



Universidad César Vallejo

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

**Sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado
de hydrocotyle vulgaris para el tratamiento de aguas
residuales, Cabanillas, Puno - 2022**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTOR:

Apaza Quispe, Yordan Alexander (orcid.org/0000-0003-4475-0201)

ASESOR:

Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio (orcid.org/0000-0003-1485-5854)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

LIMA – PERÚ

2022

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mi preciado padre Mariano, quien me enseñó que incluso la tarea más grande se puede lograr si se hace un paso a la vez. También a mi querida madre Nicolasa por estar a mi lado apoyándome incondicionalmente, por enseñarme y demostrarme el verdadero significado de las palabras humildad, cuidado, respeto esmero, persistencia y gratitud

Finalmente quiero dedicar esta tesis a mis hermanos Yolanda y Rolando, Jaime y Luz Marina, Rene y Kasandra, Rubén, por apoyarme cuando más los necesitaba, por extenderme su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes

Expresarles mis agradecimientos a mis sobrinos Jason, Yeferson, Yeison, Yerson y a las personas Samanda, Walter, Sr. Percy que influyeron en la realización de esta investigación

De igual manera mis agradecimientos a la Universidad César Vallejo por permitirme optar el título de ingeniero Ambiental, a mi asesor Dr. Fernando Antonio Sernaque quien me guio pacientemente en la elaboración de esta tesis

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	14
3.1. Tipo y diseño de investigación	14
3.2. Variables y operacionalización.....	15
3.3. Población, muestra y muestreo.....	16
3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad	17
3.5. Procedimientos.....	19
3.6. Método de análisis de datos	25
3.7. Aspectos éticos	25
IV. RESULTADOS.....	26
V. DISCUSIONES	43
VI. CONCLUSIONES	45
VII. RECOMENDACIONES	46
REFERENCIAS	47
ANEXOS.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de <i>Hydrocotyle vulgaris</i>	13
Tabla 2. Variables y operacionalización	15
Tabla 3. Fichas de registro aplicados (instrumentos)	18
Tabla 4. Valores de alfa de Cronbach de los instrumentos	19
Tabla 5. Punto de muestreo	20
Tabla 6. Parámetros evaluados.....	21
Tabla 7. Estadística descriptiva de contenido inicial de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.....	30
Tabla 8. Prueba T para igual de medias para el contenido inicial de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	31
Tabla 8. Eficiencia de la remoción de los parámetros fisicoquímicos y biológicos de los tratamientos 1t-1, t-2, y t-3.....	38
Tabla 10. Estadística descriptiva de la desviación estándar por grupos	40
Tabla 11. Análisis de la varianza ANOVA	41
Tabla 12. Prueba de Tukey para determinar el mejor tratamiento	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño del sistema combinado de filtro rotatorio y biofiltro empacado..	22
Figura 2. Aplicación del sistema combinado de filtro rotatorio y biofiltro empacado	22
Figura 3. Concentración de SST inicial en relación a los límites máximos permisibles	26
Figura 4. Concentración de pH, aceite y grasas iniciales en relación a los límites máximos permisibles	27
Figura 5. Concentración de DBO5, DQO y coliformes termotolerantes iniciales en relación a los límites máximos permisibles.....	28
Figura 6. Variación del pH en los tratamientos t-1, t-2 y t-3	32
Figura 7. Contenido de aceites y grasas en los tratamientos t-1, t-2 y t-3.....	32
Figura 8. Contenido de SST en los tratamientos t-1, t-2 y t-3.....	34
Figura 9. Contenido de DBO5 en los tratamientos t-1, t-2 y t-3.....	35
Figura 10. Contenido de DQO en los tratamientos t-1, t-2 y t-3	36
Figura 11. Contenido de coliformes termotolerantes en los tratamientos t-1, t-2 y t-3	37
Figura 12. Eficiencias alcanzadas en los tratamientos.....	39

RESUMEN

La investigación ostentada se realizó con el objetivo primordial de evaluar el sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado con *Hydrocotyle vulgaris* en la incidencia del tratamiento de aguas residuales, Cabanillas, Puno – 2022. En la metodología se ejecutó el tipo de estudio aplicada de diseño no experimental, para su realización se combinó un filtro rotativo y un biofiltro formando un solo sistema. Como muestra se obtuvo 18 L de agua residual para su tratamiento a diferentes tiempos y revoluciones (24h/6rpm, 48h/4rpm y 72h/2rpm), en donde los instrumentos utilizados fueron dos fichas de registro los cuales fueron validados por especialistas en el área. En los resultados se manifiesta que el contenido inicial de los contaminantes se encuentra por encima de los LMP efluentes de PTARs con 323.2mL/L SST, 6.1 de pH, 39.6 mg/L aceite y grasas, 304mg/L DBO5, 396.4mg/L DQO y $2.3 \cdot 10^4$ NMP/100mL de coliformes termotolerantes. Luego de realizar los tratamientos, se removi6 una mayor concentraci6n de contaminantes con un tiempo de retenci6n de 48 horas y 4 revoluciones por minuto quedando 139.2mL/L SST, 7.3 de pH, 16 mg/L aceite y grasas, 93mg/L DBO5, 175mg/L DQO y 8550 NMP/100mL de coliformes termotolerantes. En conclusi6n, el sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado con *hidrocotyle vulgaris* incide significativamente en el tratamiento de aguas residuales alcanzado 64.5% de eficiencia en la remoci6n de los contaminantes

Palabras clave: agua residual, biofiltro, eficiencia, filtro rotativo, tiempo optimo, revoluciones por minuto

ABSTRACT

The research was conducted with the primary objective of evaluating the combined system of rotary filter and biofilter packed with *Hydrocotyle vulgaris* in the incidence of wastewater treatment, Cabanillas, Puno - 2022. In the methodology, a non-experimental design applied type of study was carried out, combining a rotary filter and a biofilter forming a single system. As a sample, 18 L of wastewater were obtained for treatment at different times and revolutions (24h/6rpm, 48h/4rpm and 72h/2rpm), where the instruments used were two record cards which were validated by specialists in the area. The results show that the initial content of pollutants is above the LMP for WWTP effluents with 323.2mL/L TSS, 6.1 pH, 39.6 mg/L oil and fats, 304mg/L BOD5, 396.4mg/L COD and $2.3 \cdot 10^4$ NMP/100mL of thermotolerant coliforms. After performing the treatments, a higher concentration of contaminants was removed with a retention time of 48 hours and 4 revolutions per minute leaving 139.2mL/L TSS, 7.3 pH, 16 mg/L oil and fats, 93mg/L BOD5, 175mg/L COD and 8550 NMP/100mL of thermotolerant coliforms. In conclusion, the combined system of rotary filter and biofilter packed with *hydrocotyle vulgaris* has a significant impact on wastewater treatment reaching 64.5% efficiency in the removal of pollutants.

Keywords: wastewater, biofilter, efficiency, rotary filter, optimum time, revolutions per minute.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, en distintos lugares del mundo el aumento en la contaminación de cuerpos superficiales de agua como de ríos, lagos y lagunas se ha acelerado. “Esto debido al vertimiento de aguas residuales de distintos orígenes como de industrias, actividades pecuarias, domésticas, municipales y otras actividades antropogénicas” (Raffo y Ruiz, 2014, p. 74), la concentración y la variedad de contaminantes varía de acuerdo a la fuente de origen de las aguas residuales. A esta problemática se añade el alto contenido de desechos sólidos presentes en los cuerpos de agua debido al acrecentamiento de los habitantes como también a la expansión de las urbanizaciones asimismo al incorrecto uso y manejo del agua (Chen y Zhang, 2018), las cuales hacen que cada vez sea más alta la demanda del recurso, este proceso se refleja claramente en las zonas urbanas y suburbanas los cuales carecen de provisiones de agua potable como también de un procedimiento para el tratamiento de sus aguas residuales (Briceño, 2019). En el último informe sobre manejo del agua y el cambio climático a nivel global, se realizó una invocación a todos los estados para que pongan mayor énfasis en la tarea de afrontar la problemática de mejorar la calidad de tratamiento del agua, puesto que, el detrimento de los recursos hídricos (cuerpos lóticos) generales sitúa en riesgo la consecución del objetivo de desarrollo sostenible (UNESCO, 2020).

En el Perú un porcentaje del 70 % del total de las aguas residuales que son vertidas a las fuentes de agua superficial, no son adecuadamente tratadas. En el país solo el 14% de los 143 PTARs (plantas de tratamiento de agua residual) cumplen con las normativas respectivas de funcionamiento establecidos en el plan de saneamiento (SUNASS, 2018). De esta manera, en el país se manifiesta un incremento en la problemática por la contaminación de los cuerpos de agua (lagos, ríos y acuíferos), puesto que, en ellos son donde se descargan las aguas residuales de origen antrópico. Los microorganismos presentes en las aguas residuales municipales pueden sobrevivir a los tratamientos ineficientes, por lo que su reúso en riego agrícolas, actividades recreativas, actividades piscícolas, figuran un riesgo potencial a la salud pública (Calla, 2015). Las sustancias que componen el agua residual son compuestos orgánicas e inorgánicas, las cuales,

al no ser tratadas debidamente, ponen en peligro la salud pública y el medio ambiente, en el Perú unas de las grandes preocupaciones es la contaminación de los cuerpos loticos naturales, las cuales presentan altos niveles de contaminantes inorgánicos. (Larios y González, 2015)

La realidad problemática que presenta el distrito de Cabanillas (zona de estudio) se ve reflejada en el ineficaz tratamiento de las aguas residuales municipales por parte de su laguna facultativa la cual se encuentra en condiciones precarias y no cuentan con la autorización de vertimiento de la Autoridad Nacional del Agua (Lopez, 2022). Las situaciones en las que se dirigen los sistemas de tratamiento, generan inseguridad en las poblaciones asentadas en áreas cercanas del río, presentándose protestas y discusiones principalmente de los usuarios agrarios de las irrigaciones Yanarico, Yocará en contra de los gobiernos locales Cabanillas, debido a la mala gestión y disposición de sus aguas residuales municipales. Volviéndose en una de las causales de un conflicto latente, la cual tiende a convertirse en un conflicto social y ambiental de mayor amplitud afectando a demás población cercanas al río Cabanillas. (Huayta, 2019, p. 1)

A la vista de la problemática realidad introducida, se ha propuesto los interrogantes, general: ¿Cómo el sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado con *Hydrocotyle vulgaris* incide en el tratamiento de aguas residuales, Cabanillas, Puno - 2022?, con los siguientes problemas específicos: ¿Cuánto será la concentración inicial de los parámetros fisicoquímicos y biológicos presentes en las aguas residuales municipales en el punto de descarga?; ¿Cuál será el tiempo de retención adecuado en el sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado con *Hydrocotyle vulgaris*, para la remoción de los contaminantes fisicoquímicos y biológicos presentes en las aguas residuales municipales?; ¿Cuál será la eficiencia del sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado con *Hydrocotyle vulgaris* en la remoción de los contaminantes fisicoquímicos y biológicos presentes en las aguas residuales municipales?

Para la presente investigación las justificaciones serán expuestas de maneras:

Técnica debido a que el sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado con *Hydrocotyle vulgaris* en el tratamiento de aguas residuales municipales es adecuado y de fácil aplicación para la remoción de la carga contaminante presente en estas aguas debido a sus características, por tal motivo la remoción de agregados contaminantes del agua residual en el sistema de filtros combinado es técnicamente eficiente (Chura, 2021). En la justificación económica, el uso de *Hydrocotyle vulgaris* como alternativa de tratamiento de aguas residuales es una técnica que puede ser aplicada en las diferentes épocas del año debido a que pueden ser reproducidas a condiciones controladas, por lo que es fácil de cultivarlas y además solo hace falta un medio acuático y una fuente de luz, resultando ser económicamente viable. (Mata y Pérez, 2019)

En la justificación social, los pobladores que usan las aguas del río Cabanillas para la agricultura y ganadería, se verán beneficiados, ya que al disminuir los contaminantes del agua residual que son descargados al río Cabanillas, estas aguas serán de mejor calidad para sus actividades, siendo salubre usar esta corriente natural de agua en algunas actividades (Quispe, 2018). En la justificación ambiental, la aplicación del sistema combinado de filtros para la remoción de contaminantes de las aguas residuales municipales aplicando el *Hydrocotyle vulgaris*, contribuye en la reducción de los contaminantes presentes como coliformes termotolerantes, nitratos y otros contaminantes concentrados en estas aguas, asentándose como una alternativa para la exclusión de contaminantes de aguas residuales de una manera ecológica, responsable y sostenible, ayudando a mantener en equilibrio el ecosistema acuático y terrestre del lugar. (Vargas, 2020)

Del mismo modo, se determina como objetivo general de la investigación: Evaluar el sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado con *Hydrocotyle vulgaris* en la incidencia del tratamiento de aguas residuales, Cabanillas, Puno - 2022, con los siguientes objetivos específicos: Determinar la concentración inicial de los parámetros fisicoquímicos y biológicos presentes en las aguas residuales municipales en el punto de descarga; Determinar el tiempo

de retención adecuado en el sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado con *Hydrocotyle vulgaris*, para la remoción de los contaminantes fisicoquímicos y biológicos presentes en las aguas residuales municipales; Determinar la eficiencia que posee el sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado con *Hydrocotyle vulgaris* en la remoción de los contaminantes fisicoquímicos y biológicos presentes en las aguas residuales municipales.

De los objetivos fijados se formuló la hipótesis general: El sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado con *Hydrocotyle vulgaris* incide significativamente el tratamiento de aguas residuales, Cabanillas, Puno - 2022, con los siguientes objetivos específicos: La concentración inicial de los parámetros fisicoquímicos y biológicos presentes en las aguas residuales municipales en el punto de descarga, superan los límites máximos permisibles; El tiempo de retención adecuado en el sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado con *Hydrocotyle vulgaris*, consentirá una mayor remoción de los contaminantes fisicoquímicos y biológicos presentes en las aguas residuales municipales; La eficiencia máxima del sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado con *Hydrocotyle vulgaris* será superior al 60%, en la remoción de los contaminantes fisicoquímicos y biológicos presentes en las aguas residuales municipales.

II. MARCO TEÓRICO

Para la obtención de información relacionadas al tema en estudio se investigó antecedentes a escala internacional (global), como también, nacional y local los cuales son expuestas a continuación.

Chen y Zhang (2018) con la finalidad esencial de mejorar la calidad de los efluentes, se utilizó el proceso de tratamiento que incluye principalmente la tecnología combinada de filtro rotativo para la planta de tratamiento de aguas residuales. La metodología aplicada consta de cinco procesos combinados: Zona mixta, zona de floculación, zona de transición, zona de sedimento y cuarto de clorado. Los resultados reales de la operación muestran que el proceso de tratamiento avanzado puede lograr una buena calidad del efluente, obteniendo los siguientes datos; Antes (DBO5 121.0 mg/L; SST 145.0 mg/L; pH 9.0; TP 5.9 mg/L), después del tratamiento: (DBO5 88.0 mg/L; SST 98.0 mg/L; pH 7.5; TP 2.6 mg/L).

Wang, et al. (2021) este informe se realizó con el objetivo principal de disminuir cianobacterias y producir agua más limpia. En la metodología se aplicó un filtro de tambor giratorio (RDF, 35- μ m) para eliminar los brotes de cianobacterias y producir agua limpia en el lago Caohai (Kunming, China). Tras el tratamiento con un RDF a bordo y la floculación con poliacrilamida catiónica (CPAM, 0,5-2 mg/L) se obtuvo como resultado la eliminación del más del 95% de la biomasa de cianobacterias. El foco de clorofila-a (Chl-a) y la turbidez en el efluente fueron $< 8 \mu\text{g/L}$ y $< 3 \text{ NTU}$, por separado. Los focos de suplemento fueron asimismo especialmente disminuidos, con un registro de permanganato (PI) de $< 2 \text{ mg/L}$ y una centralización de fósforo all out de $< 20 \mu\text{g/L}$. La fijación de nitrógeno se redujo de 2,75 a 1,65 mg/L, y la mayor parte del nitrógeno restante era nitrato. Aunque la expulsión de las partículas en suspensión y la mejora de la transparencia del agua son fuertes, la innovación consolidada no mostró una gran disminución de los suplementos inorgánicos y sólo una ligera disminución de la materia natural descompuesta.

Lopez (2022) el objetivo general de este informe fue decidir la capacidad del filtro de biodiscos rotatorios en condiciones controladas en el tratamiento de aguas residuales metropolitanas. La técnica utilizada fue el análisis documental y la percepción, se utilizó una guía de percepción de campo para recoger datos y se comprobó la fiabilidad y legitimidad de los instrumentos. Se utilizó el tratamiento con biodiscos utilizando agua del río Lampa, con dos temporadas de mantenimiento a presión de 4 y 8 horas. Los resultados mostraron que con una temporada de mantenimiento impulsada por el agua de 4 horas la eficacia de evacuación de la DBO y la DQO fue del 40% y la mitad por separado, mientras que con una temporada de mantenimiento impulsada por el agua de 8 horas para la DBO y la DQO fue del 80% para ambas, para los Coliformes Totales y *Escherichia Coli* en una temporada de mantenimiento de 4 horas la eficacia fue del 30% y el 53,94% por separado, 8 horas la productividad fue del 96,25% y el 97,11% individualmente. La determinación es que con una estación de mantenimiento de 8 horas hay una mayor productividad en el tratamiento.

Tawfik, et al. (2001) dicha investigación se realizó con el objetivo principal de realizar un post tratamiento de las emanaciones de agua residual mediante un filtro contactor rotativo anaeróbico (UASB). En la metodología, las eficiencias de reducción de DQO total, la DQO suspendida, la DQO coloidal y la DQO soluble aumentaron a un mayor tiempo de mantenimiento impulsado por agua (HRT). Los resultados mostraron que un reactor RBC de dos etapas con un tiempo de mantenimiento del agua de 10 horas y un ritmo de apilamiento natural de 6,4 g de DQO m⁻² d⁻¹ permite un proceso de postratamiento satisfactorio. La mayor parte de la DQO suspendida y la DQO coloidal se eliminaron en la etapa principal. La eficacia general de la nitrificación fue del 92% a un ritmo de apilamiento de sales aromáticas de 1,1 g m⁻² d⁻¹. La expulsión completa de *E. coli* en los TRH de 10, 5 y 2,5 h fue del 99,5%, 99,0% y 89,0%, por separado. La parte significativa de *E. coli* en suspensión (>4,4 mm) se eliminó por sedimentación en la biopelícula de la fase primaria de RBC (99,66%). En cualquier caso, *E. coli* en la parte coloidal (>4,4 a >0,45 mm) se eliminó en la segunda fase de RBC (99,78%).

Hassard y Biddle (2014) en la investigación se aplicó los filtros contactores rotativos orgánicos para el tratamiento de aguas residuales para la remoción de la DBO y las sales olorosas. El RBC se ha aplicado con un logro apenas restringido para mejorar la evacuación natural de fósforo y se ha logrado hasta un 70% de expulsión completa de fósforo. En comparación con otros procesos de biopelícula, el RBC tenía unos costes energéticos un 35% inferiores a los de los canales de flujo, pero más atractivos que los marcos de los humedales. En cualquier caso, la impresión del terreno para un tratamiento similar es menor que estas otras opciones. El ciclo RBC se ha utilizado para la expulsión de toxinas necesarias, como medicamentos y artículos de consideración individual. Se ha demostrado que el marco RBC elimina casi el 100% de los coliformes fecales y la mayoría de los demás microbios de las aguas residuales. Asimismo, 120 gm-2 d-1 con un ideal en torno a 15 gm-2 d-1 para la evacuación consolidada de la DBO y las sales olorosas. La nitrificación completa es factible en condiciones de interacción adecuadas con ritmos de oxidación de hasta 6 gm-2 d-1 anunciados para las aguas residuales civiles. La interacción RBC ha sido ajustada para la desnitrificación con ritmos de evacuación revelados de hasta 14 gm-2 d-1 con aguas residuales ricas en nitrógeno

Tawfik y Lettinga (2001) éste estudio se ha hecho para evaluar el potencial del efecto del uso de un filtro contactor biológico rotativo (RBC) para post tratamiento de aguas residuales. En la metodología se aplicó una etapa solitaria, un marco de RBC de dos fases y un bio-canal anóxico bajado del corriente seguido por un RBC segmentado de dos fases que consume oxígeno en la productividad de expulsión de varias porciones de DQO, *Escherichia coli*, sales olorosas y algo de evacuación de nitrato. Los dos RBC (de una sola fase) se trabajaron a un HRT consistente de 2,5 h y a una temperatura de 21°C, pero a varios olores, a saber, de 10g y 14g de DQO/m2 día debido a las características excepcionalmente únicas de UASB que emana. Los resultados muestran claramente que los aumentos restantes de DQO total, álcali y E. coli en la última emanación son fundamentalmente más bajos en el menor forzado de 10 g de DQO. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos prescribimos para utilizar una etapa solitaria RBC marco en OLR de 10 g COD_{biod}/m2 día y

en HRT de 2,5 h para el post tratamiento de la emanación de UASB reactor trabajado a alta temperatura de 30 °C como para la mayor parte gana en las naciones tropicales.

Tawfik y Sanders (2013) se utilizó un filtro contactor biológico rotativo (RBC) con aguas residuales caseras o efluentes anaerobios. En la metodología, la investigación se dirigió a la expansión de las temperaturas funcionales, a saber, 11, 20 y 30°C, para estudiar la probable expansión de las eficiencias de evacuación para las diferentes partes de la DQO (DQO total, DQO suspendida, DQO coloidal y DQO soluble), E. coli y la tasa de nitrificación. Los resultados muestran claramente que, el RBC con un TRH de 2,5 h y una TCO de 47g COD/m² dio un valor de DQO total restante extremadamente alto de 228 mg/l al tratar aguas residuales caseras. Esta situación no se da cuando se contrasta con los resultados obtenidos para el marco cuando se trabaja a un HRT similar, pero con OLR de 27, 20 y 14,5 g de DQO/m² con un UASB que emana a temperaturas funcionales de 11, 20 y 30°C individualmente. Los valores restantes de DQO total sumaron 100, 85 y 72 mg/l en los últimos efluentes. Además, se encontró una alta evacuación de sales olorosas y bajos remanentes de E. coli para el RBC mientras se trataba un UASB que emanaba a la temperatura funcional de 30°C cuando se contrastó con la circunstancia para el tratamiento de aguas residuales caseras y el efluente del UASB a temperaturas más bajas de 11 y 20°C.

Calloapaza (2021) en esta investigación el objetivo esencial fue evaluar los impactos de *Hydrocotyle* en el tratamiento del agua proveniente del arroyo Torococha Juliaca. En la metodología, se ejecutó en un cenagal falsificado de vidrio de 10 mm de espesor, el *Hydrocotyle* fue traído desde la ciudad de Cusco y ajustado durante 10 días a los estados naturales de Juliaca. El emprendimiento se completó en un tiempo de 8 días con controles como un reloj y simultáneamente se terminaron las pruebas en tres veces en botellas de 500 ml y se llevaron a la instalación de investigación para el examen de DBO₅, PO₄, DQO y NO₃. Después del período de examen, se obtuvieron los resultados adjuntos: la investigación del agua del arroyo Torococha con

arreglos fueron: pH= 7,56; U_c/cm; PO₄= 7,7; DBO₅= 193,4 mg/l; T=8,47°C, Ce=191,9, NO₃= 8,87; DQO= 647. Y para resultados de próximo de 8 días de tratamiento: pH= 7,80; NO₃= 0, DBO₅ = 47 mg/l. T=10,80°C; DQO= 165 mg/l; Ce=178 U_c/cm; PO₄ = 0,1 Los índices de eliminación son: PO₄ = 98.66 %; DBO₅ = 75.70 %; NO₃= 100 %; DQO= 74.50 %

Tapia (2020) en este informe el objetivo esencial es analizar el potencial de eliminación de *Hydrocotyle vulgaris* en las aguas residuales de la localidad de Carhuamayo. Los instrumentos para el surtido de información son los diseños expuestos en la metodología, para distinguir la pesadez de las piezas de la planta. Para luego despachar el laboratorio. Los principales resultados son: concentración final (0.5% de K; 0.28% de Na, 0.28% de Cd, 4.13ppm de Pb; 33 ppm de Cu, 179 ppm de Zn,) en un medio de aguas residuales que en agua normal. Para Ca 0.28% de remoción y 227 ppm de Fe mostrando mayor remoción de estos en las aguas residuales. Se presume que las pruebas de las plantas de *Hydrocotyle* son enormes en mezclas naturales (P₂O₃) en medios de aguas residuales.

Custodio, et al. (2020) en este informe se evaluó la reducción de metales pesados concentrados en lagos con la aplicación de humedales de *Hydrocotyle ranunculooides*. En la metodología el agua se analizó con las pruebas de limo para cada laguna mareal se dirigieron en tres locales conformando un ejemplo compuesto. Las pruebas de agua se recogieron en las tuberías de alimentación y emanación para decidir la fijación de metales pesados y la productividad de evacuación por *Hydrocotyle*. Para comprobar los metales se realizó la técnica de espectrofotometría de ingestión de fuego nuclear. La agrupación media de los metales pesados en el residuo, en una solicitud de caída, fue: Fe > Zn > Pb > Cu > Cd. Las convergencias de estos metales fueron (998,0 a 1365,02); (488,01 a 600,30); (88,23 a 95,01); (1,47 a 1,53); (0,01 a 0,13 mg/Kg), por separado. En los 4 lagos de ajuste, la cuantía del factor de contaminación para el Cd, el Cu y el Fe se calificaron como factor de contaminación bajo. Mientras que, para el Zn y el Pb, se calificaron como factores de contaminación moderados.

Masache (2016) este estudio propuso como objetivo trascendental evaluar la cuantía de fitorremediación de las plantas colectoras e hiperacumuladoras (*Hydrocotyle ranunculoides*), la metodología utilizada depende de tres fases, la primera contiene la determinación del rancho a través de una visita de campo y una reunión con el propietario; en la etapa posterior, se realizó un examen del agua para conocer el estado actual del rancho y se completó igualmente la elaboración de dos medicamentos con tres reiteraciones con las dos especies vegetales propuestas para fitorremediar el agua del rancho; En la tercera etapa, se propuso decidir el nivel de purificación del agua de la pocilga con las dos especies de plantas, e igualmente se utilizó la estrategia medible no paramétrica "Chi-Cuadrado" para diferenciar las especulaciones propuestas en esta exploración. Los resultados adquiridos en este trabajo de examen se introducen exhaustivamente para cada uno de los dos objetivos explícitos, entre los más significativos están: DBO5 1,9%; P 10,6%; SST 2,6%; DQO 28%; coliformes residuales 1,9%; N 2,6%.

Martelo (2012) en esta investigación se aplicó plantas macrófitos de especie *Hydrocotyle* para reducción de contaminantes de las aguas residuales, su evaluación comprende ser utilizado en lugares donde no se dispongan de plantas de tratamientos de estas aguas, como en zonas rurales. una gran parte de las especies *Hydrocotyle* y plantas macrófitos se ha utilizado en los tratamientos de efluentes contaminados, la investigación se aplicó a escala genuina y a escala de laboratorio, siendo el jacinto de agua, el macrófito de utilidad más prominente dado en la propiedad mostrada. Esta especie, según los informes, llega a disminuir la DBO5 en el porte del 95%, y hasta el 90,2% a cuenta de la DQO, también, se visualiza que, para los sólidos suspendidos, se examinan disminuciones con atributos en el ámbito del 21%. y 91% en lo que respecta al "P" completo y al "N" total obtenido en mayor expulsión del 91,7% y 98,5% por separado, se ve que de las dos la última opción aborda la medida más notable de evacuación.

Se tiene como bases teóricas para la investigación los siguientes enunciados:

Las aguas residuales son consideradas todas las aguas cuyas particularidades fueron afectadas y/o modificadas por acciones antropogénicas y porque su calidad demanda un procedimiento de tratamiento antes de reutilizarse y/o ser descargadas a cuerpos de aguas naturales (OEFA, 2014 pág. 2). Las aguas residuales municipales se especifican por ser todas las aguas residuales procedentes de diversos ejercicios, por ejemplo, las aguas residuales caseras que pueden combinarse con las aguas de infiltración de las tormentas o las aguas residuales modernas, que deben pasar por un ciclo de tratamiento para ser propiedad del marco de alcantarillado (Chambi, 2020, p. 10)

El tratamiento de aguas residuales comprende una progresión de ciclos físico-sanitarios y naturales, con la intención de eliminar las toxinas del agua, en su mayor parte tienen 4 etapas: Tratamiento preliminar, aquí se prescinde de los constituyentes presentes en el agua, como los sólidos gruesos, las arenas, el aceite, entre otros; tratamiento esencial, su objetivo es deshacerse de los sólidos naturales e inorgánicos precipitables para disminuir el cúmulo en el tanque Imhoff de tratamiento orgánico, sedimentación y flotación. (Chambi, 2020) tratamiento secundario, son ciclos biológicos, en los que la productividad de evacuación de la DBO soluble es superior al 80%, que puede ser biomasa en suspensión o adherida, algunos marcos son: tanque de ajuste, fangueo activado (contando zanja de oxidación y diferentes variaciones), canal orgánico y módulos de contacto de giro; tratamiento terciario, que comprende ciclos fisicoquímicos para eliminar suplementos, minerales, metales pesados, mezclas naturales y diferentes contaminaciones (Chen y Zhang, 2018)

Filtro rotativo está constituido por un tambor de acero templado que pivota alrededor de su cubo de nivel, este tambor desciende un 33% en el sistema durante el tratamiento (Martinez, 2019, p. 23). El tambor se compone de 3 zonas: la zona primaria tiene una etapa de bajo vacío para adherir la torta al tambor, luego, en ese punto, la torta (sólidos impregnados) se lava mediante

aspersores, la zona posterior tiene una etapa de alto vacío para aspirar el fluido a través de la red de acero endurecido con agujeros finos. La última zona está asociada al aire para eliminar el contaminante sólido impregnado, mediante depuradores (Martínez, 2019).

Los filtros (contactores) rotatorio se han utilizado en variedades de industrias (empresas) durante mucho tiempo y son apropiados para aplicaciones en las que se requiere tanto la deshumidificación como el lavado y parecen ser, los sistemas más ideales que alguien podría esperar para el tratamiento de los lodos y remanentes (Rein, 2012, p. 294). El filtro Rotatorio Sumergible (BGS) fue creado y diseñado inicialmente para el tratamiento de las aguas residuales de los pequeños asentamientos. Se ha creado una planta piloto para la reducción de contaminantes en el proceso de tratamiento de concentraciones orgánicas y adoptarlas a sus límites ideales (Saied y Serpokrylov, 2021). La aplicación de este sistema está basada en investigación hipotéticos, se legitima y propone una metodología de plan refinado y un cálculo de los elementos prioritarios para el tratamiento (Wang, et al. 2021)

La eficiencia de un filtro y/o biofiltro se va a cuantificar por medio de la retención de la biomasa resultante al final del proceso la cual tiende a acumularse, por lo que también van a interferir diferentes factores como el tiempo y proporción de especie aplicada. En cuanto a los indicadores utilizados para determinar la eficiencia del filtro son los parámetros orgánicos y fisicoquímicos (Barreto, 2017, p. 16)

El uso de diferentes tipos de plantas es una estrategia de remediación natural de alto perfil y se ha convertido en un tema de extraordinario interés en el campo de la remediación de la contaminación del agua, debido a su extraordinaria viabilidad y rentabilidad, son sistemas de saneamiento de diseño básica e inofensivas para el ecosistema (Liu y Liang, 2021).

Hydrocotyle vulgaris, macrófito duradero con tallos rastreros que enraízan en los nudos. Estos tallos producen hojas suborbiculares, crenadas, de 0,6 - 4 x 0,6 - 4 cm, con 6 - 10 nervios y un pecíolo de hasta 25 cm, a veces con una larga pilosidad patente; en su base tienen dos estípulas membranosas de alrededor de 1 mm (Ménendez, 2006). Las flores parecen inflorescencias de 5 a 12 mm, más modestas o equivalentes a la hoja en cuya axila emergen, con un pivote solitario de desarrollo, y se asemejan a una umbela terminal con 1 - 5 verticilos debajo. Las flores son sésiles o subsésiles, y tienen la corola formada por pétalos blanquecinos o amarillentos de hasta casi 1 mm de longitud (Díaz, 2011, p. 28). El producto natural es de ovoide-elipsoidal a suborbicular, empaquetado horizontalmente; tiene alrededor de 2 mm de ancho, mínimamente pedicelado, con una base cordada y costillas marcadas. Florece de mayo a octubre (Díaz, 2011, p. 29).

Tabla 1. Taxonomía de *Hydrocotyle vulgaris*

<i>Hydrocotyle vulgaris</i> (sombrerillo de agua)	
Nomenclatura científica	<i>Hydrocotyle vulgaris</i>
Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Apiales</i>
Subfamilia	<i>Hydrocotyloideae</i>
Familia	<i>Araliaceae</i>
Género	<i>Hydrocotyle</i>
Especie	<i>Hydrocotyle vulgaris</i>

Fuente. En el cuadro se observa la taxonomía del macrófito *Hydrocotyle vulgaris* referenciado por (Tapia, 2020)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación para el estudio es aplicado, puesto que, se pondrá en ensayo un sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado de *Hydrocotyle vulgaris* aplicándolo como un método de tratamiento de aguas residuales municipales. Asimismo, en la investigación se realizaron análisis de los datos obtenidos del agua residual y del sistema combinado de filtros, para determinar la veracidad de la hipótesis planteada.

La investigación aplicada se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigaciones. Las indagaciones aplicadas se reconocen por la utilización de la información y los resultados de la exploración que dan lugar a un enfoque exhaustivo, coordinado y metódico del conocimiento de la realidad y se sitúan para ocuparse de cuestiones de la existencia cotidiana o para controlar las circunstancias de realidades (Hernández y Mendoza, 2018)

3.1.2. Diseño de investigación

El diseño para la presente investigación es experimental, puesto que, se experimentará en relación a la proporción de contenido de *Hydrocotyle vulgaris* y tiempo de retención en el sistema combinado de filtros para obtener el mejor resultado en el tratamiento de aguas residuales municipales. Asimismo, determinar la eficiencia alcanzada por el sistema.

Los estudios de diseños experimentales tienen dos acepciones básicas. La primera es más general y se refiere a realizar una acción y después observar las consecuencias. Se utilizan cuando se pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula (Hernández y Mendoza, 2018)

Estas indagaciones aplican circunstancias de control en las que se controla deliberadamente al menos uno de los factores autónomos (causas) para diseccionar los resultados de dicho control en al menos uno de los factores de la sala (impactos). (Hernández y Baptista, 2014).

3.2. Variables y operacionalización

Tabla 2. Variables y operacionalización

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida
Independiente filtro rotativo y biofiltro	La eficiencia de un filtro y/o biofiltro se va a medir por medio de la retención de la biomasa que queda al final del proceso y va a pasar a acumularse, por lo que también van a interferir diferentes factores en las tazas hidráulicas de alimentación y el periodo de retención. (Barreto, 2017)	Para la remoción de los parámetros fisicoquímicos y biológicos se experimentará en 3 tiempos diferentes en relación a las revoluciones por minuto	Tiempo de retención adecuado en el sistema	Tiempo	horas
				Revoluciones	rpm
			Eficiencia del sistema combinado de filtros	T-1 (24h/6rpm)	%
				T-2 (48h/4rpm)	%
			T-2 (72h/2rpm)	%	
Dependiente Aguas residuales municipales	Son las aguas residuales domésticas incluyendo aguas del drenaje pluvial o aguas residuales de origen industrial adecuadas con los valores máximos admisibles para su ingreso al sistema de alcantarillado (Sanca, 2019)	Para determinar el contenido de los parámetros fisicoquímicos y biológicos se analizarán muestras del agua tanto en el proceso inicial como en el proceso final	Concentración inicial de los parámetros	pH	Und pH
				Aceite y grasas	mg/L
				SST	mL/L
				DBO5	mg/L
				DQO	mg/L
			Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	
			Concentración final de los parámetros	pH	%
				Aceite y grasas	%
					%
				SST	%
DBO5	%				
	DQO	%			
	Coliformes termotolerantes	%			

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

Una población es un conjunto y/o grupo de objetos, individuos entre otros, que ostentan correlación en desiguales descripciones y que son objeto de estudio (Hernández y Fernández, 2014). Asimismo, se define como la colección completa de todo el grupo posible de medidas, valores o cualidades que son motivo del estudio (Alperin y Skorupka, 2014).

Para la indagación realizada, la población de estudio son las residuales municipales originadas en el Distrito de Cabanillas el cual cuenta con una población de 5180 ciudadanos

3.3.2. Muestra

Según Gotuzzo (2018) la muestra es una parte de la población que se estudia, ejemplo, un subconjunto de casos o personas de una población. En diferentes aplicaciones, es esencial que una muestra sea particular, y para ello se debe elegir un procedimiento de prueba adecuado. Para el estudio se adquirió una muestra representativa de 18 litros de agua residual de origen municipal, obtenidas en el punto de descarga hacia el río Cabanillas.

3.3.3. Muestreo

Para el estudio se aplicó el tipo de muestreo no probabilístico, realizando el muestreo a conveniencia del investigador, en donde se eligió una zona en específico para el muestreo punto de descarga.

El muestreo es una actividad que comprende la obtención de una extensión elegida (muestra) de la población objeto de estudio, de modo que se delega en cuanto a las propiedades que deseamos evaluar dentro de los límites cuantificables del error (Alperin y Skorupka, 2014)

Los muestreos no probabilísticos son a elección por el operario, para el estudio estará en criterio específico del encargado de estudio, lo que significa que no todos los partícipes de la población tienen paridad de oportunidad de conformarla (Torres y Paz, 2006)

3.3.4. Unidad de análisis

La unidad de análisis para la actual indagación serán la concentración de los parámetros: coliformes termotolerantes, fosfatos y nitratos presentes en el agua residual, antes y después del tratamiento en el sistema combinado de filtro rotatorio y biofiltro empacado con *Hydrocotyle vulgaris*.

3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad

3.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según Arias (2016), alude a los procedimientos de selección de información como los diversos enfoques para adquirir datos. Según Hernández y Fernández, (2014) la observación comprende el registro eficaz, cálido y fiable de las formas de comportamiento o de la pista evidente

La observación es directa alude a que el analista está en contacto privado con la realidad o la peculiaridad que intenta examinar (Palella y Martins, 2012)

Para el desarrollo del cumplimiento de los objetivos de la investigación se emplean las técnicas de observación y medición, con las cuales se reconoció todos los factores influyentes en el proceso de tratamiento del agua residual municipal en el sistema combinado de filtro rotatorio y biofiltro empacado con *Hydrocotyle vulgaris*.

3.4.2. Instrumentos aplicados para la recolección de datos

Es cualquier activo que el analista puede utilizar para avanzar hacia las peculiaridades y concentrar los datos de las mismas. Se pueden reconocer dos puntos de vista únicos en cada instrumento particular: una estructura y una sustancia (Palella y Martins, 2012)

En la tabla 3 se observa los instrumentos utilizados, las cuales son 2 fichas de registro elaborado por el investigador, estas serán debidamente revisadas y aprobadas por expertos en el tema de estudio

Tabla 3. *Fichas de registro aplicados (instrumentos)*

Fichas de registros		
Nº de ficha	Rotulo	Aplicación
Ficha de registro 1	Ficha de observación de las características fisicoquímicos y microbiológicos iniciales	Este instrumento esta adecuado para recoger datos de la concentración inicial de contaminantes presentes en la muestra de agua residual, se evaluarán los siguientes parámetros: pH, aceites y grasas, solidos suspendidos totales, C. termotolerantes, DBO5 y DQO
Ficha de registro 2	Ficha de observación de las características fisicoquímicos y microbiológicos finales en los 3 tratamientos	Este instrumento esta adecuado para registrar datos de los 3 tratamientos en el sistema de filtros combinados, asimismo, este instrumento será esencial para determinar la el tiempo de retención adecuado y la eficiencia alcanzada por el sistema de tratamiento de agua residual.

3.4.3. Validación de los instrumentos utilizados

Para la validación de los instrumentos se recurrió al juicio de 3 especialistas, los cuales dieron el visto bueno y su aprobación de las 2 fichas de registro empleadas como instrumentos para la recolección de todos los datos experimentales. Los especialistas 3 calificaron los instrumentos con una puntuación de 00-100, los mismos que fueron analizados y procesados en el SPSS, determinando la confiabilidad mediante el “Alfa de Cronbach”. Las fichas de registro y las fichas de validación se pueden observar en los Anexos 2; 3; 4; 5; 6 y 7

A continuación, se muestra los valores del alfa de Cronbach obtenidos para cada instrumento

Tabla 4. Valores de alfa de Cronbach de los instrumentos

N°	Alfa de Cronbach	Instrumento
1	0.905	Ficha de registro N°1 Ficha de observación de las características fisicoquímicos y microbiológicos iniciales
2	0.875	Ficha de registro N°2 Ficha de observación de las características fisicoquímicos y microbiológicos finales en los 3 tratamientos

3.5. Procedimientos

3.5.1. Evaluación de la concentración inicial de los parámetros

Para evaluar el contenido de contaminantes presente en las aguas residuales municipales del distrito de Cabanillas en el punto de descarga, se realizarán los siguientes pasos:

a) Reconocimiento del lugar

Inicialmente se cometió un recorrido *in situ* por la zona de la laguna facultativa del distrito de Cabanillas, con el fin de identificar los sitios más accesibles y de mínimo riesgo para obtener muestras de agua

b) Identificación del punto de muestreo

Posterior al reconocimiento del lugar y ubicar los sitios más accesibles al punto de descarga de aguas residuales, se identificó el punto de muestreo. Con la ayuda de un GPS se ha obtenido las coordenadas UTM del punto de muestreo identificado, la cual se muestra en el siguiente cuadro

Tabla 5. *Punto de muestreo*

Nº	Nombre del punto	Coordenadas	
1	Desca-P1	355906.00 E	8271090.61 N

c) Obtención de muestras

Para la obtención de las muestras se considerará el protocolo de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales (Nº 010-2016-ANA), realizando un muestreo simple puntual.

- Primeramente, nos pondremos los EPPs, botas de jebe y los guantes descartables antes del inicio de la toma de muestra de agua
- Nos ubicamos en el punto de muestreo, tomando en consideración que la corriente y caudal de la descarga
- Cogimos un recipiente, retiramos la tapa y contratapa sin tocar la superficie interna del frasco
- Antes de coleccionar las muestras, los frascos lo enjuagamos como mínimo dos veces.
- Luego lo etiquetamos debidamente y lo pusimos en el cooler para su debido transporte y refrigeración
- Después se tomó 6 litros de agua para el tratamiento en el biofiltro.

d) Evaluación del contenido de contaminantes

Luego de obtener las muestras de agua del punto de descarga, se destinará al laboratorio acreditado para determinar el contenido de coliformes termotolerantes, DBO5, DQO, pH, SST, aceite y grasas

Tabla 6. *Parámetros evaluados*

Nº	Nombre del punto	Parámetros	Unidad	Método
1	Desca-P1	pH	Und. pH	Apha awwa-wef part 9221 E, 23nd
2	Desca-P1	DBO5	mg/L	Apha awwa-wef part 9221 E, 23nd
3	Desca-P1	DQO	mg/L	Apha awwa-wef part 9221 E, 23nd
	Desca-P1	Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	Apha awwa-wef part 9221 E, 23nd

3.5.2. Tratamiento en el sistema combinado

Para realizar el tratamiento en el sistema combinado de filtro rotatorio y biofiltro empacado con *Hydrocotyle vulgaris* se siguió los siguientes pasos:

- Inicialmente se adquirirá los materiales y componentes necesarios para construir el sistema combinado
- Se inoculó el macrófito *Hydrocotyle vulgaris* durante 4 semanas
- Se erijo el sistema combinado y se pondrá en ensayo
- 1er tratamiento: 24 horas y 6 rpm con 6 litros de agua residual
- Se despacho una muestra de 500 mL de agua tratada "M-1"
- 2do tratamiento: 48 horas y 4 rpm con 6 litros de agua residual
- Se despacho una muestra de 500 mL de agua tratada "M-2"
- 3cer tratamiento: 72 horas y 2 rpm con 6 litros de agua residual

- Se despacho una muestra de 500 mL de agua tratada "M-3"

Figura 1. *Diseño del sistema combinado de filtro rotatorio y biofiltro empacado*

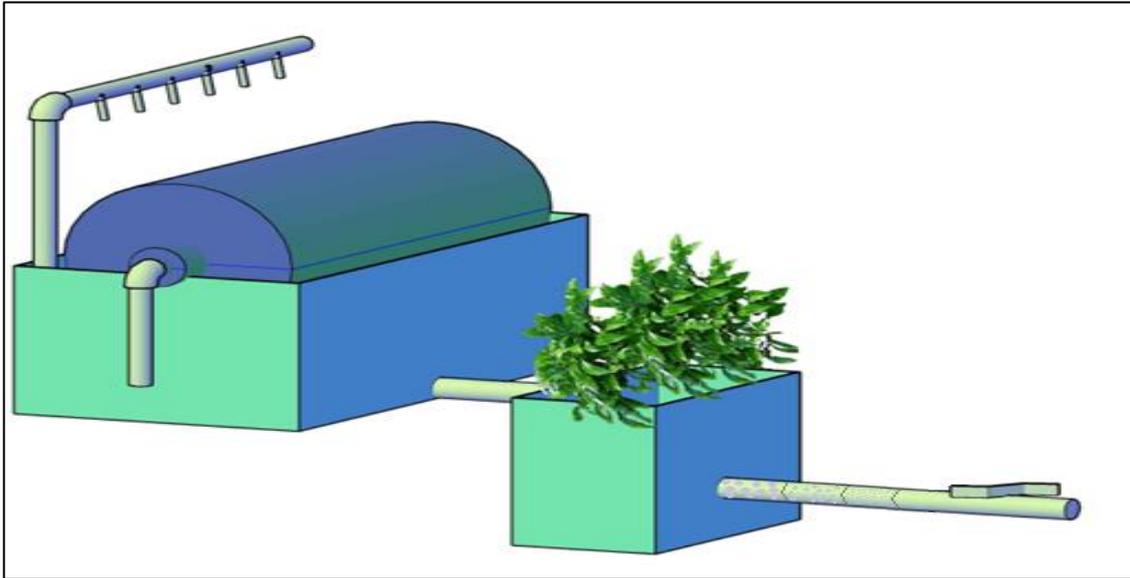


Figura 2. *Aplicación del sistema combinado de filtro rotatorio y biofiltro empacado*

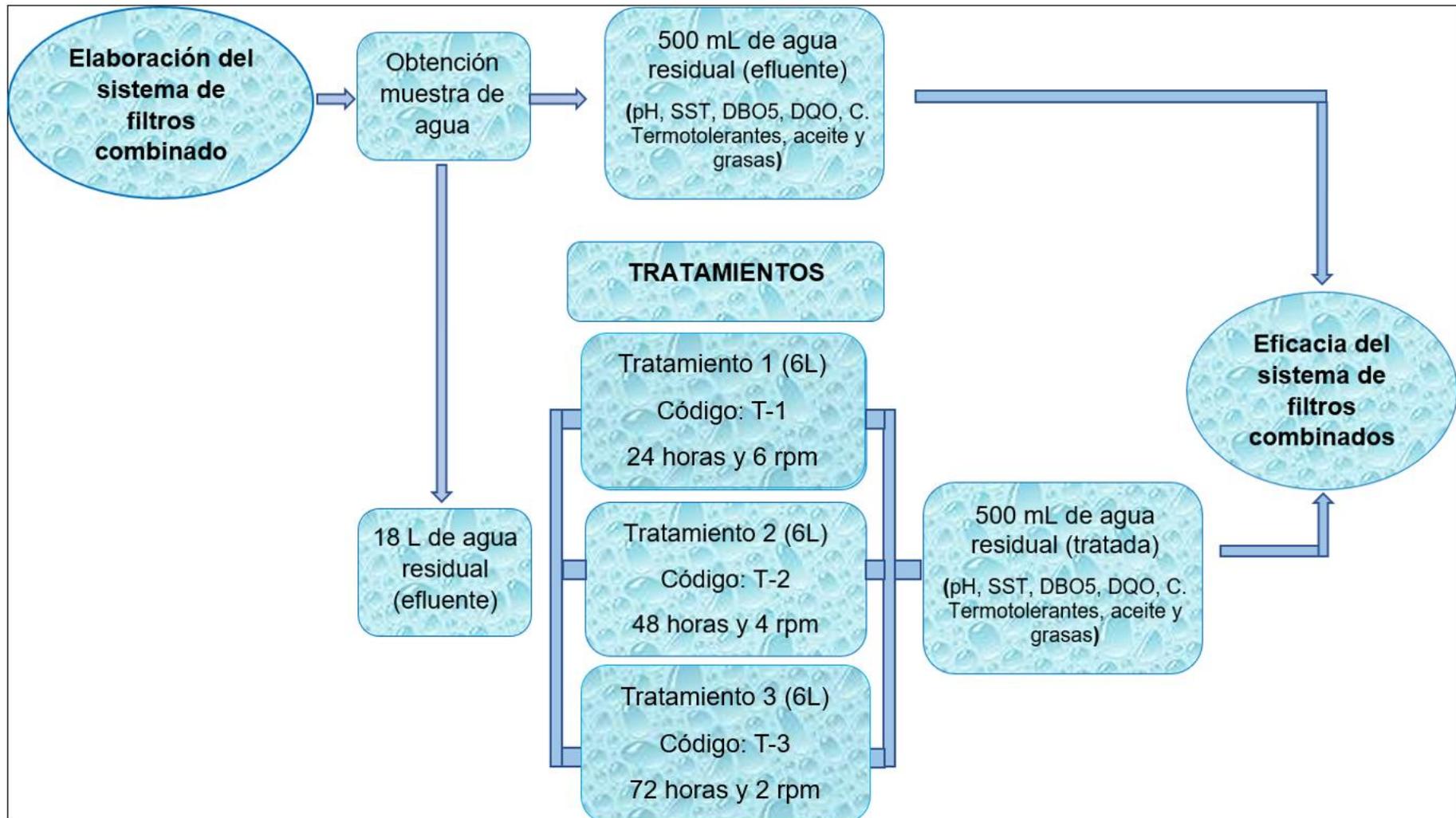


3.5.3. Eficiencia del sistema de tratamiento

Para determinar la eficiencia alcanzada por el sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado de *Hydrocotyle vulgaris*, se instituyó la siguiente fórmula (Quispe, 2021)

$$\text{Eficiencia de remoción (\%)} = \frac{C. \text{ de entrada} - C. \text{ de salida}}{C. \text{ de entrada}} \times 10$$

3.5.4. Diagrama del tratamiento del agua residual en el sistema combinado de filtros



3.6. Método de análisis de datos

Consiste en aislar los componentes esenciales de los datos y examinarlos en su totalidad con la intención de dar veracidad o nulidad a las distintas suposiciones planteadas en la investigación. Se trata de una progresión de etapas o fases que potencian la información interpretativa, donde también se pueden aplicar estadísticas inferenciales, estos son procedimiento que decide la posibilidad de hacer especulaciones de la información y/o hipótesis trazadas (Palella y Martins, 2012).

En esta investigación se emplea la estadística inferencial, en el software IBM SPSS Statistics 2, usando el test- ANOVA, ya que se buscó comparar los promedios de más de 3 grupos; en vista que hubo 3 tratamiento con diferentes tiempos, asimismo, una prueba de normalidad para determinar si los datos obtenidos en el estudio siguen o no una distribución normal.

3.7. Aspectos éticos

En la presente investigación se priorizará como aspectos éticos el acatamiento de los estándares científicos, asimismo, se respetará la ética y la normativa vigente de la universidad César Vallejo haciendo el uso de las normas ISO 690, de la misma manera, se utilizará el software turnitin para dar veracidad, evitar el plagio y respetar el derecho de autoría

IV. RESULTADOS

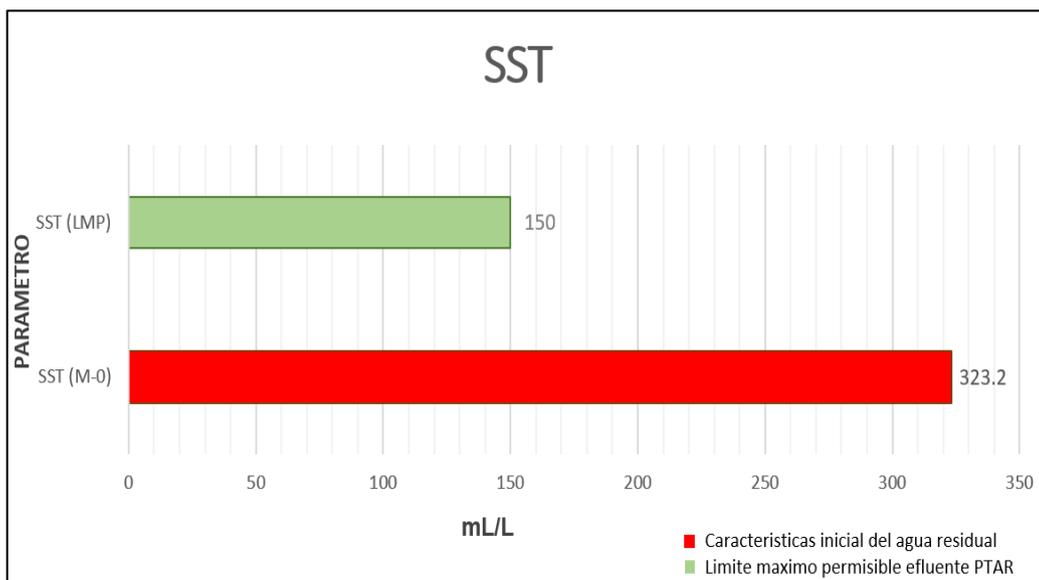
4.1. Concentración inicial de los parámetros fisicoquímicos y biológicos presentes en las aguas residuales municipales en el punto de descarga

A continuación, se muestran las características iniciales de los parámetros físico-químicos y biológicos del punto de muestreo “Desca-P1”

a) Parámetros físicos

En la siguiente figura se muestra el contenido inicial de sólidos suspendidos totales presentes en las aguas residuales del distrito de Cabanillas en cotejo a los LMP para efluentes de PTARs

Figura 3. Concentración de SST inicial en relación a los límites máximos permisibles



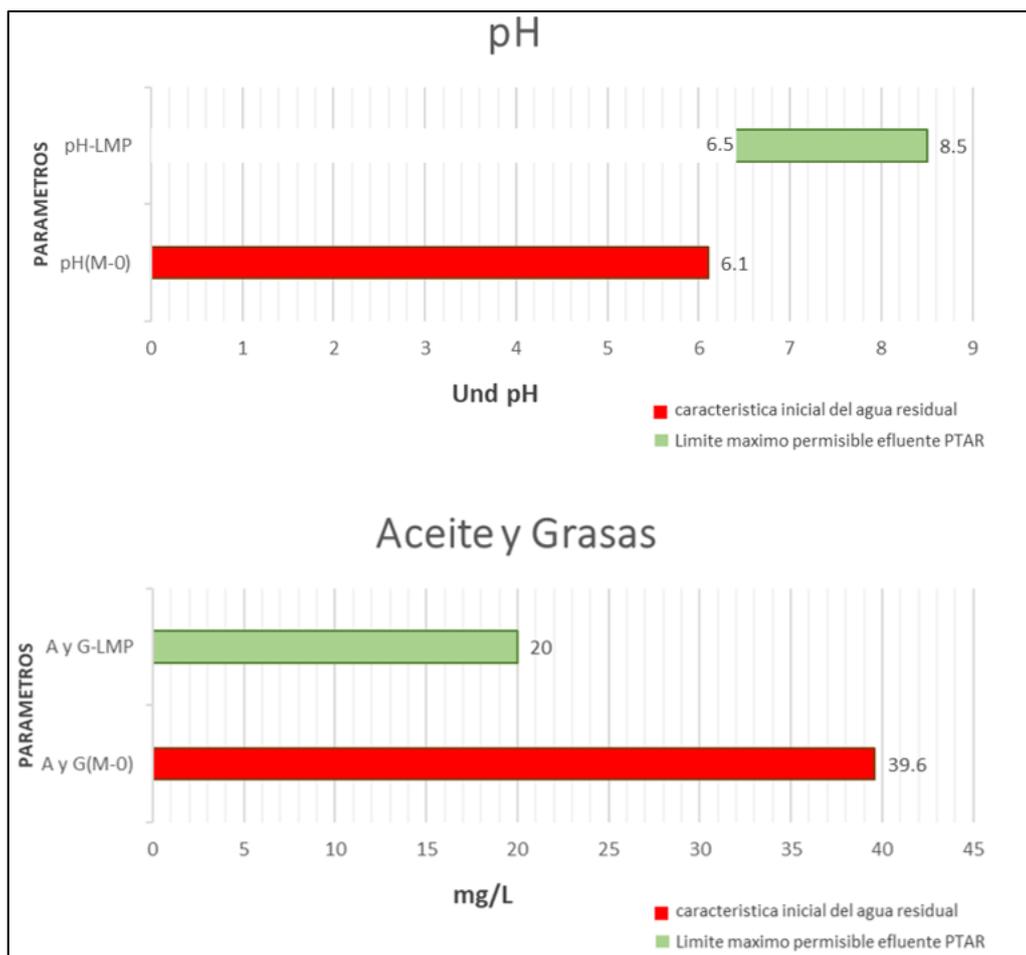
En la figura 2. Se visualiza que el contenido inicial de sólidos totales suspendidos presentes en las aguas residuales en el punto de descarga es 323.2 mL/L, el cual sobrepasan los LMP consignados para efluentes PTARs. Esto debido a que las características de la laguna facultativa que posee el distrito se encuentran en precarias condiciones y el proceso primario donde se debe atrapar y separar los sólidos del agua residual tiene nulo funcionamiento

por lo cual el proceso físico de remoción, regulación y sedimentación es ineficaz a consecuencia de esto las aguas residuales poseen alto contenido de SST, haciendo que el efluente sea excesivamente turbia, y su efecto en el río Cabanillas minimiza la penetración de la luz solar reprimiendo así el desarrollo de la vegetación acuática natural, originando daños al ecosistema acuático del río Cabanillas.

b) Parámetros químicos

La figura adjunta muestra el contenido subyacente del pH, aceite y grasas presente en las aguas residuales en comparación a los LMP de los efluentes de las PTARs

Figura 4. Concentración de pH, aceite y grasas iniciales en relación a los límites máximos permisibles



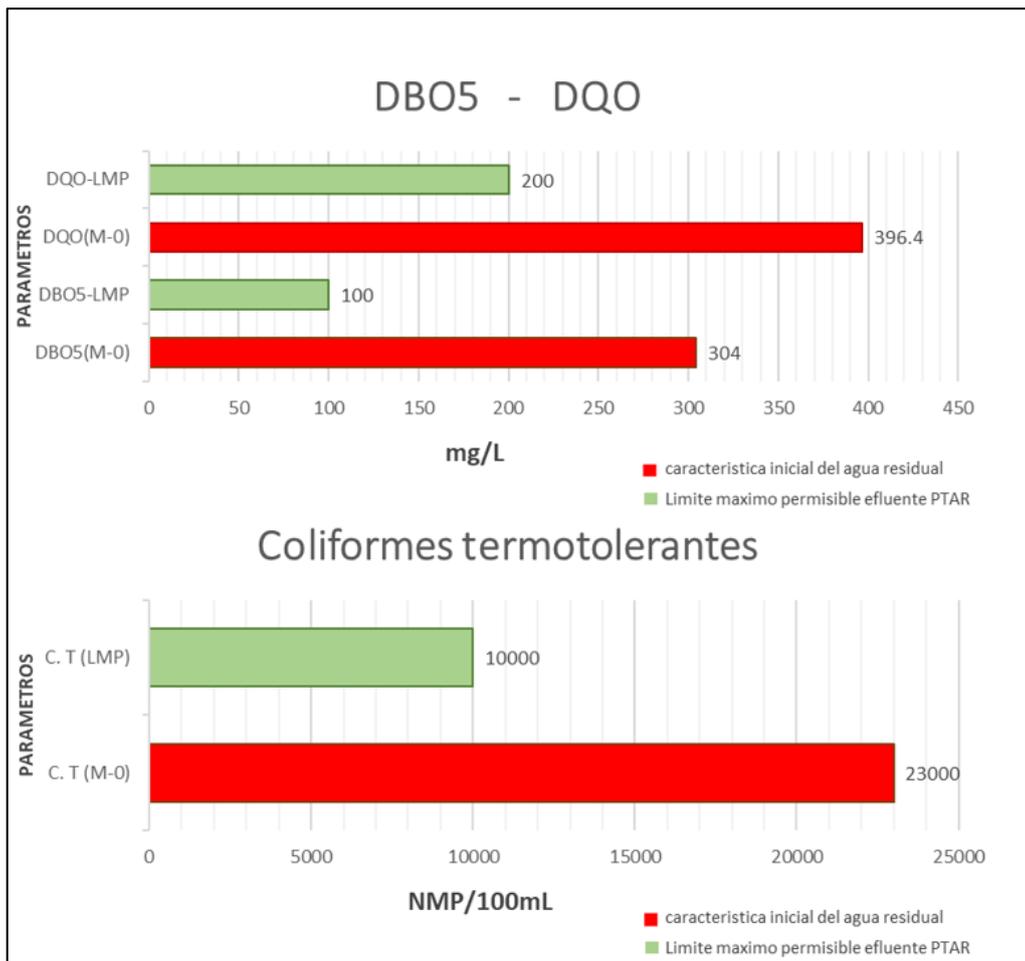
En la figura 3. Se distingue el gráfico en donde el parámetro de aceite y grasas se encuentran por encima de LMP consignados para efluentes PTARs con un valor de 39.6 mg/L, asimismo, se ostenta que el agua residual posee un pH ácido. La concentración elevada de aceite y grasas se debe a los residuos de las diversas microempresas artesanales de la producción de quesos como refinamiento de cuero. A esto se suma la problemática que posee su laguna de oxidación, en donde el proceso primario tiene nulo funcionamiento por lo cual el proceso físico de separación es inexistente a consecuencia de esto las aguas residuales poseen alto contenido de aceite y grasas.

La existencia elevada de grasas y aceites afectan ecológicamente al agua ya que estructuran películas a nivel superficial que impiden un intercambio satisfactorio de oxígeno entre el agua y el aire, influyendo negativamente a flora y fauna del río Cabanillas

c) Parámetros biológicos

La figura adjunta muestra el contenido subyacente del DBO5, DQO y Coliformes termotolerantes presente en las aguas residuales en cotejo a los LMP de los efluentes de las PTARs

Figura 5. *Concentración de DBO5, DQO y coliformes termotolerantes iniciales en relación a los límites máximos permisibles*



En la figura 4. Se distingue el gráfico en donde los parámetros coliformes termotolerantes, DQO y DBO5 se encuentran ampliamente por encima de LMP consignados para efluentes PTARs, ostentando que el efluente posee concentraciones elevadas de contaminantes biológicos. El cual es debido a que una gran parte de la población se dedica a realizar queso y mantequilla de manera artesanal utilizando químicos y el impacto negativo es la generación de grandes volúmenes de lactosuero que son vertidos a los alcantarillados sin previo tratamiento. Y como las características de la laguna facultativa que posee el distrito se encuentran en precarias condiciones, existen deficiencias en el proceso natural de autodepuración, por lo cual el efluente manifiesta grandes concentraciones de materia orgánica. La elevada presencia de coliformes termotolerantes, DBO5 y DQO en el efluente, repercute en el río Cabanillas, proporcionando a los organismos microscópicos y a diferentes microorganismos una enorme cantidad de nutrientes que acelera su

multiplicación. La cuantía de estos agota el oxígeno disuelto, ocasionando hipoxia, condición en que los peces y otros organismos acuáticos mueren por asfixia

4.1.1. Contrastación estadística

En la tabla 7 se muestra las estadísticas de las medias con respecto a la concentración inicial de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en comparación a los LMP para descarga de efluentes de PTARs, donde, se aprecia que la media obtenida para el contenido inicial es muy superior a los de LMP

Tabla 7. *Estadística descriptiva de contenido inicial de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos*

Estadística descriptiva					
	Grupo	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Parámetro	Contenido inicial C. fisicoquímicos y microbiológicos	6	4011,5500	9303,76711	3798,24702
	LMP agua consumo	6	1746,4167	4044,08569	1650,99107

Hipótesis

H_0 : La concentración inicial de los parámetros fisicoquímicos y biológicos presentes en las aguas residuales municipales en el punto de descarga, no superan los límites máximos permisibles

H_a : La concentración inicial de los parámetros fisicoquímicos y biológicos presentes en las aguas residuales municipales en el punto de descarga, superan los límites máximos permisibles

Regla de decisión

Cuando “p” < 0.05 rechazamos la H_o y aceptamos H_a

Cuando “p” > = 0.05 Aceptamos la H_o y rechazamos H_a

Tabla 8. Prueba T para igual de medias para el contenido inicial de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

	Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
Se asumen varianzas iguales	1,679	,224	-2,547	10	,035
No se asumen varianzas iguales			-2,527	6,824	,025

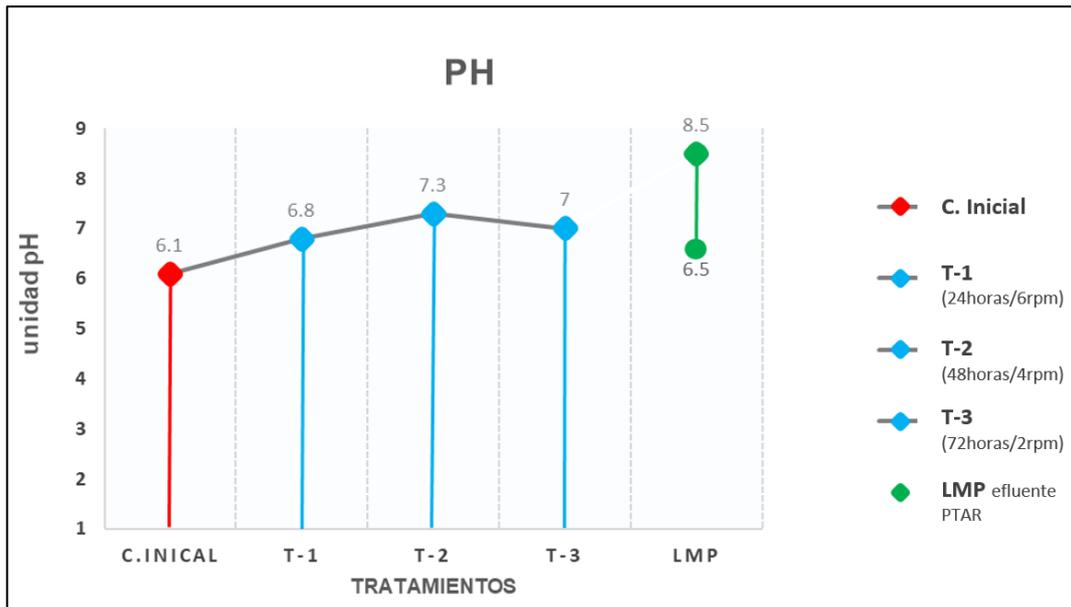
En la tabla 8, se ostenta la estadística de T-Student (independiente) en donde se observa que el “p-valor” es menor a 0,5 (valor alfa) infiriendo que existe diferencias significativas entre las medias. Por ende, con un nivel de significancia de 5% (α), y un nivel de confianza del 95% se rechaza la hipótesis nula (H_o) y aceptamos la hipótesis (H_a) planteada, el cual indica que “la concentración inicial de los parámetros fisicoquímicos y biológicos presentes en las aguas residuales municipales en el punto de descarga, superan los límites máximos permisibles”

4.2. Tiempo de retención adecuado en el sistema combinado, para la remoción de contaminantes

a) Evaluación del tiempo de retención adecuado en la regulación del pH

En el siguiente diagrama se ostenta los datos procesados para pH con respecto a los 3 tratamientos ejecutados como también el contenido inicial y el LMP

Figura 6. Variación del pH en los tratamientos t-1, t-2 y t-3

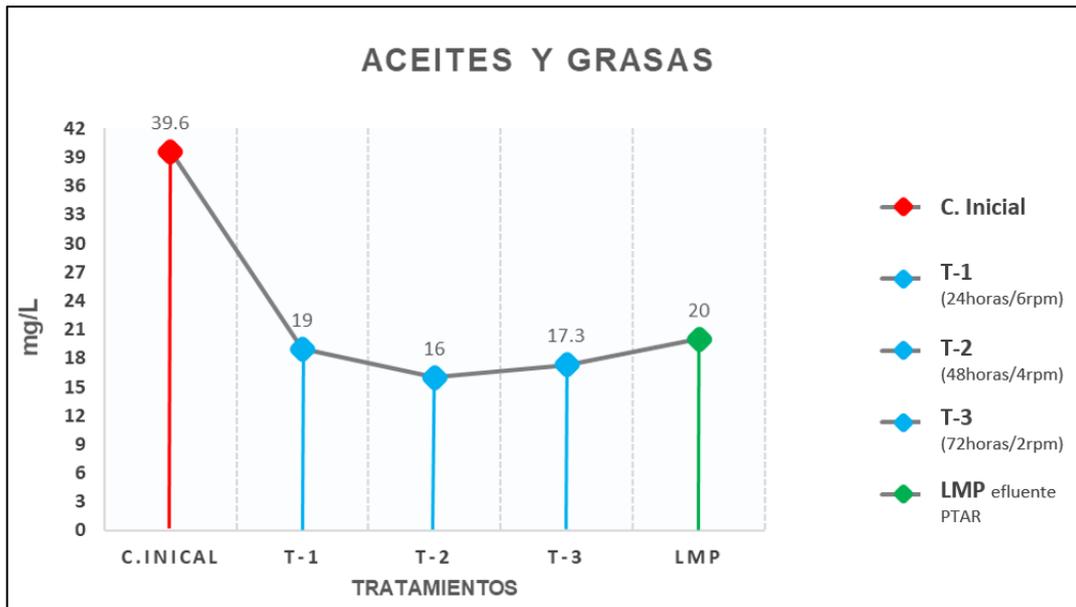


En la figura 6 se observa los resultados de la diferencia del pH, a simple vista se observa una variación positiva de pH en los 3 tratamientos realizados en el sistema combinado a diferencia del contenido inicial. Donde se aprecia que el tratamiento T-2 (48h/4rpm) tiende a alcanzar un pH óptimo a diferencia de los demás tratamientos.

b) Evaluación del tiempo de retención adecuado para la remoción de aceite y grasas

En el siguiente diagrama se ostenta los datos procesados para A y G con respecto a los 3 tratamientos ejecutados como también el contenido inicial y el LMP

Figura 7. Contenido de aceites y grasas en los tratamientos t-1, t-2 y t-3

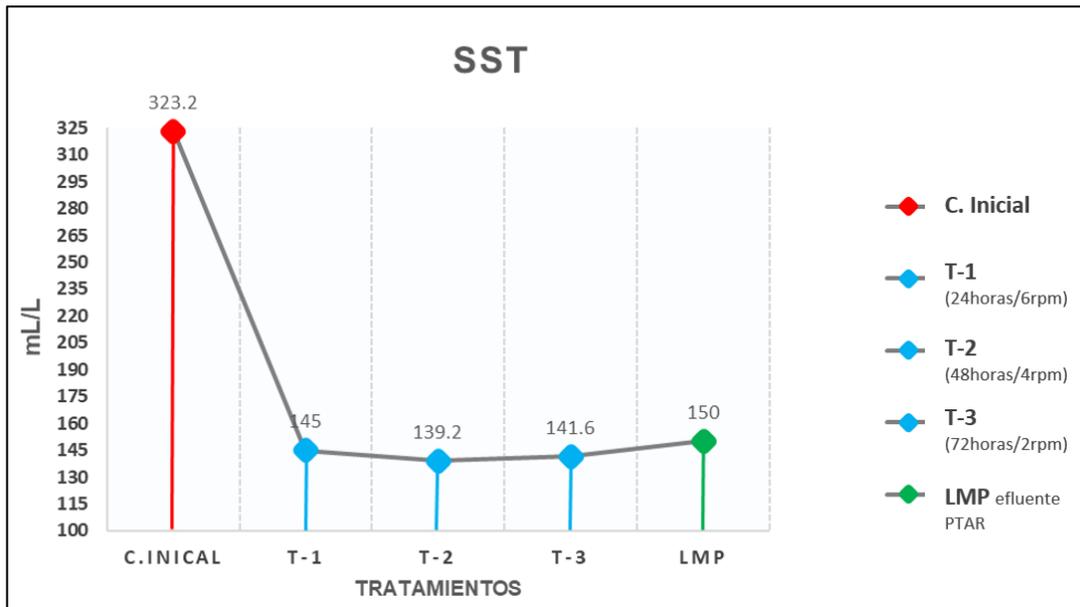


En la figura 7 se observa los resultados del contenido de A y G, a simple vista se observa una amplia disminución de este parámetro en los 3 tratamientos realizados del sistema combinado. Donde se aprecia que el tratamiento T-2 (48h/4 rpm) tiende a alcanzar una mayor remoción de A y G, a diferencia de los demás tratamientos.

c) Evaluación del tiempo de retención adecuado para la remoción de sólidos totales suspendidos

En el siguiente diagrama se ostenta los datos procesados para SST con respecto a los 3 tratamientos ejecutados como también el contenido inicial y el LMP

Figura 8. Contenido de SST en los tratamientos t-1, t-2 y t-3

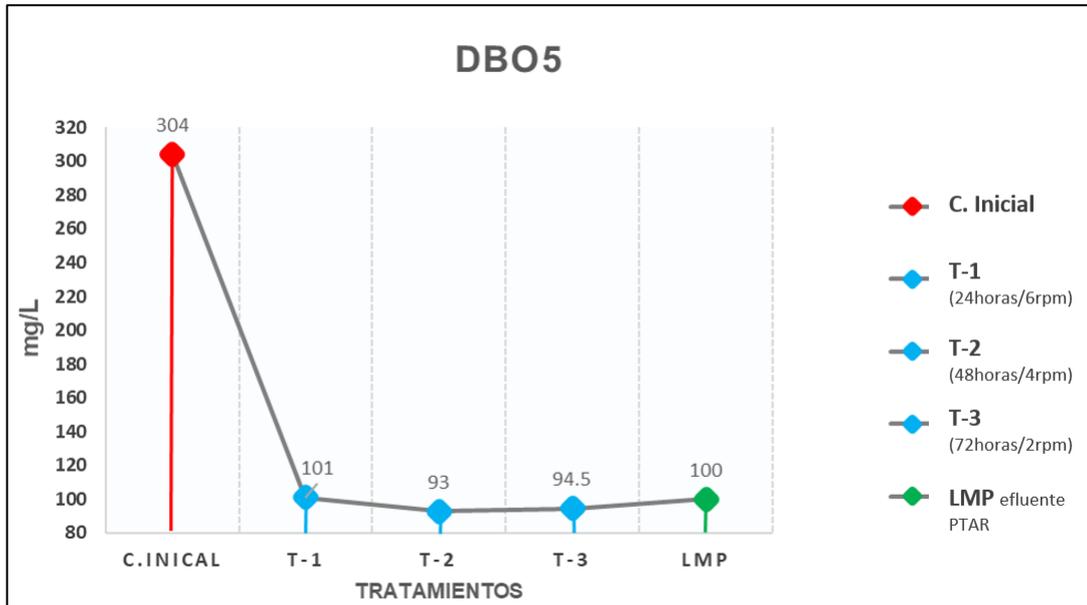


La figura 8 muestra las particularidades resultantes de SST; de entrada, se observa una enorme minimización de este parámetro en los 3 tratamientos completados en el sistema combinado. Se puede ver muy bien que el tratamiento T-2 (48h/4 rpm) logró una destacada remoción de SST, en contraste con los otros tratamientos.

d) Evaluación del tiempo de retención adecuado para la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno

En el siguiente diagrama se ostenta los datos procesados para DBO5 con respecto a los 3 tratamientos ejecutados como también el contenido inicial y el LMP

Figura 9. Contenido de DBO5 en los tratamientos t-1, t-2 y t-3

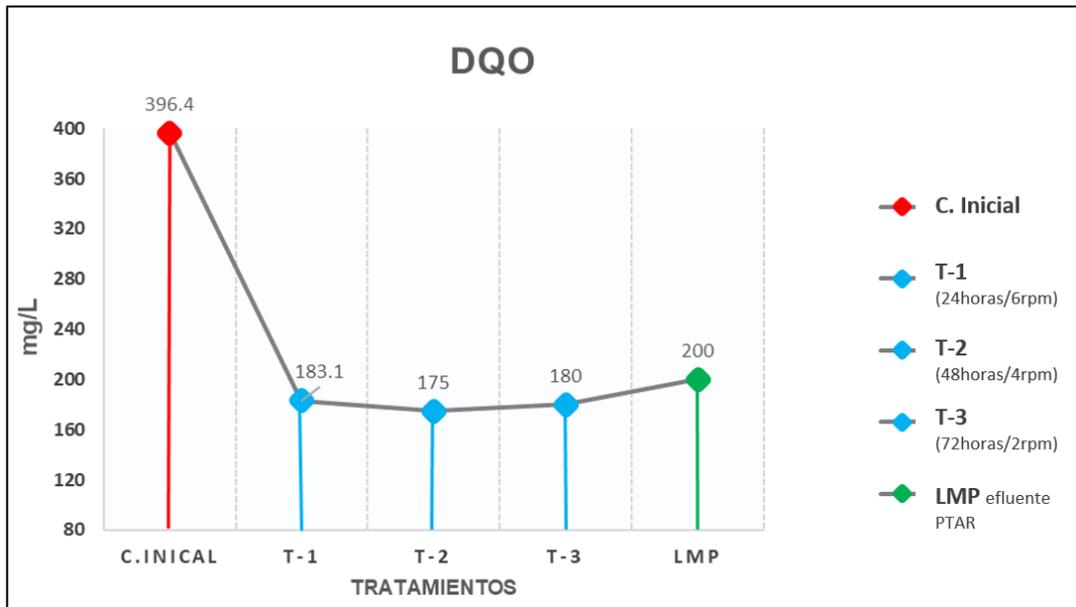


En la figura 9 se observa los resultados posteriores del contenido de DBO5, a simple vista se observa una amplia disminución de este parámetro en los 3 tratamientos realizados en el sistema combinado. Donde se aprecia que el tratamiento T-2 (48h/4 rpm) tiende a alcanzar una mayor remoción de DBO5, a diferencia de los demás tratamientos.

e) Evaluación del tiempo de retención adecuado para la remoción de la demanda química de oxígeno

En el siguiente diagrama se ostenta los datos procesados para DQO con respecto a los 3 tratamientos ejecutados como también el contenido inicial y el LMP

Figura 10. Contenido de DQO en los tratamientos t-1, t-2 y t-3

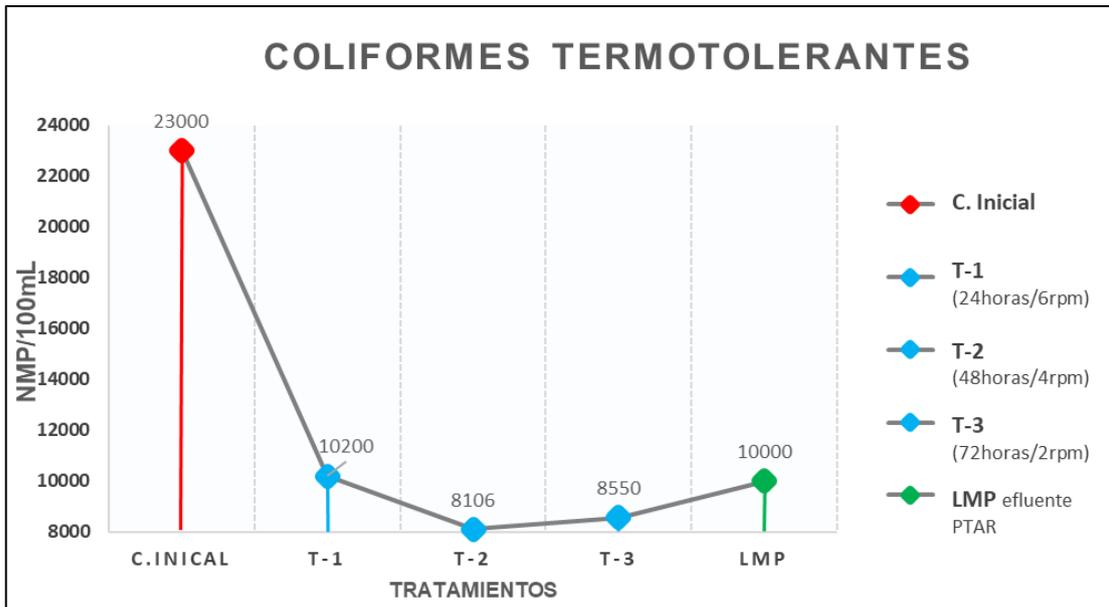


La figura 10 muestra las particularidades resultantes de DQO; de entrada, se observa una enorme minimización de este parámetro en los 3 tratamientos completados en el sistema combinado. Se puede ver muy bien que el tratamiento T-2 (48h/4 rpm) logró una destacada remoción de DQO, en contraste con los otros tratamientos.

f) Evaluación del tiempo de retención adecuado para la remoción de los coliformes termotolerantes

En el siguiente diagrama se ostenta los datos procesados para coliformes termotolerantes con respecto a los 3 tratamientos ejecutados como también el contenido inicial y el LMP

Figura 11. Contenido de coliformes termotolerantes en los tratamientos t-1, t-2 y t-3



La figura 11 muestra las particularidades resultantes de coliformes termotolerantes; de entrada, se observa una enorme minimización de este parámetro en los 3 tratamientos completados en el sistema combinado. Se puede ver muy bien que el tratamiento T-2 (48h/4 rpm) logró una destacada remoción de coliformes termotolerantes, en contraste con los otros tratamientos.

4.3. Eficiencia del sistema combinado en la remoción de contaminantes

La eficacia en la minimización de los parámetros en estudio, alcanzada por el sistema combinado se exhibe en el recuadro siguiente

Tabla 9. Eficiencia de la remoción de los parámetros fisicoquímicos y biológicos de los tratamientos 1t-1, t-2, y t-3

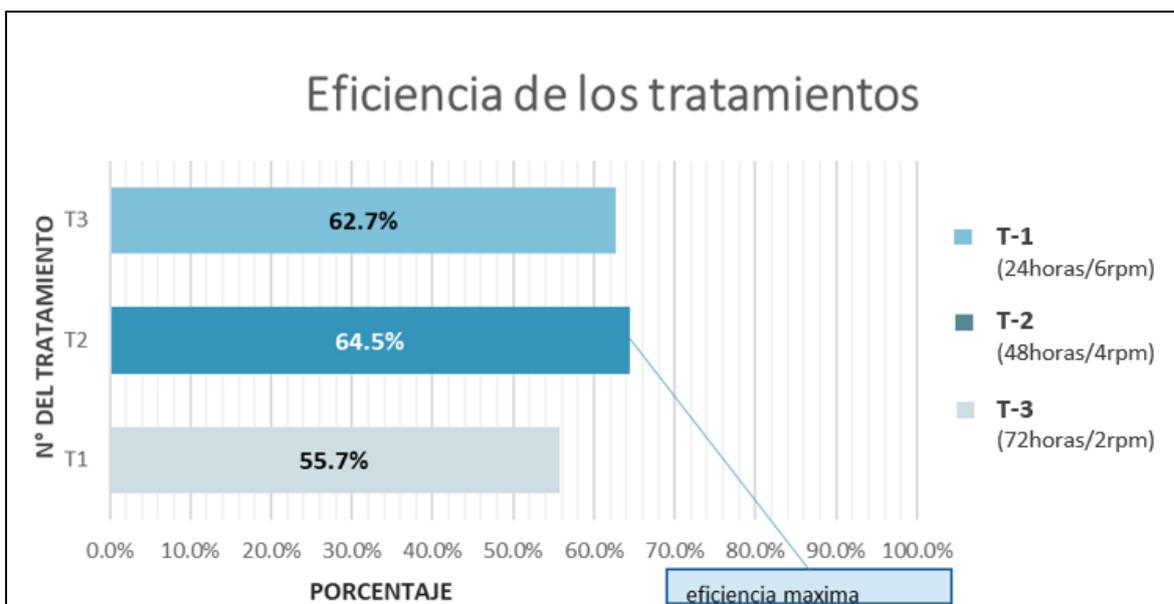
N°	parámetros	Tratamiento	C. inicial	C. final	Unidad	Porcentaje de eficiencia (%)
1	pH	T-1	6.1	6.8	Unid pH	10.3 %
		T-2	6.1	7.3	Unid pH	16.4 %
		T-3	6.1	7	Unid pH	12.9 %
2	Aceite y grasas	T-1	39.6	19	mg/L	52 %
		T-2	39.6	16	mg/L	59.6 %
		T-3	39.6	17.3	mg/L	56.3 %
3	SST	T-1	323.2	145	mL/L	55.1 %
		T-2	323.2	139.2	mL/L	56.9 %
		T-3	323.2	141.6	mL/L	56.1 %
4	DBO5	T-1	304	101	mg/L	66.8 %
		T-2	304	93	mg/L	69.4 %
		T-3	304	94.5	mg/L	68.9 %
5	DQO	T-1	396.4	183.1	mg/L	53.8 %
		T-2	396.4	175	mg/L	55.9 %
		T-3	396.4	180	mg/L	54.6 %
6	Coliformes termotolerantes	T-1	2.3 *10 ⁴	1.02 *10 ⁴	NMP/100mL	55.7 %
		T-2	2.3 *10 ⁴	8106	NMP/100mL	64.6 %
		T-3	2.3 *10 ⁴	8550	NMP/100mL	62.8 %

En la tabla 8, se exhiben el porcentaje de remoción de cada parámetro en estudio en relación a los tres tratamientos realizados en el sistema combinado, en donde, se destaca que el tratamiento T-2 (48h/4rpm) ostenta porcentajes de remoción elevados de pH, AG, SST, DBO5, DQO y coliformes termotolerantes con 16.4%, 59.6%, 56.9%, 69.4%, 55.9% y 64.6% respectivamente.

4.3.1. Eficiencias alcanzadas en los tratamientos

La eficacia de los 3 tratamientos realizados en el sistema combinado se ostenta en el gráfico siguiente

Figura 12. Eficiencias alcanzadas en los tratamientos



En la figura 12 se ostenta la eficiencia alcanzada por los tres tratamientos realizados a diferentes condiciones. Indicando que el tiempo de retención adecuado en el proceso de tratamiento de agua residual con *hydrocotyle vulgaris* es de 48 horas y las revoluciones óptimas en el filtro rotatorio es de cuatro revoluciones por minuto para una muestra de 6 litros de efluente residual

4.3.2. Contrastación estadística

a) Análisis de la varianza (ANOVA)

En el siguiente recuadro se ostenta los estadísticos descriptivos, donde, se aprecia que la desviación estándar es diferente en cada grupo

Tabla 10. Estadística descriptiva de la desviación estándar por grupos

Estadísticos descriptivos				
	Parámetro	Media	Desviación estándar	N
Grupo Control	pH	6,1000	.	1
	A y G	39,6000	.	1
	SST	323,2000	.	1
	DBO5	304,0000	.	1
	DQO	396,4000	.	1
	C. Term	23000,0000	.	1
	Total	4011,5500	9303,76711	6
Tratamiento_1	pH	6,8000	.	1
	A y G	19,0000	.	1
	SST	145,0000	.	1
	DBO5	101,0000	.	1
	DQO	183,1000	.	1
	C. Term	10200,0000	.	1
	Total	1775,8167	4127,56611	6
Tratamiento_2	pH	7,3000	.	1
	A y G	16,0000	.	1
	SST	139,2000	.	1
	DBO5	93,0000	.	1
	DQO	175,0000	.	1
	C. Term	8106,0000	.	1
	Total	1422,7500	3274,77909	6
Tratamiento_3	pH	7,0000	.	1
	A y G	17,3000	.	1
	SST	141,6000	.	1
	DBO5	94,5000	.	1
	DQO	180,0000	.	1
	C. Term	8550,0000	.	1
	Total	1498,4000	3455,22832	6

Hipótesis

H_o : La media de todos los grupos son iguales

H_a : No todas las medias de los grupos son iguales

Regla de decisión

Cuando “p” < 0.05 rechazamos la H_o y aceptamos H_a

Cuando “p” > = 0.05 Aceptamos la H_o y rechazamos H_a

Tabla 11. Análisis de la varianza ANOVA

ANOVA muestras repetidas						
Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
grupos	Esfericidad asumida	27335476,351	3	9111825,450	.	.000
	Greenhouse-Geisser	27335476,351000
	Huynh-Feldt	27335476,351000
	Límite inferior	27335476,351	1,000	27335476,351	.	.000

En la tabla 11, se ostenta el análisis de varianza ANOVA para muestras repetidas, puesto que, se evaluaron las medias de 3 grupos en tratamiento y un grupo control en donde, se ha obtenido un p-valor de 0 el cual es menor 0.05 (valor alfa). Infiriendo que “no todas las medias de los grupos son iguales”

Con un nivel de significancia de 5% (α), con un nivel de confianza del 95%, se acepta la hipótesis del investigador ($\alpha > \text{Sig. Se acepta } H_a$) del ANOVA y se puede concluir el sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado con *Hydrocotyle vulgaris* incide significativamente el tratamiento de aguas residuales, Cabanillas, Puno - 2022

Al asumir que “no todas las medias de los grupos son iguales”, se procede a determinar el mejor grupo del tratamiento con la prueba de Tukey

a) Prueba de Tukey

Del análisis de varianza evaluada en donde se infiere que no todas las medias de los grupos son iguales de ostentar el siguiente recuadro con la prueba de Tukey para los diferentes grupos

Tabla 12. Prueba de Tukey para determinar el mejor tratamiento

Prueba de HSD Tukey						
(I) Grupo	(J) Grupo	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Control	Tratamiento 1 (24h/6rpm)	2235,73333	3243,70757	,049	-4530,5221	9001,9887
	Tratamiento 2 (48h/4rpm)	2588,80000	3243,70757	,034	-4177,4554	9355,0554
	Tratamiento 3 (72h/2rpm)	2513,15000	3243,70757	,048	-4253,1054	9279,4054
Tratamiento 1	Control	-2235,73333	3243,70757	,014	-9001,9887	4530,5221
	Tratamiento 2 (48h/4rpm)	353,06667	3243,70757	,033	-6413,1887	7119,3221
	Tratamiento 3 (72h/2rpm)	277,41667	3243,70757	,049	-6488,8387	7043,6721
Tratamiento 2	Control	-2588,80000	3243,70757	,049	-9355,0554	4177,4554
	Tratamiento 1	-353,06667	3243,70757	,048	-7119,3221	6413,1887
	Tratamiento 3 (72h/2rpm)	-75,65000	3243,70757	,034	-6841,9054	6690,6054
Tratamiento 3	Control	-2513,15000	3243,70757	,042	-9279,4054	4253,1054
	Tratamiento 1 (24h/6rpm)	-277,41667	3243,70757	,043	-7043,6721	6488,8387
	Tratamiento 2 (48h/4rpm)	75,65000	3243,70757	,033	-6690,6054	6841,9054

En la tabla 12, se ostenta los contrastes de la prueba de Tukey para los 3 tratamientos con respecto al grupo control, puesto que, existe varianza significativa y/o efecto de los tratamientos. Por lo cual, mediante esta prueba se determina que el tratamiento 2 con 48h/4 rpm es el más adecuado en la remoción de los parámetros fisicoquímicos y biológicos, porque, su p-valor es más cercano a 0, mientras que el p-valor de los demás tratamientos tienden a aproximarse al valor alfa (0.05)

V. DISCUSIONES

Discusión con respecto al objetivo “determinar la concentración inicial de los parámetros fisicoquímicos y biológicos presentes en las aguas residuales municipales en el punto de descarga”. En la investigación se ostenta que los parámetros SST con 323.2mg/L, pH con 6.1, aceite y grasas con 39.6 mg/L, DBO5 con 304mg/L, DQO con 396.4mg/L y coliformes termotolerantes con $2.3 \cdot 10^4$ NMP/100mL sobrepasan los LMP para la descarga de efluentes de PTARs a cuerpos de agua superficiales, estos datos obtenidos poseen afinidad al informe presentado por (Chen y Zhang, 2018) donde se confirmó que los contaminantes de efluentes descargados por parte de las lagunas de oxidación en precarias condiciones son elevadas revelando datos de DBO5 121.0 mg/L, SST 145.0 mg/L, pH 5.9 y (Wang et al., 2021) reveló datos de 250 mg/L DQO y 15000 NMP/100mL de coliformes, ambos autores realizaron su investigación en la misma zona. A comparación con los resultados obtenidos en nuestro estudio poseen afinidad más no son iguales, puesto que, existen diferencias en la concentración de contaminantes biológicos esto debido a que las aguas residuales son producidas mayormente por actividades como producción de queso, leche y manufacturas lácteas realizadas en Cabanillas, mientras que, las actividades realizadas en la zona de estudio de las dos investigaciones referenciadas son domiciliarias, municipales.

Mientras que para el objetivo “determinar el tiempo de retención adecuado en el sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado con *Hydrocotyle vulgaris*, para la remoción de los contaminantes fisicoquímicos y biológicos”. En la investigación se ostenta que el tiempo de retención adecuado es de 48 horas y 4 revoluciones por minutos, con estas características el sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro disminuyeron considerablemente los parámetros SST, pH, aceite y grasas, DBO5, DQO y coliformes termotolerantes, estos datos se asemejan mínimamente a los resultados del estudio presentado por (Calloapaza, 2021) el cual obtuvo como efecto una reducción de DBO5, DQO y coliformes termotolerantes aplicando un biofiltro de *hydrocotyle vulgaris* con tiempo de retención de 8 horas. Así mismo, (Tawfik y Sanders, 2013) como efecto de aplicar un filtro rotativo para el tratamiento de aguas residuales a 2

horas y 6 rpm removi6 SST, aceite y grasas. Los resultados obtenidos en la presente investigaci6n son muy superiores en comparaci6n a los datos presentados por los dos autores mencionados, puesto que, cada uno de ellos aplic6 el filtro o el biofiltro por separado tomando par6metros en espec6fico, como tambi6n no consideraron diferentes tiempos de retenci6n ni las revoluciones por minutos. Mientras que, en nuestra investigaci6n se aplic6 el filtro rotativo y biofiltro continuamente formando un solo sistema, asimismo, estableci6 diferentes tiempos y rpm para los tratamientos

Mientras que para el objetivo “determinar la eficiencia que posee el sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado con *Hydrocotyle vulgaris* en la remoci6n de los contaminantes fisicoqu6micos y biol6gicos”. En la investigaci6n se ostenta que la eficiencia alcanzada en la remoci6n de contaminantes por el sistema combinado es 64.5%, este dato difiere m6nimamente al resultado de la investigaci6n presentado por (Lopez, 2022) donde obtuvo una eficiencia de 53.9% en la remoci6n de par6metros f6sicos y biol6gicos de las aguas residuales, mientras que, (Masache, 2016) obtuvo una eficiencia de 55% aplicando biofiltro de *hydrocotyle vulgaris* en la remoci6n de contaminantes biol6gicos. Los datos obtenidos en la presente investigaci6n difieren con los resultados de los informes presentados por estos dos autores, porque, las caracter6sticas como tiempo y rpm son muy diferentes en cada estudio.

VI. CONCLUSIONES

1. Se concluye que el sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado con *hydrocotyle vulgaris* incide significativamente en el tratamiento de aguas residuales, donde, los parámetros biológicos (DBO5, DQO y C. termotolerantes) fueron los que disminuyeron más
2. Se concluye que la concentración inicial de los parámetros establecidos para la descarga de efluentes de una PTARs, son muy elevados, esto debido a las actividades que se realizan en el distrito de Cabanillas como son la producción de queso, mantequilla y actividades lácteas, por ende, los parámetros DBO5, DQO y coliformes termotolerantes son más altos
3. Se concluye que los factores como tiempo de retención y las revoluciones por minuto adecuados del sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado con *hydrocotyle vulgaris* consienten una mayor remoción de contaminantes, en los tratamientos realizados, las características de 48 horas y 4 rpm son los que disminuyeron más contaminantes
4. Se concluye que la eficiencia máxima que puede alcanzar el sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado con *hydrocotyle vulgaris* es de 64.5%

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar estudios de tratamiento de agua residual en el sistema combinado empleando fracciones de zeolita y malla de acero galvanizado en el filtro giratorio y otro tipo de macrófitos en el biofiltro empacado
2. Se aconseja realizar estudios con efluentes mineros y tomar en cuenta los parámetros de metales pesados como Plomo, Cobre y cromo para futuras investigaciones con respecto al tratamiento de aguas residuales mineros mediante el método de sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado
3. A partir de los resultados obtenidos se aconseja para futuras investigaciones experimentar con revoluciones más elevadas (8, 10 y 15) en el sistema combinado, así mismo, considerar la recirculación del agua residual en el filtro rotativo.
4. Se aconseja realizar dos investigaciones aplicando este sistema combinado: una investigación tomando parámetros biológicos y la otra investigación tomando los parámetros de metales pesados (plomo, cobre y cromo) y así determinar si el sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado es más eficiente removiendo metales pesados o parámetros biológicos.

REFERENCIAS

- ALPERIN, Marta y SKORUPKA, Carlos. 2014. Métodos de muestreo. Buenos aires - Argentina: Universidad Nacional de la Plata, 2014. <https://www.fcnym.unlp.edu.ar/catedras/estadistica/Procedimientos%20de%20muestreo%20A.pdf>.
- BARRETO, Mauricio. 2017. Eficiencia de biofiltro a base de un tipo de microalga para minimizar la contaminación de las aguas subterráneas en la Universidad César Vallejo. Lima - Perú: Repositorio Cesar Vallejo, 2017. pág. 29. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/33227>.
- BRICEÑO, Richard. 2019. Eficiencia de medios de soporte en un reactor biológico secuencial (SBR) para la remoción de nitratos y fosfatos de aguas residuales, Villa el Salvador, 2019. Lima - Perú: repositorio Cesar Vallejo, 2019. pág. 1. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/63998>.
- CALLA, Maxgabriel. 2015. Sistema de tratamiento de aguas residuales y sus consecuencias en la contaminación del agua subterránea en la ciudad universitaria de la UANCV en el 2015. Juliaca - Perú: repositorio Andina Nestor Caceres Velasquez, 2015. <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/439>.
- CALLOAPAZA, Washington. 2021. Hydrocotyle vulgaris (Sombbrero de agua) en la purificación de aguas del río Torococha Juliaca - 2019. Juliaca - Peru : Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, 2021. <http://repositorio.uancv.edu.pe/discover>.
- CHEN, Shufang y ZHANG, Xiukui. 2018. Aplicación de tanque de clarificación de alta eficacia y filtro rotatorio en proceso de tratamiento avanzando de PTAR Norte. Changchun - China: Advanced Materials Research, 2018. <http://dpi-journals.com/index.php/dtetr/article/view/25553>.

- DÍAZ, Mónica. 2011. Revisión taxonómica del género *Hydrocotyle* (Apiaceae) para Colombia. Bogotá - Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2011. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7978>.
- HASSARD, Francis y BIDDLE, Jeremy. 2014. Rotating biological contactors for wastewater treatment - A review. Redan Place - London: ELSERVIER, 2014. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957582014001190>.
- HERNÁNDEZ, Roberto y MENDOZA, Christian. 2018. Metodología de la investigación: las rutas cuantitativas, cualitativas y mixtas. México: MCGRAW INTERAMERICANA, 2018.
- HUAYTA, Mary. 2019. Efecto del vertimiento de aguas residuales domésticas en la calidad de agua del río Cabanillas. Juliaca - Perú: Repositorio Andina Nestor Caceres Velasquez, 2019. págs. 1, 2. https://www.lareferencia.info/vufind/Record/PE_3ba9295baa4f945b465241599e3ee81b.
- LARIOS, Fernando y GONZÁLEZ, Carlos. 2015. Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. Lima - Perú: Universidad San Ignacio de Loyola, 2015. https://scholar.google.com.pe/scholar?q=Las+aguas+residuales+y+sus+consecuencias+en+el+Per%C3%93+cholart.&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=s
- LIU, Kehui y LIANG, Xiaolu. 2021. *Hydrocotyle vulgaris* L.: una nueva especie de paisaje tolerancia al cadmio y sus respuestas fisiológicas a la exposición al cadmio. s.l. : Environmental Science and Pollution Research, 2021.
- LOPEZ, Stefany. 2022. Tratamiento de aguas residuales municipales aplicando un sistema de biodiscos a condiciones controladas en el distrito de Lampa, 2022. Lima - Peru : Repositorio Universidad Cesar Vallejo, 2022. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/92194>.

- MARTELO, Jorge. 2012. Macrófitas flutuantes no tratamento de águas residuais: uma revisão do estado da arte. Bogota - Colombia : Ingenieria y Ciencia, 2012. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4111241>.
- MARTINEZ, Daniel. 2019. Propuesta de modernización del filtro rotativo al vacío para mejorar el proceso de filtrado en la empresa Agroindustrial Pomalca. Lambayeque - Peru : Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2019. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/7989>.
- MASACHE, Carmen. 2016. Evaluación del potencial fitorremediador de dos especies vegetales (pistia stratiotes l) y (hydrocotyle ranunculoides l.f) en el tratamiento de las aguas contaminadas por la porcicultura en la granja “el Guayabal” del barrio Nambija bajo, Cantón Zamora. Zamora - Ecuador : Universidad Nacional de Loja, 2016. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/17761>.
- Nº 010-2016-ANA. 2016. Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. Lima - Perú : El peruano, 2016.
- OEFA. 2014. La fiscalización ambiental en aguas residuales. Lima - Perú : Gob.pe, 2014. pág. 2.
- PALELLA, Stracuzzi y MARTINS, Feliberto. 2012. Metodología de la investigación cuantitativa. Venezuela : Edición. Fondo editorial de la Universidad Pedagógica Libertador (FEDUPEL), 2012. <https://issuu.com/originaledy/docs/metodologc3ada-de-la-investigacic3b>.
- QUISPE, Nydia. 2021. Evaluación de la eficiencia de remoción de coliformes fecales, de aguas residuales domésticas tratadas con biodigestor de Polietileno rotoplas de la comunidad campesina de Cabana Distrito de Capachica-Puno 2018. Juliaca - Peru : Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez , 2021.
- RAFFO, Eduardo y Ruiz, Edgar. 2014. Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. Lima - Perú : Industrial Data, 2014. pág. 74. <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>.

- SAIED, M. y SERPOKRYLOV, N. 2021. Development of a new approach to the design of a pilot plant for a modified submersible rotating biofilter. Rostov - Russia : Earth and Environmental Science, 2021. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/723/5/052016/pdf>.
- SANCA, Deysi. 2019. Remoción de nitrógeno y fósforo de las aguas residuales domésticas por la biomasa de microalgas del riachuelo Torococha en condiciones de laboratorio. Juliaca - Perú : Repositorio Andina Nestor Caceres Velasquez, 2019. pág. 42. <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/3180>.
- SUNASS. 2018. Agua, Bienestar y Desarrollo. Lima - Perú : Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, 2018. pág. 104. 2.
- TAPIA, Antonia. 2020. Análisis de absorción de metales en la planta *Hydrocotyle vulgaris* en crecimiento en agua natural y residual en la zona de Carhuamayo-2019. Cerro de Pasco - Perú : Repositorio UNDAC, 2020. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1916>.
- TAWFIK, A y SANDERS, W. 2013. Treatment of domestic sewage in a combined UASB/RBC system. Process optimization for irrigation purposes. Giza - Egypt : Wageningen University and Research centre, 2013. DOI:10.2166/wst.2003.0034.
- TAWFIK, Ahmed y LETTINGA, Gatzke. 2001. treatment of anaerobically pre-treated domestic sewage by a rotating biological contactor. Dokki - Giza - Egypt : WATER RESEARCH, 2001. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135401001853>.
- UNESCO. 2020. Informe mundial de las naciones unidas sobre el desarrollo de los recursos hidricos. Paris - Francia : ONU - agua, 2020.
- VARGAS, Rosita. 2020. Biorremediación de aguas residuales domésticas aplicando la microalga *Scenedesmus* sp. Chiclayo - Perú : Repositorio

Cesar Vallejo, 2020. pág. 119.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/48526>.

WANG, Chunbo, y otros. 2021. Eliminación simultánea de floraciones de cianobacterias y producción de agua limpia mediante el acoplamiento de floculación con un filtro de tambor rotatorio. Kunming - China : Environmental Science and pollution, 2021. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-13664-5>.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	METODOLOGIA	
<p>General</p> <p>¿Cómo el sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado con <i>Hydrocotyle vulgaris</i> incide en el tratamiento de aguas residuales, Cabanillas, Puno - 2022?</p>	<p>General</p> <p>Evaluar el sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado con <i>Hydrocotyle vulgaris</i> en la incidencia del tratamiento de aguas residuales, Cabanillas, Puno - 2022</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>El sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado con <i>Hydrocotyle vulgaris</i> incide significativamente el tratamiento de aguas residuales, Cabanillas, Puno - 2022</p>	<p>Independiente</p> <p>Filtro rotativo y biofiltro</p>	<p>Tiempo de retención adecuado en el sistema</p>	Tiempo	Minutos	<p>Tipo de investigación</p> <p>aplicado</p> <p>Nivel de investigación</p> <p>Cuantitativa experimental</p> <p>INSTRUMENTOS</p> <p>Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR</p> <p>Laboratorio</p>	
				<p>Eficiencia del sistema</p>	T-1 (24h/6rpm)	%		
					T-2 (48h/4rpm)	%		
T-3 (72h/2rpm)	%							
<p>Específicas</p> <p>¿Cuánto será la concentración inicial de los parámetros fisicoquímicos y biológicos presentes en las aguas residuales municipales en el punto de descarga?</p> <p>¿Cuál será el tiempo de retención adecuado en el sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado con <i>Hydrocotyle vulgaris</i>, para la remoción de los contaminantes fisicoquímicos y biológicos presentes en las aguas residuales municipales?</p> <p>¿Cuál será la eficiencia del sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado con <i>Hydrocotyle vulgaris</i> en la remoción de los contaminantes fisicoquímicos y biológicos presentes en las aguas residuales municipales?</p>	<p>Específicas</p> <p>Determinar la concentración inicial de los parámetros fisicoquímicos y biológicos presentes en las aguas residuales municipales en el punto de descarga</p> <p>Determinar el tiempo de retención adecuado en el sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado con <i>Hydrocotyle vulgaris</i>, para la remoción de los contaminantes fisicoquímicos y biológicos presentes en las aguas residuales municipales</p> <p>Determinar la eficiencia que posee el sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado con <i>Hydrocotyle vulgaris</i> en la remoción de los contaminantes fisicoquímicos y biológicos presentes en las aguas residuales municipales</p>	<p>Hipótesis Específica</p> <p>La concentración inicial de los parámetros fisicoquímicos y biológicos presentes en las aguas residuales municipales en el punto de descarga, superan los límites máximos permisibles</p> <p>El tiempo de retención adecuado en el sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado con <i>Hydrocotyle vulgaris</i>, consentirá una mayor remoción de los contaminantes fisicoquímicos y biológicos presentes en las aguas residuales municipales.</p> <p>La eficiencia máxima del sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado con <i>Hydrocotyle vulgaris</i> será superior al 60%, en la remoción de los contaminantes fisicoquímicos y biológicos presentes en las aguas residuales municipales.</p>	<p>Dependiente</p> <p>Tratamiento de aguas</p>	<p>Concentración inicial de los parámetros fisicoquímicos y biológicos</p>	pH	Unidad pH		
					Aceites y grasas	mg/L		
					SST	mL/L		
	<p>Contenido final de los parámetros fisicoquímicos y biológicos</p>						DBO5	mg/L
							DQO	mg/L
							Coliformes termotolerantes	NMP/100mL
							pH	%
					Aceites y grasas	%		
					SST	%		
					DBO5	%		
					DQO	%		
					Coliformes termotolerantes	%		

Anexo 2. Validación de la ficha de registro N°1

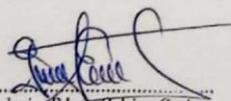
FICHA DE REGISTRO N°1
CARACTERÍSTICAS INICIALES DEL AGUA RESIDUAL

I. Datos generales

 Universidad César Vallejo	Ficha de observación de las características fisicoquímicas y microbiológicas iniciales	Instr.1
Título	Sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado con <i>Hydrocotyle vulgaris</i> incide en el tratamiento de aguas residuales, Cabanillas, Puno – 2022	
Línea de investigación	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales	
Facultad	Ingeniería y Arquitectura	
Realizado por	Bach. Apaza Quispe, Yordan Alexander (ORCID: 0000-0003-4475-0201)	
Asesor	Dr. Sernaque Aucahuasi, Fernando Antonio (ORCID:0000-0003-1485-5854)	

II. Datos y resultados de la muestra de agua

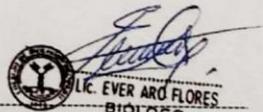
N°	Código	parámetro	resultado	Unidad


Javier Edwin Caleina Cechua
ING. AMBIENTAL
C.I.P. 241833

Nombre:


Heber Manuel Kuma
C.I.P. N° 185493

Nombre:


LIC. EVER ARDO FLORES
BIÓLOGO
C.B.P. 14971

Nombre:

Anexo 3. Validación de la ficha de registro N°1 (especialista 1)

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO
CARACTERÍSTICAS INICIALES DEL AGUA RESIDUAL

I. Datos generales

Nombre del validador	Ever Aro Flores
Especialidad del validador	Esp. Biólogo en Laboratorio
Autor del instrumento	Bach. Yordan Alexander Spaza Quispe

II. Aspectos para su validación

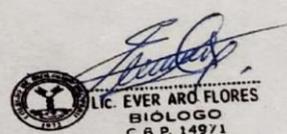
Criterios	Descripción	bajo			regular			buena			Muy buena		
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje comprensible										X		
2. Objetividad	Esta adecuado a las leyes y principios científicos											X	
3. Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación											X	
4. Organización	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X
5. Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X		
6. Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables e indicadores												X
7. Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos										X		
8. Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis										X		
9. Coherencia	Existe coherencia entre los problemas y objetivos, hipótesis, variables e indicadores											X	
10. Trascendencia	El instrumento muestra diseño y operacionalización de carácter trascendentales											X	

III. Opinión de aplicabilidad

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

IV. Promedio de valoración (alfa de Cronbach)

89.9%



LIC. EVER ARO FLORES
BIÓLOGO
C. B. P. 14971

Nombre: _____

Anexo 4. Validación de la ficha de registro N° (especialista 2)

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO
CARACTERÍSTICAS INICIAL DEL AGUA RESIDUAL

I. Datos generales

Nombre del validador	J. Edwin Calzina Cechua
Especialidad del validador	
Autor del instrumento	Bach. Yordon Alexander Apaza Quispe

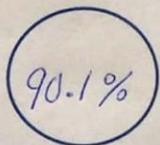
II. Aspectos para su validación

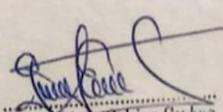
Criterios	Descripción	bajo			regular			buena			Muy buena		
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje comprensible											X	
2. Objetividad	Esta adecuado a las leyes y principios científicos												X
3. Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación												X
4. Organización	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X		
5. Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X	
6. Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables e indicadores												X
7. Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos										X		
8. Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis										X		
9. Coherencia	Existe coherencia entre los problemas y objetivos, hipótesis, variables e indicadores											X	
10. Trascendencia	El instrumento muestra diseño y operacionalización de carácter trascendentales											X	

III. Opinión de aplicabilidad

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

IV. Promedio de valoración (alfa de Cronbach)




 Javier Edwin Calzina Cechua
 ING. AMBIENTAL
 CIP. 241833

Nombre: _____

Anexo 5. Validación de la ficha de registro N°1 (especialista 3)

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

CARACTERÍSTICAS INICIALES DEL AGUA RESIDUAL

I. Datos generales

Nombre del validador	Jorge Hebert Mamani Yucca
Especialidad del validador	Esp. Sanitaria
Autor del instrumento	Bach. Yordán Alexander Arango Quispe

II. Aspectos para su validación

Criterios	Descripción	bajo			regular			buena			Muy buena		
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje comprensible												X
2. Objetividad	Esta adecuado a las leyes y principios científicos											X	
3. Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación										X		
4. Organización	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X
5. Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales									X			
6. Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables e indicadores												X
7. Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos										X		
8. Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis									X			
9. Coherencia	Existe coherencia entre los problemas y objetivos, hipótesis, variables e indicadores											X	
10. Trascendencia	El instrumento muestra diseño y operacionalización de carácter trascendentales											X	

III. Opinión de aplicabilidad

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

IV. Promedio de valoración (alfa de Cronbach)

92.0%

Nombre: Jorge Hebert Mamani Yucca
C.I.P. N° 185393

Anexo 6. Validación de la ficha de registro N°2

FICHA DE REGISTRO N°2

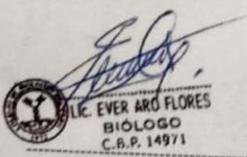
CARACTERÍSTICAS FINALES DEL AGUA RESIDUAL TRATADA

I. Datos del evaluador

 Universidad César Vallejo	Ficha de observación de las características fisicoquímicas y microbiológicas finales en los 3 tratamientos	Instr.2
Título	Sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado con <i>Hydrocotyle vulgaris</i> incide en el tratamiento de aguas residuales, Cabanillas, Puno – 2022	
Línea de investigación	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales	
Facultad	Ingeniería y Arquitectura	
Realizado por	Bach. Apaza Quispe, Yordan Alexander (ORCID: 0000-0003-4475-0201)	
Asesor	Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio (ORCID:0000-0003-1485-5854)	

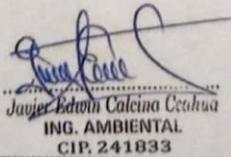
II. Datos del tratamiento del agua residual en el sistema combinado de filtros

N°1	Tratamiento	Contenido de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos					
		pH	Aceite y grasas	SST	DBO5	DQO	Coliformes termotolerantes
T-1	24 horas y 6 rpm						
T-2	48 horas y 4 rpm						
T-3	72 horas y 2 rpm						



.....
LE. EVER ARCO FLORES
 BIÓLOGO
 C.B.P. 14971

Nombre:



.....
Javier Edwin Calaña Cevallos
 ING. AMBIENTAL
 C.I.P. 241833

Nombre:



.....
Fernando Antonio Sernaque Auccahuasi
 C.I.P. N° 185486

Nombre:

Anexo 7. Validación de la ficha de registro N°2 (especialista 1)

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO
CARACTERÍSTICAS FINALES DEL AGUA RESIDUAL TRATADA

V. Datos generales

Nombre del validador	Javier Edwin Calaña Ccahua
Especialidad del validador	
Autor del instrumento	Bach. Yordan Alexander Spaga Avispe

VI. Aspectos para su validación

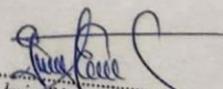
Criterios	Descripción	bajo			regular			buena			Muy buena		
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje comprensible												X
2. Objetividad	Esta adecuado a las leyes y principios científicos											X	
3. Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación											X	
4. Organización	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X
5. Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X		
6. Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables e indicadores										X		
7. Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos										X		
8. Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis											X	
9. Coherencia	Existe coherencia entre los problemas y objetivos, hipótesis, variables e indicadores												X
10. Trascendencia	El instrumento muestra diseño y operacionalización de carácter trascendentales												X

VII. Opinión de aplicabilidad

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

VIII. Promedio de valoración (alfa de Cronbach)

92.5%


 Javier Edwin Calaña Ccahua
 ING. AMBIENTAL
 CIP. 241833

Nombre: _____

Anexo 8. Validación de la ficha de registro N°2 (especialista 2)

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO
CARACTERÍSTICAS FINALES DEL AGUA RESIDUAL TRATADA

V. Datos generales

Nombre del validador	Ever Aro Flores
Especialidad del validador	Esp. Biólogo en Laboratorio
Autor del instrumento	Bach. Yordan Alexander Apaza Quispz

VI. Aspectos para su validación

Criterios	Descripción	bajo			regular			buena			Muy buena		
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje comprensible												X
2. Objetividad	Esta adecuado a las leyes y principios científicos											X	
3. Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación										X		
4. Organización	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X	
5. Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X	
6. Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables e indicadores												X
7. Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos												X
8. Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis												X
9. Coherencia	Existe coherencia entre los problemas y objetivos, hipótesis, variables e indicadores											X	
10. Trascendencia	El instrumento muestra diseño y operacionalización de carácter trascendentales										X		

VII. Opinión de aplicabilidad

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

VIII. Promedio de valoración (alfa de Cronbach)

90.5%



 LIC. EVER ARO FLORES
 BIÓLOGO
 C.B.P. 14971

Nombre: _____

Anexo 9. Validación de la ficha de registro N°2 (especialista 3)

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

CARACTERÍSTICAS FINALES DEL AGUA RESIDUAL TRATADA

V. Datos generales

Nombre del validador	<i>Josef Hebert Mamani Yucra</i>
Especialidad del validador	<i>Esp. Sanitaria</i>
Autor del instrumento	<i>Bach. Jordan Alexander Apaza Quispe</i>

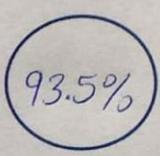
VI. Aspectos para su validación

Criterios	Descripción	bajo			regular			buena			Muy buena		
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje comprensible												X
2. Objetividad	Esta adecuado a las leyes y principios científicos												X
3. Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación											X	
4. Organización	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X
5. Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X		
6. Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables e indicadores											X	
7. Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos											X	
8. Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis											X	
9. Coherencia	Existe coherencia entre los problemas y objetivos, hipótesis, variables e indicadores												X
10. Trascendencia	El instrumento muestra diseño y operacionalización de carácter trascendentales											X	

VII. Opinión de aplicabilidad

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

VIII. Promedio de valoración (alfa de Cronbach)



93.5%

Nombre: *Jordan Alexander Apaza Quispe*

Jordan Alexander Apaza Quispe
C.I. N° 105168

Anexo 10. Habilitación del sistema combinado



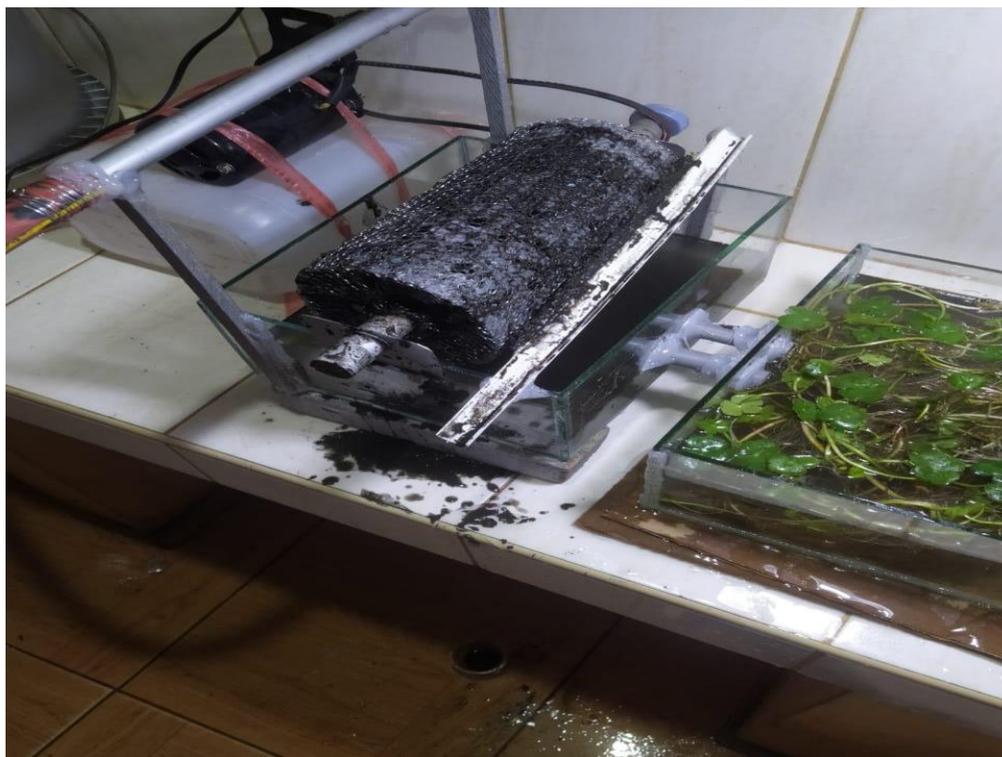
Anexo 11. Cargado con agua residual al sistema combinado



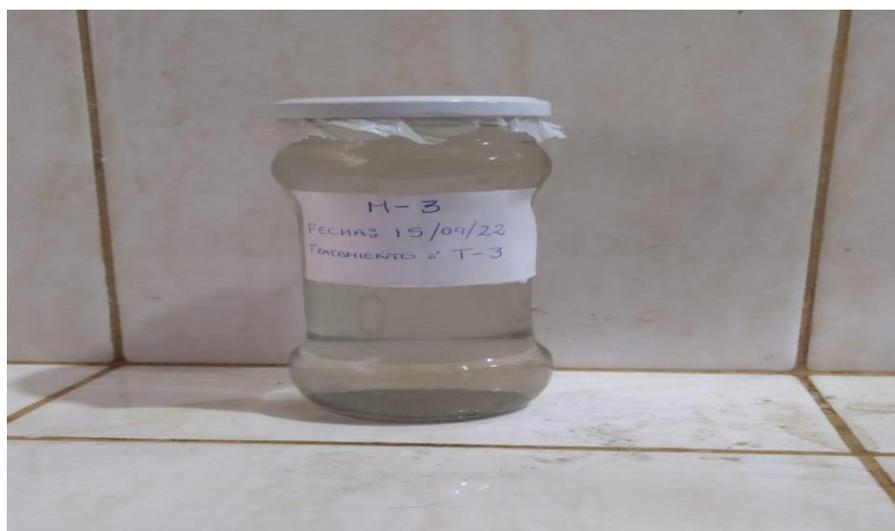
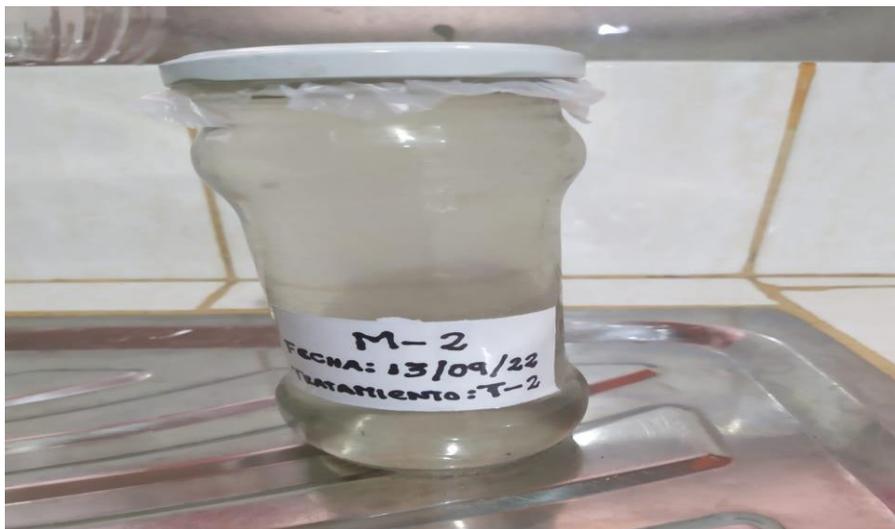
Anexo 12. Tratamientos del agua residual



Anexo 13. Sólidos suspendidos en el sistema combinado



Anexo 14. Muestras de agua tratada



Anexo 15. Registro de los resultados de laboratorio N°1



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL



RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUAS

INFORME DE ENSAYO N° 516 – 2022

I. DATOS DEL SOLICITANTE

Solicitante : YORDAN ALEXANDER APAZA QUISPE
Proyecto de Tesis : SISTEMA COMBINADO DE FILTRO ROTATITO Y BIOFILTRO
EMPACADO DE HYDROCOTYLE VULGARIS PARA EL TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES, CABANILLAS, PUNO – 2022

II. DATOS DE MUESTREO

Código Campo	Origen de la muestra	Punto de muestreo	Distrito	Provincia	Departamento	Fecha y hora de muestreo
M-0	AGUA EFLUENTE PTAR CABANILLAS	E: 355906.00 N: 8271090.61	CABANILLAS	SAN ROMÁN	PUNO	6 de septiembre de 2022 11:26 am

Presentación: En frascos esterilizados de 500 ml de borosilicato.

Muestreado por: Yordan Alexander Apaza Quispe

Fecha de recepción: 06 de septiembre del 2022.

Fecha de Análisis: 06 al 11 de septiembre del 2022.

III. RESULTADO

PARÁMETROS FÍSICOS:

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
01	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mL/L	323.2

PARÁMETROS QUÍMICOS:

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
01	pH	Unidad de pH	6.1
02	ACEITES Y GRASAS	mg/L	39.6

PARÁMETROS BIOLÓGICOS:

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
01	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	mgO ₂ /l	304
02	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	mgO ₂ /l	396.4
03	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100ml	2.3 X 10 ⁴

MÉTODOS DE ENSAYO:

- Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. APHA. AWW.WEF. 21th ed. 2005.

NOTAS IMPORTANTES

- El presente informe de Ensayo es válido por 90 días a partir de la fecha de emisión.

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

Ing. Javier A. Bojórquez Gandanillas
CIP. 126368
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL - FICP

Juliaca, 17 de septiembre del 2022

Anexo 16. Registro de los resultados de laboratorio N°2



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
 LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL



RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUAS

INFORME DE ENSAYO N° 517 – 2022

I. DATOS DEL SOLICITANTE

Solicitante : YORDAN ALEXANDER APAZA QUISPE
 Proyecto de Tesis : SISTEMA COMBINADO DE FILTRO ROTATITO Y BIOFILTRO
 EMPACADO DE HYDROCOTYLE VULGARIS PARA EL TRATAMIENTO
 DE AGUAS RESIDUALES, CABANILLAS, PUNO – 2022

II. DATOS DE MUESTREO

Código Campo	Origen de la muestra	Punto de muestreo	Distrito	Provincia	Departamento	Fecha y hora de muestreo
M – 1	AGUA EFLUENTE PTAR CABANILLAS + HYDROCOTYLE VULGARIS	E: 377492.28 N: 8287555.95	CABANILLAS	SAN ROMÁN	PUNO	10 de septiembre de 2022 3:35 pm

Presentación: En frascos esterilizados de 500 ml de borosilicato.

Muestreado por: Yordan Alexander Apaza Quispe

Fecha de recepción: 10 de septiembre del 2022.

Fecha de Análisis: 10 al 15 de septiembre del 2022.

III. RESULTADO

PARÁMETROS FÍSICOS:

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
01	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	ml/L	145

PARÁMETROS QUÍMICOS:

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
01	pH	Unidad de pH	6.8
02	ACEITES Y GRASAS	mg/L	19

PARÁMETROS BIOLÓGICOS:

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
01	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	mgO ₂ /l	101
02	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	mgO ₂ /l	183.1
03	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100ml	1.02 X 10 ⁴

MÉTODOS DE ENSAYO:

- Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los **Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. APHA. AWW.WEF. 21th ed. 2005.**

NOTAS IMPORTANTES

- El presente informe de Ensayo es válido por 90 días a partir de la fecha de emisión.

UNIVERSIDAD ANDINA
 "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 Ing. JAVIER BOJÓRQUEZ GANDARILLAS
 CIP. 125368
 JEFE LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL - FICP

Juliaca, 17 de septiembre del 2022

Anexo 17. Registro de los resultados de laboratorio N°3



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL



RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUAS

INFORME DE ENSAYO N° 518 – 2022

I. DATOS DEL SOLICITANTE

Solicitante : YORDAN ALEXANDER APAZA QUISPE
Proyecto de Tesis : SISTEMA COMBINADO DE FILTRO ROTATITO Y BIOFILTRO
EMPACADO DE HYDROCOTYLE VULGARIS PARA EL TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES, CABANILLAS, PUNO – 2022

II. DATOS DE MUESTREO

Código Campo	Origen de la muestra	Punto de muestreo	Distrito	Provincia	Departamento	Fecha y hora de muestreo
M-2	AGUA EFLUENTE PTAR CABANILLAS + HYDROCOTYLE VULGARIS	E: 377492.28 N: 8287555.95	CABANILLAS	SAN ROMÁN	PUNO	13 de septiembre de 2022 4:20 pm

Presentación: En frascos esterilizados de 500 ml de borosilicato.

Muestreado por: Yordan Alexander Apaza Quispe

Fecha de recepción: 13 de septiembre del 2022.

Fecha de Análisis: 13 al 18 de septiembre del 2022.

III. RESULTADO

PARÁMETROS FÍSICOS:

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
01	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mL/L	139.2

PARÁMETROS QUÍMICOS:

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
01	pH	Unidad de pH	7.3
02	ACEITES Y GRASAS	mg/L	16

PARÁMETROS BIOLÓGICOS:

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
01	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	mgO ₂ /l	93
02	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	mgO ₂ /l	175
03	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100ml	8106

MÉTODOS DE ENSAYO:

- Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los *Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. APHA. AWW.WEF. 21th ed. 2005.*

NOTAS IMPORTANTES

- El presente informe de Ensayo es válido por 90 días a partir de la fecha de emisión.

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

Ing. Javier A. Bojórquez Gandarillas
CIP. 126368
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL - FICP

Juliaca, 22 de septiembre del 2022

Anexo 18. Registro de los resultados de laboratorio N°4



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
 LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL



RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUAS

INFORME DE ENSAYO N° 519 – 2022

I. DATOS DEL SOLICITANTE

Solicitante : YORDAN ALEXANDER APAZA QUISPE
 Proyecto de Tesis : SISTEMA COMBINADO DE FILTRO ROTATITO Y BIOFILTRO
 EMPACADO DE HYDROCOTYLE VULGARIS PARA EL TRATAMIENTO
 DE AGUAS RESIDUALES, CABANILLAS, PUNO – 2022

II. DATOS DE MUESTREO

Código Campo	Origen de la muestra	Punto de muestreo	Distrito	Provincia	Departamento	Fecha y hora de muestreo
M – 3	AGUA EFLUENTE PTAR CABANILLAS + HYDROCOTYLE VULGARIS	E: 377492.28 N: 8287555.95	CABANILLAS	SAN ROMÁN	PUNO	15 de septiembre de 2022 3:05 pm

Presentación: En frascos esterilizados de 500 ml de borosilicato.

Muestreado por: Yordan Alexander Apaza Quispe

Fecha de recepción: 15 de septiembre del 2022.

Fecha de Análisis: 15 al 20 de septiembre del 2022.

III. RESULTADO

PARÁMETROS FÍSICOS:

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
01	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mL/L	141.6

PARÁMETROS QUÍMICOS:

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
01	pH	Unidad de pH	7
02	ACEITES Y GRASAS	mg/L	17.3

PARÁMETROS BIOLÓGICOS:

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
01	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	mgO ₂ /l	94.5
02	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	mgO ₂ /l	180
03	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100ml	8550

MÉTODOS DE ENSAYO:

- Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los **Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. APHA. AWW.WEF. 21th ed. 2005.**

NOTAS IMPORTANTES

- El presente informe de Ensayo es válido por 90 días a partir de la fecha de emisión.

Juliaca, 22 de septiembre del 2022

UNIVERSIDAD ANDINA
 "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 Ing. JAVIER A. BOJÓRQUEZ GANDARILLAS
 CTR. 129368
 JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SERNAQUE AUCCAHUASI FERNANDO ANTONIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - MOYOBAMBA, asesor de Tesis titulada: "Sistema combinado de filtro rotativo y biofiltro empacado de *Hydrocotyle vulgaris* para el Tratamiento de Aguas Residuales, Cabanillas, Puno - 2022", cuyo autor es APAZA QUISPE YORDAN ALEXANDER, constato que la investigación tiene un índice de similitud de %, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

MOYOBAMBA, 06 de Enero del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
SERNAQUE AUCCAHUASI FERNANDO ANTONIO : 07268863 ORCID: 0000-0003-1485-5854	Firmado electrónicamente por: FSERNAQUEA el 06- 01-2023 15:18:59

Código documento Trilce: INV - 1017516