

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE FILTROS PARA LA REMOCIÓN DE ACEITES Y GRASAS DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LA ASOCIACIÓN CAFÉ PERÚ, PUENTE PIEDRA, 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Ambiental

Autora:

Sally Preciosa Malqui Solorzano

Asesor:

M.Sc. Marieta Eliana Cervantes Peralta

Lima - Perú

2021



DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, por darme la dicha de tener una hermosa familia que me ayudó a levantarme del momento más difícil de mi vida.

A mis padres, por su amor, dedicación y apoyo incondicional.
A mi abuela, quien es mi segunda madre y siempre me impulsó a superarme.

A mi hermano, los sueños siempre se pueden cumplir.
Los llevaré por siempre en mis pensamientos y corazón.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la bendición de gozar de mi familia en estos momentos difíciles.

También agradezco a mis padres, por apoyarme en cada decisión. Por darme la oportunidad de tener esta profesión y confiar en que llegaría lejos.

Gracias a toda mi familia, porque siempre me motivó.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
ÍNDICE DE ECUACIONES	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Realidad problemática	9
1.2. Formulación del problema	25
1.3. Objetivos	25
1.4. Hipótesis	26
CAPÍTULO II. MÉTODO	27
2.1. Tipo de investigación	27
2.2. Población de estudio	29
2.3. Técnicas e Instrumentos de recolección y análisis de datos	33
2.4. Procedimiento	37
2.5. Aspectos éticos	41
CAPÍTULO III. RESULTADOS	42
3.1. Determinar las condiciones fisicoquímicas iniciales de las aguas residuales domésticas	44
3.2. Diseño del sistema de filtros	46
3.3. Comparativo de parámetros	47
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	57
4.1. Discusión	57
4.2. Conclusiones	59
REFERENCIAS	60
ANEXOS	65

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Compuestos principales de las aguas residuales domésticas.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 2 Datos relevantes de la población de estudio</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 3 Materiales usados en gabinete.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 4 Materiales de campo.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 5 Instrumentos y materiales de laboratorio.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 6 Programas usados para el desarrollo del proyecto de investigación</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 7 Relación de las coordenadas tomadas de acuerdo a las 26 casas como puntos de muestra.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 8 Concentración inicial en las aguas residuales domésticas de los parámetros analizados en laboratorio tercerizado</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 9 Concentración inicial en las aguas residuales domésticas de los parámetros analizados en campo con el multiparámetro HACH.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 10 Valores de aceites y grasas en la concentración inicial y concentración final.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 11 Valores de turbiedad en la concentración inicial y concentración final.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 12 Valores de conductividad eléctrica en la concentración inicial y concentración final</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 13 Valores de oxígeno disuelto en la concentración inicial y concentración final.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 14 Valores de pH en la concentración inicial y concentración final</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 15 Valores de sólidos totales disueltos en la concentración inicial y concentración final.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 16 Valores de temperatura en estado inicial y final.....</i>	<i>56</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Área delimitada de la población en la asociación Café Perú.</i>	<i>30</i>
<i>Figura 2: Diseño del sistema de filtros, adaptada a la remoción de aceites y grasas.</i>	<i>39</i>
<i>Figura 3: Ubicación del Punto estratégico para la implementación del sistema de filtros.</i>	<i>40</i>
<i>Figura 4: Detalle de la ubicación de los efluentes de la toma de muestras.</i>	<i>43</i>
<i>Figura 5: Diseño con medidas especificadas y flujo del sistema de filtros.</i>	<i>46</i>
<i>Figura 6: Valores resultantes de los dos ensayos realizados para Aceites y grasas.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 7: Valores resultantes de los dos ensayos realizados para Turbiedad.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 8: Valores resultantes de los dos ensayos realizados para Conductividad.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 9: Valores resultantes de los dos ensayos realizados para Oxígeno disuelto.</i>	<i>52</i>
<i>Figura 10: Valores resultantes de los dos ensayos realizados para pH.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 11: Valores resultantes de los dos ensayos realizados para sólidos totales disueltos.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 12: Valores resultantes de los dos ensayos realizados para temperatura.....</i>	<i>56</i>

ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1: Hallazgo de número de muestras.....</i>	<i>31</i>
<i>Ecuación 2: Determinación de litros a tomar por cada efluente.....</i>	<i>32</i>
<i>Ecuación 3: Análisis de la eficiencia de remoción.</i>	<i>34</i>

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo la implementación de un sistema de filtros para remover aceites y grasas de aguas residuales domésticas provenientes de la asociación Café Perú, Puente Piedra, Lima, debido al uso directo de estos efluentes para el riego por parte de la población. El tipo de investigación fue aplicada, donde se empleó un diseño experimental, con enfoque cuantitativo. Aplicando un nivel de confianza del 95% para los resultados, se tomaron 1.2 litros de agua como muestra de 26 efluentes elegidos aleatoriamente, y se determinaron las condiciones fisicoquímicas iniciales obteniendo 2186.5 mg/L de aceites y grasas como concentración inicial. Luego de diseñar el sistema de filtros, se implementó en campo para la filtración de 30 litros de aguas residuales muestra, obteniendo como resultado 0.5 mg/L de aceites y grasas, logrando un 99.98% de efectividad donde se concluye que el agua tratada cumple con los estándares de calidad ambiental para su aplicación en riego de vegetales.

Palabras clave: Aceites y grasas, aguas residuales, filtros.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La disponibilidad de agua dulce en todo el mundo es crítica y cada día es más compleja, debido a factores como la contaminación del recurso hídrico, la manipulación económica y la fuente de poder que representa para quien la posee. La creciente demanda de agua para la agricultura, la industria y el consumo doméstico han creado competencias que se reflejarán en unos 15 años debido al crecimiento demográfico y a la falta de planificación, educación y conciencia para el manejo y uso adecuado del agua. (Agudelo, 2005)

Son bienes artificiales asociados al agua la captación, extracción, desalación, almacenamiento, regulación, conducción, medición, control y uso del agua; b. el saneamiento, depuración, tratamiento y reutilización del recurso. Además, en el título IV, Derechos de uso de agua. Artículo N°82. “La Autoridad Nacional, a través del Consejo de Cuenca, autoriza el reúso del agua residual tratada, según el fin para el que se destine la misma. (Ley N° 29338, 2009)

Se puede demostrar que los efectos mitigadores de la pobreza ocasionados por las intervenciones relacionadas con el regadío son mayores cuando se producen en un marco integrado, es decir, planteamientos integrados para la ordenación de las aguas de superficie y freáticas (utilización conjunta); el desarrollo de sistemas que permitan utilidades múltiples del agua de riego y la prestación de servicios en la agricultura (es decir, el suministro de insumos, tecnologías, información, financiación y comercialización). Las inversiones en la mejora del riego que permiten múltiples usos, como el suministro de agua para las viviendas, el riego y otros usos agrícolas y no agrícolas del agua tal vez procuren mayores beneficios que las inversiones separadas. Estos usos múltiples traen beneficios y aportaciones con un

significado para los medios de vida, especialmente en el caso de las familias pobres. (FAO, 2005)

La agricultura de la costa peruana representa el 68 por ciento de la producción agrícola del país y el mismo porcentaje de nuestras exportaciones agrícolas. Sin embargo, su provisión de agua enfrenta serios desafíos, pues esta región presenta indicadores de escasez hídrica. La costa peruana concentra al 53 por ciento de la población y el 80 por ciento de la producción nacional pero sólo dispone del 1,8 por ciento de los recursos hídricos. (Iberico, 2012)

El sector agrícola es especialmente vulnerable ante la escasez hídrica, lo que motiva la generación de estrategias para que el sector se adapte. (Camacho, 2016)

En el distrito de Puente Piedra está situada la asociación Café Perú, su población tiene como trabajo principal la agricultura (ingreso económico), no tienen acceso al agua por red pública y alcantarillado. Sin embargo, cuentan con pozos artesanales cuyas “aguas subterráneas pueden afectarse por sequías” (MINAGRI, 1970) en temporada de verano. Por lo que, usan las aguas residuales domésticas grises (lavado de utensilios de cocina y ropa) para el riego de sus cultivos. El riego de cultivos con aguas residuales domésticas grises sin tratar presenta un alto incremento en el contenido de sodio en el suelo que a largo plazo genera un deterioro en sus condiciones físicas y cambio negativo en su estructura. (Murcia et al., 2014)

Con este motivo, una tecnología sostenible es la implementación de un sistema de filtros competente para remover aceites y grasas de aguas residuales domésticas. En primer lugar, un filtro de arena fina, grava y piedras seguido de un biofiltro con materiales adsorbentes como el mesocarpio de coco, cascarilla de arroz, cáscara de naranja y coronta de maíz. El agua caerá por gravedad de un filtro a otro aplicando también el método de aireación.

El agua resultante de los filtros tendrá el fin de ser usadas para fines agrícolas, de acuerdo a los estándares de calidad ambiental (ECA) para la categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

La justificación del proyecto de investigación se dirige en buscar una solución para el desabastecimiento de agua que abarca la asociación Café Perú, que también es un problema que afecta a la población en situación de pobreza. Además, enfocando en el problema de escases de agua y dedicación a la agricultura, realizan un mal empleo de las aguas residuales domésticas al usarlas para riego sin antes ser tratadas. Es por ello que, el presente estudio será un aporte a la sociedad y de ayuda al desarrollo sostenible, cuidando los pilares de economía, social y ambiental. Por otro lado, las razones que argumentan al desarrollo del presente son los antecedentes que como se indica más adelante, que apoyan el uso de tecnologías de tratamiento empleando residuos orgánicos, los cuales han concluido en altos resultados para remoción de contaminantes. También, ayudará a la valoración de residuos sólidos orgánicos, pues se usarán filtros con materiales desechables orgánicos. Otro motivo por el que se pretende realizar el sistema de filtros será por ser de bajo costo para el uso de la población.

Antecedentes de la investigación

Internacional

El artículo “*Absorción de aceites y grasas en aguas residuales de lavadoras y lubricadores de vehículos utilizando absorbentes naturales*” tuvo como objetivo la remoción de aceites y sólidos suspendidos mediante el tratamiento de uso de adsorbentes naturales (Bioadsorción) y el tratamiento de coagulación floculación. Para esto, se utilizaron adsorbentes obtenidos de corteza de naranja, hoja de choclo y cascarilla de arroz, los cuales fueron secados, triturados y tamizados. Una vez sometidas las aguas residuales al tratamiento de Bioadsorción y coagulación-floculación, el agua tratada fue sometida a análisis fisicoquímicos tales como: pH,

DQO, Aceites y Grasas, Turbidez. Los resultados obtenidos una vez sometida el agua residual al tratamiento de bioadsorción permitió escoger cuál de los adsorbentes usados como (corteza de naranja, hoja de choclo y cascarilla de arroz) fue más eficiente, siendo la cascarilla de arroz el tratamiento de Bioadsorción donde mayor remoción se logró. Los valores de turbidez obtenidos con el tratamiento de cascarilla de arroz disminuyeron de 454 hasta 93 NTU, con un 80,39% de eficiencia de remoción. Posteriormente, se aplicó el proceso de coagulación-floculación con la finalidad de remover al máximo la turbidez del agua residual tratada con el bioadsorbente (cascarilla de arroz), obteniéndose un resultado de 2 NTU. Los valores de los parámetros fisicoquímicos realizados al final del tratamiento fueron 199.729 mg/L a 79 m/L de DQO, el pH inicial fue de 9 y el final de 4,65. La remoción total de aceites y grasas del agua residual al final del proceso fue de un 99,55%. (Guilcamaigua et al., 2019)

De la conclusión de este trabajo se puede decir que la cascarilla de arroz fue una alternativa eficiente para el tratamiento para la remoción de aceites y grasas, en esta investigación se reforzará este potencial con el porcentaje de remoción de la cáscara de naranja y coronta de maíz como bioadsorbente.

El estudio titulado “*Evaluación de las condiciones operacionales en el proceso de preparación de carbón activo de cáscara de naranja valencia (Citrus Sinesis Linn Osbeck)*”, publicado por la Universidad Autónoma de Nicaragua, en Managua, Nicaragua, concluye que los carbones elaborados a partir de cáscara de naranja valencia son mesoporosos presentando buenas características adsorbentes capaces de adsorber moléculas de tamaño medio como son olores y colores. Finalmente, la investigación apunta a aumentar el rendimiento económico y productivo de pymes y microempresas al brindarle valor agregado a los desechos orgánicos provenientes de sus procesos. (García & Granillo, 2017)

En acuerdo con el estudio mencionado, usar la cáscara de naranja como medio filtrante es una opción económica y aumenta el rendimiento económico de la población, más aún si en el caso

del proyecto de investigación, se quiere trabajar en zonas con nivel de pobreza alto. Por otro lado, sin dejar de lado la eficiencia de su uso e implementación en el tratamiento de aguas residuales es altamente absorbente y aumentará su eficiencia teniendo la cuenta su uso junto a otros medios orgánicos filtrantes para retener compuestos orgánicos e incluso microplásticos de las aguas residuales domésticas a estudiar.

El artículo científico titulado “*Efecto del riego con aguas residuales sobre propiedades químicas de suelos de la planicie de Coro, estado Falcón*”, menciona que se encontró que la aplicación constante de aguas residuales en los suelos cultivados con pastos incrementó significativamente los niveles de materia orgánica, fósforo, potasio y magnesio. Esto implica que hubo un efecto promisorio con el uso de las aguas residuales ya que éstas contribuyeron a mejorar la fertilidad del suelo; sin embargo, su uso prolongado incrementó los contenidos de cadmio y plomo en el suelo a niveles que pudieran implicar riesgos a la salud por la probable contaminación de los cultivos con metales pesados. (Zamora et al., 2008)

Luego de mencionar el artículo, donde se menciona la importancia de los minerales en el suelo para el cultivo, también, se afirma que el uso prolongado de agua residual doméstica no tratada en cultivos llegaría a contaminar el mismo y el suelo por metales pesados. Además de ello, se convertiría en un suelo con alta salinidad.

El artículo científico titulado “*Estudio de la aplicación del olote o tusa de maíz para la reducción del color en aguas residuales de la Hilandería Guijarro cantón Guano*”, publicado por la Universidad Nacional de Chimborazo, en Ecuador, determinó que la mejor aplicación de la tusa como lecho filtrante para reducir el color de las aguas residuales, de este modo a través de las diferentes pruebas se determinó que el filtro de olote o tusa de maíz fue tamaño de 2 (4,5 mm), 3 (2,36 mm) y grava siendo el más óptimo y carbón activado de olote o tusa de maíz, llegando a reducir un 78,63% de color y un 21,37% de color no retenido, se puede decir que el lecho filtrante es muy bueno ya que se logra reducir una cantidad significativa, también se

refleja una reducción como sólidos suspendidos en comparación a la muestra inicial reduce un 79,89%, la turbiedad se reduce un 80,55% en comparación a la muestra inicial, la demanda química de oxígeno DQO reduciendo un 57,44% y demanda bioquímica de oxígeno DBO^5 la reduciendo un 55,13% en comparación a la muestra inicial. (Torres & Gaibor, 2015)

Teniendo en cuenta el estudio mencionado, la coronta de maíz (llamada también tusa de maíz), es altamente eficiente para la remoción del color de las aguas, turbiedad y sólidos suspendidos, parámetros que se encuentran en restricción según los estándares de calidad ambiental, categoría 3, subcategoría D1, que menciona las condiciones de agua para riego de cultivos. También, muestra la remoción de materia orgánica expresada en demanda bioquímica de oxígeno.

El artículo llamado “*La biofiltración sobre materiales orgánicos, nueva tecnología sustentable para tratar agua residual en pequeñas comunidades e industrias*”, publicado por la Revista de tecnología y ciencia del agua, en México, señala que el proceso de biofiltración por percolación sobre material filtrante orgánico se ha desarrollado en los últimos años en Canadá, con el fin de resolver la problemática y satisfacer las necesidades de saneamiento de estos importantes sectores socioeconómicos. Este proceso está basado en la capacidad que tienen ciertos medios orgánicos de actuar como resinas naturales, capaces de fijar diferentes substancias contaminantes mediante mecanismos de adsorción/absorción y de favorecer la implantación de microorganismos capaces de biodegradar los contaminantes retenidos; al ser una tecnología de tipo descentralizada que puede resolver problemas en muchas zonas rurales y semiurbanas. (Garzón et al., 2012)

Teniendo en cuenta lo mencionado, se fundamenta la solución que otorgaría el proyecto de investigación pues es una tecnología sustentable además de acuerdo a los artículos revisados se trataría de una eficiencia alta usando residuos sólidos orgánicos en este caso desechos. Por otro lado, de tener una alta efectividad podría solucionar problemas rurales del Perú.

En el estudio titulado “*Análisis de la fibra de coco como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes del centro de faneamiento Latacunga*”, sostiene que una vez cumplida todas las etapas del proceso de filtración y de acuerdo a los resultados obtenidos del laboratorio se concluye que el material filtrante reduce en un 35.09% la contaminación de sólidos totales de las aguas residuales así como también en un 94.30% el DBO^5 y el DQO en un 87.76%, tomando como línea base los parámetros permitidos. (Gallardo, 2017)

Teniendo en cuenta la investigación, es posible reducir el DBO en un 94% usando la fibra o mesocarpio de coco, podría también reducir los sólidos totales del agua. Sin embargo, esta investigación solo está usando la fibra de coco como filtro así que existe la posibilidad de que los resultados en esta investigación varíen.

El artículo titulado “*Análisis de la cascarilla de arroz utilizada como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de lavadoras y lubricadoras de autos "Politos's" ubicada en el cantón Tisaleo de la provincia de Tungurahua*” tuvo como objetivo analizar la efectividad de un filtro elaborado a base de cascarilla de arroz, para la disminución de los niveles de concentración de los parámetros ambientales Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, y Aceites y Grasas, en el agua residual de la Lavadora y Lubricadora de Autos. Se determinó que los niveles de concentración sin filtro exceden los límites máximos admisibles de acuerdo a las normas ambientales ecuatorianas. Mientras tanto que, posterior al proceso de filtrado, se redujeron los valores de concentración por debajo de lo establecido por la norma ecuatoriana en el caso del DBO^5 y DQO. Consecuentemente, se establece que el filtro a base de cascarilla de arroz es eficaz para reducir los niveles de concentración en las lavadoras y lubricadoras de autos. (Sánchez, 2017)

Del estudio mencionado, se resalta la eficacia de la cascarilla del arroz para remover aceites y grasas. Este es un respaldo para emplear la cáscara de arroz como sustrato orgánico para el tratamiento de aguas residuales domésticas logrando nuestro objetivo.

Nacional

La investigación titulada “*Evaluación de un lecho filtrante, utilizando mesocarpo de coco (Cocos nucífera), para el tratamiento de aguas residuales en la empacadora de Banano Algarrobo 1*”, evalúa el rendimiento de un lecho filtrante utilizando mesocarpo de coco (cocos nucifera), para el tratamiento de aguas residuales donde resultó lo siguiente: La DBO en la entrada de los filtros: 237.60 mg/L, en la salida del Filtro N° 01: 49.50 mg/L y del Filtro N°02: 79.20 mg/L; con un porcentaje de remoción de 79.17% y 66.67% respectivamente. El pH en la entrada de los filtros: 6.8, en la salida del Filtro N° 01: 6.5 y del Filtro N°02: 6.3; con una variación de -0.3% y -0.5% respectivamente. Los SST en la entrada de los filtros: 0.8 ml/L, en la salida del Filtro N° 01: 10.0 ml/L y del Filtro N°02: 12.0 ml/L; con un porcentaje de remoción de -25% y -50% respectivamente. Los Coliformes Totales y Termotolerantes en la entrada de los filtros: 3500 NMP/100ml, en la salida del Filtro N° 01: 5400 NMP/100ml y del Filtro N°02: 2400 NMP/100ml; con un porcentaje de remoción de – 54.29% y 31.43 % respectivamente. E. Coli en la entrada de los filtros: 14 NMP/100ml, en la salida del Filtro N° 01: 20 NMP/100ml y del Filtro N°02: 20 NMP/100ml; con un porcentaje de remoción de -42.86% para ambos filtros. (Fernández & Sánchez, 2016)

Los valores que indican la tesis mencionada son positivos llegando a la conclusión de que el mesocarpo de coco como un empaque filtrante es eficiente para tratar aguas residuales tanto de tipo doméstica. Asimismo, desde otro punto de vista es una idea ecoeficiente que ayuda al desarrollo sostenible, pues luego de filtrar el residuo puede ser usado para la preparación de abono.

La tesis de título titulada “*Eficiencia del biosorbente de coronta de maíz para la adsorción del Cromo Hexavalente en aguas residuales de la Industria Curtiembre*”, publicado por la Universidad César Vallejo, en Lima, Perú, indica que la conclusión a la que se llegó es que los resultados demuestran que el biosorbente de coronta de maíz es altamente eficiente para tratar aguas residuales de la industria curtiembre, el cual obtuvo un porcentaje de remoción de 83.5% con el tratamiento T1, a 60 min de tiempo de contacto con 100 r.p.m. Los resultados fueron analizados con la prueba de T de Student para muestras relacionadas encontrando un nivel de significancia de $p=0.000$, entonces se concluye aceptando la hipótesis alterna, confirmando que el biosorbente de coronta de maíz influye directamente en la reducción de la concentración de Cromo Hexavalente en la muestra de efluente de agua residual de la industria curtiembre. (Muñiz, 2016)

En concordancia con la tesis anteriormente mencionada, se demuestra que la coronta de maíz (residuo orgánico), es eficiente para el tratamiento de aguas. Además, de ser efectivo en el tratado de aguas de curtiembre, indica que es efectivo para el tratado de aguas residuales domésticas que, aunque no poseen las mismas características, el agua residual de curtiembre es de carácter más contaminado.

El mesocarpio de coco es un sustrato obtenido a partir de los residuos que genera el coco, es un producto ecológico, dada que su extracción no requiere ningún impacto medioambiental, Tiene una enorme capacidad de retención de agua, pH entre 5.5 y 6.5, lo ideal para la mayoría de los cultivos, Al ser una materia esponjosa se airea con facilidad y esto evita enfermedades, hongos y otras plagas, aparte de oxigenar las raíces. (Abanto & Taboada, 2018)

Según la investigación comentada, el mesocarpio de coco se caracteriza la retención de agua y permita la oxigenación de ella por lo que es posible que este sea un factor positivo para lograr el objetivo general.

A continuación, se definirán conceptos y palabras importantes para el correcto entendimiento del proyecto de investigación.

Aguas residuales

Son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado. (OEFA, 2014)

Aguas residuales domésticas

Las aguas residuales crudas (esto es, no tratadas) son consideradas como altamente contaminadas, aun cuando la cantidad de contaminantes que estas contengan pueda parecer pequeña. Por ejemplo, 1 m^3 de agua residual municipal pesa alrededor de 1 millón de g, aunque pueda contener solo 500 g de contaminantes. Sin embargo, esta pequeña fracción de contaminante puede tener serios impactos ecológicos y a la salud si se descarga sin tratar. El agua residual doméstica es aparentemente gris y turbia y tiene una temperatura de 10°C a 20°C. (Mihelcic & Zimmerman, 2011)

Aguas residuales domésticas grises

Las aguas domésticas grises son aguas provenientes de las lavadoras, regaderas, tinas y lavabos. Son aguas residuales que tuvieron un uso ligero, que pueden contener jabón, cabello, suciedad o bacterias. En algunos lugares, el agua de la tarja de la cocina es considerada aguas grises. El agua proveniente del inodoro, así como el agua del lavado de pañales, no debe ser considerada aguas grises. (Allen, 2015)

Composición principal de las aguas residuales domésticas

Las aguas residuales domésticas quienes están siendo estudiadas en el presente proyecto están compuestas principalmente por:

Tabla 1

Compuestos principales de las aguas residuales domésticas

Constituyente	Concentración promedio	Comentarios
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	200 mg/L	Los materiales demandantes de oxígeno pueden provocar agotamiento del contenido de oxígeno de aguas receptoras.
Sólidos suspendidos	240 mg/L (Sólidos totales típicamente 800 mg/L)	Provocan que el agua sea turbia; pueden contener otros contaminantes o patógenos.
Patógenos	3 millones de coliformes por 100 mL	Microorganismos causantes de enfermedades usualmente asociadas con materia fecal
Nutrientes como el nitrógeno y el fósforo	Nitrógeno total: 35 mg N/L Nitrógeno inorgánico: 15 mg N/L Fósforo total: 10 mg P/L	Pueden acelerar el crecimiento de plantas acuáticas, contribuir a la eutrofización.
Químicos tóxicos	Variable	Metales pesados como el mercurio, cadmio y cromo; químicos orgánicos.
Químicos emergentes preocupantes	Desconocido o variable	Farmacéuticos, cafeína, tensoactivos, fragancias, perfumes,

otros químicos disruptores de
endocrinas

Fuente: (Mihelcic & Zimmerman, 2011)

Parámetros controlados en las aguas residuales domésticas para el proyecto

Para el proyecto de investigación se evaluarán el antes y después de los siguientes:

Aceites y grasas

Las grasas son compuestos orgánicos que se forman de carbono, hidrógeno y oxígeno, siendo la fuente más concentrada de energía en los alimentos. Pertenecen al grupo de las sustancias llamadas lípidos y vienen en forma líquida o sólida. Todas las grasas son combinaciones de los ácidos grasos saturados y no saturados. (Vidales et al., 2010)

Temperatura

La temperatura del agua es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción, así como la aptitud del agua para ciertos usos útiles. La temperatura es un indicador de la calidad del agua, que influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas. (DIGESA, 2000)

Potencial de Hidrógeno (pH)

Una medida convencional de la acidez o basicidad de soluciones acuosas es el llamado pH. Por definición el pH de una solución es igual al logaritmo negativo de la concentración de los iones hidronio H_3O^+ en la solución. (Barba, 2002)

Conductividad eléctrica

Depende de la actividad de los tipos de iones disueltos y de la temperatura a la que se realiza la medida. La conductividad es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones y de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como la temperatura de la medición. (DIGESA, 2000)

Turbiedad

Indicación de la transparencia o claridad del agua. Es una expresión de la propiedad óptica del agua que hace que la luz se disperse o se absorba en lugar de transmitirse sin cambio de dirección través de la muestra. La turbiedad se mide en unidades de turbidez nefelométrica, (NTU). (Rodrigo et al., 2018)

Oxígeno Disuelto

La oxigenación del agua se debe principalmente a la solubilización del oxígeno atmosférico y minoritariamente a su generación en la fotosíntesis, principalmente de algas. Sin embargo, el oxígeno así formado durante el día, se consume en parte durante la noche, cuando las algas consumen oxígeno para su metabolismo. Luego de la muerte de las algas la degradación de esta biomasa también consume oxígeno. La concentración (C) del oxígeno en agua depende, de la presión parcial (P) del oxígeno en la atmósfera y de la temperatura del agua., se deduce que la concentración del oxígeno en agua a 25°C es 8,32 mg/L o 8,32 (partes por millón). Dado que la solubilidad de un gas en el agua disminuye con el aumento de temperatura, a 35°C la solubilidad del O_2 en H_2O es 7,03 mg/L y a 0°C aumenta a 14,74 mg/L. Estos valores expresan que la cantidad de oxígeno disuelto en agua es muy baja y que el aumento de temperatura incide fuertemente en su disminución. (DIGESA, 2000)

Sólidos Totales Disueltos (TDS)

Los sólidos totales disueltos son una medida de la materia en una muestra de agua, más pequeñas de 2 micrones (2 millionésimas de un metro) y no pueden ser removidos por un filtro tradicional. TDS es básicamente la suma de todos los minerales, metales, y sales disueltas en el agua y es un buen indicador de la calidad del agua. (Sigler & Bauder, 2012)

Propiedades de la cáscara de naranja para el tratamiento de aguas

Los residuos de naranja tales como la cáscara, contienen celulosa, pectina, hemicelulosa y otros compuestos de bajo peso molecular como limoneno. Poseen, por tanto, grupos funcionales activos como los carboxilos de las pectinas y los hidroxilos de la celulosa, susceptibles de unirse a los iones metálicos en disolución. (Ghimire et al., 2003)

Dieron resultados positivos en el uso de cascaras de plátano y de naranja para la remoción de colorantes como azul de metileno, naranja y violeta de metilo de aguas residuales. En otros experimentos, residuos de olivas mezclados con carbón fueron utilizados como medio de adsorción en columnas para la remoción de azul de metileno en agua residuales, alcanzando hasta un 80% de remoción del colorante. (Banat et al., 2007)

Propiedades de la coronta de maíz para el tratamiento de aguas

El quitosano tiene propiedades antimicrobiales muy interesantes y que además es biocompatible⁷. Adicionalmente, el quitosano se puede obtener de residuos hidrobiológicos, lo que coloca los resultados del presente estudio en una opción tecnológica-ambiental interesante. En el presente trabajo el carbón activado se obtuvo de coronta de maíz (*Zea mays*) y pepa de ciruela (*Spondia purpurae* L.), los cuales fueron impregnados con quitosano comercial marca Fluka. Los estudios comparativos con los productos comerciales se llevaron a cabo morfológicamente mediante estudios de microscopía electrónica de barrido de emisión de

campo, estudios de equilibrio y evaluación de la eficiencia de la adsorción del azul de metileno.
(Cruz et al., 2016)

Propiedades del mesocarpio de coco para el tratamiento de aguas

La capa exterior delgada y lisa que rodea un coco, se denomina el epicarpio. Este epicarpio cubre una capa intermedia denominada mesocarpio constituida por fibras, unidas con tejido parenquimatoso de reserva, y denominada en lo sucesivo parénquima. Por su parte, el mesocarpio cubre el endocarpio denominado también el hueso, que cubre en endospermo denominado también la almendra. Finalmente, en el centro del coco, se encuentra el agua. De acuerdo con estudios realizados sobre esta materia, un coco típico, sin el endocarpio, el endospermo y el agua, pesa un promedio de 227 g y contiene 34% de parénquima, 47% de fibra y 19% de epicarpio expresado en peso seco. La invención permite un lecho de mesocarpio de coco de filtración que tenga una curva de distribución granulométrica más amplia que incorpora partículas más finas. Estas partículas más finas juegan un papel fundamental en la eliminación de los microorganismos patógenos tales como coliformes fecales. (Talbot et al., 2006)

Propiedades de la cacarilla de arroz para el tratamiento de aguas

La notable capacidad adsorbente de la cascarilla de arroz, nombre científico *Oryza sativa*, es atribuida a la naturaleza de sus componentes, celulosa, hemicelulosa, lignina y algunas proteínas. (Chuah et al., 2005)

Luego de esto, se tiene en cuenta la siguiente normativa como sustento del proyecto de investigación:

- Ley General del Ambiente N°28611, Artículo I “Del derecho y deber fundamental” afirma que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una

efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país.

- Ley General del Ambiente N°28611, Artículo III “Del derecho a la participación en la gestión ambiental” menciona que toda persona tiene el derecho a participar responsablemente en los procesos de toma de decisiones, así como en la definición y aplicación de las políticas y medidas relativas al ambiente y sus componentes, que se adopten en cada uno de los niveles de gobierno. El Estado concerta con la sociedad civil las decisiones y acciones de la gestión ambiental.
- Decreto Supremo N°004-2017-MINAM “Aprueban estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen Disposiciones Complementarias”, Artículo 1 “Objeto de la norma”, informa que la presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.
- Decreto supremo N°001-2010-AG, “Aprueban Reglamento de la Ley N°29338, Ley de Recursos Hídricos, Artículo 1 “Aprobación del Reglamento”, señala que consta de doce títulos, doscientos ochenta y siete artículos, nueve Disposiciones Complementarias Finales y diez Disposiciones Complementarias Transitorias.

- Decreto supremo N°001-2010-AG, “Aprueban Reglamento de la Ley N°29338, Ley de Recursos Hídricos, Artículo 148 “Autorizaciones de reuso de aguas residuales tratadas señala que podrá autorizarse el reuso de aguas residuales únicamente cuando se cumplan con todas las condiciones que se detallan a continuación: a. Sean sometidos a los tratamientos previos y que cumplan con los parámetros de calidad establecidos para los usos sectoriales, b. Cuenten con la certificación ambiental otorgada por la autoridad ambiental sectorial competente, que considere específicamente la evaluación ambiental de reuso de las aguas. c. En ningún caso se autorizará cuando ponga en peligro la salud humana y el normal desarrollo de la flora y fauna o afecte otros usos.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál será la eficiencia del sistema de filtros para la remoción de aceites y grasas de las aguas residuales domésticas de la asociación Café Perú, Puente Piedra – Lima 2021?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Implementar un sistema de filtros para remover aceites y grasas en aguas residuales domésticas de la asociación Café Perú, Puente Piedra – Lima 2021.

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar las condiciones fisicoquímicas iniciales de las aguas residuales domésticas de la asociación Café Perú.

Diseñar un sistema de filtros y obtener empaques filtrantes a base de los residuos orgánicos a utilizar: cáscara de naranja, mesocarpio de coco, cascarilla de arroz y coronta de maíz.

Determinar la eficiencia de remoción de aceites y grasas, y las variaciones de conductividad, turbiedad, pH, sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto y temperatura de las aguas residuales domésticas de la asociación Café Perú aplicando el sistema de filtros.

1.4.Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

El sistema de filtros implementado en la asociación Café Perú remueve los aceites y grasas de las aguas residuales domésticas.

1.4.2. Hipótesis específicas

Las condiciones fisicoquímicas de las aguas residuales domésticas de la asociación Café Perú presentan altas concentraciones de aceites y grasas.

Se diseñó e implementó un sistema de filtros elaborado con empaques filtrantes orgánicos (cáscara de naranja, mesocarpio de coco, cascarilla de arroz y coronta de maíz).

El sistema de filtro remueve aceites y grasas de las aguas residuales domésticas y las variaciones de conductividad, turbiedad, pH, oxígeno disuelto y sólidos totales disueltos de las aguas residuales domésticas son favorables.

CAPÍTULO II. MÉTODO

2.1. Tipo de investigación

Para el desarrollo del presente trabajo se delimitarán los tipos de investigación a los que refiere, los cuales se detallan a continuación:

2.1.1. Investigación experimental

La investigación experimental es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente). En cuanto al nivel, la investigación experimental es netamente explicativa, por cuanto su propósito es demostrar que los cambios en la variable dependiente fueron causados por la variable independiente. Es decir, se pretende establecer con precisión una relación causa-efecto. (Arias, 2012)

El trabajo de investigación según la manipulación de variables es experimental, puesto que los materiales usados para el sistema de filtros (primer filtro: arena, grava y piedra, y segundo filtro: la cáscara de naranja, mesocarpo de coco, coronta de maíz y cascarilla de arroz) estarán en constante proceso de “filtración y adsorción” de las aguas residuales domésticas, de las cuales se tomarán muestras antes y después de proceso verificando su efectividad o para la remoción de aceites y grasas, con el fin de hacer esta agua apta para el regadío.

2.1.2. Investigación aplicada

La investigación aplicada busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad o el sector productivo. Esta se basa fundamentalmente en los hallazgos tecnológicos de la investigación básica, ocupándose del proceso de enlace entre la teoría y el producto. El presente ensayo presenta una visión sobre los pasos a seguir en el desarrollo de investigación aplicada, la importancia de la colaboración entre la universidad y la

industria en el proceso de transferencia de tecnología, así como los aspectos relacionados a la protección de la propiedad intelectual durante este proceso. (Lozada, 2014)

El trabajo de investigación según el propósito es aplicado, puesto que tendrá por objeto resolver una necesidad social identificada en el lugar de estudio como lo es la falta de agua para riego de agricultura, el cuál es la fuente de ingresos para esa población, que tiene como solución la creación de un sistema de filtros y es una innovación tecnológica sostenible.

2.1.3. Investigación cuantitativa

El enfoque cuantitativo (que representa, como dijimos, un conjunto de procesos) es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones. Utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías. (Hernández et al., 2014)

El trabajo de investigación según la naturaleza de datos es cuantitativo, ya que establece hipótesis y variables. Además, se usarán métodos estadísticos para los resultados y probar la efectividad. También, resalta que todos los resultados que serán mediciones numéricas tanto para la línea base como lo son la cantidad de aceites y grasas, conductividad, TDS, pH, oxígeno disuelto, turbiedad y temperatura. Luego, serán correspondientemente comparados con los estándares de calidad ambiental para riego (D.S. N° 004-2017, Categoría 3, Subcategoría D1: Riego de vegetales y bebidas de animales)

2.1.4. Investigación de campo

El trabajo de investigación según el lugar de desarrollo es de campo, ya que desde una primera instancia se acudió al lugar de estudio para conocer más a fondo la problemática y soluciones.

Además, las muestras serán recolectadas en el lugar donde se encontrará el sistema de filtros.

El parámetro de aceites y grasas será analizado por ENVIRONMENTAL TESTING LABORATORY S.A.C. (ENVIROTEST), siendo este un laboratorio acreditado por el Instituto Nacional de la Calidad (INACAL).

2.2. Población de estudio

2.2.1. Población

Para el proyecto de investigación la población fue las aguas residuales domésticas efluentes de la Asociación Café Perú ubicado en el distrito de Puente Piedra, en la provincia y departamento de Lima.

Tabla 2

Datos relevantes de la población de estudio.

Datos del área de estudio	
País	Perú
Departamento	Lima
Provincia	Lima
Distrito	Puente Piedra
Área	8510.078626 m ²

Fuente: Área determinada con herramienta de ArcGis 10.3 .

Figura 1

Área delimitada de la población en la asociación Café Perú.



2.2.2. Muestra

En este caso, la muestra será aleatorio simple que según (Casal & Mateu, 2003), consiste en extraer todos los individuos al azar de una lista (marco de la encuesta). En la práctica, a menos que se trate de poblaciones pequeñas o de estructura muy simple, es difícil de llevar a cabo de forma eficaz.

De acuerdo a lo mencionado, sustenta la aplicación de la muestra aleatoria simple pues se tienen 28 efluentes de aguas residuales domésticas en la asociación Café Perú.

En este proyecto, la muestra será 30 L de agua residual doméstica.

Es por ello que, se determinará la cantidad de muestras de la siguiente manera:

Ecuación 1: Hallazgo de número de muestras.

$$n = \frac{Z^2 \times p \times q \times N}{e^2(N-1) + Z^2 \times p \times q}$$

Donde:

N: Población = 28 efluentes

n: Muestra

p: Probabilidad a favor = 0.5

q: Probabilidad en contra = 0.5

Z: Nivel de confianza = 95%, por lo tanto, el valor será 1.96

e: Error de muestra = 5%, por lo tanto, el valor será 0.05

$$n = \frac{1.96^2 \times 0.5 \times 0.5 \times 28}{0.05^2(28 - 1) + 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5}$$

$$n = 26$$

Entonces, la muestra para el desarrollo del proyecto con un nivel de confianza del 95% y por ende, un error de muestra del 5%, será de 26 efluentes.

Teniendo que, se requiere 30 litros de agua residual doméstica y la muestra de realizará en 26 efluentes, resaltando que se hará una muestra aleatoria simple.

Entonces se tiene lo siguiente:

Ecuación 2: Determinación de litros a tomar por cada efluente

$$\text{Litros por efluente seleccionado} = \frac{\text{Litros de muestra}}{\text{N}^\circ \text{ de efluentes para la muestra}}$$

$$\text{Litros por efluente seleccionado} = \frac{30 \text{ L}}{26}$$

$$\text{Litros por efluente seleccionado} = 1.2 \text{ L/efluente}$$

Entonces, la cantidad de agua residual doméstica (aguas grises) por fuente seleccionada aleatoriamente será de 1.2 L/efluente.

La evaluación que se realizará se basa en la calidad de agua para regadío usando como fuente aguas residuales domésticas tratadas, tomando como referencia el D.S. 003 – 2017 MINAM la clasificación es aguas de uso restringido.

2.3. Técnicas e Instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnicas e instrumentos de recolección

Observación directa: registro y toma de datos in situ por medio de la toma de muestras. Además, la observación situacional que se ha realizado para conocer la problemática y las circunstancias con las que se van a trabajar.

Observación indirecta: proyectos de investigación con similitud al uso de materiales orgánicos para el tratamiento de aguas residuales domésticas o en caso contrario alternativas usadas para ello.

Muestreo N°1: Monitoreo de aguas residuales domésticas para la determinar las condiciones fisicoquímicas.

Muestro N°2: Monitoreo a los 2 días del inicio de la filtración o tratamiento de las aguas pues es el tiempo que demorará en filtrar. Fue la primera filtración.

Se empleará el Protocolo de Monitoreo de la calidad de los efluentes de las Plantas de Tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales aprobado en la Resolución Ministerial N° 273-2013-Vivienda para el muestreo N°2, para el N°1 se realizará la recolección de muestras de la mezcla aleatoria realizada.

Además, para los muestreos se usará cadena de custodia, ficha técnica de campo, ficha de laboratorio, etiquetado de muestras y evidencia fotográfica.

2.3.2. Análisis de datos

Para el método de análisis de datos se empleó el programa estadístico Minitab 18 y Microsoft Office Excel, los cuales serán de ayuda para lo siguiente:

- Se realizará prueba de interdependencia que detecta si el sistema de filtros afecta positiva o negativamente el resultado respecto a los parámetros.

- Se analizará el análisis de eficiencia de remoción de los parámetros analizados aplicando la siguiente fórmula:

Ecuación 3: Análisis de la eficiencia de remoción.

$$E = \frac{(S_0 - S)}{S_0} \times 100$$

Donde:

E= Eficiencia de remoción.

S= Concentración de salida.

S₀= Concentración de entrada.

Fuente: (Romero, 1999)

2.3.3. Materiales

Para el proyecto de investigación se destinaron los siguientes materiales especificados en: materiales de gabinete, materiales de campo (incluye construcción de sistema de filtros), instrumentos de laboratorio y programas (softwares).

Tabla 3

Materiales usados en gabinete

Concepto	Cantidad	Medida
Laptop	1	unidad
Lapiceros	5	unidad
Lápiz	2	unidad
Borrador	1	unidad
Hoja bond	1	millar
Impresora	1	unidad

Agenda de apuntes	1	unidad
Fichas de evaluación	1	unidad
Cadena de custodia	1	unidad

Tabla 4

Materiales de campo

Concepto	Cantidad	Medida
Guantes de látex	1	caja
Guardapolvo blanco	1	unidad
Cámara fotográfica	1	unidad
Cooler	1	unidad
Ice pack	4	unidad
Mascarilla	1	caja
Frasco de vidrio ámbar boca ancha	10	unidad
Bidón de plástico de 40 L	2	unidad
Tubos de acrílicos acondicionados	2	unidad
Llave de paso	6	unidad
Codo de tuvo PVC de 2" x 3m.	3	unidad
Tubo de PVC de ½" x 4 m.	4	unidad
Coronta de maíz	10	Kilogramos
Cáscara de naranja	10	Kilogramos
Mesocarpio de coco	15	Kilogramos

Concepto	Cantidad	Medida
Cascarilla de arroz	10	Kilogramos
Malla tipo raschel	2	Metros cuadrados
Pegamento para ferretería	1	unidad
Soporte de madera portable con cubierta de metal	1	unidad
Arena fina	2	Kilogramos
Grava	2	Kilogramos
Piedra	2	Kilogramos

Tabla 5

Instrumentos y materiales de laboratorio

Concepto	Cantidad	Medida
Multiparámetro HACH	1	unidad
Balanza	1	unidad
Vaso precipitado de 250 mL	2	unidad
Vaso precipitado de 500 mL	3	unidad
Piseta	1	unidad

Tabla 6

Programas usados para el desarrollo del proyecto de investigación

Concepto	Cantidad	Medida
Microsoft Office 2017	1	unidad

Microsoft Visio Document 2017	1	unidad
ArcGis 10.3	1	unidad

2.4. Procedimiento

Se tomaron en cuenta las siguientes etapas en el proyecto de investigación:

- **Primera etapa:** la recopilación de información, de las referencias bibliográficas buscadas las ya mencionadas: Scielo, Alicia, Redalyc, Google académico y Cybertesis se han recopilado un total de 20 entre tesis, artículos científicos, revistas científicas, papers e informes. Empleando el método de inclusión. Según (Guirado et al., 2017) el término inclusión parte de la acción incluir que significa contener a algo o alguien dentro de otra cosa, espacio o circunstancia, es sumar algo a otra cosa ya existente. Por tanto, al hacer referencia a la inclusión se alude a la contención de algo o a alguien; expresión que se utiliza ante determinadas situaciones sociales que puedan tener las personas o grupos de ellas en las condiciones desfavorables.
- **Segunda etapa:** Conforme al diseño planteado para el sistema de filtros, se calcularon las medidas adecuadas con el encargado del área de carpintería de Inversiones Arte & Madera E.I.R.L, empresa a la que se contrató para realizar el soporte de madera para el sistema de filtros.
- **Tercera etapa:** Se realizó el contrato con ENVIRONMENTAL TESTING LABORATORY S.A.C. (ENVIROTEST) siendo este un laboratorio acreditado por el Instituto Nacional de la Calidad (INACAL), en donde se analizaron las muestras de agua con los frascos respectivos, los parámetros que no serán tercerizados son: conductividad, temperatura, pH, oxígeno disuelto y sólidos totales disueltos.

- **Cuarta etapa:** Se obtuvieron los materiales que son desechos de comercios de alimentos del mercado Huamantanga – Puente Piedra necesarios para el desarrollo del proyecto de investigación. Estos materiales orgánicos como lo son la coronta de maíz, mesocarpio de coco, cáscara de naranja y cascarilla de arroz se acondicionaron como empaques para el sistema de filtros.
- **Quinta etapa:** Seguido de procesar los materiales orgánicos y la obtención de los materiales en general se armó el sistema de filtros.

La construcción se basó en lo siguiente:

- ✓ Etapa de pretratamiento:

Filtro N°1:

- Recipiente de acrílico con diámetro de 16 cm. y alto de 40 cm
- Grava 16 cm x 10 cm
- Arena fina 16 cm x 9 cm
- Piedra 16 cm x 8 cm
- Malla raschel color verde en cada división.

- ✓ Etapa de tratamiento primario:

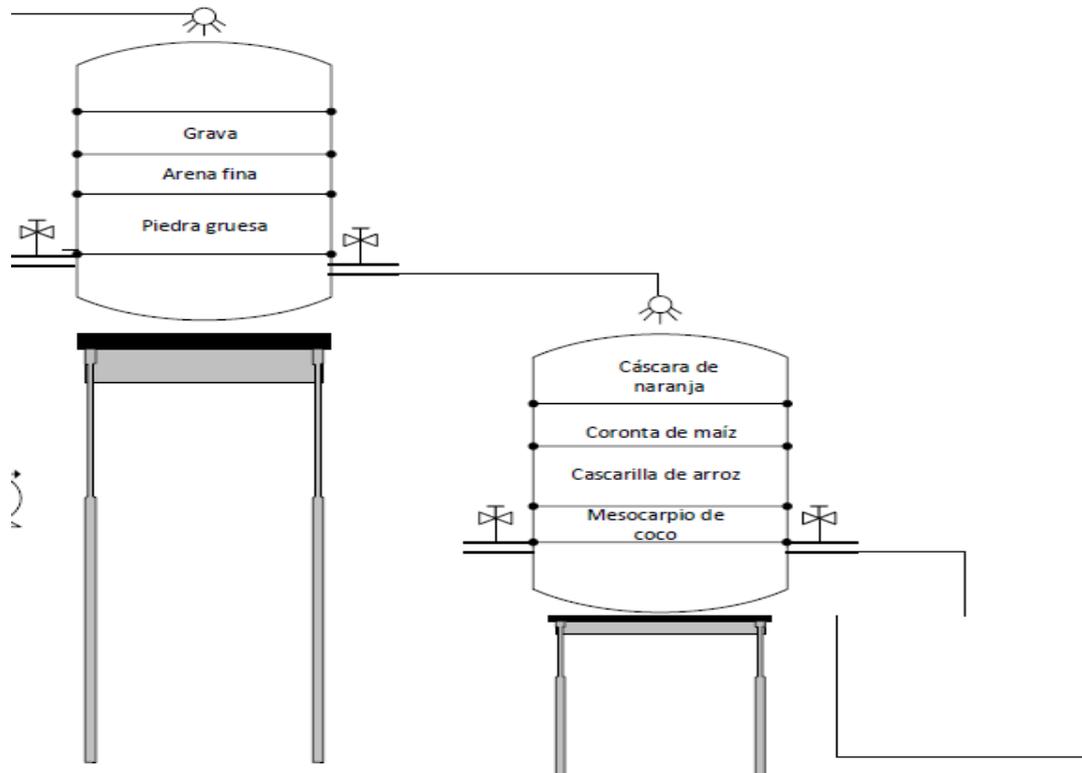
Filtro N°2:

- Recipiente de acrílico con diámetro de 16 cm. y alto de 40 cm
- Cáscara de naranja picado (16 cm x 10 cm)
- Mesocarpio de coco tratado (16 cm x 4 cm)
- Cascarilla de arroz (16 cm x 9 cm)
- Coronta de maíz tratada (16 cm x 5 cm)
- Malla raschel color verde en cada división.

Los medios filtrantes del tratamiento primario es decir los compuestos orgánicos, son resultantes de los residuos que dejan actividades comerciales. Teniendo como fin, la construcción del sistema de filtros se aprecia en la Figura 2.

Figura 2

Diseño del sistema de filtros, adaptada a la remoción de aceites y grasas

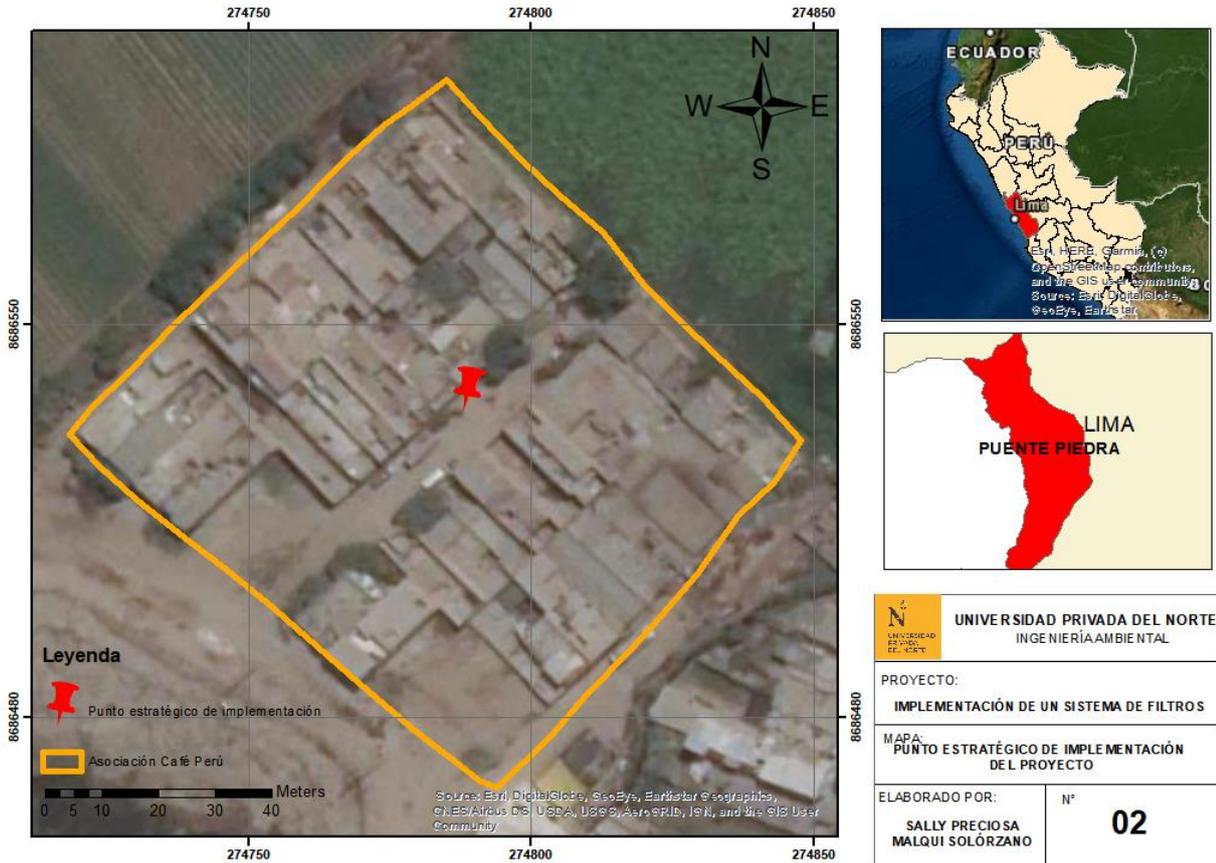


- **Sexta etapa:** Se determinaron los parámetros fisicoquímicos iniciales. Además de la caracterización del lugar de estudio.
- **Séptima etapa:** Se trasladó el sistema de filtros al punto donde se realizará el proceso experimental. Ver figura 3.

Figura 3

Ubicación del Punto estratégico para la implementación del sistema de filtros.

MAPA DE UBICACIÓN DEL PUNTO ESTRATÉGICO DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO



- **Octava etapa:** Luego del traslado se procedió con el funcionamiento del sistema de filtros el cual podrá ser removido del lugar por su competencia de portabilidad. Se tiene en cuenta que, fue colocado en el área de estudio para observar el desarrollo del proyecto con las condiciones adversas mas no controladas.
- **Novena etapa:** Se procedió con el monitoreo del proyecto y se realizaron los muestreos

2.5. Aspectos éticos

En esta investigación se conservan los aspectos éticos de acuerdo a las normas establecidas en el Manual de Redacción de la Universidad Privada del Norte, respetando el Decreto Legislativo N°822, Ley sobre el Derecho del Autor.

Además, no existen riesgos ni se expone la seguridad de los participantes directos e indirectos pues las medidas de seguridad a tomadas se encuentran detalladas en los protocolos optados.

Por otro lado, la investigación no se ha trabajado con seres vivos ni testeado en animales.

La recopilación de información ha provenido de diferentes fuentes de información tales como tesis, artículos científicos, libros, biblioteca virtual de universidades, Alicia, Redalyc, Cybertesis y revistas de Scielo para lo cual vale recalcar que se filtró la búsqueda con el uso de Google académico.

En la presente investigación se consideraron las medidas de prevención y control para la covid-19 en el trabajo de campo debido al estado de emergencia sanitaria en el país.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Antes de realizar el tratamiento de aguas residuales domésticas de la Asociación Café Perú en el distrito de Puente Piedra, se realizó la toma de 26 muestras de acuerdo a la metodología mencionada en el ítem 2.2.2. *Muestra*. A continuación, se especifican las coordenadas (UTM, WGS 84), ver tabla 7.

Tabla 7

Relación de las coordenadas tomadas de acuerdo a las 26 casas como puntos de muestra.

N° de casa	UTM		ZONA
	X	Y	
Casa 1	274814.6006	8686550.8564	18 S
Casa 2	274806.3388	8686562.7451	18 S
Casa 3	274797.0973	8686559.7996	18 S
Casa 4	274792.8497	8686559.4361	18 S
Casa 5	274791.2653	8686552.6747	18 S
Casa 6	274788.5861	8686546.5691	18 S
Casa 7	274782.9580	8686541.3268	18 S
Casa 8	274778.7294	8686538.4185	18 S
Casa 9	274774.1631	8686536.9461	18 S
Casa 10	274766.8988	8686531.9129	18 S
Casa 11	274764.7563	8686526.9178	18 S
Casa 12	274810.6162	8686544.4091	18 S
Casa 13	274805.1913	8686541.1600	18 S
Casa 14	274801.1831	8686537.9214	18 S
Casa 15	274800.1213	8686534.1514	18 S
Casa 16	274796.4310	8686532.1323	18 S
Casa 17	274789.6173	8686525.1108	18 S
Casa 18	274789.2316	8686518.3583	18 S
Casa 19	274785.5716	8686512.2454	18 S
Casa 20	274779.2618	8686510.7600	18 S

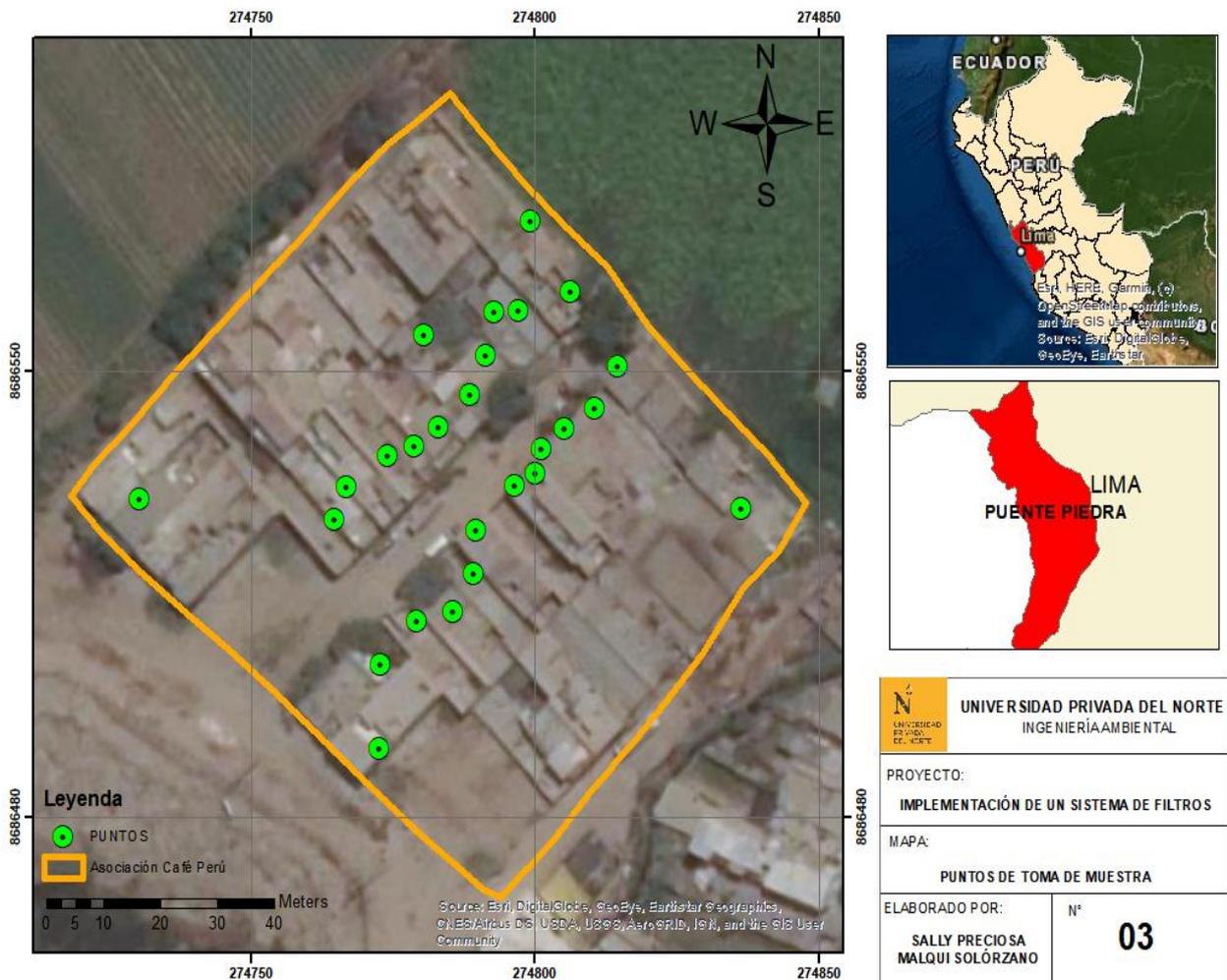
Casa 21	274772.7734	8686503.9622	18 S
Casa 22	274730.4046	8686529.9820	18 S
Casa 23	274772.5443	8686490.7932	18 S
Casa 24	274836.4534	8686528.5568	18 S
Casa 25	274799.1732	8686573.7569	18 S
Casa 26	274780.4529	8686555.8033	18 S

En la tabla 7, se muestran las coordenadas tomadas en los puntos de recolección de muestras de agua residual domésticas útiles para el desarrollo de este proyecto de investigación. A continuación, se detalla en un mapa. Ver figura 4.

Figura 4

Detalle de la ubicación de los efluentes de la toma de muestras

MAPA DE UBICACIÓN DEL PUNTO ESTRATÉGICO DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO



3.1. Determinar las condiciones fisicoquímicas iniciales de las aguas residuales domésticas

Antes de realizar el tratamiento de las aguas residuales domésticas, fueron caracterizadas con fecha al día 11 de septiembre del presente año. A continuación, se indican los parámetros caracterizados y tratados en el presente estudio, ver tabla 8 y 9.

Tabla 8

Concentración inicial en las aguas residuales domésticas de los parámetros analizados en laboratorio tercerizado

Parámetro	Unidad	Se interpreta	Concentración inicial
Aceites y Grasas	mg/L	Miligramos por litro	2186.5
Turbiedad	NTU	Nephelometric Turbidity Unit	240

Fuente: Environmental Testing Laboratory S.A.C.

Tabla 9

Concentración inicial en las aguas residuales domésticas de los parámetros analizados en campo con el multiparámetro HACH

Parámetro	Unidad	Se interpreta	Concentración inicial
Conductividad	uS/cm	Micro siemens por centímetro	6960

Parámetro	Unidad	Se interpreta	Concentración inicial
Oxígeno Disuelto	mg/L	Miligramos por litro	2.57
pH	Es adimensional	Es adimensional	7.935
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	Miligramos por litro	1294
Temperatura	°C	Centígrados	20.6

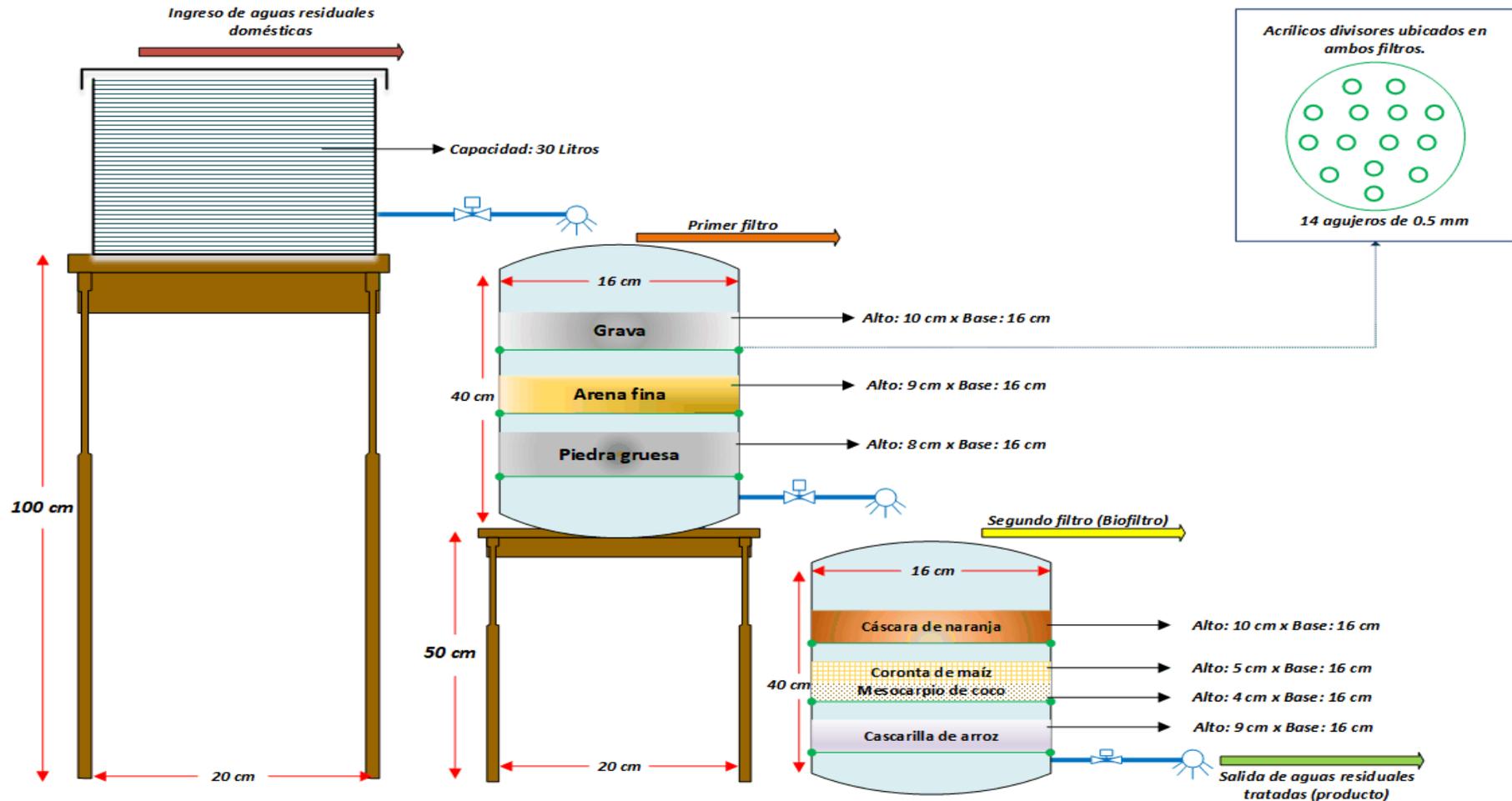
En la tabla 8 y 9, se observan los parámetros de interés para investigación, siendo también variables que serán de impacto para dar resultados y lograr los objetivos planteados.

3.2. Diseño del sistema de filtros

Se realizó el diseño del sistema de filtros considerando las medidas especificadas consideradas en la quinta etapa del procedimiento.

Figura 5

Diseño con medidas especificadas y flujo del sistema de filtros.



3.3. Comparativo de parámetros

3.3.1. Comparación de aceites y grasas

En cuanto a este parámetro, se tienen los resultados de 2 ensayos conforme al tratamiento de aguas con el sistema de filtros en la Tabla 10. En la figura 6, se observa la comparación con los ECA Categoría 3, Subcategoría D1: Agua para riego de vegetales, donde como concentración inicial se obtiene un promedio de 2186.5 mg/L pasando los estándares de calidad ambiental y como efluente un promedio de 0.5 mg/L de aceites y grasas presentes en el agua obteniendo una remoción de 2186 mg/L significando un 99.98 % de remoción, resultando un agua apta para el riego de vegetales según la comparación con el estándar de calidad ambiental.

Tabla 10

Valores de aceites y grasas en la concentración inicial y concentración final.

	Concentración inicial	Concentración final	ECA Cat. 3, Sub. D1
Parámetro	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
	2186.5	0.5	5

A continuación, se presentará el análisis de la eficiencia de remoción del sistema de filtros para el parámetro de aceites y grasas.

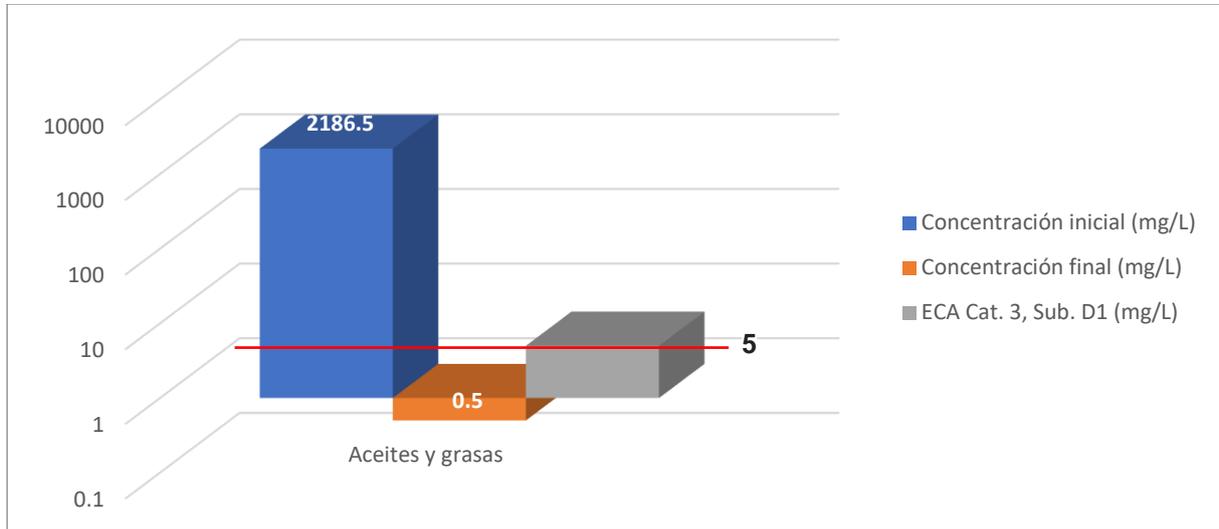
$$E = \frac{(S_o - S)}{S_o} \times 100$$

$$E = \frac{(2186.5 - 0.5)}{2186.5} \times 100$$

$$E = 99.98\%$$

Figura 6

Valores resultantes de los dos ensayos realizados para Aceites y grasas.



3.3.2. Comparación de turbiedad

Para la turbiedad, de igual manera se obtuvieron los resultados de los 2 ensayos en relación al tratamiento de las aguas con el sistema de filtros en la tabla 11. En la figura 7, se muestra la contrastación con los ECA Categoría 1, Subcategoría A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional, en la que como concentración inicial se obtiene un promedio de 240 NTU no cumpliendo con los estándares de calidad ambiental pues esta norma pide un máximo de 100 NTU de turbiedad y como efluente un promedio de 5.3 NTU presentes en el agua obteniendo una remoción de 234.5 NTU significando un 98% de remoción, resultando un agua apta según la comparación con el estándar de calidad ambiental.

Tabla 11

Valores de turbiedad en la concentración inicial y concentración final.

	Concentración inicial	Concentración final	ECA Cat. 1, Sub. A2
Parámetro	(NTU)	(NTU)	(NTU)
	240	5.3	100

A continuación, se presentará el análisis de la eficiencia de remoción del sistema de filtros para el parámetro de turbiedad.

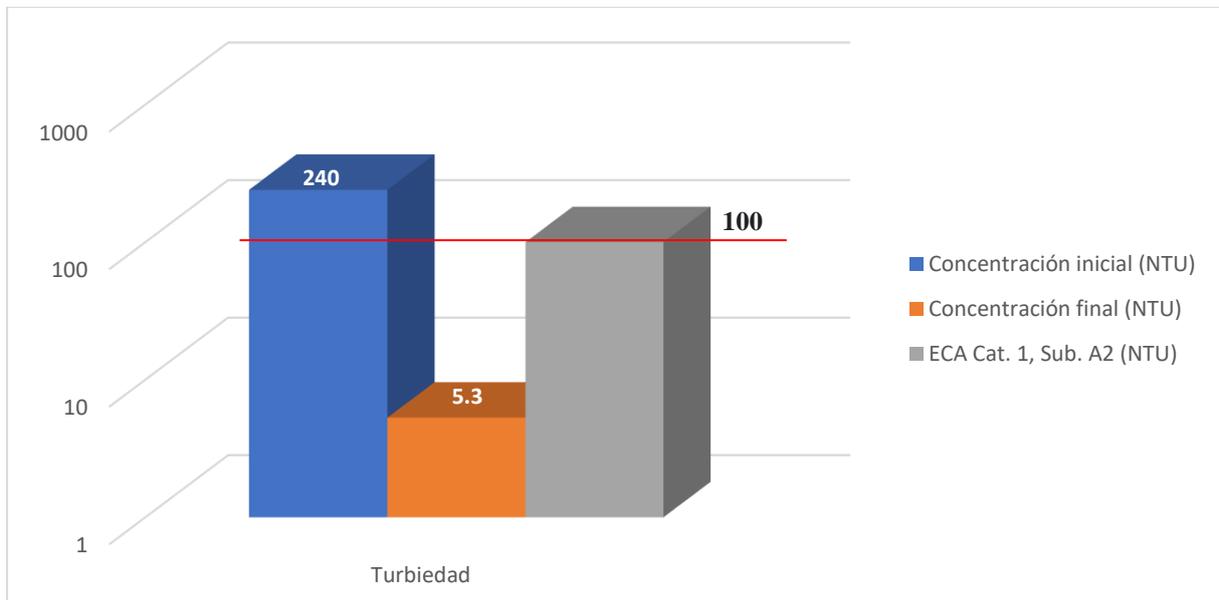
$$E = \frac{(S_0 - S)}{S_0} \times 100$$

$$E = \frac{(240 - 5.3)}{240} \times 100$$

$$E = 98\%$$

Figura 7

Valores resultantes de los dos ensayos realizados para Turbiedad.



3.3.3. Comparación de conductividad eléctrica

En este caso, se muestran los resultados de los 2 ensayos de acuerdo al tratamiento de las aguas con el sistema de filtros en la tabla 12. En la figura 8, se logra observar la comparación con los ECA Categoría 3, Subcategoría D1: Agua para riego de vegetales, en la que como concentración inicial se obtiene un promedio de 6960 uS/cm pasando los estándares de calidad ambiental y como efluente un promedio de 2475 uS/cm de conductividad presentes en el agua obteniendo una remoción de 4485 uS/cm mostrando una estabilidad del agua en sales significando un 64% de remoción, resultando un agua apta para el riego de vegetales según la comparación con el estándar de calidad ambiental.

Tabla 12

Valores de conductividad eléctrica en la concentración inicial y concentración final.

	Concentración inicial	Concentración final	ECA Cat. 3, Sub. D1
Parámetro (uS/cm)		(uS/cm)	(uS/cm)
	6960	2475	2500

A continuación, se presentará el análisis de la eficiencia de remoción del sistema de filtros para el parámetro de conductividad.

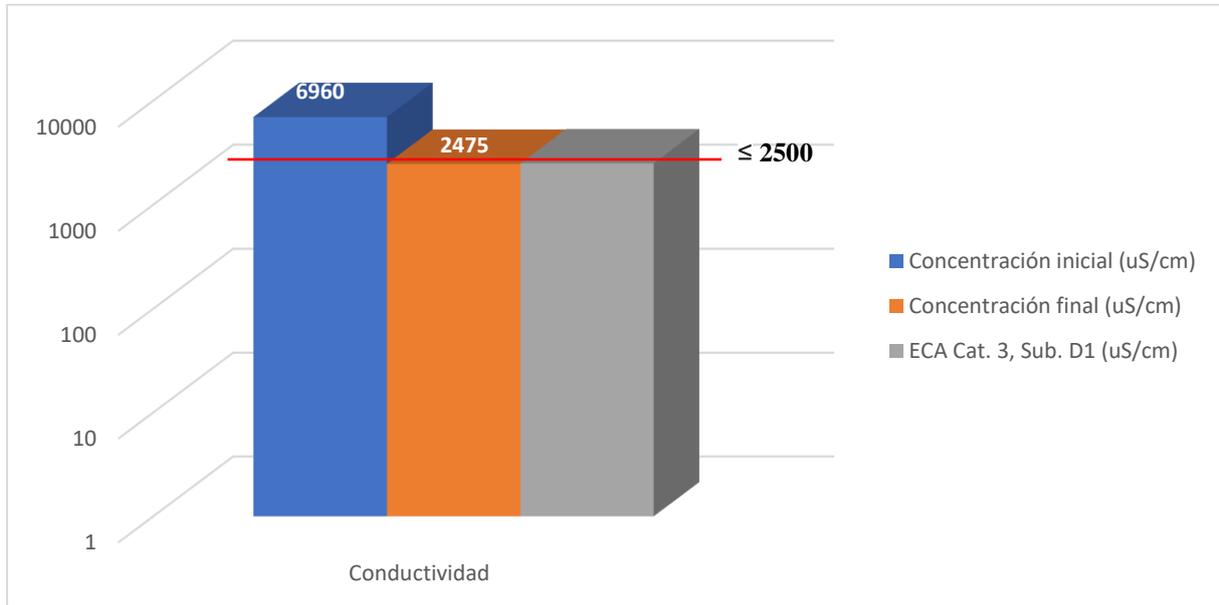
$$E = \frac{(S_0 - S)}{S_0} \times 100$$

$$E = \frac{(6960 - 2475)}{6960} \times 100$$

$$E = 64\%$$

Figura 8

Valores resultantes de los dos ensayos realizados para Conductividad eléctrica.



3.3.4. Comparación de oxígeno disuelto

Para este parámetro, se tienen los resultados de los 2 ensayos en relación al tratamiento de las aguas con el sistema de filtros en la tabla 13. En la figura 9, se muestra la contrastación con los ECA Categoría 1, Subcategoría A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional, en la que como concentración inicial se obtiene un promedio de 2.57 mg/L no cumpliendo con los estándares de calidad ambiental pues esta norma pide como mínimo 5 mg/L de OD y como efluente un promedio de 5.09 mg/L de OD presentes en el agua obteniendo un aumento de 2.52 mg/L mostrando una estabilidad de oxígeno en el agua significando un 98% de aumento positivo, resultando un agua apta según la comparación con el estándar de calidad ambiental.

Tabla 13

Valores de oxígeno disuelto en la concentración inicial y concentración final.

Parámetro	Concentración inicial (mg/L)	Concentración final (mg/L)	ECA Cat. 1, Sub. A2 (mg/L)
	2.57	5.09	5

A continuación, se presentará el análisis de la eficiencia de control del sistema de filtros para el parámetro de oxígeno disuelto.

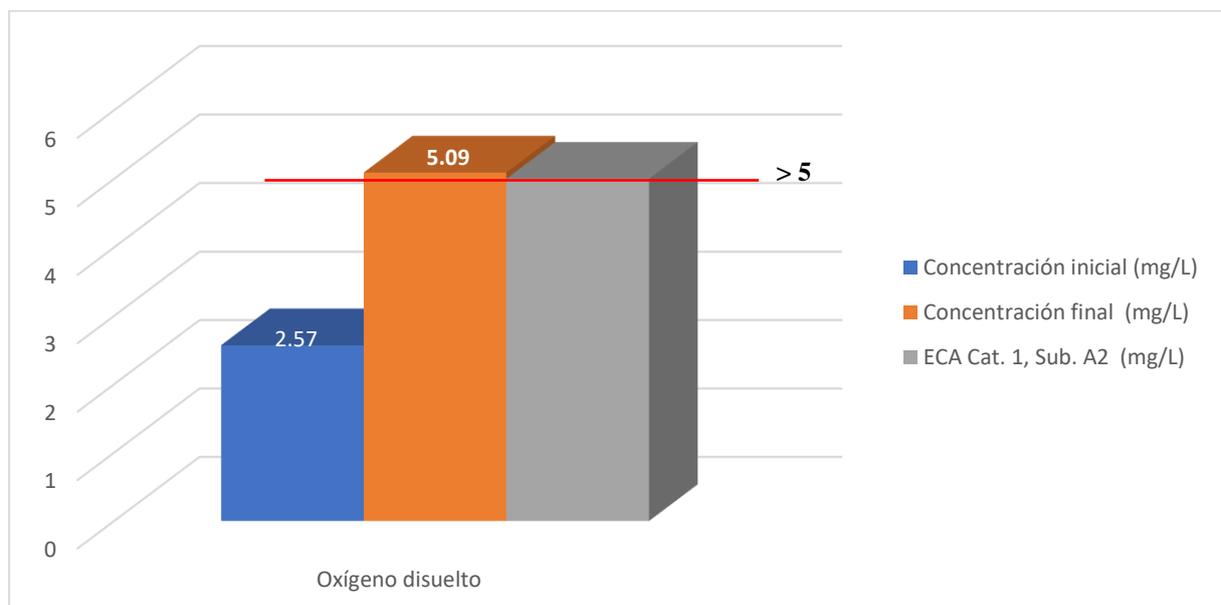
$$E = \frac{(S_o - S)}{S_o} \times 100$$

$$-E = \frac{(2.57 - 5.09)}{2.57} \times 100$$

$$E = 98\%$$

Figura 9

Valores resultantes de los dos ensayos realizados para Oxígeno disuelto.



3.3.5. Comparación de potencial de hidrógeno (pH)

En cuanto al Potencial de hidrógeno (pH), también se obtuvieron resultados de los 2 ensayos en relación al tratamiento de las aguas con el sistema de filtros en la tabla 14. En la figura 10, se observa la comparación con los ECA Categoría 3, Subcategoría D1: Agua para riego de vegetales, en la que como concentración inicial se obtiene un promedio de 7.935 cumpliendo los estándares de calidad ambiental y como efluente un promedio de 7.68 presente en el agua obteniendo una disminución 0.255 mostrando una mejor estabilidad de pH en el agua significando un 3% de variación, resultando un agua apta según la comparación con el estándar de calidad ambiental.

Tabla 14

Valores de pH en la concentración inicial y concentración final.

	Concentración	Concentración	ECA Cat. 3, Sub.	ECA Cat. 3, Sub.
Parámetro	inicial	final	D1 mínimo	D1 máximo
	7.935	7.68	6.5	8.5

A continuación, se presentará el análisis de la variación positiva del sistema de filtros para el parámetro de pH.

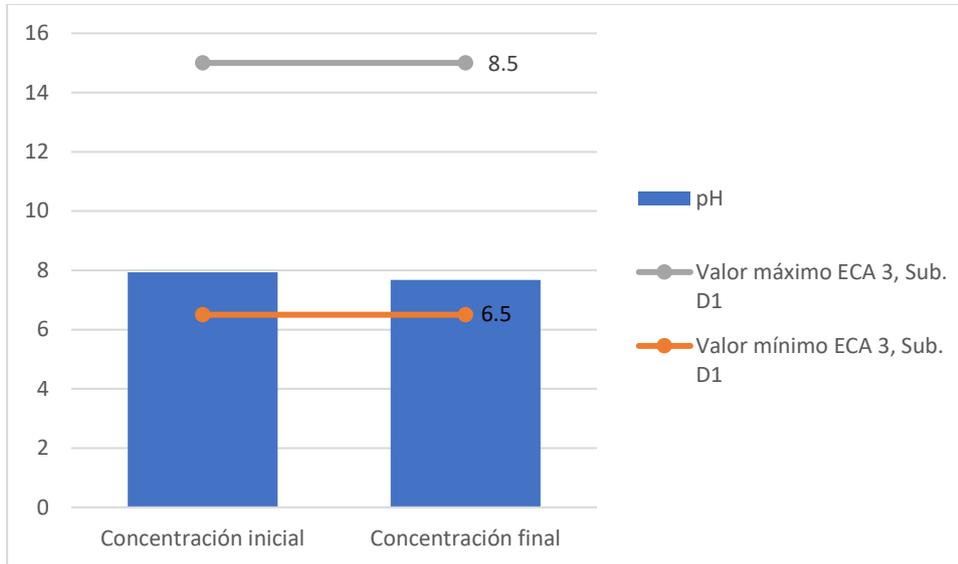
$$E = \frac{(S_o - S)}{S_o} \times 100$$

$$E = \frac{(7.935 - 7.68)}{7.935} \times 100$$

$$E = 3\%$$

Figura 10

Valores resultantes de los dos ensayos realizados para pH.



3.3.6. Comparación de sólidos totales disueltos

Para este parámetro, se tienen los resultados de los 2 ensayos en relación al tratamiento de las aguas con el sistema de filtros en la tabla 15. En la figura 11, se muestra la contrastación con los ECA Categoría 1, Subcategoría A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional, en la que como concentración inicial se obtiene un promedio de 1294 mg/L no cumpliendo con los estándares de calidad ambiental pues esta norma pide como mínimo 1000 mg/L de STD y como efluente un promedio de 238.5 mg/L de STD presentes en el agua obteniendo una disminución de 1055.5 mg/L significando un 82% de remoción, resultando un agua apta según la comparación con el estándar de calidad ambiental.

Tabla 15

Valores de sólidos totales disueltos en la concentración inicial y concentración final.

	Concentración inicial	Concentración final	ECA Cat. 1, Sub. A2
Parámetro	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
	1294	238.5	1000

A continuación, se presentará el análisis de la eficiencia de control del sistema de filtros para el parámetro de sólidos totales disueltos.

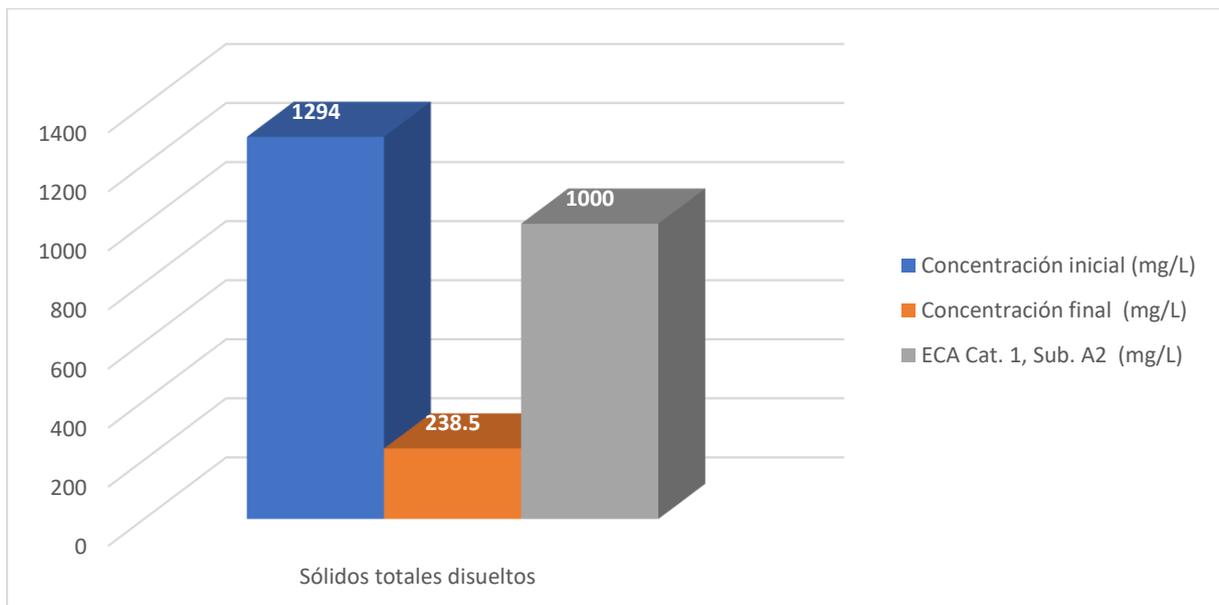
$$E = \frac{(S_0 - S)}{S_0} \times 100$$

$$E = \frac{(1294 - 238.5)}{1294} \times 100$$

$$E = 82\%$$

Figura 11

Valores resultantes de los dos ensayos realizados para sólidos totales disueltos.



3.3.7. Comparación de temperatura

En cuanto a la temperatura, también se obtuvieron resultados de los 2 ensayos en relación al tratamiento de las aguas con el sistema de filtros en la tabla 16. En la figura 12, se observa la

comparación con los ECA Categoría 3, Subcategoría D1: Agua para riego de vegetales, en la que indica el estándar se establece en base al promedio mensual de la zona de estudio, para este caso el promedio es de 18°C. Como medición inicial se obtiene un promedio de 20.6 °C y como efluente un promedio de 20.9 °C, ambos cumpliendo con los estándares de calidad ambiental. No obstante, se muestra una variación de 0.3 °C

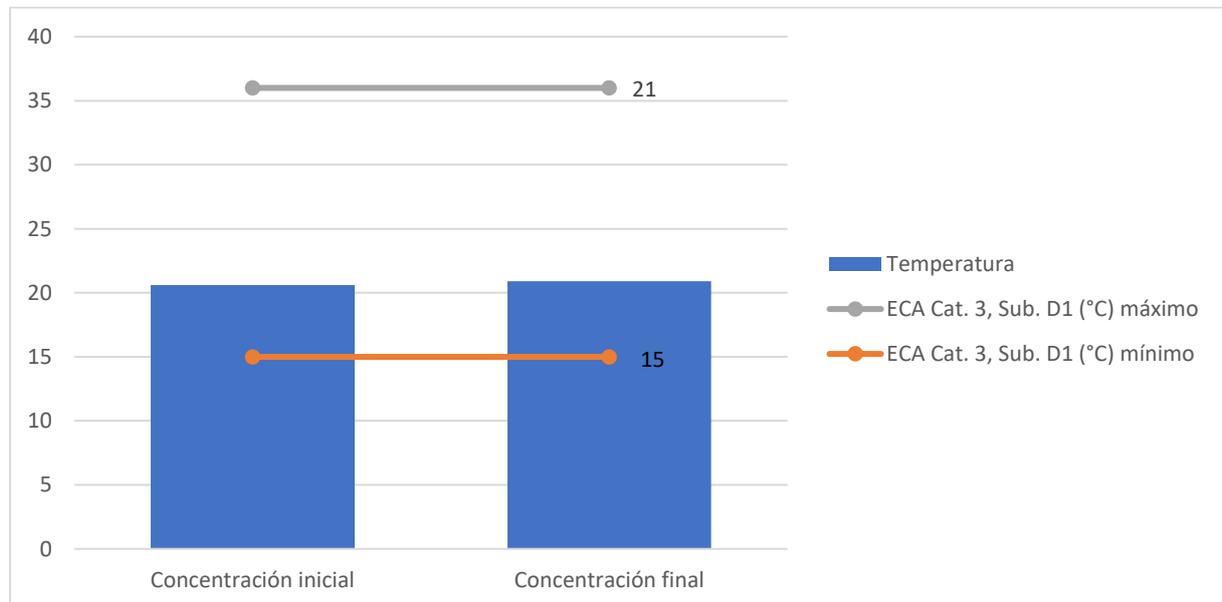
Tabla 16

Valores de temperatura en estado inicial y final.

	Condición	Condición	ECA Cat. 3, Sub.	ECA Cat. 3, Sub. D1
Parámetro	inicial (°C)	final (°C)	D1 (°C) mínimo	(°C) máximo
	20.6	20.9	15	21

Figura 12

Valores resultantes de los dos ensayos realizados para temperatura.



CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

En la investigación elaborada se identificó que la composición física del sistema de filtros (cascarilla de arroz, cáscara de naranja, coronta de maíz y mesocarpio de coco), redujeron la concentración de aceites y grasas, turbiedad, sólidos totales disueltos y estabilizó el nivel de pH, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad.

En la tabla 8, se pueden verificar la concentración inicial de aceites y grasas de acuerdo al análisis de las aguas residuales domésticas. Este resultado presenta una concentración ascendente a 2186.3 mg/L de agua; este sobrepasa los estándares de calidad ambiental Categoría 3, Subcategoría D1: Riego de vegetales establecido en D.S N°004 – 2017-MINAM: Estándares de calidad ambiental para agua, en el cual indica los requisitos necesarios para diversas actividades tales como poblacional, recreación, bebida de animales, riego de vegetales entre otros. Considerando el resultado inicial, luego de implementar el sistema de filtros en las aguas de muestra se logró remover los aceites y grasas en un 99.98 %. Además, los resultados de eficiencia concuerdan con los indicado por Sánchez (2017) quien en su investigación apuntó la remoción de un 99.84 % valor similar al de la presente investigación.

En la tabla 8, se verifica la concentración inicial de turbiedad que asciende a 240 NTU que comparado con los estándares de calidad ambiental Categoría 1, Subcategoría A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional establecido en D.S N°004 – 2017-MINAM: Estándares de calidad ambiental para agua. Luego de implementar el sistema de filtros para tratar el agua muestreada esta concentración disminuyó a 5.3 NTU indicando una eficiencia de remoción del 98 %. Además, este resultado es similar al indicado por Cabrera (2016) quien usando la coronta de maíz para el tratamiento de aguas residuales concluyó con un 80.55 % de remoción de turbiedad.

En cuanto a la remoción de los sólidos totales disueltos se tuvo un porcentaje de eficiencia del 82 %. Sin embargo, según Fernandez & Sanchez (2016) quienes empleando un lecho filtrante a partir del mesocarpo de coco, concluyeron en un porcentaje de remoción de -25% y -50%. Teniendo aquí, una discrepancia ya que en el presente estudio el resultado fue positivo respecto al objetivo. Para el caso del potencial de hidrógeno (pH) se mantuvo en un nivel de neutro a base tanto a la entrada como a la salida, claro está que ello depende de la fuente de agua, en este caso aguas residuales domésticas procedentes exclusivamente de aguas grises. De la misma manera, Fernandez & Sanchez (2016) indicaron que el pH a la entrada de su filtro fue de 6,8 y a la salida fue de 6,5 y 6,3 respectivamente. De ello, solo se tiene la diferencia en cuanto a la fuente de agua, pero la variación fue la misma.

En la tabla 12, se verifica la variación de conductividad eléctrica positiva en relación con el objetivo, logrando una concentración final de 2475 uS/cm con una eficiencia de remoción del 64% según la concentración inicial de 6960 uS/cm. Según, Zamora et al. (2008) una conductividad eléctrica parcial o menor a 2500 uS/cm es importante para evitar la salinización de los suelos en caso de riegos. Considerando el resultado final de este parámetro luego de aplicar el sistema de filtros es apta según los estándares de calidad ambiental Categoría 3, para el riego de vegetales.

En la tabla 13, se muestra el aumento del oxígeno disuelto de 2.57 mg/L a 5.09 mg/L luego de aplicar el sistema de filtros demostrando una eficiencia del 98%. Por lo que, según Abanto & Taboada (2018) en su análisis del uso de la fibra de coco (mesocarpio) como sustrato para el tratamiento de aguas residuales indica un efecto positivo para la oxigenación de estas. Por otro lado, considerando el resultado final de la presente investigación respecto al oxígeno disuelto es apta según los estándares de calidad ambiental Categoría 3, para las aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.

4.2. Conclusiones

Se concluye que, la implementación del sistema de filtros para aguas residuales domésticas ha sido una estrategia económica por la no demanda de materia de primer uso, sino más bien de empaques filtrantes a base de residuos sólidos orgánicos. Además, es eficiente por su remoción de concentraciones altas en parámetros que afectan la calidad del agua usada para riego.

Se realizó un diagnóstico inicial de los parámetros de las aguas residuales de la asociación Café Perú en relación al Estándar de Calidad Ambiental para la Categoría 3, subcategoría D1: Riego de vegetales, concluyendo que los parámetros de aceites y grasa, turbiedad, conductividad, sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto y pH superan lo establecido por la norma.

Se obtuvieron empaques filtrantes de residuos orgánicos tales como cascara de naranja, mesocarpio de coco, coronta de maíz y cascarilla de arroz realizados en base al secado y molienda de estos, cumpliendo con las dimensiones establecidas en el proyecto de investigación. Además, se obtuvo satisfactoriamente los materiales inertes tales como la grava y arena para el pretratamiento. Obteniendo un modelo de filtro con las dimensiones y especificaciones indicados en la figura 5 que lo hace replicable.

Se ha podido determinar el porcentaje de remoción y/o estabilización de los parámetros estudiados (aceites y grasas, turbiedad, conductividad, sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto y pH), por medio de la fórmula de eficiencia utilizando la concentración inicial y final para cada caso. Concluyendo con la gran eficiencia del proyecto, considerando los siguientes porcentajes: Aceites y grasas = 99.98%, turbiedad = 98% , conductividad eléctrica = 64%, sólidos totales disueltos = 82% , oxígeno disuelto = 98% , pH variación del 3% y la temperatura en una variación de 0.3 °C.

REFERENCIAS

- Abanto, F., & Taboada, E. (2018). *Uso de la fibra de coco para la adsorción de diferentes muestras de hidrocarburos - agua y su relación con la salinidad y temperatura*. 76.
- Agudelo, R. M. (2005). El agua, recurso estratégico del siglo XXI. *El agua, recurso estratégico del siglo XXI*, 23(1), 91-102.
- Allen, L. (2015). Manual de diseño para manejo de aguas grises. *Greywater Action*, 58.
- Arias, F. (2012). El proyecto de investigación: introducción a la metodología científica. *Editorial Episteme*, 6.
- Banat, F., Al-Asheh, S., Al-Ahima, R., & Bni-Khalid, F. (2007). Bench-scale and packed bed sorption of methylene blue using treated olive pomace and charcoal. *Bioresource Technology*, Volumen 98(16), 3017-3025. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852406005803>
- Barba, L. (2002). Conceptos básicos de la Contaminación del agua y parámetros de medición. *Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería. Cali*.
- Camacho, A. (2016). *Análisis de las estrategias de adaptación a la escasez hídrica de las empresas vitivinícolas del Valle de Guadalupe, B.C.* 118.
- Casal, J., & Mateu, E. (2003). Tipos de muestreo. *Rev. Epidem. Med. Prev*, 1°, 3-7.
- Chuah, T., Jumasih, A., Azni, I., Katayon, S., & Choong, S. (2005). Rice husk as a potentially low-cost biosorbent for heavy metal and dye removal. *Desalination*, Volumen 17(3), 305-316. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0011916405001293>
- Cruz, G., Velásquez, M., Contreras, J., Solis, J., Gómez, M., & Keiski, R. (2016). Estudio de carbones activados impregnados con quitosano y su comparación con

- carbones comerciales. *Revista de la Sociedad Química del Perú, Volumen 82*, 373-384. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2016000300012&lng=es&tlng=es
- Díaz, E., Alvarado, A., & Camacho, K. (2012). El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México. *Quivera. Revista de Estudios Territoriales, Volumen 14*(1405-8626), 78-97.
- DIGESA. (2000). *Parametros organolépticos*. GESTA AGUA. http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO_DE_USO_1.pdf
- FAO. (2005). *Uso del agua en la agricultura*. Fao. <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0511sp2.htm>
- Fernández, E., & Sánchez, K. (2016). *Evaluación de un lecho filtrante utilizando mesocarpo de coco (Cocos nucifera), para el tratamiento de aguas residuales de la empacadora de banano (Tesis)*. <https://hdl.handle.net/20.500.12802/839>
- Gallardo, L. (2017). *Análisis de la Fibra de Coco como filtro en el tratamiento de Aguas Residuales provenientes del centro de faenamiento Latacunga*.
- García, R. A., & Granillo, Y. A. (2017). Evaluación De Las Condiciones Operacionales En El Proceso De Preparación De Carbón Activado de Cáscara de Naranja Valencia (Citrus Sinensis Linn Osbeck). *Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua*, 92. <http://repositorio.unan.edu.ni/4275/1/96798.pdf>
- Garzón, M., Buelna, G., & Moeller, G. (2012). La biofiltración sobre materiales orgánicos, nueva tecnología sustentable para tratar agua residual en pequeñas comunidades e industrias. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 3(3), 153-161.

- Ghimire, K., Inoue, K., Yamaguchi, H., Makino, K., & Miyajima, T. (2003). Adsorptive separation of arsenate and arsenite anions from aqueous medium by using orange waste. *Water Research*.
- Guilcamaigua, D., Quintero, N., Jiménez, M., & Muñoz, D. (2019). Absorción de aceites y grasas en aguas residuales de lavadoras y lubricadoras de vehículos utilizando absorbentes naturales. *3G Tecnología, Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 12-23.
- Guirado, V., García, X., & Martín, D. (2017). Bases teórico metodológicas para la atención de la diversidad e inclusión educativa. *Revista Universidad y Sociedad*, 9° volumen.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta edic). McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES.
- Iberico, J. (2012). Abastecimiento de agua para la agricultura en la costa. *Moneda*, 35-39. <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Revista-Moneda/moneda-168/moneda-168-07.pdf>
- Kestler, P. (2004). Uso, reuso y reciclaje del agua residual en una vivienda. *Universidad Rafael Landívar*, 64. http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/fulltext/uso_reuso.pdf
- Ley N° 29338. (2009). Ley de los Recursos Hídricos: Ley N° 29338. *Ley de los Recursos Hídricos: Ley N° 29338*, 40. [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/BE196E28BE7D295D05257CE80052C303/\\$FILE/DECRETO_SUPREMO_001_2010_AG_REGLAMENTO_29338_LEY_REC_HIDR.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/BE196E28BE7D295D05257CE80052C303/$FILE/DECRETO_SUPREMO_001_2010_AG_REGLAMENTO_29338_LEY_REC_HIDR.pdf)
- Lozada, J. (2014). Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica*

Indoamérica, 3, 47-50.

Mihelcic, J., & Zimmerman, J. (2011). *Ingeniería Ambiental: fundamentos, sustentabilidad y diseño*. Alfaomega Grupo Editor.

MINAGRI, M. de A. (1970). *Aguas Subterráneas en el Perú, influencias de las sequías en las napas de la costa*.

Muñiz, J. (2016). Eficiencia del biosorbente de coronta de maíz para la adsorción del Cromo Hexavalente en aguas residuales de la industria Curtiembre Huachipa - 2016. *Universidad Cesar Vallejo*.

Murcia, M. L., Calderón, O. G., & Díaz, J. E. (2014). Impacto de aguas grises en propiedades físicas del suelo. *TecnoLógicas*, 17(32), 57. <https://doi.org/10.22430/22565337.204>

OEFA, O. de evaluación y fiscalización ambiental. (2014). *Fiscalización ambiental en aguas residuales* (Primera ed).

Rodrigo, C., Pacheco, P., Orihuela, M., Piñeros, L., & Cobo, E. (2018). Guía de monitoreo participativo de la calidad de agua. *Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)*, 73.

Romero, J. (1999). *Tratamiento de Aguas Residuales. Teoría y principios de diseño* (Tercera ed). Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

Sánchez, A. (2017). Análisis de la cascarilla de arroz utilizada como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de lavadoras y lubricadoras de autos «Politos's» ubicada en el cantón Tisaleo de la provincia de Tungurahua. *Universidad técnica de Ambato*.

Sigler, A., & Bauder, J. (2012). Alcalinidad, pH y Sólidos Totales Disueltos. *Northern Plains & Mountains, Regional Water Program*.

Talbot, P., Pettigrew, D., Lacasse, R., Bélanger, G., Arcand, Y., & Dautais, J. P. (2006).

Coconut mesocarp-based biofilter material and its use in a wastewater treatment system (Patent N.º US7097768B2). En *Brevet américain* (US7097768B2).

Torres, N., & Gaibor, K. (2015). *Estudio de la aplicación del olote o tusa de maíz para la reducción del color en aguas residuales de la hilandería Guijarro Cantón Guano*. Universidad Nacional de Chimborazo.

Vidales, A., Leos, M., & Campos, M. (2010). Extracción de Grasas y Aceites en los Efluentes de una Industria Automotriz. *Conciencia Tecnológica*, 40, 29-34.

Zamora, F., Rdriguez, N., Torres, D., & Yendis, H. (2008). Efecto del riego con aguas residuales sobre propiedades químicas de suelos de la planicie de Coro, Estado Falcón. *Bioagro*, 20.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de la Variable Dependiente

Variable Dependiente	Indicadores	Valor final	Tipo de variable
Tratamiento de aguas residuales domésticas	Turbiedad	NTU	Cuantitativa discreta
	Aceites y Grasas	mg/L	Cuantitativa discreta
	Conductividad	uS/cm	Cuantitativa discreta
	pH	Unidad de pH	Cuantitativa continua
	Sólidos Totales disueltos	mg/L	Cuantitativa discreta
	Oxígeno disuelto	mg/L	Cuantitativa discreta
	Temperatura	°C	Cuantitativa discreta

Anexo 2. Análisis de la Variable Independiente

Variable Independiente	Indicadores	Valor final	Tipo de variable
Composición del sistema de filtros	Aserrín de mesocarpio de coco	Kg.	Cuantitativa discreta
	Cáscara de naranja	Kg.	Cuantitativa discreta
	Coronta de maíz	Kg.	Cuantitativa discreta
	Cascarilla de arroz	Kg.	Cuantitativa discreta
	Arena	Kg.	Cuantitativa discreta
	Grava	Kg.	Cuantitativa discreta
	Piedra	Kg.	Cuantitativa discreta

Anexo 3. Operacionalización de la Variable Dependiente.

Variable	Conceptualización	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
Tratamiento de aguas residuales domésticas en asentamientos humanos dispersos es un problema que compete al desarrollo local sostenible, para el saneamiento de estas aguas han surgido una serie de tecnologías, una de ellas son las denominadas alternativas, cuyas características son adecuadas para esos casos. (Diaz et al., 2012)	El tratamiento de aguas residuales domésticas en asentamientos humanos dispersos es un problema que compete al desarrollo local sostenible, para el saneamiento de estas aguas han surgido una serie de tecnologías, una de ellas son las denominadas alternativas, cuyas características son adecuadas para esos casos. (Diaz et al., 2012)	Parámetros físico - químicos	Turbiedad	NTU
			Aceites y Grasas	mg/L
			Conductividad	uS/cm
			pH	Unidad Potencial de Hidrógeno
			Sólidos Totales disueltos	mg/L
			Temperatura	C°
			Oxígeno disuelto	mg/L

Anexo 4. Operacionalización de la Variable Dependiente.

Variable	Conceptualización	Dimensión	Indicadores	Instrumentos	Escala de medición
Calidad del Agua para riego	La calidad de aguas residuales domésticas se puede subdividir en aguas negras (procedentes de los inodoros, con materia fecal) y aguas grises (procedentes de lavados en general como: cocinas, lavamanos, duchas, conteniendo detergentes, restos de alimentos, materia orgánica y otros contaminantes). (Kestler, 2004)	Medios filtrantes	Empaque de aserrín de mesocarpio de coco empleado	Kilogramos de aserrín de mesocarpio de coco	Eficiencia: $\Delta C = (C_i - C_f) / C_i \times 100\%$
			Empaque de cáscara de naranja empleada	Kilogramos de cáscara de naranja	
			Empaque de coronta de maíz empleada	Kilogramos de coronta de maíz	
			Empaque de cascarilla de arroz	Kilogramos de cascarilla de arroz	
			Empaque de arena empleada	Kilogramos de arena	
			Empaque de piedra	Kilogramos de piedra	
			Empaque de grava empleada	Kilogramos de grava	

Anexo 6. Resultados de la concentración inicial de aceites y grasas, y turbiedad.

**INFORME DE ENSAYO N° 216144
CON VALOR OFICIAL**

Razón Social : SALLY MALQUI SOLORZANO
Domicilio Legal : Complejo Industrial Mza. A Lote. 01, Puente Piedra - Lima.
Solicitado por : SALLY MALQUI SOLORZANO
Referencia : Cotización N° 4047-21R01
Proyecto : IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE FILTROS PARA LA
TOMACIÓN DE ACEITES Y GRASAS DE AGUAS RESIDUALES
DOMESTICAS DE ASOCIACION, CAFÉ PERÚ , PUENTE PIEDRA
Procedencia : AGUAS RESIDUAL DOMESTICA
Muestreo Realizado por : EL CLIENTE
Cantidad de Muestras : 1
Producto : Agua
Fecha de Recepción : 11/09/2021
Fecha de Ensayo : 11/09/2021 al 24/09/2021
Fecha de Emisión : 24/09/2021

I. Resultados

Código de Laboratorio	216144-01			
Código del Cliente	ARE-01			
Fecha de Muestreo	11/09/2021			
Hora de Muestreo (h)	11:50			
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:274810 N:8686550			
Tipo de Producto	Residual Doméstica			
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados
Laboratorio Físico Químico				
Aceites y Grasas	mg/L	0,2	0,5	2,187
Turbidez	NTU	0,05	0,25	240,0

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<=" Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)"=Resolución cuantificable, "(y)" = Límite de Detección de Método,

"-": No analizado

INFORME DE ENSAYO N°216144 CON VALOR OFICIAL

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Laboratorio Físico Químico		
Aceites y Grasas	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23 rd Ed. 2017	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method
Turbidez	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B 23rd Ed. 2017	Turbidity. Nephelometric Method.

SMEWW : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

III. Observaciones

Los Resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

IV. Procedimiento de Muestreo

- PM-OPE-01 Requisitos generales de muestreo
- PM-OPE-02 Transporte, almacenamiento y mantenimiento de equipos
- PM-OPE-04 Muestreo de Aguas
- PM-OPE-11 Aseguramiento y Control de Calidad en el Muestreo



Ing. Jessica Tapia C.
Gerente de Calidad, Seguridad,
Salud y Ambiente
CIP N° 238897

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto. El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio. El tiempo de custodia del informe de ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años. El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra. Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C. Los resultados se relacionan solamente con los ítems de ensayo, bajo las condiciones de las muestras como se recibieron. Para verificar la autenticidad del presente informe de ensayo solicitar información al correo: info@envirotest.com.pe

FIN DEL INFORME

Anexo 7. Cadena de custodia de la toma de muestra para caracterización final de aceites y grasas, y turbiedad.

Nº 042919

envirotest
Environmental Testing Laboratory S.A.C.

CADENA DE CUSTODIA

Agua M.S. C.A. S.O. Emi. Otro I.E. N^o: 216249 Pág. 1 de 1

DATOS DEL CLIENTE					Envío	M.S.	C.A.	S.O.	Emi.	Otro
ENTRAR INFORME DE ENSAYO A										
RAZÓN SOCIAL: <u>Sally Malqui Solorzano</u>					Envío V. F. E. <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DIRECCIÓN: <u>Complejo Industrial Mz. A. U. 01, Puente Piedra</u>										
TELÉFONO: <u>981597791</u> E-MAIL: <u>Sallymalqui@outlook.com</u>										
CONTACTO: <u>Sally Malqui Solorzano</u>										
DIRECCIÓN DE SERVICIOS PLAN DE MUESTREO Nº: _____ CODIFICACIÓN Nº: <u>4129-21</u>					ANÁLISIS REQUERIDOS					
ENTRAR FACTURA A					Número de frascos por punto de muestreo: <u>Acetatos y Grasas</u> <u>Turbidez</u>					
RAZÓN SOCIAL: <u>Sally Malqui Solorzano</u>										
RUC: <u>75430844</u>										
DIRECCIÓN: <u>Complejo Industrial Mz. A. U. 01, Puente Piedra</u>										
NOMBRE DEL PROYECTO: <u>Implementación de un sistema de filtros para la remoción de aceites y grasas de aguas residuales domésticas de Asoc. Café Perú, Puente Piedra</u>					Indicar con una (X) en los recuadros inferiores, los análisis requeridos por cada muestra					
PROCEDENCIA										
Nº de muestra	Código de Cliente	Fecha (d-m-a)	Hora (24-03)	Matriz o Producto	Utilización UTM					
<u>ARS-01</u>	<u>ARS-01</u>	<u>16/09/21</u>	<u>7:00</u>	<u>AR Domestica</u>	<u>27-9815 R6B6SSO</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ENVIROTEST S.A.C.

16 SEP 2021

RECIBIDO

LA RECEPCIÓN NO IMPLICA CONFIRMACIÓN

(A) Información basada por Recepción de Muestras. (B) MATRIZ O PRODUCTO: Salud Ocupacional (S.O.) (Respirables (Resp.), Inhalables (Inh.), Pólvora (Pólv.), PVC, MCE), Calidad de Aire (C.A.) (PM10, PM2.5-99/LVI, PTS, Sol. Cap.), Otros. Agua (A.) (Agua Natural (A. Superficial, A. Subterránea, A. de Manantial, A. Terrenal, A. de Lluvia o Rueda), Agua Residual (AR) (A. R. Doméstica, A. R. Industrial, A. R. Municipal), Agua de Uso y Consumo Humano (A. de beber, A. de bebida, A. Potable, Emulsión, A. de masas, A. de aguas artificiales), Agua Salina (A. de Mar, A. Salobres, Salmastro), Agua de Proceso (A. de circulación y enfriamiento, A. de alimentación para calderas, A. de cocción, A. de lavado, A. para lavar, A. de limpieza y mantenimiento), Emulsiones (Em.) (Partículas ac. - SO), Muestra Sólida (MS.) (Sólido (Sól.), Lodo (Lod.), Sedimento (Sed.))

MUESTREO REALIZADO POR	PLAN/PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	INFORMACIÓN DEL MUESTREO	OBSERVACIONES	SUPERVISOR / REPRESENTANTE DEL CLIENTE
Engrisa: Responsable: <u>Sally Malqui Solorzano</u> Firma: <u>[Firma]</u>		CODIGO DE EQUIPOS UTILIZADOS		Nombre: Cargo: Firma: _____

LABORATORIO - RECEPCIÓN DE MUESTRAS			
Entregado por: Fecha (d-m-a): _____ Hora (24-00): _____ Firma: _____	Recibido por: <u>Ornelis Orundo</u> Fecha (d-m-a): <u>16-09-21</u> Hora (24-00): <u>18:30</u> Firma: <u>[Firma]</u>	Origen de los envases de las muestras:	Cliente: _____ Envirotest: _____
Condiciones de la Muestra:			

Envirotest S.A.C., RUC 20623205936, Calle B Mz C lote 49 Urb. Panamericana-Lima 31-Perú, Central Telefónica (511) 522-3758 / 535-1828, RPC 989114649, E-mail: info@envirotest.com.pe / www.envirotest.com.pe

ADQUIRIENTE O USUARIO

Anexo 8. Resultados de la concentración inicial de aceites y grasas, y turbiedad luego de aplicar el sistema de filtros.

INFORME DE ENSAYO N° 216249 CON VALOR OFICIAL

Razón Social	: SALLY MALQUI SOLORZANO
Domicilio Legal	: Complejo Industrial Mza. A Lote. 01, Puente Piedra - Lima.
Solicitado por	: SALLY MALQUI SOLORZANO
Referencia	: Cotización N° 4129-2021
Proyecto	: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE FILTROS PARA LA REMOCIÓN DE ACEITES Y GRASAS DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE ASOC. CAFÉ PERÚ, PUENTE PIEDRA
Procedencia	: RESERVADO POR EL CLIENTE
Muestreo Realizado por	: EL CLIENTE
Cantidad de Muestras	: 1
Producto	: Agua
Fecha de Recepción	: 16/09/2021
Fecha de Ensayo	: 16/09/2021 al 27/09/2021
Fecha de Emisión	: 27/09/2021

I. Resultados

Código de Laboratorio	216249-01			
Código del Cliente	ARS-01			
Fecha de Muestreo	16/09/2021			
Hora de Muestreo (h)	07:00			
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:274815 N:8686550			
Tipo de Producto	Residual Doméstica			
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados
Laboratorio Físico Químico				
Aceites y Grasas	mg/L	0,2	0,5	<0,5
Turbidez	NTU	0,05	0,25	5,30

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)"=Resolución cuantificable, "(y)" = Límite de Detección de Método.
*.: No analizado

INFORME DE ENSAYO N°216249 CON VALOR OFICIAL

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Laboratorio Físico Químico		
Aceites y Grasas	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23 rd Ed. 2017	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method
Turbidez	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23rd Ed. 2017	Turbidity. Nephelometric Method.

SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

III. Observaciones

Los Resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

IV. Procedimiento de Muestreo

- PM-OPE-01 Requisitos generales de muestreo
- PM-OPE-02 Transporte, almacenamiento y mantenimiento de equipos
- PM-OPE-04 Muestreo de Aguas
- PM-OPE-11 Aseguramiento y Control de Calidad en el Muestreo



Ing. Jéssica Tapia C.
Gerente de Calidad, Seguridad,
Salud y Ambiente
CIP N° 238897

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto. El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio. El tiempo de custodia del informe de ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años. El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra. Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C. Los resultados se relacionan solamente con los ítems de ensayo, bajo las condiciones de las muestras como se recibieron. Para verificar la autenticidad del presente informe de ensayo solicitar información al correo: info@envirotest.com.pe

FIN DEL INFORME

Anexo 9. Puntos de recolección de muestra.



Anexo 10. Análisis de parámetros en campo.



Anexo 11. Implementación y armado del sistema de filtros.

