para este tipo de filtro fueron del 87,8%, 91%, 80% y 74,1%, de manera correspondiente. En la división de compuestos orgánicos prácticamente que no son biodegradables y sólidos en suspensión, se visualizó una productividad comparable para hojuelas de tereftalato de etileno a datos de tasa de carga orgánica de $(3,05 \text{g DQO} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1})$. En esta ocasión, la rebaja promedio de la Sólidos Suspendidos y la DBO fueron de 87,1 % y 84,0 % respectivamente (2019, p. 8).

Vijayalakshmi et al. Tuvo como objetivo analizar la empleación en la comparación entre la fibra de Areca y Agave sisalana para el método de ARD y comprender cual es la eficacia de remoción en comparación de pH, Sólidos Suspendidos Totales, Total de Sólidos Disueltos, DQO, Dureza total, DBO, Aceites y grasas, Cloruro, sulfato, con lecho de carbón activado y la arena del río dentro de un reactor de poca capacidad. Los resultados fueron que los datos de la DBO disminuyen progresivamente contrastándola entre el agua gris afluyente (21mg/l) y los datos obtenidos de los días uno, cinco, diez es de 19mg/l, 13mg/l y 7mg/l correspondientemente. Y la concentración promedio de la Demanda Bioquímica de Oxígeno es de 13 mg/l y se encuentra dentro de los límites de tolerancia para aguas residuales (20 mg/l) y estándares de la OMS (40 mg/l). La eficiencia de eliminación de aguas grises es del 38%. También se observa el cambio de los datos de la DBO. Se comprendió la eficacia en la depuración de la DBO usando Agava obteniendo un 56,2 % para una profundidad de 15 cm, a comparación de la Areca, que resultó ser del 52,08 %. (2019, p.13).

MINCU, et al. Tuvo como objetivo mejorar las instalaciones de tratamiento clásicas con película fija aeróbica, en este proceso se empleó materiales de bajos costos, rápido acceso como carga filtrable. En los resultados se presenta la eficiencia de remoción de DBO5 en filtros biológicos de torre con $HL = 10, 18 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \times \text{h}$ tuvo datos entre 13% y 72% en el caso de la toba microporosa, 7% y 75% en el caso de toba medianamente porosa y 12% y 74% en el caso de piedra chancada. Para HL

=15, 26 m³ /m² xh, la eficiencia de eliminación de DBO₅ osciló entre 55% y 64% para microporosa, entre 60% y 62% para la de porosidad media y entre 48% y 55% para piedra chancada. Para HL =5. 08 m³ /m² xh la eficiencia de remoción de DBO₅ tuvo datos entre 43% y 52% para la microporosa, 43% y 60% en el caso de la medianamente porosa y se obtiene un 35% y 72% en el caso de la piedra chancada. Concluye que el empleo de filtros biológicos complementario con carga de toba volcánica en las estaciones depuradoras de las aguas residuales municipales, puede establecer un crecimiento en la eficiencia del procesamiento de este tipo de aguas (2018 p.3).

Yahiaoui, et al. Tuvo como objetivo estimar la practica de *Phragmites australis* para la manipulación y control de las aguas residuales domésticas en un clima árido. Con diseño experimental. Dando como resultado que la variación de los valores de pH del agua residual sin tratar y tratadas no fue tan significativa. La conductividad eléctrica crece considerablemente durante los meses de marzo y abril. También se observo que el oxígeno disuelto en el filtro plantado excede al del no plantado. Asimismo, a mayor es el rendimiento en la eliminación de la DBO por el filtro plantado reafirma el importante papel de esta planta en el proceso de tratamiento, concluye que se encontró que la mayor remoción de DBO₅ fue de 97% y 91.6% para filtro plantado y sin plantar, respectivamente y la reducción de nitrógeno total es mejorada por la presencia de la planta, y alcanzó una tasa máxima de 89% (2018, p.6).

Hussien, et al. Investigó la eficacia de filtración, el rendimiento de eliminación orgánica, los resultados del flujo, Tiempo de Retención Hidráulica, la mejora en la tasa de materia orgánica y la conservación de SCF a través de diversas condiciones empíricas, dando como resultado que el este de menor costo puede combinarse con WSP para que se realice el tratamiento de ARD, después de que se identifique las cargas hidráulicas óptimas y el tamaño. Se logró una alta remoción orgánica debido a un rendimiento de filtración alto. La remoción del nitrógeno se basaba precisamente en la presencia de carbono orgánico. Se obtuvo una conexión en flujo, Tiempo de Retención Hidráulica, cargas de la DBO y continuidad de obstrucción (2019, p.9).

García, et al. Realizó la comparación de la capacidad de manejo y control de ARD manipulando dos tipos de plantas cultivadas en humedales artificiales de flujo vertical en pequeña dimensión que reciben aguas residuales municipales tratadas primariamente. Recolectó pruebas en la entrada y salida de cada prueba experimental. Se logro como resultado que los ensayos experimentales en dos especies vegetales, muestran que *Cyperus Papyrus* presenta una mayor eliminación de contaminantes como DBO de 80, 69%, DQO de 69, 87%, coliformes totales de 98, 08%, fósforo total de 50%, nitrógeno amoniacal de 69, 69%, coliformes fecales de 95, 61%. Por lo que se refiere particularmente a *Phragmites Australis* tiene la capacidad de retener mayor cantidad de sólidos. Finalmente se llega a la conclusión que el tipo de planta más eficiente en el procesamiento de aguas residuales municipales en esta investigación fue *Cyperus Papyrus* (2019, p.4).

KAVIN & JANAGAN. Se verifica la eficiencia de dos insumos fibrosos, la de sisalana de agave y la de cáscara de areca, se emplearon como filtrantes en varias etapas de contacto, la eficiencia de eliminación se contrastara con la DQO, DBO, sulfato, nitrato empleando fibras de cáscara de Agave sisalana y Areca en medios filtrantes de 15 cm y de 30 cm. Resultados de la eficacia de alejamiento de DBO, DQO utilizando Agava fue del 54,7% y 54% correspondientemente, esta con 15cm de interior, que fue mayor que la de Areca, que obtuvo un 51,18% y 51% respectivamente, la eliminación de DBO y DQO usando Agava como filtrante resultó ser 65,24% y 66,6% correspondientemente, para 30cm de interior, que fue mayor que la de Areca, que obtuvo 59% y 60,30% correspondientemente, concluye que se halló que la eficacia de remoción de la DBO, DQO fue del 74% y 76% correspondientemente, cuando se mezclaron ambos filtrantes se tomó la decisión que las aguas residuales tratadas se podrían emplear para el jardín y otras actividades de casa (2019, p.10).

Dacewicz. Evaluar la eficacia en la filtración de aguas residuales domésticas con cuatro distintos desechos que se utilizaron como materiales de relleno en el filtro de flujo vertical. Se observo una superior variación de saturación de oxígeno (WN

su valor es de 2,32). Su valor medio fue de (3, 74 mgO₂ dm⁻³). La DBO cambio de (500,0 mgO₂ dm⁻³ a 25,0 mgO₂ dm⁻³), con una media que alcanzó los (145,0 mgO₂ dm⁻³). Los valores medios de DQO para las aguas residuales tratadas previamente alcanzaron los (259,1 mgO₂ dm⁻³). Las variaciones en este indicador siguieron una tendencia con rasgos parecidos a la de la DBO (WN alrededor de 0, 60) y estuvieron entre los datos de (773,3 mgO₂ dm⁻³ y 73,0 mgO₂ dm⁻³). La relación entre la DBO y la DQO media en las aguas residuales alimentadas a las columnas individuales fue de 1,8, lo que implica que hay presentes los distintos contaminantes orgánicos de fácil y difícil degradación. Wąsik y Chmielowski en sus estudios lograron obtener datos parecidos para compuestos orgánicos en aguas residuales con tratamiento previo en un tanque séptico (2019, p.4).

Shukla et al. Aplicar CW para la manipulación y control de aguas residuales municipales y la posterior reutilización de los efluentes tratados. Estas se analizaron dos veces a la semana en cuatro distintos puntos con diferentes tiempos de retención hidráulica (12, 24, 36 y 48 horas). Las tres configuraciones de CW pudieron purificar considerablemente las aguas residuales pretratadas de manera primaria. Entre los tres conjuntos de humedales utilizados, CW3 fue el que se desarrolló mejor eliminando el 79%, 77%, 79%, 79% y 78% de la DBO, DQO, el nitrato, el amoníaco y el fosfato, respectivamente, en 48 horas de Tiempo de Retención Hidráulica. De los tres humedales, el CW3 removió la más considerable cantidad en porcentaje de coliformes fecales, totales y *Escherichia coli* con un 64%, 61% y 52% correspondientemente (2021, p.6).

Vega, et al. Tuvo como objetivo principal estudiar y evaluar la manipulación del extracto acuoso de las semillas de *Moringa oleifera* (MO) para el procedimiento terciario de ARD a través de floculación, coagulación, filtración granular y sedimentación La dosis óptima de 600 mg/ L mostró resultados estadísticos equitativos al del alumbre (200 mg/ L), obteniendo una turbidez, carga bacteriana y una eliminación del color aparente mayores al 92%, 99%, 66%, correspondientemente. A diferencia del alumbre, el aumento de la dosis de MO no gasto la parte alcalina ni cambió el pH, también se obtuvo un lodo más orgánico,

con presencia de sólidos totales 1,8 veces menor y tres veces menos lodo voluminoso a comparación del alumbre. El procesamiento con MO no pudo eliminar los nutrientes pero si aumentó la carga orgánica (DQO, TOC, DBO). En cambio, el tratamiento con MO dio como resultado un efluente con menor citotoxicidad, en contraste con el alumbre. Se llegó a la conclusión que el extracto acuoso de semillas de MO tiene las cualidades para usarse como coagulante para la manipulación y control terciario de aguas residuales domésticas (2021, p. 7).

Según con el desarrollo de la investigación a razón de las teorías vinculadas con la investigación, según el OEFA, las aguas residuales se designan así porque sus propiedades originales han sido perturbadas a consecuencia de las actividades humanas y debido a la naturaleza de las aguas residuales, su contenido debe ser tratada antes de ser reutilizado, descargado en un sistema de aguas residuales o descargado en el cuerpo de forma natural. Esto es importante porque requiere una red de drenaje, tratamiento y evacuación. No tratar esta agua representa un peligro ambiental (Dancewicz et al. 2019, p.12).

Según la ANA, los orígenes de la contaminación y/o alteración de las aguas residuales son de distinta idiosincrasia política, económica o social, ya que es una problemática muy extensa y se viene manejando desde hace años, el 65% de los domicilios de lugares rurales no cuenta con agua potable en sus domicilios y en ciertas ocasiones no tiene el tratamiento adecuado y esto trae como consecuencia malestares a la población. La situación es más difícil en las zonas urbanas, ya que hay un mal orden y sostenimiento que en situaciones críticas deja sin este recurso a la población (Fernández et al., 2020, p.23).

El agua residual, es agua utilizada por humanos que representa un peligro y debe ser tratada y eliminada, ya que contiene microorganismos y/o sustancias tóxicas y no puede ser reutilizada. Esto incluye agua de una variedad de fuentes, como agua dulce, agua doméstica, agua industrial y agrícola (García et al., 2019, p.7)

Las aguas blandas, la dureza del agua es el nombre que se le da a la densidad de elementos minerales presentes en una definitiva de agua, incluidas las sales de Mg

y Ca. El agua dura a menudo se denomina agua con un alto contenido de estas sales, y el agua "blanda" contiene muy poco (Holloway et al. 2018)

Más concretamente, el agua doméstica es el agua utilizada con fines sanitarios (baños, cocinas, lavanderías, etc.), que incluye esencialmente los desechos humanos que llegan a las redes de drenaje a través de los vertidos de los sistemas hidráulicos de los edificios, también a los alcantarillados (Husseien et al. 2020, p.15).

El agua industrial, es toda el agua generada por la actividad industrial. Estas cosas, después de su uso, deben ser asistidas antes de ser devueltas al medio natural, a la red de alcantarillado o tratadas para su reutilización (Kaetzi et al. 2018, p.3).

El agua agrícola es utilizada para el riego de cultivos y alimentar al ganado. El uso de agua agrícola aprueba el cultivo de frutas, verduras y ganado, que constituyen la mayor parte de nuestra dieta. De manera similar, el agua que resulta de una combinación de residuos sólidos o líquidos trasladados por aguas subterráneas, aguas superficiales o agua de precipitación, y que eventualmente puede agregarse a las aguas residuales (Khotimah et al., 2021, p.13).

La DBO es uno de los indicadores más esenciales en el estudio y tipificación del agua no consumida. Las mediciones de la DBO determinan el total de oxígeno necesaria para nivelar el carbono orgánico, además de indicar la biodegradabilidad y la presencia de materia orgánica in situ, y este compuesto suele ser medio, es una forma de determinar con qué eficacia es metabolizado por las bacterias que se encuentran en el agua (Mahmudul et al., 2019, p.21).

Los Purificadores son métodos para tratar aguas contaminadas provenientes del uso doméstico que son depositados a los alcantarillados y que alcanzan a los cuerpos de agua a causar daños en las biodiversidades de especies que viven y hacen uso del recurso hídrico (Mincu et al. 2018, p.2).

La eficiencia es expresada que se usa para medir la cualidad o capacidad de actuación de un sistema de tratamientos, para alcanzar el cumplimiento de

determinados objetivos, reduciendo el uso de recursos contaminado (Andrade, 2018).

Las variables ambientales afectan el desarrollo ambiental en una situación particular. Cuando se ejecuta una valoración de impacto ambiental, se analiza el impacto que unas variables pueden tener sobre otras a través de las interacciones que se producen entre ellas (Sangkharak et al. 2020, p.8).

La temperatura es utilizada para indicar a definiciones de frío o calor, habitualmente un objeto "más caliente" tiene una temperatura más alta (Shukla et al., 2021, p.12).

El pH representa un valor de la alcalinidad o acidez de un elemento. Este parámetro es el número de iones o cationes de hidrógeno (H) presentes en algunas soluciones. Su acrónimo significa "Potencial de Hidrógeno" Este es un parámetro esencial para varios análisis de agua (Vega et al., 2021, p.16).

La precipitación es la caída de agua que se encuentra en la atmósfera. Puede ser en forma de agua, niebla o neblina, nieve y ocurre cuando la atmósfera no puede contener más agua, se condensa y precipita (Yahiaoui et al., 2018, p.2).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: El tipo de investigación usada es básica, también conocida como pura, teórica y dogmática. Además, que tiene la ventaja de derivarse de un marco teórico y permanecer allí. El objetivo es incrementar el conocimiento científico, pero no oponerse a él en ningún aspecto práctico. (Muntané, J. 2010 p. 221)

Se utilizó artículos indexados lo que facilitó la formulación de los objetivos y problemas propuestos, además de la elaboración de la técnica utilizada, la cual generó información sobre la eficiencia en la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en ARD mediante el uso de Purificadores.

Diseño de investigación: El diseño de investigación utilizado es revisión sistemática porque es una forma de investigación que recopila y presenta un resumen de un tema en particular (con el propósito de responder una pregunta de investigación) debe llevarse a cabo de acuerdo con un plan preparado previamente. (Aguilera, R. 2014 p. 02). Los documentos, artículos, periódicos, etc., se utilizan a menudo como herramientas de agrupación, porque muchos factores enfocan la imagen del presente o despiertan el interés por el tema de investigación. (Hernández, et al. 2014, p.488-490)

3.2. Categorías, sub categorías y matriz de categorización apriorística

Para la investigación se plantearon las categorías y subcategorías de acuerdo a los problemas y objetivos planteados, el cual fueron resueltos de acuerdo a información de alta relevancia, para ello, se especifica las categorías: Tipos de purificadores para la remoción de DBO, Periodo usado en la remoción y Condiciones ambientales. Las subcategorías: Características de remoción (%), Tiempo, Tipo de condiciones ambientales. Verificar la tabla con las especificaciones correspondientes de las categorías y subcategorías en el anexo 2.

3.3. Escenario de estudio

Porque fue una investigación enfocada en revisión sistemática de diferentes publicaciones científicas, se toman como escenario de investigación los laboratorios y las ubicaciones en el campo donde los investigadores analizan y recolectan muestras para el estudio real. Son situaciones encontradas en artículos científicos extraídos de diversas plataformas y páginas web del mundo científico.

3.4. Participantes

Los participantes que fueron comprendidos en la ejecución de la investigación fueron las páginas web científicas e institucionales que nos permitió adquirir de las variadas literaturas usadas para aumentar el estudio; siendo estos participantes páginas indexadas como: Scopus, ScienceDirect y Google académico.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para el análisis y extracción de información se manejó la técnica de análisis documental. Estas (Arias, 2006, p.146) son los variados formatos o maneras de adquirir información. De tal manera para (Tomayo, 2006, p.115) las técnicas son utilizadas para el recojo de información mediante las lecturas, resúmenes referentes a la materia de estudio de los artículos y revistas científicas que son dirigidos en las variables y unidad de estudio.

Los instrumentos que se manipularon para el recojo de información fueron las fichas de recolección de información de contenidos. Conforme (Tomayo, 2006, p.115) por otro lado los concreta de alto provecho en la investigación científica ya que, compone una manera resumida en que se adquiera información relevante para la investigación.

3.6. Procedimientos

La realización de la siguiente investigación se dio en tres etapas, las cuales fueron esenciales para la compilación de datos, donde se extrajo de manera sistemática, objetiva, ordenada y clasificada. Se usaron diferentes bandejas

de información como ScienceDirect, Google Academico y Scopus, para ello se utilizaron palabras clave en inglés y español para obtener información acerca de eficiencia en la remoción de la DBO de aguas residuales domesticas a través del uso de purificadores.

Etapa 1: Se realiza la búsqueda de información para ello se hace uso de palabras clave en ingles tales como: Efficiency removal, Biological Oxygen Demand, Contaminated water, Wastewater, Domestic Waters, Purifiers, Grey Waters. Logrando obtener un total de 2776 de artículos a través de las revistas y páginas webs de ScienceDirect, Google Academico y Scopus.

Etapa 2: Se hizo la selección de artículos para ello se consideró el año e idioma, eligiendo artículos con 5 años de antigüedad, que comprenden desde el año 2018 hasta el 2022, obteniendo 1228 artículos, después se seleccionó por calidad de articulo de investigación teniendo un total de 562 artículos.

Etapa 3: Se realizó el análisis final, para ello se escogió los artículos correspondientes al tema investigado, obteniendo así 84 artículos. Por último se hace solo uso de 40 artículos, por estar más relacionados al tema y los cuales tengan mayor importancia a nivel internacional.

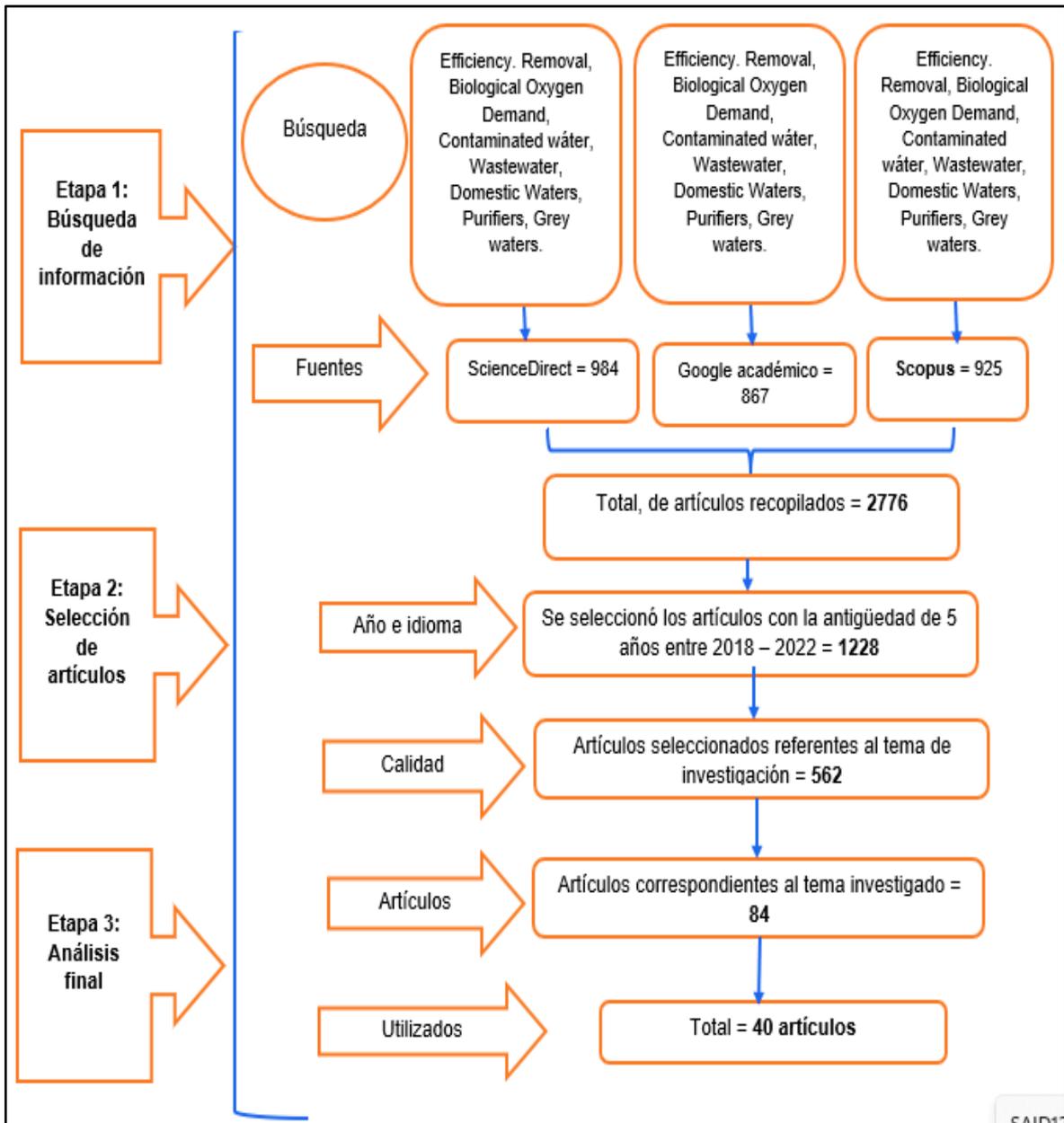


Figura 1: Diagrama de flujo de los artículos utilizados.

3.7. Rigor científico

Los artículos y revistas que fueron empleadas se basó en descripciones establecidas de los autores de los documentos indexados, lo que aseguró que los contenidos descritos sean confiables, con alta precisión informativa, afirmativas y seguras de autenticidad. Según (Hernández, p.453-459). Son un conjunto, de artículos que ayudan a entender las técnicas e instrumentos que se usan para disminuir la concentración de contaminantes de tipo DBO presentes en el agua.

3.8. Método de análisis

Se uso una descripción de evidencias de los documentos ya elaborados como un método de análisis que permitió recolectar, almacenar, clasificar, cotejar o interpretar los porcentajes del conjunto de datos recolectados en términos de absorción de DBO presentes en el agua.

3.9. Aspectos éticos

Los aspectos éticos que se cumplieron en la investigación fueron: Que en la ejecución del precepto vigente implantado por la universidad Cesar Vallejo, mediante la Resolución rectoral 0089 -2019. Que es de manejo y aplicación rigurosa del manual de Referencia ISO 690-2, se contrasto la calidad y transparencia de este trabajo a través el programa Turnitin en los idiomas de español y otros demostrando lo antes mencionado.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a la investigación se realizó la búsqueda de información donde se seleccionó según los parámetros de exclusión e inclusión mostrados en la (figura 1). En este estudio se encontraron 84 investigaciones y se seleccionaron rigurosamente 40 investigaciones, estas se desarrollaron en un procedimiento donde primero se ejecutó la indagación por adjetivos claves en las bases de datos, luego se revisó con criterios de exclusión y finalmente se eligió con los criterios de inclusión fina.

Así, tomando todos los datos de los artículos seleccionados, se desarrolló el primer objetivo específico que se muestra en la Tabla 1, donde se especifican todos los tipos de purificadores utilizados en la remoción de DBO en aguas residuales domésticas.

Tabla 1: Purificadores más usados en la remoción de la DBO en aguas residuales domésticas.

Tipo de purificadores	Temperatura	% de remoción	Fuente
Sistemas de capas de suelo múltiple.	50° C	Las tasas de eliminación de DBO5 fue en 93.66% en las ARD.	Song et al., 2018
Filtro Anaeróbico de flujo ascendente.	23.5°C	Tuvieron una eficiencia de 81% de remoción de DBO que se encontraban presentes en las ARD.	Anda et al. 2019
Sistema de capas múltiples de suelo (MSL) de flujo vertical.	36.6°C	Lograron remover el 96 % de la DBO de las ARD.	Latrach et al. 2018
Humedal Artificial de flujo vertical	65°C	Lograron eliminar mediante el humedal artificial de flujo vertical los contaminantes como la DBO un 62%, en la primera etapa luego para el	Yadav et al. 2018

		reactor de 2da etapa la DBO removi6 un 84% de las ARD.	
Reactor secuencial por lotes de biopelícula	75°C	Mediante el uso del reactor secuencial por lotes de biopelícula se logró remover la DBO5 en 77.5%.	Jucherski et al. 2020
Filtro Anaerobico de flujo ascendente	55°C	Se obtuvieron porcentajes de remoci6n por el uso de filtro anaer6bico de flujo ascendente alrededor de 65% DBO.	Sudarsan et al. 2018
Reactor secuencial por lotes de biopelícula (SBBR)	81°C	Por el uso del reactor secuencial por lotes de biopelícula (SBBR) lograron remover la DBO5 un 77.5% en las ARD.	Juchersky et al. 2019
Humedales Artificiales Subterráneos de Flujo Vertical	24.6°C	Lograron determinar que por el uso de humedales artificiales subterráneos de flujo vertical su mayor capacidad de remoci6n de contaminantes como DBO fue un 80.69%.	Avila et al. 2019
Filtro de cerámica simple integrado y estanque de estabilizaci6n de desechos	25°C	Mediante el proceso de evaluaci6n lograron remover un 50% de DBO, contaminante que se encontr6 presente en el ARD.	Hasan et al. 2019
Filtro de vegetaci6n de monte bajo de sauces de rotaci6n corta	45°C	Lograron eliminar la DBO en un 98% de las ARD.	Lachapelle et al. 2019

Biofiltración y sedimentación primaria	55°C	Mediante el uso de biofiltración y sedimentación primaria lograron una eficiencia en eliminar la DBO un 82% de las ARD.	Bezirgiannidis et al. 2019
--	------	---	----------------------------

La Tabla 1 muestra todos los purificadores más utilizados para la descontaminación de la DBO de aguas residuales domésticas; tales como Sistemas de capas de suelo múltiple según Song et al., (2018); en cuanto al de flujo ascendente de acuerdo a Anda et al. (2019), Sudarsan et al. (2018), flujo vertical según Latrach et al. (2018), Yadav et al. (2018) y Ávila et al. (2019), lotes de biopelícula por Juchersky et al. (2020), Juchersky et al. (2019), Filtro de cerámica y estabilización de desechos dado por Hasan et al. (2019), Filtro de vegetación de sauces de rotación corta detallado por Lachapelle et al. (2019) y la Biofiltración y sedimentación primaria evaluado por Bezirgiannidis et al. (2019). investigadores que emplearon los distintos purificadores siendo eficientes en la eliminación de DBO de las aguas residuales domésticas. Para ello en la figura 2 se revela el tipo de purificador más utilizado de acuerdo a porcentajes de cuantas veces fueron usados.

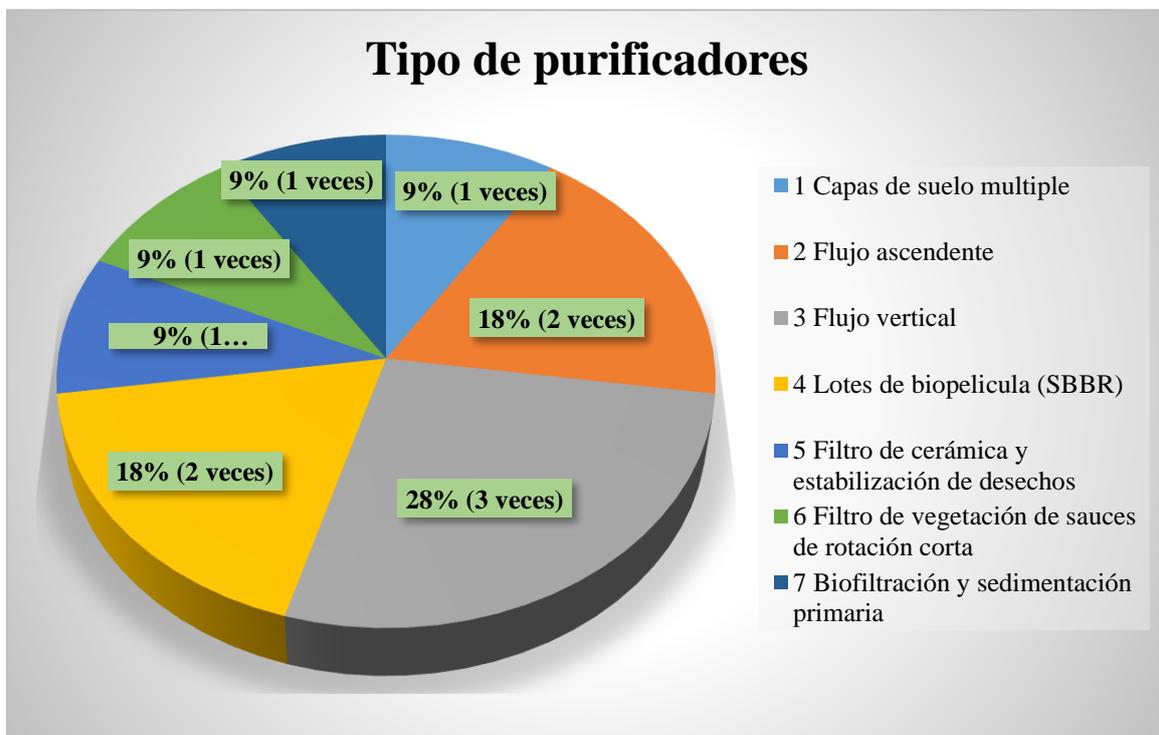


Figura 2: Purificadores usados en remover DBO en aguas residuales domésticas.

De acuerdo a la figura 2 se establecieron a los purificadores que fueron usados en la purificación de las aguas residuales domésticas con DBO, siendo el purificador de flujo vertical con mayor porcentaje de 28% por ser el más usado en los tratamientos de acuerdo a los trabajos de investigación de Latrach et al. (2018), Yadav et al. (2018). Asimismo, lo afirma en su trabajo de investigación Ávila et al. (2019), que lograron remover el 80.69% a 96% de la DBO de las aguas contaminadas por DBO.

Seguidamente los purificadores de flujo ascendente y lotes de biopelícula menos usados de acuerdo a Anda et al. (2019), Sudarsan et al. (2018), Juchersky et al. (2020), Juchersky et al. (2019) lograron remover de 65% a 81% la DBO de las ARD.

Por lo tanto, los purificadores menos usados por la baja capacidad en los tratamientos de aguas por DBO fueron los de capas de suelo múltiple, Filtro de cerámica y estabilización de desechos, Filtro de cerámica y estabilización de desechos y los de Biofiltración y sedimentación primaria utilizados pocas veces, de acuerdo a lo indicado por los investigadores Hasan et al. (2019), Lachapelle et al. (2019), Bezirgiannidis et al. (2019) y Song et al., (2018) quienes lograron remover de 50% a 98% de la DBO de las aguas residuales domésticas.

A continuación, en cuanto a los resultados del segundo objetivo específico en función del tiempo que emplean los purificadores para eliminar la DBO de las aguas residuales domésticas, se establece en detalle en la Tabla 2 según los análisis correspondientes a la síntesis de las investigaciones.

Tabla 2: Tiempo de remoción de la DBO en aguas residuales domésticas por purificadores.

Tiempo	Tipo de purificador	% de remoción	Fuente
1 día	Reactores de lodos activados convencionales	Lograron tasas de eliminación de DBO de hasta el 98% en la primera evaluación, en la segunda	Bunce et al. 2018

		evaluación fue de hasta el 100% utilizando reactores de biopelícula	
2 días	Sistema de capas múltiples de suelo (MSL) de flujo vertical	Lograron la eliminación eficiente de 91% de la DBO en las ARD.	Latrach et al. 2018
15 semanas	Sistema de biofiltro percolador (TBF)	Lograron la eliminación de la DBO en un 85,6 % en el tratamiento de las ARD.	Rasool et al. 2020
5 días	Humedales artificiales híbridos (HCW)	Los principales porcentajes de remoción de la DBO fue en 93%.	Elfannsi et al. 2021
12 días	Eliminación de nutrientes mediante el proceso de filtración	Lograron una disminución del 94.18% de la cantidad de DBO de las aguas domésticas contaminadas.	Mayhead et al. 2020
5 días	Filtro con relleno de residuos plasticos	Las reducciones de la DBO en los filtros fueron de 91% de las ARD.	Dacewicz et al. 2019
3,5 horas	Filtro biológico aireado pasivamente	Mediante el uso del filtro biológico aireado pasivamente lograron eliminar el 36% de la DBO de las ARD.	Elela et al. 2018
3 horas	Filtro de poliuretano a base de nanocompuestos	Lograron una disminución de la DBO en un 67% del total presente en el ARD.	Mostafavi et al. 2018
1 día	Filtro anaeróbico	Lograron una remoción de la DBO en 72% en las ARD.	Cruz et al. 2019

1 día	Reactor de película de lecho móvil	Lograron una eliminación de la DBO en 55% en las ARD	Biase et al. 2019
-------	------------------------------------	--	-------------------

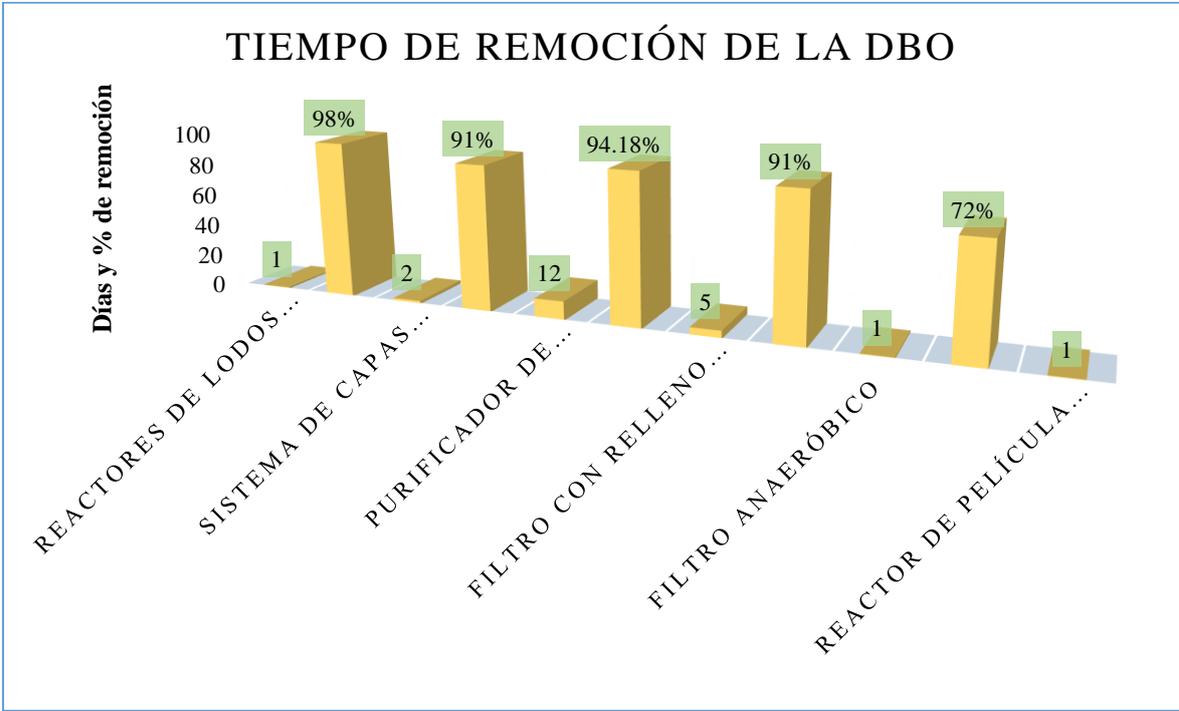


Figura 3: Tiempo usado por los purificadores en remover la DBO de ARD

En la Figura 3 se muestra el tiempo adecuado de los purificadores utilizados en la eliminación de aguas residuales domésticas la presencia de DBO, esto se debe al poco tiempo que emplean los reactores de lodos activados convencionales, Filtro Anaeróbico y Reactor de lecho móvil, que en 1 día estos tuvieron la capacidad de eliminar en un rango de 55% a 98%, valor afirmado por los estudios de Bunce et al. (2018), Biase et al. (2019), Cruz et al. (2019); Además del Filtro con relleno de residuos plásticos, Humedales artificiales híbridos (HCW) y proceso de filtración, estos emplearon 5 y 12 días para remover del 91% al 94.18% del DBO con porcentajes altos pero requieren mucho tiempo en comparación con los de 1 día, valores que se demostraron según los estudios de Mayhead et al. (2020) y Dacewicz et al. (2019).

Además según su investigación, Rasool et al. (2020) usaron 15 semanas en un sistema de purificación, Sistema de biofiltro percolador (TBF) en la descontaminación de aguas residuales domésticas contaminadas con DBO

logrando remover 85.6% siendo un tiempo muy amplio no apropiado para realizar tratamientos, considerándose no apto para tratamientos de las aguas con presencia de la DBO por el tiempo que usan.

Asimismo, según Elela et al. (2018), usaron un filtro biológico utilizado pasivamente aireado, donde la evaluación fue por un periodo de 3,5 horas en laboratorio con aguas residuales domésticas logrando remover 36% de la DBO. Al igual que Mostafavi et al. (2018), utilizaron un filtro purificador de poliuretano a base de nanocompuestos en la remoción de DBO cuyo tiempo de evaluación fue de 3 horas a escala de laboratorio determinado el 67% de remoción, el cual se llegó a determinar que la capacidad de purificación no fue la adecuada.

Posteriormente, en cuanto a las variables ambientales que interfieren durante los tratamientos, las que se evaluaron durante el procedimiento de purificar a las aguas residuales domésticas se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3: Tipo de variables ambientales influyentes en la remoción de las DBO de aguas residuales domésticas

Variables ambientales	Tipo de Purificador	Fuente
Temperatura de 30°C, humedad de 60%	Humedales construidos	Khalifa et al. 2020
Temperatura de 44°C	Humedales construidos de flujo vertical plantados con Arundo donax	Sylla 2020
Escasez de agua	Humedal artificial plantado con Typha latifolia yPapiro Cyperus	Hamad. 2020
Humedad del 80%	Filtro de intercambio iónico mediante el proceso de electrocoagulación	Koyuncu & Ariman 2021

pH de 6.0	Filtro de intercambio iónico con Moringa oleífera como coagulante natural em	Andrade et al. 2022
Temperatura de 46°C	Filtros cerámicos con consorcio de microalgas y bacterias	Fito et al. 2019
pH de 5.4	Filtración por electromembrana	Fatah & Halavado 2019
pH de 5.0	Planta Hidroponica carbón activado	Bawiec 2019
Temperatura 28°C	Filtro con carbón activado	Mondal et al. 2019
Humedad del 86,9%	Filtros biológicos aerobios/anóxicos enriquecidos	Hu et al. 2019
Temperatura a 24.6°C y humedad en 85%	Humedales artificiales Subterráneos de Flujo Vertical	Avila et al. 2019
Temperatura a 50 °C, humedad en 90% y un pH de 6.7	Sistemas multicapas de suelo	Song et al., 2018

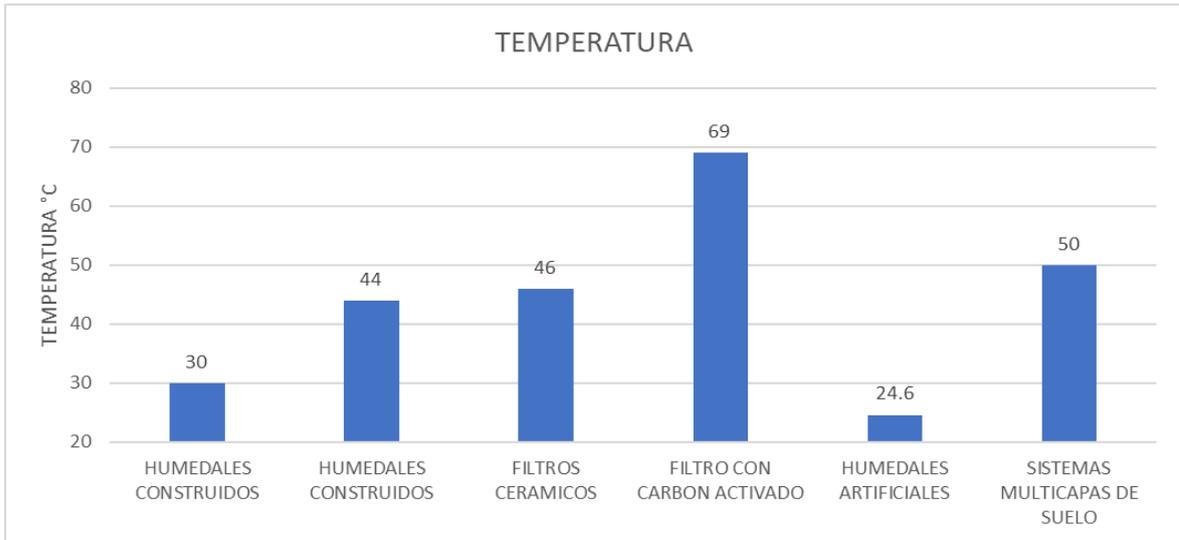


Figura 4: Temperatura usada por los purificadores en remover la DBO en ARD

En la figura 4 se muestra la cantidad de temperaturas evaluados por investigadores en los purificadores, en cuanto a la remoción de la DBO de las ARD para ello en los estudios de Khalifa et al. (2020), Mondal et al. (2019) y Ávila et al. (2019) usaron 24.6°C a 30°C siendo temperaturas óptimas en remoción de los porcentajes de la DBO, asimismo Sylla (2020), Fito et al. (2019), y Song et al., (2018), usaron 50°C a 69°C temperaturas consideradas no capaces en la purificación del agua, ya que requieren de consumo de energía alterando los costos al tratamiento.

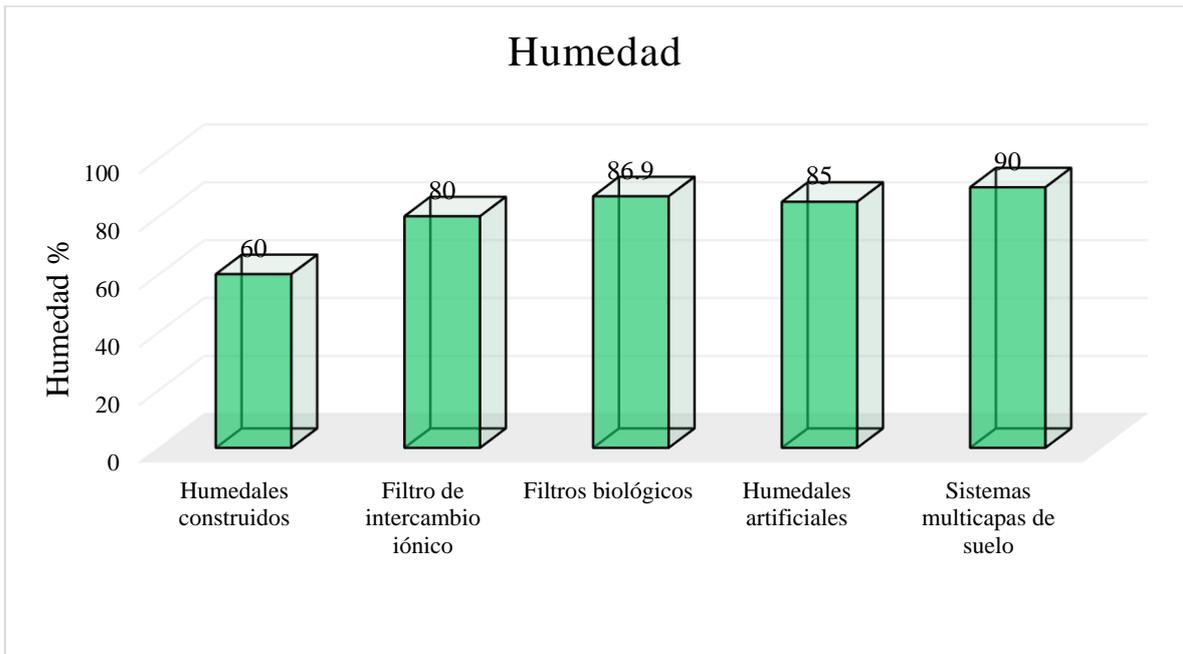


Figura 5: Humedad usada por los purificadores en remover la DBO en ARD

En cuanto a la figura 5 se estableció la cantidad de humedad de los tratamientos en los purificadores con residuo acuoso en las ARD según los estudios de Khalifa et al. 2020 tuvieron una humedad de 60%, Koyuncu & Ariman 2021 en un 80%, Hu et al. 2019 evaluaron un 86.9%, Ávila et al. 2019 se determinó un 85% y al igual que Song et al., 2018 determinaron el 90% de humedad durante el tratamiento en los purificadores.

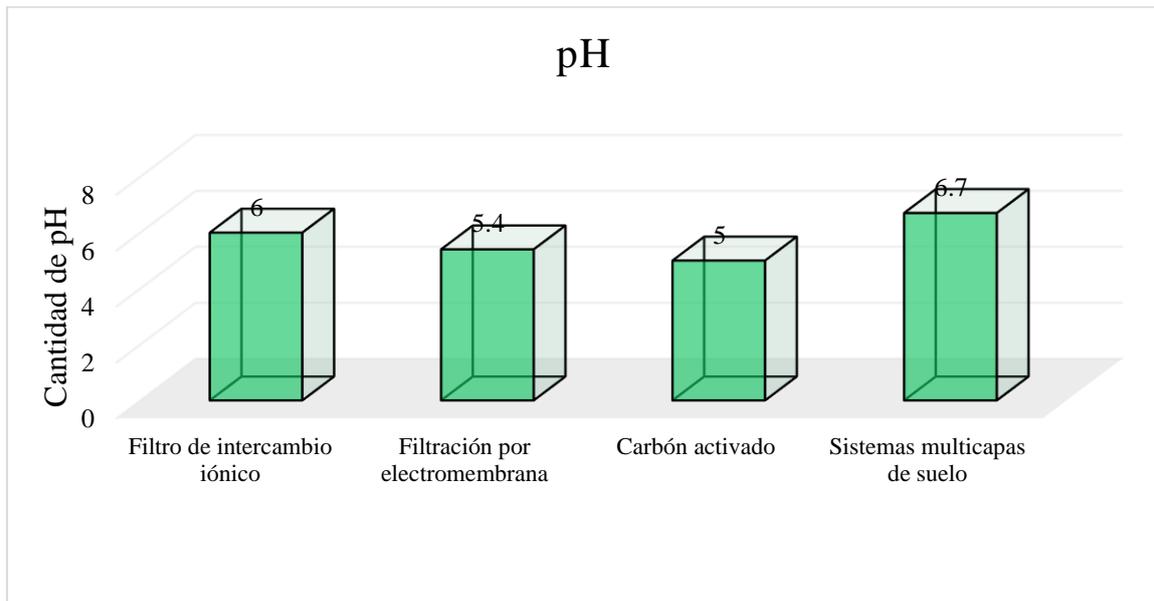


Figura 6: pH usada por los purificadores en remover la DBO en ARD

En cuanto a la figura 6 se refleja la cantidad de pH de las aguas de los tratamientos en los purificadores usando aguas residuales domésticas ya que según Andrade et al. (2022), un 6, Fatah & Halavado (2019), un 5.4, Bawiec (2019), porto un 5, y Song et al., (2018) un 6.7 de pH medible en las aguas antes del tratamiento en los purificadores, siendo recuperado al finalizar en 7.5 apto para desarrollo de cualquier actividad.

Además, de acuerdo con el objetivo general de determinar el purificador más eficiente en la eliminación de DBO de las ARD, que se especifica a detalle en la tabla 4 el tipo de purificador más eficiente.

Tabla 4: Purificadores más eficientes en remover la DBO en aguas residuales domésticas

Tipos de Purificadores	Factores Ambientales	Tiempo	% de remoción	Fuente
Humedales artificiales Subterráneos de Flujo Vertical	pH= 6.94 Temperatura = 24.6°C	3 días	DBO= 80.69%	Avila et al. 2019
Humedales artificiales Híbridos(HCW)	pH= 7.5 Temperatura = 17.5° C	5 días	DBO = 93%	Elfannsi et al. 2021
Humedales construidos de flujo vertical plantados con Arundo donax	pH= 7.35 Temperatura = 37°C	2 días	DBO = 63,26 %	Sylla 2020
Filtro Biológico Aireado Pasivamente	pH = 5 Temperatura = 60°C	45 días	DBO = 97%	Elela et al. 2018
Filtro Anaeróbico	pH = 7.4 Temperatura = 27 °C	1 día	DBO = 72%	Cruz et al. 2019
Sistema de capas múltiples de suelo (MSL) de flujo vertical.	pH= 8.17 Temperatura = 36.6°C	2 días	DBO = 96%	Latrach et al. 2018
Sistemas multicapas de suelo	pH=6.7 Temperatura = 50°C	72 días	DBO = 93,66%	Song et al. 2018
Filtro de intercambio iónico	pH= 7.7 Temperatura = 24.9°C	10 días	DBO = 81%	Koyuncu & Ariman 2021
Filtro de Intercambio Iónico	pH = 6 Temperatura = 103 °C	5 días	DBO = 66%	Andrade et al. 2022

A continuación, respecto a la tabla 4, según los análisis correspondientes se estableció el depurador más eficiente en la eliminación de DBO, siendo el de los Sistema de capas múltiples de suelo (MSL) de flujo vertical al eliminar la DBO en un 96% según la investigación de Latrach et al. (2018), logrando recuperar la calidad del agua para usos posteriores.

De tal forma enriquece a los resultados de la investigación según Avila et al. (2019), con Humedales artificiales Subterráneos de Flujo Vertical, logró eliminar la DBO en un 80.69% de las ARD. Al igual que Elfannsi et al. (2021), que logró eliminar la DBO en una prueba de 5 días el 93% de la cantidad acumulada en las aguas.

Asimismo, Sylla (2020), con Humedales construidos de flujo vertical plantados con Arundo donax, eliminaron en un 63,26 % a la DBO de las ARD. Por consiguiente, Cruz et al. (2019), con el Filtro Anaerobico, la remoción de DBO por el filtro anaeróbico fue de 72%, mostrando que el reactor no era sólo un filtro sino una unidad de tratamiento biológico.

V. CONCLUSIONES

1. Mediante los análisis correspondientes, se ha determinado que el purificador más utilizado en la remoción de DBO de las ARD, es el purificador de flujo vertical siendo su remoción de 80.69% a 96% de la DBO en un tiempo prudente de acuerdo a los estudios analizados.
2. Por medio de los trabajos investigados, el mejor tiempo empleado por cada purificador para remover la DBO fueron los reactores de lodos activados convencionales, Filtro anaeróbico y Reactor de película de lecho móvil quienes en 1 día removieron en un rango de 55% a 98%, valor afirmado por los estudios analizados.
3. A través de los análisis se conocieron las condiciones ambientales que influyeron en los procesos de los purificadores durante el tratamiento de remoción de la DBO en las ARD, como la temperatura 24.6 a 30°C, humedad en 80%, pH en 6.7 a 7.5, variables ambientales óptimas en el proceso de purificación del agua contaminada por la DBO.
4. Se concluyó que, en cada investigación, se determinó que el purificador más eficiente en la eliminación de DBO, es el purificador de flujo vertical al eliminar la DBO en un 96% de las aguas residuales domésticas sometida a una temperatura promedio de 24.6 a 36.6°C, pH de 6.9 a 8.1, factores ambientales óptimos en la remoción del contaminante, durante tratamientos de 1 a 3 días.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda seguir desarrollando y ampliando las investigaciones en el tratamiento de ARD con presencia de DBO con purificadores de flujo vertical, ampliando la cantidad de criterios de comparación ya realizadas en esta tesis además de poder llevarse a cabo una futura investigación experimental.
2. Se recomienda a los futuros investigadores tener en cuenta el tiempo óptimo para que los purificadores alcancen y establezcan porcentajes más altos de eliminación de DBO de las ARD.
3. Se recomienda tener en cuenta las distintas variables ambientales que intervienen en los procesos de purificación durante la remoción de la DBO en ARD, ya que no tomarlas en cuenta puede tener un resultado inespecífico con bajos porcentajes de remoción.
4. Se recomienda priorizar a los purificadores de flujo vertical para el tratamiento de ARD debido a que son muy eficientes y requieren poco tiempo para lograr una eficiencia en la remoción de DBO que pone en riesgo la calidad de vida pública y la biodiversidad de las especies acuáticas.

REFERENCIAS

- ANDA, Josè et al. High-Strength Domestic Wastewater Treatment and Reuse with Onsite Passive Methods [En línea] *Water*- volume 10, 25 January 2018 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w10020099>
- ANDRADE, Priscila et al. Use of Moringa oleífera seed as a natural coagulant in domestic wastewater tertiary treatment: Physicochemical, cytotoxicity and bacterial load evaluation [En línea] *Journal of Water Process Engineering –* volume 40, April 2021 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101859>
- AVILA, Fernando et al. Performance of Phragmites Australis and Cyperus Papyrus in the treatment of municipal wastewater by vertical flow subsurface constructed wetlands [En línea] *International Soil and Water Conservation Research –* volume 7, September 2019 [Fecha de consulta: 16 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2019.04.001>
- BAWIEC, Aleksandra. Efficiency of nitrogen and phosphorus compounds removal in hydroponic wastewater treatment plant [En línea] *Environmental Technology –* volume 40, February 2018 [Fecha de consulta: 16 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1080/09593330.2018.1436595>
- BEZIRGIANNIDIS, Athanasios et al. Combined chemically enhanced primary sedimentation and biofiltration process for low cost municipal wastewater treatment [En línea] *Journal of Environmental Science and Health, Part A -* volume 54, 2019 [Fecha de consulta: 16 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10934529.2019.1633842>
- BIASE, Alessandro et al. Moving bed biofilm reactor technology in municipal wastewater treatment: A review [En línea] *Journal of Environmental Management –* volume 247, October 2019 [Fecha de consulta: 16 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.06.053>
- BUNCE, Joshua et al. A Review of Phosphorus Removal Technologies and Their Applicability to Small-Scale Domestic Wastewater Treatment Systems [En línea] *Waste Water Management –* 22 February 2018 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2018.00008>

- CRUZ, Luana et al. Using coconut husks in a full-scale decentralized wastewater treatment system: The influence of an anaerobic filter on maintenance and operational conditions of a sand filter [En línea] *Ecological Engineering* – volume 127, February 2019 [Fecha de consulta: 16 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.12.021>
- DACEWICZ, Ewa et al. Application of multidimensional clustering for an assessment of pollutants removal from domestic wastewater using a filter with a plastic waste filling [En Línea] *Journal of Water Process Engineering* Volume 29, June 2019, 100794 [Fecha de consulta: 13 de Mayo de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.100794>
- DACEWICZ, Ewa. Waste assessment decision support systems used for domestic sewage treatment [En Línea] *Journal of Water Process Engineering* Volume 31, October 2019, 100885 [Fecha de consulta: 13 de Mayo de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.100885>
- ELELA, Sohair et al. Decentralized wastewater treatment using passively aerated biological filter [En línea] *Environmental Technology* – volume 40, October 2018 [Fecha de consulta: 16 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1080/09593330.2017.1385648>
- ELFANNSI, Saloua et al. Phytoremediation of domestic wastewater using a hybrid constructed wetland in mountainous rural área [En línea] *International Journal of Phytoremediation* – volume 20, 03 January 2021 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15226514.2017.1337067>
- FATAH & HALAVADO. Integrated treatment of municipal wastewater using advanced electro-membrane filtration system [En línea] *SN Applied Sciences* – volume 1, September 2019 [Fecha de consulta: 16 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1178-9>
- FERNÁNDEZ, Alberto et al. Mathematical Modeling of a Domestic Wastewater Treatment System Combining a Septic Tank, an Up Flow Anaerobic Filter, and a Constructed Wetland [En Línea] *Water* 2020, 12(11), 3019 [Fecha de consulta: 13 de mayo de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w12113019>

- FITO & ALEMU. Microalgae–bacteria consortium treatment technology for municipal wastewater management [En línea] *Nanotechnology for Environmental Engineering* volumen 4, December 2018 [Fecha de consulta: 16 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s41204-018-0050-2>
- GARCÍA, Fernando et al. Performance of *Phragmites Australis* and *Cyperus Papyrus* in the treatment of municipal wastewater by vertical flow subsurface constructed wetlands [En Línea] *International Soil and Water Conservation Research* Volume 7, Issue 3, September 2019, Pages 286-296 [Fecha de consulta: 8 de mayo de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2019.04.001>
- HAMAD, Mohamed. Comparative study on the performance of *Typha latifolia* and *Cyperus Papyrus* on the removal of heavy metals and enteric bacteria from wastewater by surface constructed wetlands [En línea] *Chemosphere* – volume 260, December 2020 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127551>
- HASAN, Majmudul et al. Integrated simple ceramic filter and waste stabilization pond for domestic wastewater treatment [En línea] *Environmental Technology & Innovation* – volume 14, May 2019 [Fecha de consulta: 16 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2019.100319>
- HOLLOWAY, Timothy et al. Influence of internal fluid velocities and media fill ratio on submerged aerated filter hydrodynamics and process performance for municipal wastewater treatment [En Línea] *Process Safety and Environmental Protection* Volume 114, February 2018 Pages 179-191 [Fecha de consulta: 8 de mayo de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2017.12.018>
- HU, Zhifeng et al. Highly-efficient nitrogen removal from domestic wastewater based on enriched aerobic/anoxic biological filters and functional microbial community characteristics [En línea] *Journal of Cleaner Production* – volume 238, November 2019 [Fecha de consulta: 16 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117867>
- HUSSIEN, Mohammed et al. Low-Cost Technology for the Purification of Wastewater Contaminated with Pathogenic Bacteria and Heavy Metals [En

- Línea] Water, Air, & Soil Pollution volume 231, Article number: 400 (2020)
[Fecha de consulta: 8 de mayo de 2022] Disponible en:
<https://doi.org/10.1007/s11270-020-04766-w>
- JUCHERSKI, Andrzej et al. Technological reliability of domestic wastewater purification in a small Sequencing Batch Biofilm Reactor (SBBR) [En línea] Separation and Purification Technology – volume 224, 1 October 2019 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2019.05.024>
- KAETZL, Korbinian et al. Efficient Low-Cost Anaerobic Treatment of Wastewater Using Biochar and Woodchip Filters [En Línea] Water 2018, 10(7), 818 [Fecha de consulta: 8 de mayo de 2022] Disponible en:
<https://doi.org/10.3390/w10070818>
- KHALIFA, Magdi et al. Effect of media variation on the removal efficiency of pollutants from domestic wastewater in constructed wetland systems [En línea] Ecological Engineering – volume 143, 15 January 2020 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.105668>
- KHOTIMAH, C et al. The efficiency of biological oxygen demand removal in domestic wastewater treatment using multi soil layering [En Línea] Earth and Environmental Science, Volume 802, 2021 [Fecha de consulta: 8 de mayo de 2022] Disponible en: [doi:10.1088/1755-1315/802/1/012006](https://doi.org/10.1088/1755-1315/802/1/012006)
- KOYUNCU & ARIMAN et al. Domestic wastewater treatment by real-scale electrocoagulation process [En línea] Water Science & Technology – volume 81 , 15 February 2020 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.2166/wst.2020.128>
- LACHAPELLE, Xavier et al. Treatment and valorization of a primary municipal wastewater by a short rotation willow coppice vegetation filter [En Línea] Ecological Engineering Volume 130, May 2019, Pages 32-44 [Fecha de consulta: 8 de mayo de 2022] Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.02.003>
- LATRACH, Lahbib et al. Two-stage vertical flow multi-soil-layering (MSL) technology for efficient removal of coliforms and human pathogens from domestic wastewater in rural areas under arid climate [En línea] International

Journal of Hygiene and Environmental Health – volume 221, 1 January 2021
[Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.10.004>

- MAHMUDUL, Hasan et al. Integrated simple ceramic filter and waste stabilization pond for domestic wastewater treatment [En Línea] Environmental Technology & Innovation Volume 14, May 2019, 100319 [Fecha de consulta: 8 de mayo de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2019.100319>
- MARTIKAINEN, Kati et al. Efficiency of Private Household Sand Filters in Removing Nutrients and Microbes from Wastewater in Finland [En Línea] Water 2018,10(8), 1000 [Fecha de consulta: 8 de mayo de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w10081000>
- MAYHEAD, et al. Comparing Nutrient Removal from Membrane Filtered and Unfiltered Domestic Wastewater Using *Chlorella vulgaris* [En línea] Biology – volume 7, 19 January 2018 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.3390/biology7010012>
- MINCU, Mariana et al. Increasing the Efficiency of Pollutants Removal from Municipal Wastewater Using Biological Filters [En Línea] REV. CHIM. (Bucharest) 69 No. 12 2018 [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.37358/Rev.Chim.1949>
- MONDAL, Bijoli et al. Degradation of anionic surfactant in municipal wastewater by UV-H₂O₂: Process optimization using response surface methodology [En línea] Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry – volume 375, April 2019 [Fecha de consulta: 16 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2019.02.030>
- MOSTAFAVI, Somayeh et al. Design and fabrication of nanocomposite-based polyurethane filter for improving municipal waste water quality and removing organic pollutants [En línea] Adsorption Science & Technology – volume 37, December 2018 [Fecha de consulta: 16 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1177/0263617418815272>
- RASOOL, Tabassum et al. Efficiency of a locally designed pilot-scale trickling biofilter (TBF) system in natural environment for the treatment of domestic wastewater [En línea] Environmental Technology – volume 39, 07 June 2018

- [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en:
<https://doi.org/10.1080/09593330.2017.1329346>
- SANGKHARAK, Kanokphorn et al. Novel Polyhydroxyalkanoate-Based Biocomposites Obtained by Solution Casting and Their Application for Bacteria Removal and Domestic Wastewater Purification [En Línea] Journal of Polymers and the Environment volume 28, pages1893–1900 (2020) [Fecha de consulta: 13 de mayo de 2022] Disponible en:
<https://doi.org/10.1007/s10924-020-01738-3>
- SHUKLA, Reetika et al. Performance of horizontal flow constructed wetland for secondary treatment of domestic wastewater in a remote tribal area of Central India [En Línea] Sustainable Environment Research volume 31, Article number: 13 (2021) [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s42834-021-00087-7>
- SYLLA, Aboubacar. Domestic wastewater treatment using vertical flow constructed wetlands planted with Arundo donax, and the intermittent sand filters impact [En línea] Ecohydrology & Hydrobiology -volume 20, January 2020 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2018.11.004>
- SONG, Pei et al. Treatment of rural domestic wastewater using multi-soil-layering systems: Performance evaluation, factorial analysis and numerical modeling [En línea] Science of The Total Environment – volume 644 – 10 December 2018 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.331>
- SUDARSAN, JS et al. Domestic wastewater treatment using constructed wetland: an efficient and alternative way [En línea] Sustainable Water Resources Management volumen 4, 26 July 2018 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40899-017-0164-x>
- SUMIYATI, Sri et al. Decreasing of BOD Concentration on Artificial Domestic Wastewater Using Anaerob Biofilter Reactor Technology [En Línea] E3S Web of Conferences 31, 03016 (2018) [Fecha de consulta: 13 de mayo de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183103016>
- VEGA, Priscila et al. Use of Moringa oleifera seed as a natural coagulant in domestic wastewater tertiary treatment: Physicochemical, cytotoxicity and bacterial

load evaluation [En Línea] Journal of Water Process Engineering Volume 40, April 2021, 101859 [Fecha de consulta: 13 de mayo de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101859>

VIJAYALAKSHMI, p et al. Reduction of strength of domestic wastewater using natural fibrous materials [En Línea] January 2019 Rasayan Journal of Chemistry 12(04):2290-2295 [Fecha de consulta: 13 de mayo de 2022] Disponible en: DOI:10.31788/RJC.2019.1245453

YADAV, Anant et al. Development of the “French system” vertical flow constructed wetland to treat raw domestic wastewater in India [En línea] Ecological Engineering – volume 113, 1 April 2018 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.01.001>

YAHIAOUI, H et al. Study of domestic wastewater treatment by macrophyte plant in arid region of south-east Algeria (case of El Oued region) [En Línea] J Fundam Appl Sci. 2018, 10(2), 265-276 [Fecha de consulta: 13 de mayo de 2022] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.v10i2.19>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Título: Eficacia de Remoción de la DBO de Agua Residual Domestica mediante el Uso de Purificadores, Revisión Sistemática 2022				
Problema	Objetivo	Categorías	Subcategorías	Indicadores
¿Cuál son los purificadores más eficientes en remover los porcentajes mas altos de la DBO en aguas residuales domésticas?	Evaluar a los purificadores más eficientes en remover los porcentajes mas altos de la DBO en aguas residuales domésticas.	Tipos de purificadores para la remoción de DBO	<ul style="list-style-type: none"> • Características de remoción (%) 	<ul style="list-style-type: none"> • Factores ambientales para la remoción
Problema específico	Objetivo Específicos			
¿Cuáles son los purificadores más usados en remover la DBO en aguas residuales domésticas?	Enumerar a los purificadores más usados en remover la DBO en aguas residuales domésticas			
¿Cuál es el tiempo adecuado por los purificadores en remover la DBO de las aguas residuales domésticas?	Establecer el tiempo adecuado por los purificadores en remover la DBO de las aguas residuales domésticas.	Tiempo de eficiencia de los purificadores	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo 	<ul style="list-style-type: none"> • 60 días • 25 días • 38 días • 28 días • 46 días.
¿Cuál son las mejores condiciones ambientales que influyen en los procesos	Indicar las mejores condiciones ambientales que influyen en los procesos de los	Condiciones ambientales	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de condiciones ambientales 	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • pH • Nutrientes • Precipitación

de los purificadores en la eliminación de DBO de las aguas residuales domésticas?	purificadores en la eliminación de DBO de las aguas residuales domésticas.			
---	--	--	--	--

Anexo 2: Matriz de categorización apriorística.

Matriz de categorización apriorística: Eficacia de Remoción de la DBO de Agua Residual Domestica mediante el Uso de Purificadores, Revisión Sistemática 2022								
Ámbito de estudio	Objetivo general	Objetivo específico	Problema general	Problema específico	Categoría	subcategoría	Criterios	Referencias
Remoción de la DBO de agua	Evaluar a los purificadores más	Enumerar a los purificadores más usados en remover la DBO en aguas residuales domésticas	¿Cuál son los purificadores más eficientes	¿Cuáles son los purificadores más usados en remover la DBO en aguas residuales domésticas?	Tipos de purificadores para la remoción de DBO	Características de remoción (%)	• Factores ambientales para la remoción	<ul style="list-style-type: none"> • Fernández et al., 2020 • Dacewicz et al., 2019 • Holloeway et al. 2018 • Song et al.2018 • Anda et al. 2019 • Yadav et al. 2018 • Jucherski et al. 2020 • Sudarsan et al. 2018 • Juchersky et al. 2019 • Avila et al. 2019 • Hasan et al. 2019 • Lachapelle et al. 2019 • Bezirgiannidis et al. 2019

residual domestica por purificadores	eficientes en remover los porcentajes mas altos de la DBO en aguas residuales domésticas.	Establecer el tiempo adecuado por los purificadores en remover la DBO de las aguas residuales domésticas.	en remover los porcentajes mas altos de la DBO en aguas residuales domésticas?	¿Cuál es el tiempo adecuado por los purificadores en remover la DBO de las aguas residuales domésticas?	Tiempo usado en la remoción.	• Tiempo	<ul style="list-style-type: none"> • 60 días • 25 días • 38 días • 28 días • 46 días 	<ul style="list-style-type: none"> • Hussien et al., 2020 • Khotimah et al., 2021 • Lachapelle et al. 2019 • Mahmudul et al. 2019 • Bunce et al. 2018 • Latrach et al. 2018 • Rasool et al. 2020 • Elfansi et al. 2021 • Mayhead et al. 2020 • Dacewicz et al. 2019 • Elela et al. 2018 • Mostafavi et al. 2018 • Cruz et al. 2019 • Biase et al. 2019
		Indicar las mejores condiciones ambientales que influyen en los procesos de los purificadores en la eliminación de DBO de las aguas residuales domésticas.		¿Cuál son las mejores condiciones ambientales que influyen en los procesos de los purificadores en la eliminación de DBO de las aguas residuales domésticas?				

								<ul style="list-style-type: none">• Hu et al. 2019
--	--	--	--	--	--	--	--	--



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, EDUARDO RONALD ESPINOZA FARFAN, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis Completa titulada: "

Eficiencia de remoción de la DBO de agua residual doméstica mediante el uso de purificadores, Revisión sistemática, 2022.

", cuyos autores son GALINDO CUSIPUMA GIANMARCO, POW SANG GARCIA WENDY LIZBETH, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 10.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis Completa cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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 vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 24 de Octubre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
EDUARDO RONALD ESPINOZA FARFAN DNI: 40231227 ORCID: 0000-0003-4418-7009	Firmado electrónicamente por: ERESPINOZAF el 24- 10-2022 20:53:09

Código documento Trilce: TRI - 0435740