



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Sistema de cavitación hidrodinámica en la mejora de calidad de aguas
residuales de una planta procesadora de quinua

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

AUTORA:

Rojas Hinojosa, Mirian Mariana (orcid.org/0000-0002-5358-8309)

ASESOR:

Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales (orcid.org/0000-0003-1504-2089)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIO:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA - PERÚ

2022

Dedicatoria

A Dios por permitirme conocer personas maravillosas en mi vida, los conocimientos adquiridos en mi formación profesional es el resultado de las enseñanzas de mis docentes y amistades.

Con mucho cariño para mi madre Vilma Hinostroza Huamán por darme la vida, admiro su valentía y sacrificio, gracias a ella logre mis objetivos personales.

Para mi familia Hinostroza por su cariño y apoyo incondicional, mi abuelita, tíos, tías, primos y hermanos que estuvieron guiándome con sus lecciones y alegría que todo es posible.

Preservemos las plantas y los ecosistemas para poder disfrutar de la magia de nuestro medio ambiente, nuestros hábitos eco amigables será el primer paso para conservar nuestra naturaleza.

Agradecimiento

Un reconocimiento muy especial al Dr. Elmer Gonzáles Benites Alfaro, por su motivación constante y paciencia en la realización de mi trabajo de investigación, con mucho cariño se le agradece su apoyo profesional.

Al Ing. Carlos Gamarra Flores, por su apoyo y asesoría que fue vital para el desarrollo de las pruebas experimentales a través de su prototipo del sistema de cavitación.

Al Dr. Ahuber Omar Vásquez Aranda, por su tiempo y asesoría acertada de la presente investigación.

A mis amistades que me brindaron su apoyo absoluto contribuyendo positivamente en el desarrollo de mi tesis.

Índice de Contenidos

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	4
III. METODOLOGÍA	17
3.1. Tipo y Diseño de Investigación	17
3.1. Variable y Operacionalización.....	17
3.2. Población, muestra, muestreo.....	18
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	18
3.4. Procedimiento	19
3.5. Método de Análisis de Datos.....	31
3.6. Aspectos Éticos.....	31
IV. RESULTADOS	32
V. DISCUSIÓN.....	44
VI. CONCLUSIONES.....	48
VII. RECOMENDACIONES	49
REFERENCIAS.....	50
ANEXOS	58

Índice de Tablas

Tabla 1. D.S. N°010-2019-Vivienda, Anexo 1	15
Tabla 2. D.S. N°010-2019-Vivienda, Anexo 2	15
Tabla 3. Porcentaje de validación	19
Tabla 4. Ficha datos de campo	22
Tabla 5. Características del efluente y del equipo.....	23
Tabla 6. Primera Muestra de A.R.Q	27
Tabla 7. Parámetros del ensayo -1	27
Tabla 8. Segunda Muestra de A.R.Q	28
Tabla 9. Parámetros del ensayo-2	28
Tabla 10. Parámetros de operatividad del ensayo-1	32
Tabla 11. Resultados de laboratorio ALAB	34
Tabla 12. Comparación de los VMA con los resultados de tratamiento	34
Tabla 13. Parámetros de operatividad del ensayo-2	39
Tabla14. Resultados del Laboratorio SGS	40
Tabla 15. Comparación de los VMA con los resultados de tratamiento	41

índice de Figuras

Figura 1. Representación del procedimiento de investigación	20
Figura 2. Ubicación de la planta procesadora de quinua	21
Figura 3. Muestra residual de quinua	22
Figura 4. Panel de temperatura.....	24
Figura 5. Flujómetro	24
Figura 6. Manómetro de la bomba	24
Figura 7. Manómetro inicial	25
Figura 8. Manómetro de salida.....	25
Figura 9. Sistema de cavitación hidrodinámica	26
Figura 10. Multiparámetro	29
Figura 11. Rotulado de las muestras.....	29
Figura 12. Diagrama del proceso de cavitación hidrodinámica	30
Figura 13. Presión de salida y temperatura del ensayo-1	33
Figura 14. Presión de entrada y presión de salida de M-1	33
Figura 15. Resultado inicial y final DBO5 ensayo-1	35
Figura 16. Resultado Inicial y final DQO ensayo-1	36
Figura 17. Resultado inicial y final SS ensayo-1	36
Figura 18. Resultado inicial y final SST ensayo-1	37
Figura 19. Resultado inicial y final ST ensayo-1.....	37
Figura 20. Resultado inicial y final turbidez ensayo-1	38
Figura 21. Resultado inicial y final C.F ensayo-1	38
Figura 22. Presión de salida y temperatura ensayo -2.....	39
Figura 23. Presión de entrada y presión de salida ensayo-2	40
Figura 24. Resultado inicial y final DBO5 ensayo-2	42
Figura 25. Resultado inicial y final DQO ensayo-2	42
Figura 26. Resultado inicial y final SST ensayo-2	43
Figura 27. Potencial de hidrógeno ensayo-2.....	43

Resumen

El vertimiento de aguas residuales de las industrias cada vez más se convierte en una de las actividades que contribuyen en la contaminación de los recursos hídricos, estos efluentes contienen niveles altos de materia orgánica ocasionando el deterioro del sistema de alcantarillado. De esta manera la investigación tuvo como objetivo utilizar el fenómeno de cavitación hidrodinámica para el tratamiento del agua residual proveniente de la industria procesadora de quinua. Para la investigación se contó con un sistema de cavitación hidrodinámica controlando los parámetros de operatividad del cavitador como la presión (bar), caudal (L/m), temperatura (°C) y tiempo (min), que al someter al tratamiento las muestras de agua residual industrial se logró mejorar su calidad, obteniendo la reducción de los parámetros (DBO₅: 29 %), (DQO:30.4 %), (S.S.T: 24.3 %) y pH: (7.6). Se concluye que el método de cavitación hidrodinámica fue eficiente para mejorar la calidad de las aguas residuales del proceso de quinua, constituyéndose en una alternativa para evitar la contaminación que pueda originarse por estas aguas en el medio ambiente; además de tener ventaja de ser de fácil aplicación a corto tiempo de tratamiento y no requiere uso de otros productos químicos, siendo un método amigable con el medio ambiente.

Palabras clave: Cavitación hidrodinámica, industria procesadora de quinua, agua residual industrial de quinua, calidad de las aguas residuales.

Abstract

The dumping of wastewater from industries increasingly becomes one of the activities that contribute to the contamination of water resources, these effluents contain high levels of organic matter, causing the deterioration of the sewage system. In this way, the research aimed to use the phenomenon of hydrodynamic cavitation for the treatment of wastewater from the quinoa processing industry. For the investigation, a hydrodynamic cavitation system was used, controlling the operating parameters of the cavitator such as pressure (bar), flow (L/m), temperature (°C) and time (min), which when subjecting the samples to the treatment of industrial wastewater it was possible to improve its quality, obtaining the reduction of the parameters (BOD₅: 29%), (COD:30.4%), (TSS: 24.3%) and pH: (7.6). It is concluded that the hydrodynamic cavitation method was efficient to improve the quality of wastewater from the quinoa process, constituting an alternative to avoid contamination that may originate from these waters in the environment; In addition to having the advantage of being easy to apply with a short treatment time and does not require the use of other chemical products, being an environmentally friendly method.

Keywords: Hydrodynamic cavitation, quinoa processing industry, quinoa industrial wastewater, wastewater quality.

I. INTRODUCCIÓN

El 70 % de los efluentes residuales de países latinoamericanos no cuentan con tratamiento. El agua es utilizada para diferentes usos para luego ser vertidas al cuerpo receptor, ríos y ecosistemas ocasionando contaminantes al agua (Yee Carmen ,2013). El nivel de ingreso de un país influye en el tratamiento de aguas residuales industriales y municipales. El promedio de países con nivel económico superior presenta el 70% de tratamiento de sus efluentes residuales, en países con un nivel económico bajo presentan el 8% de tratamiento de aguas residuales industriales y municipales (Sato et al.,2013., como se citó WWAP, 2017, pag.9)

SUNASS (2015), enfatiza que las descargas industriales en el alcantarillado proporcionan cargas adicionales de materia orgánica en comparación de las descargas domésticas. Los vertimientos de origen industrial presentan una mayor concentración de carga orgánica que los efluentes domésticos.

La realidad local del departamento de Ayacucho de la comunidad de Casaorcco del distrito de Carmen Alto, se identificó descargas industriales en el sistema de alcantarillado proveniente de una planta procesadora de quinua estos efluentes no son tratados. Las industrias procesadoras realizan diversos procesos siendo una de ellas el escarificado, consiste en la limpieza del grano de quinua, cuyo resultado ocasiona residuos de saponina (el sub producto de saponina se encuentra en polvo fino), estos residuos ocasionan alteraciones al medio ambiente. El proceso de limpieza húmedo de quinua, ocasiona efluentes residuales con niveles de saponina, que son vertidos a cuerpos de agua llegándolos a contaminar (Barco et al., 2019).

La actividad económica de la población agrícola de Ayacucho está orientada en la producción de cereales como la quinua. El cultivo de “quinua o quinoa” (*Chenopodium quinoa*) fue domesticado y sembrado en el transcurso de miles de años, en zona de costa inicia (0-500 m s.n.m.), en la sierra alta (3500 – 4000 m s.n.m.), originando la formación de diversos tipos de quinua conocido como ecotipos, la diversidad de quinua permitirá ser elegida para el sembrado (FAO,2016).

Por lo tanto, el método factible para tratar el agua residual de quinua es la cavitación hidrodinámica, denominado como un proceso físico donde se origina la formación, el incremento y la implosión que ocasiona la ruptura de las microburbujas del fluido, la diferencia de la presión influye en los cambios del líquido por consiguiente se desarrolla la implosión de las cavidades o microburbujas provocando el incremento de temperatura y presión después del colapso el fluido contaminante tiene cambios físicos y químicos (Subhamita Das et al. 2021).

En razón de lo antes expuesto se plantea el siguiente **problema general**: ¿Cual será la variación de las características físico químicas y microbiológicas de las aguas residuales de la industria procesadora de quinua tratadas con el proceso de cavitación hidrodinámica? también, se estableció como **problema específico**: ¿Cuáles son las características físico químicas del agua residual de una planta procesadora de quinua antes y luego del tratamiento mediante la cavitación hidrodinámica? ¿Cuáles son las características microbiológicas del agua residual de una planta procesadora de quinua antes y luego del tratamiento mediante la cavitación hidrodinámica?

La investigación tiene una **justificación teórica** debido a que aporta conocimientos a nivel tecnológico la cavitación hidrodinámica es eficiente y ecológico de modo que no genera residuos es favorable en el tratamiento de agua residual a nivel industrial de diferentes actividades productivas, la tecnología de cavitación hidrodinámica es una alternativa sostenible a diferencia de otras tecnologías que generan residuos o sub productos.

También se tiene una **justificación social** porque está orientado a la responsabilidad y cultura ambiental en el manejo y gestión del agua residual industrial procedentes de las actividades del proceso de quinua, el impacto positivo del tratamiento con cavitación hidrodinámica es reducir costos y tiempo para tratar efluentes a escala industrial. Lo más importante tiene una **justificación ambiental** está enfocado en la contaminación del agua ya que estos efluentes no cuentan con un tratamiento idóneo, son descargados al sistema de alcantarillado llegando a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) con una alta carga de contaminantes, a causa de lo antes mencionado se justifica el trabajo de investigación porque es una metodología con ventajas ambientales no genera

residuos ni utiliza sustancias químicas el proceso de cavitación es eficiente para el tratamiento del agua residual industrial de quinua . **justificación tecnológica**, constituye una alternativa tecnológica y realizable para efluentes a nivel industrial el sistema de cavitación hidrodinámica es eficiente para reducir contaminantes.

Se propone como **objetivo general**: Determinar la variación de las características físico químicas y microbiológicas de las aguas residuales de la industria procesadora de quinua luego del tratamiento de cavitación hidrodinámica. Los **objetivos específicos** son: Evaluar las características físico químicas del agua residual de una planta procesadora de quinua antes y luego del tratamiento mediante la cavitación hidrodinámica; Determinar las características microbiológicas del agua residual de una planta procesadora de quinua antes y luego del tratamiento mediante la cavitación hidrodinámica.

Se planteó como **hipótesis general**: El proceso de cavitación hidrodinámica mejorará las características físico químicas y microbiológicas de las aguas residuales de una Planta Procesadora de Quinua. **Las hipótesis específicas**: El proceso de cavitación hidrodinámica modificara las características físico químicas de las aguas residuales de una planta procesadora de quinua; El tratamiento de cavitación hidrodinámica reduce las características microbiológicas de las aguas residuales de una planta procesadora de quinua.

II. MARCO TEÓRICO

Aguas residuales industriales son fluidos residuales que provienen de las diferentes actividades industriales frecuentemente la ubicación de estos centros de producción están alejados de las zonas urbanas, lo adecuado para estos efluentes residuales es un tratamiento, cumpliendo con la normativa de descargas industriales enfocado con los parámetros: temperatura, carga orgánica (CO), pH, los aceites y grasas, xenobiótico y sustancias recalcitrantes (Lazcano César, pag.233,2016)

El agua de lavado de quinua es una fuente de saponina y otros metabolitos permitiendo la posibilidad de actuar como un insecticida, enfatizando como una alternativa viable y no genera problemas en el medio ambiente (Henry et al., 2019). También la saponina está compuesta por metabolitos secundarios que cubre toda la capa externa del grano de quinua, que contribuye un sabor amargo. Los factores geográficos como la ubicación, estrés abiótico y diversidad de componentes intervienen en el contenido de saponina (Pathan Safiullah y Siddiqui Rafat,2022). Asimismo, Ahumada Andrés et al (2016), refiere que la saponina está compuesta por metabolitos secundarios cuya estructura está formado por un anillo “terpenoide o esteroideal”, denominado como saponina, remplazados por oligosacáridos ocasionando un estado anfifílico que es propio de la saponina.

Bayas Livaneza et al. (2021) demostraron la eficiencia del método biológico el primer proceso consistió en la separación de sólidos sedimentables utilizaron un sedimentador primario para luego ser tratada mediante el reactor biológico esta fase es fundamental porque lograron reducir los contaminantes residuales (efluentes orgánicos), derivados de la industria procesadora de quinua. Realizaron una caracterización inicial del agua que es eliminada por las industria, también evaluaron los parámetros que excedían la normativa actual de Ecuador, logrando una reducción en : (DBO5, DQO, NT, Color real, SST, ST, CF, sólidos sedimentables, tensoactivos, pH, aceites y grasas) (94 mg/L), (224 mg/L), (5 mg/L), (30 unidades de Pt/Co), (7 mg/L), (392 mg/L), (inicial 240 UFC/100 ml a 99.9 % en remoción), (inicial 13.500 mg/L a 100 % en remoción), (0.16 mg/L), (7.71) (0.1 mg/L). Concluyeron con un resultado significativo del 97 % de la remoción de

contaminantes, llegando a cumplir con la normativa vigente sobre vertimiento de agua residual a cuerpos de agua dulce.

Saboya Xiomi (2018) demostró el tratamiento de lombriz de California y lombriz de tierra para la reducción de los parámetros que contaminan el agua residual doméstica, para lograr efectos de su tratamiento realizó una caracterización del agua residual cuyo objetivo se fundamentó en identificar los siguientes parámetros: físico químicos y microbiológicos del efluente residual. Determino 2 grupos de tratamiento: demostrando que el primer grupo de lombriz de California Eisenia Foetida (EF) obtuvo 87 % de remoción de los siguientes parámetros: DQO(78 %), DBO5(86 %), turbidez(93 %), NT(84.4 %), pH y CT(84 %) a diferencia del segundo grupo lombriz de tierra (LT) redujo el 85 % en los parámetros: DQO, 77 %, DBO5, 84 % , turbidez, 93 %, NT, 83 %, pH y CT (80 %). Concluyó que los dos grupos de tratamiento son eficientes en la reducción de los parámetros físico químicos y microbiológicos del agua residual.

Castillo Jonathan, Chimbo Jessica, (2021), en su investigación enfatizaron el tratamiento de lombrifiltros (*Eisenia foetida*), para reducir contaminantes orgánicos de aguas residuales domésticas. Los autores plantearon que el lombrifiltro es una metodología ecológica y eficientemente, alcanzando como resultado tres tratamientos con diferentes condiciones logrando una remoción en: DQO: 52.2 %, DBO₅: 52.25 %. Con ello indicaron que se obtuvo el mismo resultado para ambos parámetros con la diferencia de concentración para cada tratamiento, para sólidos totales: 52.91 % y sólidos suspendidos totales: 66.74 % en remoción en aguas residuales domiciliarias.

Escobar Fernanda (2018) diseñó un modelo de filtro en combinación de carbón activado que estuvo orientado en el tratamiento de aguas residuales cruda oriundos de un camal, su tiempo de tratamiento fue 3 meses. Logrando resultados en DBO₅ (62.5 %), DQO (61.67 %), aceites y grasas (12.35 %) y pH (7.74). En el transcurso del tratamiento con el filtro de carbón activado los parámetros mencionados indicaron cambios, además hubo variaciones debido a que reducía e incrementaba los resultados tratados. Además, concluyó la disminución utilizando filtro de carbón activado en los parámetros de (DBO₅), (DQO), a excepción para aceites y grasas el porcentaje fue menor.

Cavitación hidrodinámica es el cambio del estado líquido a vapor (vaporización), este proceso sucede cuando la presión local es inferior a la presión de vapor. La formación de burbujas de vapor está en movimiento con el líquido, para alcanzar el nivel de alta presión en el cual colapsan las burbujas de forma repentina (Lizardi Arturo et al., 2016). Asimismo, Ozonk Janusz (2012) define **Cavitación de flujo** al movimiento del líquido que ocurre en el transcurso de la caída de la presión ocasionado por los parámetros operativos de caudal y parámetros externos que se involucran. La cavitación es un proceso de formación de burbujas que se encuentran en movimiento del líquido. Las burbujas también se conocen como cavidades; el proceso de cavitación es el resultado de la ampliación de las burbujas que se encuentran en el líquido, las burbujas logran estar suspendidas en el fluido como también atrapadas en la fase de líquido-sólido (Shah et al., 1999).

Las características del proceso físico es el **colapso de las burbujas** consiste en la ruptura de las burbujas, cuyo resultado genera ruido y deterioro en condiciones de presión, temperatura y velocidad del fluido (Brennen, Cristóbal 2013). Así mismo el parámetro de **pH del líquido** el intervalo de pH (ácido o básico) es positivo para la reducción de los parámetros contaminantes que se encuentran en el líquido, empleando el sistema de cavitación hidrodinámica. El potencial de hidrógeno apropiado dependerá de las características del líquido contaminado para dar tratamiento mediante el cavitador (Mancuso Giuseppe et al., 2020).

Medina Juan (2021) en su estudio de investigación menciona la remoción del parámetro demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) presentes en los efluentes residuales del proceso de aceituna, la concentración de niveles altos de sal preserva la calidad de aceituna en dicha empresa procesadora generando contaminantes en los efluentes residuales. El tratamiento idóneo fue la cavitación hidrodinámica y ozono (O_3), este gas fue adsorbido a través de la bomba del tubo de Venturi, el proceso de tratamiento se desarrolló en 9 horas teniendo como objetivo la remoción del contaminante orgánico (DBO_5) en agua residual, logrando el 60% de remoción en (DBO_5).

Lozano Ronald (2020) en su estudio de investigación propuso el método cavitación hidrodinámica con el proceso de O_3 y O_2 para reducir los parámetros

físico químicos del agua residual provenientes de una empresa de curtiembre. Las muestras de estudio para el proceso de cavitación estuvieron conformadas por: (remojo, pelambre y curtido). El tratamiento que tuvo resultados significativos fue la muestra de curtiembre mediante la cavitación hidrodinámica en combinación de ozono (O₃) logrando obtener los siguientes resultados: demanda bioquímica oxígeno: 96.94 %, demanda química oxígeno: 64.28 %, sólidos suspendidos totales: 83.33 %, sólidos disueltos totales :14.52 %.

Bracamonte Bryan y Lozano Julissa (2022) propusieron la metodología de cavitación hidrodinámica para la remoción de cromo de aguas residuales de curtiembre, desarrollaron pruebas de cavitación mediante el dispositivo de placa de Orificio y Venturi. Demostraron la eficacia del proceso físico mediante el dispositivo de placa de orificio con un indicador de remoción de 7.19 %, a diferencia del dispositivo de Venturi fue de 5.79 % justificando la eficacia del proceso físico de la placa de orificio. También realizaron una caracterización de los parámetros fisicoquímicos del efluente contaminado, para ser tratado con el dispositivo Venturi en un periodo de 90 minutos demostrando una reducción de la demanda bioquímica de oxígeno mg/L: (1866,1747,1652,1565), sólidos suspendidos totales mg/L:(16,13,15,10), conductividad eléctrica μ S/cm:(16710,18430,19360,22500), potencial de hidrógeno: (5.31, 4.96, 4.5, 4.05), en el caso de cavitación con placa de orificio el intervalo de tiempo fue de 90 minutos la reducción de los parámetros fue gradualmente en la demanda bioquímica de oxígeno mg/L: (2015, 1936, 1848, 1815), sólidos suspendidos totales mg/L: (32,29,24,21), conductividad eléctrica μ S/cm: (16150,17280,18470,1900), potencial de hidrógeno: (5.07, 4.92, 4.67, 4.62).

Yachachin Gema, Yaricahua Wini (2021) refieren la técnica de cavitación hidrodinámica para reducir contaminantes fisicoquímicos de efluentes procedente de la industria de curtumbre. Justificaron su investigación mediante pruebas de cavitación hidrodinámica con el dispositivo de Venturi y placa de Orificio. Evaluaron el parámetro fisicoquímico de la muestra inicial y muestra final, los resultados del proceso experimental de cavitación con el dispositivo de Venturi obtuvieron cambios significativos en (demanda química de oxígeno: 4,576.4mg/l a 3,359.3 mg/L), (sólidos suspendidos totales: 633 mg/L a 336 mg/L),(conductividad eléctrica:49.9 μ S/cm a 66.1 μ S/cm) y potencial de hidrógeno: 9.1 a 8.9,a diferencia

del método de cavitación hidrodinámica con placa de orificio alcanzaron para (demanda química de oxígeno: 4,576.4mg/l a 3,525.3 mg/l), (sólidos suspendidos totales: 633 mg/l a 257 mg/l), (conductividad eléctrica: 49.9 μ S/cm a 65.9 μ S/cm) y potencial de hidrógeno: 9.1 a 8.9.

Rey Kevin y Ortiz Luis (2022) evaluaron los impactos ambientales referido a la descarga final del agua residual tratada procedentes de una industria, su ubicación del estudio se realizó en Floridablanca, Santander. Consideraron la implementación de la tecnología de cavitación hidrodinámica como herramienta competente para el tratamiento de fluidos residuales de dicha empresa, su desarrollo de investigación puntualizó la línea de base ambiental con el objetivo de identificar el área de estudio a nivel ambiental, la información obtenida les permitió identificar el estado inicial del medio ambiente, conociendo del impacto generado del proceso de cavitación hidrodinámica sobre el área de estudio. La investigación del impacto ambiental consintió el reconocimiento de flora y fauna lo cual es un antecedente de inicial y final de las características del medio ambiente. Realizaron una caracterización del agua sin tratamiento logrando identificar los parámetros físicos, químicos y biológicos demostraron la eficiencia en la reducción de contaminantes del sistema de tratamiento de aguas residual (PTAR) de la empresa describieron las dimensiones exactas de un cavitador hidrodinámico para la empresa cuya finalidad fue asegurar los niveles de eficiencia en el tratamiento de sus efluentes y minimizar el impacto negativos que genera estos vertimientos.

Cadenas Carlos y Santos Brenda (2020) en su estudio de investigación planteo el tratamiento combinado de cavitación hidrodinámica y O₃ cuyo objetivo fue la reducción de materia orgánica y nitrógeno en los efluentes residuales del camal. Logrando resultados favorables a través de la cavitación hidrodinámica y ozono. Concluyendo con la reducción de los parámetros físico químicos para: DQO (61.17%), DBO (42.19%), SST (50.01%), NH₄-N (3.49%), STD (4.88%), asimismo destacaron que el método de cavitación hidrodinámica y O₃ es recomendable para tratar efluentes de un camal.

Lafuente Esteban, López Héctor (2018) en su artículo de investigación propusieron el proceso físico de cavitación hidrodinámica mediante un tubo Venturi para la desinfección bacteriana de aguas residuales, los resultados demostraron

que la técnica de cavitación hidrodinámica es un proceso físico, con una carga de energía eficiente, se considera un método factible para tratar efluentes en gran escala. Las dimensiones del proceso físico como: presión de descarga permite la desinfección de bacteria en las aguas residuales desinfección bacteriana, este proceso es económicamente viable a diferencia del proceso químico que utiliza cloro para la eliminación de bacterias, por consiguiente, genera sub productos, es dañino para la salud y en el agua tratada cambia el sabor y olor. Demostraron la aplicación de la técnica cavitación hidrodinámica tomaron muestras del rio Santa Clara las condiciones de tratamiento: intervalo de tiempo (65 min), presión (bar). Así mismo identificaron cuando la presión de descarga es mayor el tratamiento es eficiente, aplicaron diferentes presiones para el tratamiento, con una descarga de 2 bar alcanzaron el 72.8 % de desinfección, con una descarga de 3 bar se lograron 99.5 % siendo el más eficiente para la desinfección bacteriana de aguas residuales.

Madorrán Andrés (2020) sugiere el diseño del sistema de cavitación Hidrodinámica, cuyo objetivo fue ejecutar pruebas experimentales en el tratamiento del agua residual contaminada con microorganismos permanentes, este método de cavitación hidrodinámica no puede competir económicamente con el método tradicional de cloración, sin embargo, se manifestó la eficiencia de la cavitación hidrodinámica de forma independiente, ya que no requiere la adición de un compuesto químico para realizar el proceso de tratamiento. Concluyendo la viabilidad del diseño del sistema de cavitación hidrodinámica, logro cumplir la operatividad y portabilidad del diseño cuyo fin es implementar el dispositivo de cavitación en los laboratorios de investigación para demostrar la efectividad en el tratamiento de agua residual con niveles de contaminación.

Song Yongxing et al. (2022) mencionaron que el proceso de cavitación hidrodinámica es una tecnología eficiente para el tratamiento de diferentes aguas residuales, se le conoce como (tecnología verde) debido a que su proceso es energético y no genera residuos en beneficio del medio ambiente. La actividad industrial y crecimiento demográfico influyen en los efluentes residuales así mismo los procesos de tratamiento de agua, tiene complejidad económica y genera sub productos al medio ambiente. El tratamiento de cavitación hidrodinámica se desarrolla en condiciones de presión, energía por consiguiente ocasiona efecto

térmico, efecto mecánico y efecto químico influyendo en la remoción de contaminantes orgánicos y bacteria del fluido en tratamiento, también la cavitación hidrodinámica en combinación con otros métodos de tratamiento para efluentes residuales consigue un efecto adicional. Concluyeron con los resultados de la revisión científica justificando que es una tecnología eficiente para reducir los contaminantes orgánica y bacterias del agua residual.

Szaja et al. (2022) evaluaron pruebas de experimentación de agua residual para justificar la eficiencia de la cavitación hidrodinámica y la placa de orificio en el desarrollo del tratamiento determinaron: lixiviados de vertederos maduros (MLL), residuos lignocelulósicos suspendidos (LB), aguas residuales municipales (MW). Determinaron las condiciones de las pruebas del proceso de cavitación con una presión de (7 bar) y 30 (recirculaciones), utilizaron una placa de orificio con un centro cónico de (3/10 mm). Mediante este tratamiento lograron identificar la degradación de materia orgánica lo cual fue un indicador de biodegradabilidad, así mismo detectaron la demanda bioquímica de oxígeno soluble. Concluyendo con resultados significativos para el tratamiento de aguas residuales con carga orgánica mediante la cavitación hidrodinámica y la placa de orificio, también recomendaron tener en cuenta las condiciones del sistema de cavitación para diferentes efluentes cada residuo es independiente y requiere diversos procesos de tratamiento cuya finalidad es obtener mejores resultados.

Singh Sanyukta y Randhavane Shrikant (2022) en su artículo de investigación mencionaron la cavitación hidrodinámica como tecnología eficiente para minimizar la demanda bioquímica de oxígeno procedentes del agua residual de industria de pigmentos. Para el tratamiento de estos efluentes contaminados con sustancias de pigmentos realizaron el proceso de cavitación hidrodinámica con una placa de orificio las dimensiones del orificio fueron (1,5 mm), realizaron pruebas experimentales con diferentes tiempos y presiones: el tiempo programado fue cada 30 min (30, 60, 90, 120,180), la presión en bar (2, 3, 4, 5, 6). Como resultado obtuvieron mayor eficiencia en demanda bioquímica de oxígeno DBO₅ correspondiente al tratamiento de 120 minutos y una presión de 5 bar).

Sheryazov et al. (2021) refirieron técnicas y resultados dirigidos a la desinfección de aguas residuales a través de la tecnología de cavitación

hidrodinámica con el tubo Venturi. El efecto positivo de la cavitación hidrodinámica es porque no utiliza sustancias químicas para reducir microorganismos dañinos presentes en los efluentes contaminados. Para demostrar resultados de cavitación tomaron muestras de agua residual (residuos de animales), por consiguiente, el parámetro microbiológico de Echerichia Coli llego a cambiar a causa de la cavitación hidrodinámica. Asimismo, concluyeron con la eficiencia de la cavitación hidrodinámica para efluentes con carga bacteriana.

Muhammad et al. (2020) argumentan que el aspecto social y económico de las naciones en desarrollo y las diferentes actividades antropogénicas como la industrialización, demanda recursos naturales como energía y agua, crecimiento de la población, escasez del recurso hídrico es un motivo de reutilización de efluentes residuales en los países pobres o sub desarrollados. Realizaron una caracterización de los parámetros: fisicoquímicos y microbiológicos de efluentes industriales, para lograr resultados favorables realizaron muestras de diferentes puntos de vertimientos del lugar de estudio, ubicado en Pakistán. Los resultados permitieron la comparación de los parámetros fisicoquímicos de temperatura, pH, Ca, Mg, Na, estos parámetros se encontraban dentro de los límites permitidos, a diferencia de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos totales, no cumplían con los límites máximos permitidos de Pakistán.

Según Fedorov Kirill et al. (2022) manifiesta que el proceso de cavitación hidrodinámica es conveniente en el tratamiento de aguas residuales, estudios científicos expusieron el beneficio de la cavitación hidrodinámica en los fluidos no requiere sustancias químicas siendo una alternativa de tratamiento. El método de cavitación está orientado a reducir contaminantes, también es un método desinfectante, minimiza bacterias y microorganismos presentes en el agua residual. El impacto positivo del sistema de cavitación hidrodinámica es una alternativa competente para una planta de tratamiento de agua la implementación del método de cavitación es posterior al tratamiento de agua.

En su artículo de investigación Charrière et al. (2015) describen modelos cuantificables destacando la cavitación hidrodinámica conformado con dispositivo de Venturi sin intervalos de tiempo. Destacan que la cavitación es un proceso de

formación de cavidades (vacíos de vapor), estas características físicas ocurren dentro del líquido en condiciones de presión (caída de presión), el dispositivo Venturi es un tubo por donde pasa el vapor, que se desprende del fluido para ampliarse en el líquido abajo. los resultados para este modelo de cavitación hidrodinámica lo realizaron mediante una ecuación de RANS, este tipo de ecuaciones están dirigidas para el cambiar de fase el volumen del fluido, estos resultados cuantificables fueron contrastados con antecedentes experimentales vinculados con la variación de la presión de pared, vacíos o cavidades, velocidad del fluido.

Benites Elmer et al. (2022) resaltaron el método de aguas residuales domiciliarias a través del método de cavitación hidrodinámica en combinación de O_3 . Cuyo objetivo de investigación fue demostrar un método ecológico para reducir carga orgánica y microbiana presentes en las aguas domiciliarias, obteniendo resultados favorables en coliformes fecales de 100 % de eficiencia en un periodo de 80 minutos, para DBO_5 mg/L: 161.40 equivalente al 10 % de eficiencia en intervalo de 40 minutos, DQO mg/L: 365.70 cuyo porcentaje es 8 % de eficiencia durante 40 minutos y S.S.T mg/L: 102.00 cuyo porcentaje es 162 % de eficiencia en este parámetro el resultado incremento, teniendo en cuenta los resultados de eficiencia se justifica el tratamiento de efluentes residuales domiciliarias a través del método físico de cavitación debido a que es una técnica limpia que no genera residuos y es amigable con el medio ambiente.

Por otro lado, Sun Haosheng et al. (2022) en su investigación indicaron que la tecnología de cavitación hidrodinámica (HC), con una perspectiva optimista en el tratamiento descargas residuales orgánicas, cuyo objetivo estuvo orientado en la reducción de diferentes tintas orgánicas y la formación de energía que genera el método de cavitación. Para el desarrollo experimental consideraron un dispositivo de placa de orificio en condiciones experimentales de: temperatura ($30\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$) y presión (2,0 bar a 4,0 bar) en intervalos de minutos. Logrando resultados propicios para el dispositivo de placa de orificio con 6 orificios en condiciones de presión bar (4.0) con una concentración mg/L (10) con un volumen de solución: 5,01 obteniendo un porcentaje de reducción 81,39 % en el colorante "Auramina O (AO) en un intervalo de tiempo de 90 minutos, energía calorífica KJ: 1082,52, con 40,09 %

eficiencia calorífica en un determinado tiempo de 30 minutos. Recomendaron que la investigación desarrollada es una posibilidad para el tratamiento de efluentes residuales orgánicos a nivel industrial también enfatizaron en el reaprovechamiento de la formación de energía.

Machado Polyane et al. (2018), en su investigación mencionaron la reducción del colorante y DQO del agua residual producidas en una industria química, el método de ensayo consistió en la cavitación hidrodinámica con el dispositivo Venturi en combinación de H_2O_2 , peróxido de hidrogeno. Determinaron condiciones de operatividad en: tiempo (min) y presión (bar) para identificar resultados propicios en la degradación de los contaminantes del agua residual. Obtuvieron resultados significativos en el tratamiento número quince para DQO: 42.77 mg/L cuya reducción en porcentaje es: 93,42 % en DQO y color: 93,28 % en condiciones de presión entrada: 4.0 bar y tiempo de 25 min y combinación de peróxido de hidrogeno en 25. Finalmente describe el método de cavitación hidrodinámica y H_2O_2 , es eficiente para minimizar color, DQO y sustancias orgánicas de efluentes residuales.

De acuerdo con Agudelo Rafael et al. (2020) consideran que la actividad industrial de cueros altera los cuerpos de agua debido a que son descargados y contienen un nivel alto de contaminantes orgánicos de DQO y sulfuros. Describieron el método del proceso de oxidación avanzada en combinación de: (H_2O_2 , $FeCl_3$), agregaron el reactivo como acelerador de las reacciones químicas entre los compuestos. Los resultados mediante el proceso de oxidación avanzada se determinó remoción orgánica de 56 % en DQO para obtener la remoción mencionada determinaron las dosis de H_2O_2 en 30 % de 60 μ l) y pH en 6 y la remoción en sulfuro: 73, 5 % en proporciones de peróxido de hidrogeno (30 % de 40 μ l) y pH en 5. Concluyeron con resultados propicios para su investigación, en condiciones de pH de 5 a 6 es eficiente en la reducción de los contaminantes orgánicos, también refirió las dosis altas de peróxido de hidrogeno influyeron en la remoción de DQO de las aguas residuales la industria de curtiembre.

Según, Alves Paulo et al. (2019) en su investigación realizaron el método cavitación hidrodinámica, desarrollaron ensayos para comparar la eficiencia del dispositivo Venturi y placa de orificio en la reducción de efluentes de la industria de

refrescos. Asimismo, determinaron el efecto de cavitación hidrodinámica y peróxido de hidrogeno H_2O_2 , el tratamiento fue en diferentes tiempos min (3, 6, 9,12), teniendo resultados favorables del 90 % en DQO a través del dispositivo Venturi en un intervalo de 3 min en condiciones de presión de 4.0 a 6.0 bar con respecto del dispositivo de placa de orificio obtuvo una reducción del 90 % en DQO luego de 9 min, a presión de 2.0 bar. Concluyeron que el cavitador Venturi demostró mayor eficiencia en la reducción de DQO debido a que utilizo menor tiempo y la energía requerida fue menor, a diferencia del dispositivo de placa de orificio fue en condiciones de mayor tiempo.

Wang Bing et al. (2022) refieren en su artículo de revisión sobre la cavitación hidrodinámica y ozono (O_3) como una opción eficiente para tratar aguas residuales que contienen compuestos que demoran en biodegradarse. El objetivo de investigación se fundamentó en el beneficio de utilizar el método de cavitación en combinación de ozono (O_3), teniendo en cuenta los parámetros de geométricos (dispositivos, dimensiones) como también los parámetros de operatividad (presión de entrada) que influyen en la descomposición de los contaminantes. El dispositivo Venturi se desarrolla en investigaciones referidos a la descomposición de colorantes, como también el dispositivo de placa de orificio se realiza en investigaciones para remover bacterias. Concluyeron que el método de cavitación hidrodinámica en combinación con ozono demuestra ser eficientemente energético como un método productivo y rentable en comparación de la cavitación hidrodinámica que no incluye combinación.

Concerniente a la normativa legal el estado peruano establece medidas para los usuarios que realizan descargas no domiciliarias, mediante D.S. N°010-2019-Vivienda. Los usuarios que realicen actividades económicas, generando efluentes no domiciliarios que excedan los Valores Máximos Admisibles del (anexo I) y (anexo II). La finalidad de la normativa es mantener el sistema de alcantarillado y fomentar el tratamiento de sus efluentes, asimismo se reduce el riesgo del personal operativo del servicio de saneamiento del alcantarillado de efluentes no domiciliarios.

Tabla 1. D.S. N°010-2019-Vivienda, Anexo 1

Parámetros	Unidad	Simbología	(VMA) Para descargas al Sistema de alcantarillado
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	DBO5	500
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	DQO	1000
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	S.S.T.	500

Fuente: D.S. N°010-2019-Vivienda, 11 de marzo 2019

Tabla 2. D.S. N°010-2019-Vivienda, Anexo 2

Parámetros	Unidad	Simbología	(VMA) Para descargas al Sistema de alcantarillado
Potencial de Hidrógeno	Unidad	pH	6-9
Sólidos Sedimentables	ml/l/h	S.S.	8.5

Fuente: D.S. N°010-2019-Vivienda, 11 de marzo 2019

Thanekar y Gogate (2020) evaluaron el desarrollo de la cavitación hidrodinámica individual, como también cavitación combinada con oxidantes enfocado en tratamiento de efluentes industriales. Realizaron las pruebas de cavitación en condiciones de pH: 4 y presión de entrada: 4 bar para reducir la demanda química de oxígeno (DQO) en diferentes procesos de cavitación hidrodinámica. También demostraron cavitación hidrodinámica individual obteniendo 21,6 % de disminución en un periodo de 120 min, para cavitación combinada y peróxido de hidrogeno (HC + H₂O₂) lograron 39.5 %, cavitación combinada con el reactivo Fenton 72.1 %, finalmente para cavitación con ozono (HC +O₃) 52. 8 %. Con la finalidad reducir la DQO en su totalidad aportaron el pretratamiento de coagulación al tratamiento de cavitación hidrodinámica y fenton con un resultado de 80 % de reducción en DQO.

Hou Yucheng et al. (2022) refieren en su investigación los efectos de cavitación hidrodinámica con el agregado de glicina de soja para mejorar la estructura de la proteína mencionada con diferentes escalas de pH. El tratamiento consistió en la evaluación de la glicina de soja con escalas diferentes de potencial de hidrogeno (2, 4,6,8,10), justificando que los 5 valores de potencial de hidrogeno minimizo el índice emulsionante, al extender el tiempo de tratamiento de cavitación los factores como la hidrofobicidad superficial (H_0), la solubilidad y el índice de estabilidad emulsionante (ESI) y tamaño de la partícula cambiaron. Logrando obtener resultados significativos en la estructura de la proteína en relación de pH: 6 en un intervalo de tiempo de 30 min, este resultado se debió a la degradación de los agregados. El efecto del pH, resulto favorable sobre el tamaño de la partícula (glicina) esta variación fue a causa de la interacción de las moléculas de proteína efectuados en la cavitación hidrodinámica en un Intervalo de tiempo de 30 min, este resultado se debió a la degradación de los agregados.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de Investigación

El desarrollo de la investigación describió un enfoque cuantitativo debido a que se estableció etapas de forma secuencial, para demostrar las hipótesis planteadas de la tesis. Se consideró el orden de las etapas cada etapa fue secuencial y antecedida, evitando la exclusión de las etapas del desarrollo de tesis (Hernández y Mendoza 2018 pag.6). La investigación es de tipo aplicada porque se desarrolló la teoría científica orientado en la solución de las aguas residuales industriales (Baena Guillermina, 2014).

El diseño fue experimental puro debido a que se realizó dos ciclos con el sistema de cavitación hidrodinámica para el tratamiento de agua industrial de quinua. De acuerdo con Hernández y Mendoza (2018) enfatizan la manipulación de la variable independiente y la variable dependiente, para determinar los resultados de las pruebas experimentales logrando analizar los cambios experimentales.

Comprendió un tipo de nivel explicativa porque se identificó las características físico químicas y microbiológicas de las aguas residuales cuyo objetivo fue reducir los contaminantes utilizando el sistema de cavitación hidrodinámica. se demostró las hipótesis a través de los ensayos experimentales (Paitan et al., 2018).

3.1. Variable y Operacionalización

El desarrollo del proyecto de investigación estuvo conformado por las siguientes variables:

Variable Independiente:

- Sistema de cavitación hidrodinámica

Variable Dependiente:

- aguas residuales de una planta procesadora de quinua

La matriz de operacionalización de las variables se describe en el anexo 1

3.2. Población, muestra, muestreo

Población: Está definida por las unidades que comprende a un individuo o elemento de las cuales se pretende obtener información. Las unidades pueden ser: individuos, familias, empresas y otros. En cada unidad es probable medir diferentes propiedades o clasificarlas (Grande y Abascal, 2017). La población estuvo conformada por el total del agua residual formadas en el proceso de lavado de quinua de una planta procesadora, Ayacucho 2022.

Muestra: Es un subconjunto de la población de estudio en la cual se recolectará la información pertinente, la muestra deberá ser representativa de aquella población (Hernández y Mendoza,2018). La muestra de la investigación estuvo conformada por 54 litros de agua residual generadas en una planta procesadora de quinua, Ayacucho 2022.

Muestreo: El estudio perteneció a un muestreo aleatorio simple. Álvarez (2020), menciona que las poblaciones se caracterizan por tener elementos que presentan uniformidad, exclusivamente en sus características de interés de estudio. Para el estudio se uniformizó toda el agua residual de la planta procesadora de quinua y se tomó la muestra indicada anteriormente.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se empleo fue la observación porque se identificó el estado de los efluentes industriales de quinua. Para realizar el tratamiento de los efluentes se utilizó el método del sistema de cavitación hidrodinámica demostrando los cambios físicos en la reducción de los contaminantes del fluido. Según Hernández et al. (2010), refieren que la observación está basada en la recolección de datos mediante un registro organizado, es válido y confiable de comportamientos y situaciones visibles.

Los instrumentos de recolección están basados en los formatos que se describen a continuación:

Instrumentos de recolección de datos:

- Formato de registro de campo
- Formato de características del sistema de cavitación hidrodinámica
- Formato de parámetros físico químicos y microbiológicos del agua residual de una planta procesadora de quinua antes y después del proceso con el sistema cavitación hidrodinámica

Validez de Instrumentos

La validez de un instrumento está referido al instrumento de cuantificación para contrastar la veracidad de medición de una variable de estudio. la confiabilidad refiere el grado de aplicación con la finalidad de generar resultados equivalentes acorde al desarrollo de investigación (Hernández et. al 2014).

Tabla 3. Porcentaje de validación

Especialista	CIP	Validez %		
		Instrumento 1	Instrumento 2	Instrumento 3
Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez	89972	90	90	90
Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar	25450	85	85	85
Dr. Danny Alonso Lizarzaburu Aguinaga	95556	85	85	85
Promedio de Validez %		87		

3.4. Procedimiento

El esquema de procedimiento estuvo conformado por 5 etapas, cada etapa fue consecutivo para la realización del desarrollo del proyecto de investigación se describen a continuación:

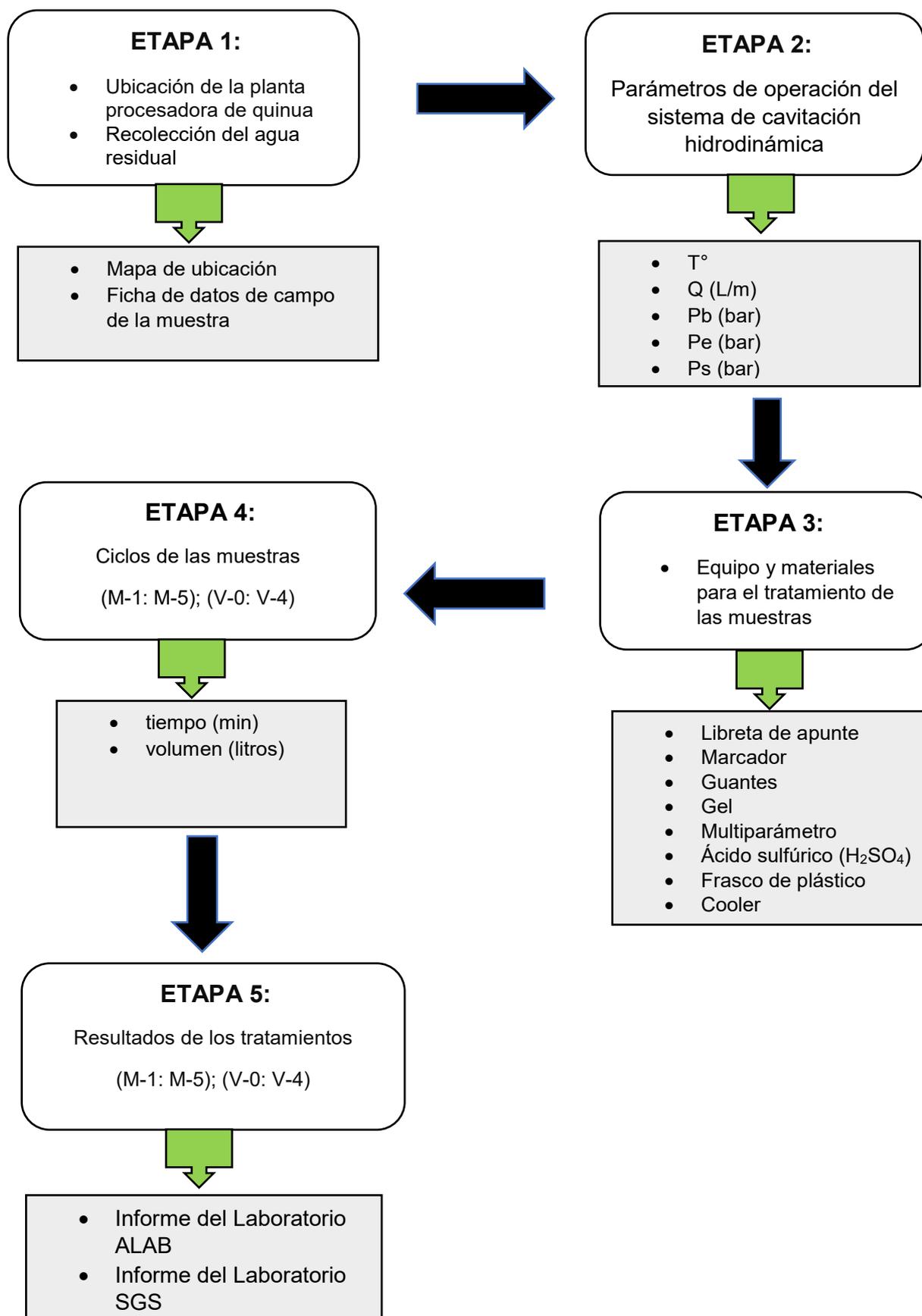


Figura 1. Representación del procedimiento de investigación

Etapa 1: La planta procesadora de quinua se encuentra en la comunidad de Casaorcco del departamento de Ayacucho, distrito de Carmen alto.

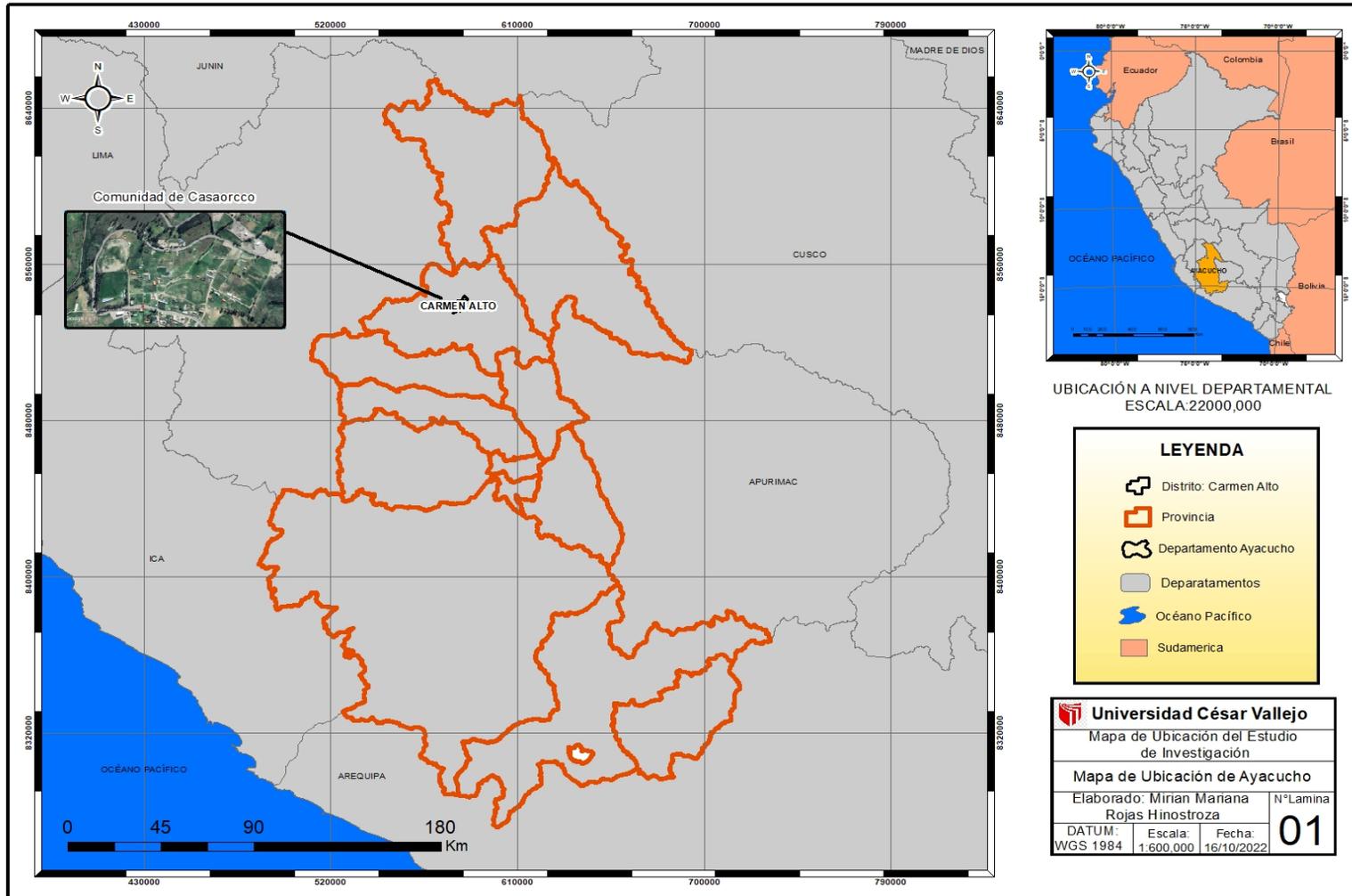


Figura 2. Ubicación de la planta procesadora de quinua

Recolección de las muestras

La muestra de agua residual fue obtenida del proceso de lavado de quinua procedente de una Planta Procesadora de Quinua de la Localidad de Ayacucho. La recolección de la muestra fue simple, debido a que se homogenizó las muestras obtenidas en una sola fase para lograr obtener 30 litros correspondiente al ensayo-I. Asimismo se obtuvo 24 litros de muestra correspondiente al ensayo-II, siendo diferente de la primera muestra obtenida, teniendo en cuenta el protocolo de muestreo de agua para ambas muestras (Ver figura 3).

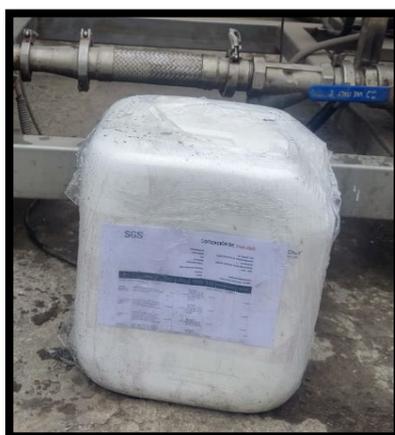


Figura 3. Muestra residual de quinua

En la tabla 4, se representa los datos de campo de la muestra: (E-1) Ensayo-1; (E-2) Ensayo-2 procedentes de una planta procesadora de quinua.

Tabla 4. Ficha datos de campo

Punto de monitoreo	Distrito	Departamento	Coordenadas		Altura (msnm)	Fecha	Hora	pH	COND ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
E-1	S.M. P	Lima	N:8673791.45	E:270764.68	123	12/10/2022	13:11:00	5.69	350
E-2	S.M. P	Lima	N:8673791.45	E:270764.68	123	03/11/2022	12:30:00	6.30	370

Etapa 2: Parámetros de operación del sistema de cavitación hidrodinámica

Cavitación Hidrodinámica (HC)

La tecnología de cavitación hidrodinámica se caracteriza por ser eficientemente operativa y energética, este proceso es amigable con el medio ambiente debido a que no genera residuos en comparación de métodos tradicionales que utilizan sustancias químicas cuyos residuos son contaminantes. Los parámetros operativos de cavitación

como tiempo, temperatura y presión influyen en el agua residual de quinua, este proceso físico cambia el estado del fluido (líquido – vapor) produciendo la formación de burbujas o cavidades es un indicador positivo la presencia de burbujas debido a que genera radicales libres (OH) son reactivos eficientes para la degradación de materia orgánica presentes en el agua residual industrial de quinua. Se detalla los parámetros de cavitación hidrodinámica a continuación:

En la tabla 5, se describe las características físico químicas y microbiológicas del agua residual que será tratada mediante el proceso físico de cavitación. Los ensayos se realizaron con un prototipo de cavitación hidrodinámica, cuya estructura es metálica y movable, presenta una bomba centrífuga multietapa de (10 m³/hr), presión de (8 bar), un dispositivo de cavitación tipo Venturi rectangular de 2 mm de diámetro, con una tubería de 1 ½” equivalente a 4 cm de diámetro por donde ingresa el agua residual, tablero eléctrico que configura la operatividad del equipo, tiene un sistema de refrigeración que mantiene en equilibrio el proceso físico, filtro para bomba, válvulas de globo, manómetros, mano vacuómetros con abrazaderas tipo clamp, con 2 tanques de acero inoxidable el primer tanque tiene la función de amortiguar la turbulencia con una capacidad de 25 litros y el otro tanque de capacidad de 25 litros tiene un serpentín interno para el enfriamiento del agua residual, rotámetro que permite medir el caudal del agua residual, un flujómetro de (85 l/m), con un sensor de temperatura (°C)

Tabla 5. Características del efluente y del equipo

Contaminantes Físico químicos y Microbiológicos del agua residual de quinua	Tipo de dispositivo	Detalles del equipo	Parámetros de cavitación
<ul style="list-style-type: none"> ✓ DBO₅ ✓ DQO ✓ pH ✓ SS ✓ SST ✓ ST ✓ Turbidez ✓ Coliformes Fecales 	<ul style="list-style-type: none"> -Venturi rectangular de 2mm diámetro -Tubería 1 ½” 	<ul style="list-style-type: none"> -Bomba centrífuga -Tablero eléctrico -Tanques de acero -manómetros -filtrador de bomba 	<ul style="list-style-type: none"> -T (°C) -Q (L/m) -Pb(bar) -Pe (bar) -Ps (bar)

Donde: (T): Temperatura, (Q): Caudal, (Pb): Presión de bomba, (Pe): Presión de entrada (Ps): Presión de salida

- **Panel de temperatura (°C)**

El panel de temperatura detalla el registro de datos de la temperatura inicial y final del proceso de cavitación.



Figura 4. Panel de temperatura

- **Flujo (L/m)**

El flujómetro está calibrado y tiene una capacidad de 170 L/m.



Figura 5. Flujómetro

- **Presión de la bomba**

La presión de la bomba presenta las siguientes características: Electrobomba vertical de marca italiana PENTAX P5 180/4T 220/380 con una potencia de 60 Hp.



Figura 6. Manómetro de la bomba

- **Presión entrada (bar):**

El parámetro de operación de presión de entrada, interviene en el número de burbujas del proceso de cavitación, el incremento de la presión de entrada es proporcional al incremento del caudal (Mancuso Giuseppe et al.,2020).



Figura 7. Manómetro inicial

- **Presión de salida (bar)**

El parámetro de presión de salida es de: (0,-11 bar), los valores que indica la presión de salida son negativos.



Figura 8. Manómetro de salida

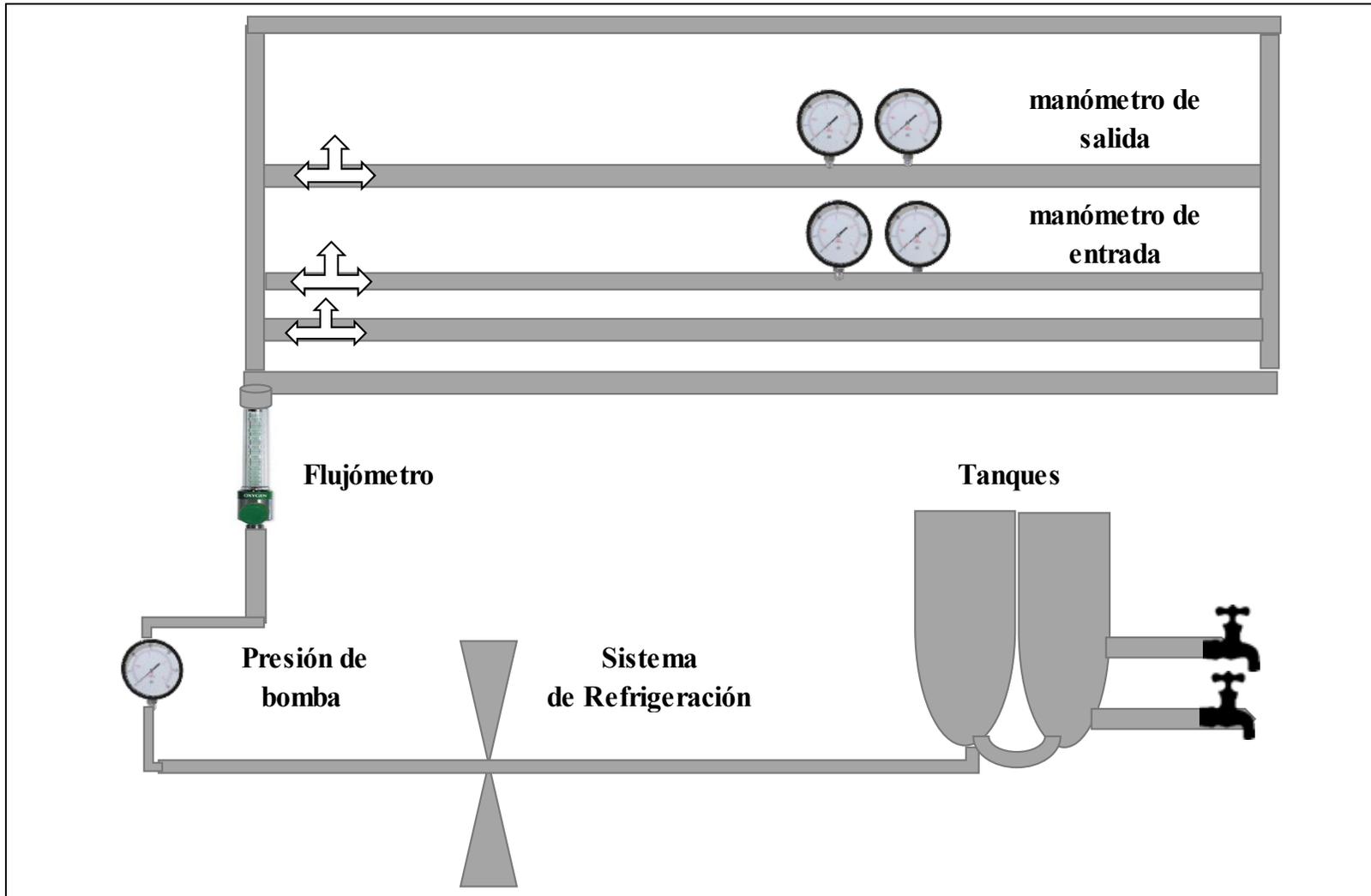


Figura 9. Sistema de cavitación hidrodinámica

Etapa 3: Ciclos de las muestras

Se realizó dos pruebas experimentales con diferentes muestras para cada ensayo el primer ciclo experimental se etiqueto como: (M-1:M-5), respecto al segundo ciclo experimental se rotulo como: (V-0: V-4).

Ensayo-1

En la tabla 6, concerniente a la primera muestra de agua residual de quinua, se procedió a realizar un filtrado, debido a que presentaba impurezas como los sólidos sedimentables, para luego ser llevadas a los tanques del equipo de cavitación en condiciones de temperatura, presión y caudal. Ingreso 30 litros de muestra para ser tratada en un periodo de tiempo de 60 minutos, la muestra inicial (M-1) inicio en 0 minutos y la muestra final:(M-5) en 60 minutos.

Tabla 6. Primera Muestra de A.R.Q

Ensayo -1	
Fecha	12/10/2022
Tiempo (min)	Muestras
0 min	M-1
60 min	M-5

Donde: (A.R.Q) agua residual de quinua

En la tabla 7, se consideró los datos de campo del ensayo (M-1, M-5) en relación de potencial de hidrógeno y conductividad eléctrica del agua residual de quinua.

Tabla 7. Parámetros del ensayo -1

ENSAYO-1	Parámetros	M-1	M-5
	pH	5.69	5.40
	C.E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	350	570

Ensayo-2

Respecto al segundo ensayo-2, se procedió con el filtrado correspondiente para evitar interferencias en el proceso de cavitación, se estableció 5 tratamientos en un intervalo de 60 minutos. Ingreso 24 litros de agua residual de quinua al tanque de acero del cavitador en condiciones de presión, caudal, temperatura y tiempo se consideró un intervalo de 15 minutos para las muestras respectivas del estudio (Ver tabla 8).

Tabla 8. Segunda Muestra de A.R.Q

Ensayo -2	
Fecha	03/11/2022
Tiempo (min)	Muestras
0	V-0
15	V-1
30	V-2
45	V-3
60	V-4

En la tabla 9, se consideró datos de campo de la muestra (V-0 hasta V-4) con respecto a los parámetros de pH y sólidos disueltos.

Tabla 9. Parámetros del ensayo-2

ENSAYO-2	Parámetros	V-0	V-1	V-2	V-3	V-4
	pH	6.66	6.71	6.96	7.13	7.6
	SD (mg/L)	161	163	168	173	170

ETAPA 3: Equipo y materiales para las muestras

Materiales y Equipos

- Libreta de apunte
- marcador
- Guantes
- Gel
- multiparámetro
- ácido sulfúrico (H₂SO₄)
- Cooler



Figura 10. Multiparámetro

En la figura 10, se utilizó el multiparámetro para medir la conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) de la muestra inicial sin tratamiento y la muestra final tratada.



Figura 11. Rotulado de las muestras

En la figura 11, se detalló el etiquetado de las muestras de tratamiento de cavitación cada muestra fue caracterizada de la siguiente manera: muestra inicial M-1, muestra final M-5 al finalizar el proceso de cavitación se llevó a cabo las muestras etiquetadas al laboratorio de ALAB.

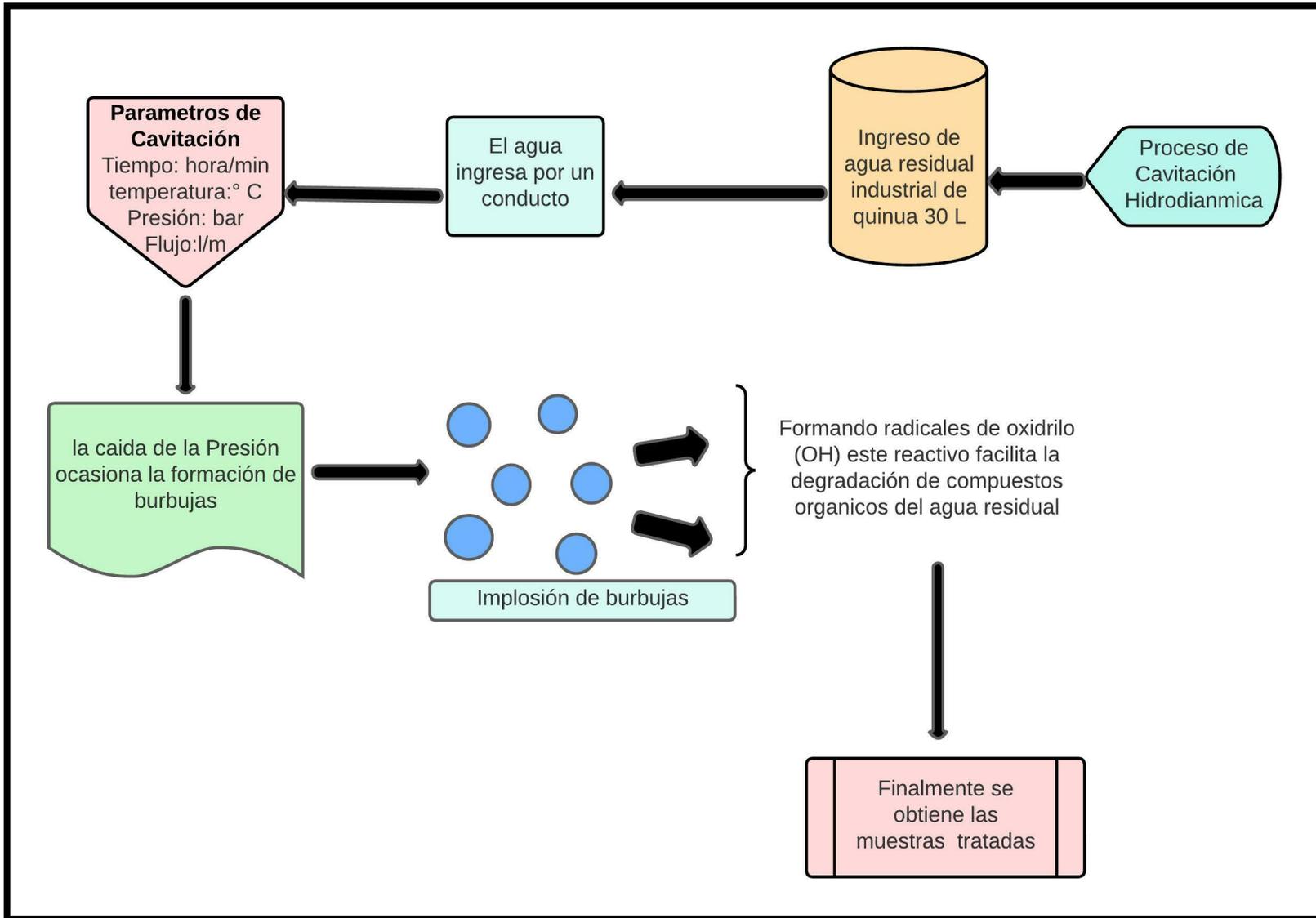


Figura 12. Diagrama del proceso de cavitación hidrodinámica (HC)

Etapa 5: Resultados de los tratamientos

Los resultados del primer ciclo del agua residual de quinua fueron proporcionados por el laboratorio ALAB, el segundo ciclo por el laboratorio SGS certificados por INACAL, el mismo que se adjunta en anexo.

3.5. Método de Análisis de Datos

Se utilizó el programa Microsoft Excel para la interpretación de los datos recolectados de la investigación realizada, mediante figuras y tablas se determinó los resultados obtenidos del tratamiento de cavitación hidrodinámica en condiciones de operatividad de las muestras de estudio correspondientes para cada ensayo.

3.6. Aspectos Éticos

El desarrollo del proyecto de investigación tuvo en cuenta la pertenecía intelectual, respetando la autoría, se citó a todos los autores de acuerdo al RCU N.º 0126- 2017/UCV. Así mismo tenemos la aprobación del, Reglamento de investigación de la Universidad César Vallejo mediante la Resolución de Vicerrectorado de Investigación N.º 008- 2017- VI/UCV, la normativa presente refiere el rigor del proceso de investigación, teniendo en cuenta los reglamentos estipulados, la línea de investigación realizada esta orientado en la disposición N° 7.4 enfatizando el reporte de autenticidad de la literatura de la investigación, respetando las citas y corroborando el limite aceptable de turnitin, logrando utilizar fuentes confiables en el desarrollo de la tesis.

IV. RESULTADOS

Los resultados del proceso de cavitación hidrodinámico se justificaron de acuerdo con los objetivos formulados de la investigación, se consideró para el desarrollo experimental 2 ensayos, el primer resultado se obtuvo del laboratorio ALAB y el segundo resultado se obtuvo del laboratorio SGS.

4.1. Ensayo-1 cavitación hidrodinámica

Resultados de los parámetros de operatividad de cavitación hidrodinámica durante el tratamiento del agua residual de quinua, ensayo-I

En la tabla 10, se muestra los datos de operatividad del proceso de cavitación hidrodinámica, para efectuar el proceso se consideró dos muestras correspondientes: (M-1: M-5). Se controló las variaciones de los parámetros después de 10 minutos y después de 50 min de tratamiento con la finalidad de contrastar las variaciones de presión y temperatura del agua residual de quinua.

Tabla 10. *Parámetros de operatividad del ensayo-1*

Parámetros de Cavitación Hidrodinámica	Unidad	M-1			M-5
Tiempo	(min)	0	10	50	60
Temperatura	(°C)	30.5	33.1	41	47.7
Presión de bomba	(bar)	8.4	8.4	8.2	8.2
Caudal	(L/m)	85	85	83	83
Presión de entrada	(bar)	8.4	8.3	8.1	8.2
Presión de salida	(bar)	-0.4	-0.5	-0.5	-0.6

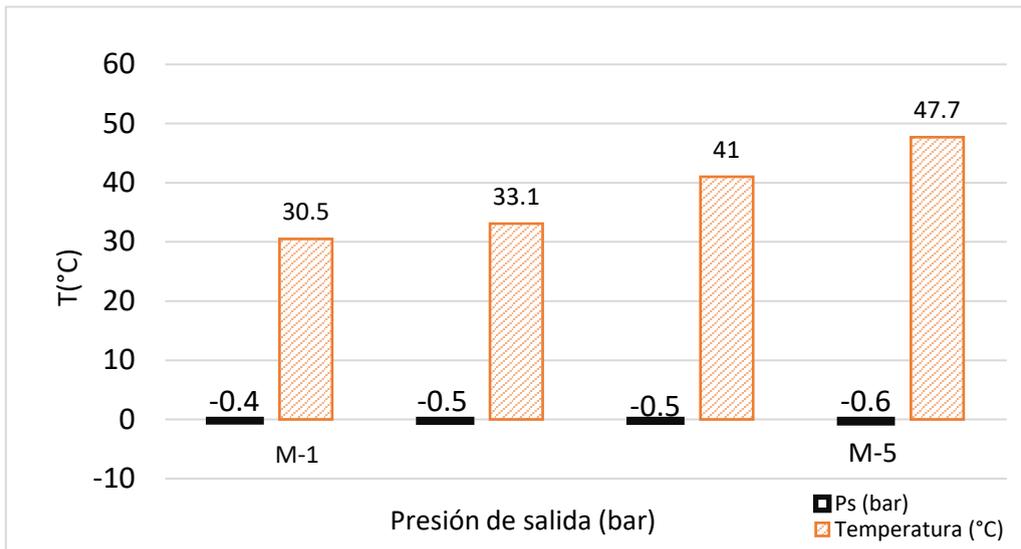


Figura 13. Presión de salida y temperatura del ensayo-1

En la figura 13, ocurre el fenómeno de la implosión de burbujas debido al descenso de la presión de salida ocasionado el incremento de la temperatura, demostrando lo mencionado se tiene en la muestra (M-5) la presión de salida es (-0.6 bar) y la temperatura de (47.7°C).

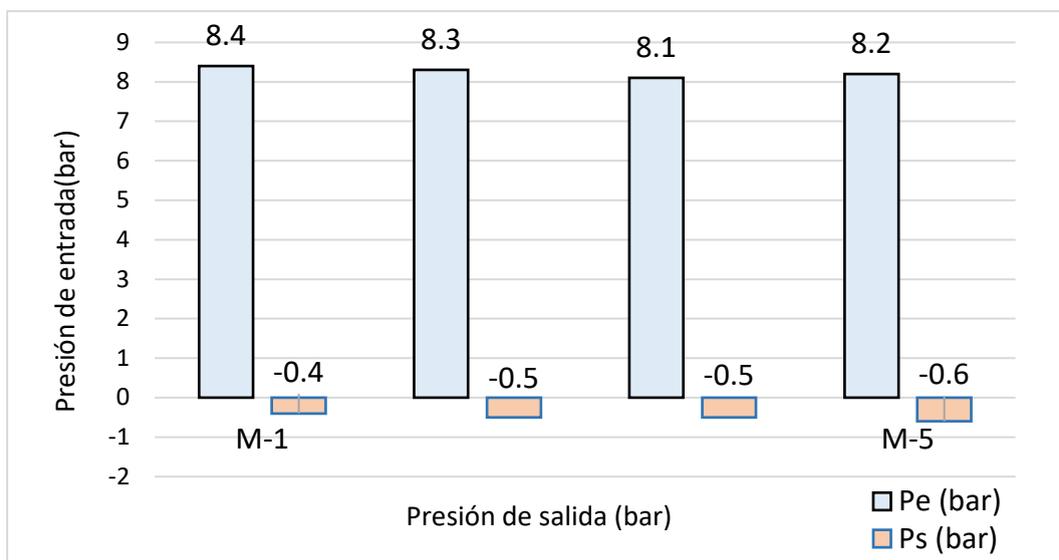


Figura 14. Presión de entrada y presión de salida de M-1

En la figura 14, se muestra la diferencia de presión de entrada y salida cuando la presión de entrada es mayor facilita la degradación de los contaminantes a tratar con sistema de cavitación hidrodinámica

4.1.1. Resultados del Laboratorio ALAB

En la tabla 11, se evidencia los resultados de los parámetros físico químicos y microbiológicos analizados de la muestra inicial (M-1) sin tratamiento para contrastar la variación con (M-5) que es tratada mediante el proceso de cavitación hidrodinámica.

Tabla 11. Resultados de laboratorio ALAB

Parámetros	Unidad	M-1	M-5
DBO ₅	(mg/L)	670.5	431.3
DQO	(mg/L)	1342.3	1246.2
S.S	(mg/L)	1.6	0.6
SST	(mg/L)	646.7	615.0
S.T	(mg/L)	1205.00	1205.00
Turbidez	(NTU)	884.00	764.00
pH	Unidad de pH	5.33	4.79
Coliformes Fecales	(NMP/100mL)	1 100 000000.0	920 000 000.0

En la tabla 12, los parámetros físico químicos y microbiológico de la muestra tratada es verificada con el D.S. N° 010-2019-Vivienda que ratifica los valores máximos admisibles para efluentes no domésticos.

Tabla 12. Comparación de los VMA con los resultados de tratamiento

Parámetros	Unidad	VMA DS. N°010-2019-Vivienda	M-1 (0 min)	M-5 (60 min)	Reducción (%)
DBO ₅	(mg/L)	500	670.5	431.3	36
DQO	(mg/L)	1000	1342.3	1246.2	7.15
S.S.	(mg/L)	8.5	1.60	0.60	62.5
S.S.T	(mg/L)	500	646.7	615.0	4.90
pH	Unidad	6-9	5.33	4.79	-----

- Respecto con la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), se comprueba una reducción de 36 % de carga orgánica, cumpliendo con la normativa para descargas (VMA).
- Concerniente a la demanda química de oxígeno (DQO), presenta una variación de 7.15 %, en 60 minutos de tratamiento, no se logró reducir el valor indicado para realizar descargas en relación a los (VMA).

- Respecto con sólidos sedimentables (S.S), el valor inicial y final es inferior a los Valores Máximos Admisibles, luego del tratamiento se comprobó una variación de 62.5 %.
- Referente con sólidos suspendidos totales (S.S.T) de la muestra (M-1:M-5) indica una variación de 4.90 % de reducción.
- En relación al potencial de hidrogeno hubo una alteración inicialmente indico una escala acida luego del tratamiento se volvió más acida (5.33 – 4.79), de acuerdo con la normativa el valor de pH tratado no cumple con la normativa de (VMA)
- También, se evaluó los sólidos totales (S.T.) en el periodo de 60 minutos no hubo variación de tratamiento se mantuvo constante el valor inicial de la muestra y final.
- Para turbidez se indicó una reducción de (14 %) y coliformes fecales tuvo una reducción de (16.4 %), los parámetros mencionados no están admitidos en el D.S. N° 010-2019-Vivienda, estos valores permiten establecer una relación de eficiencia con el método de investigación.

▪ **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)**

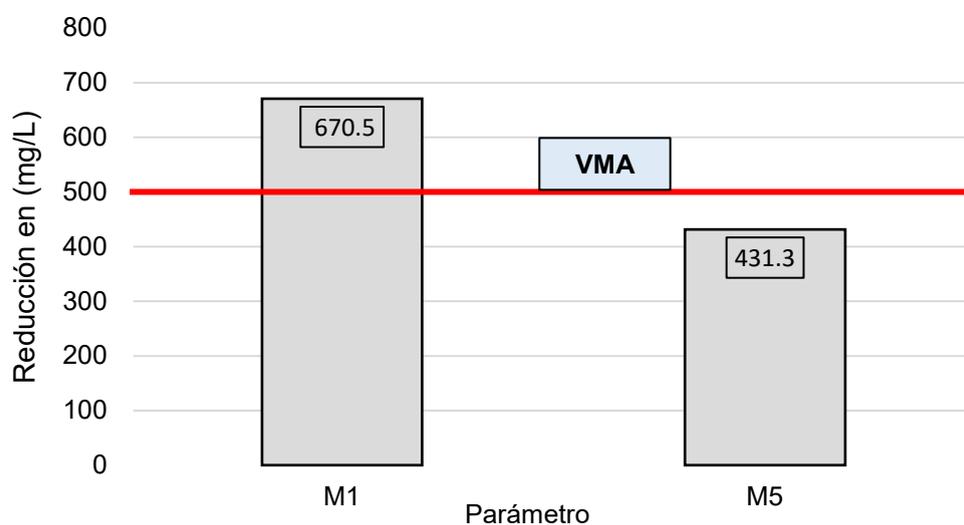


Figura 15. Resultado inicial y final DBO₅ ensayo-1

En la figura 15, los valores máximos admisibles para DBO₅ es (500 mg/L), después del tratamiento se redujo (239.2 mg/L) de (M-1:M-5), indicando un valor significativo para descargas (VMA).

- **Demanda química de oxígeno (DQO)**

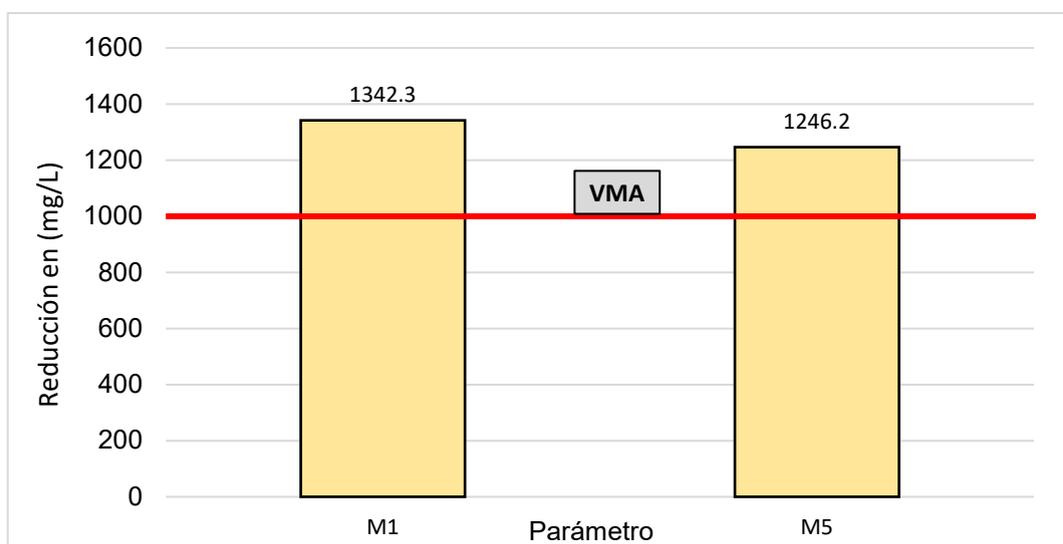


Figura 16. Resultado Inicial y final DQO ensayo-1

En la figura 16, los valores máximos admisibles para DQO es (1000 mg/L), los resultados de (M-1:M-5) no están permitidos para descargas a la red de alcantarillado, justificando una reducción de (96.1 mg/L), luego del tratamiento con cavitación.

- **Sólidos sedimentables (SS)**

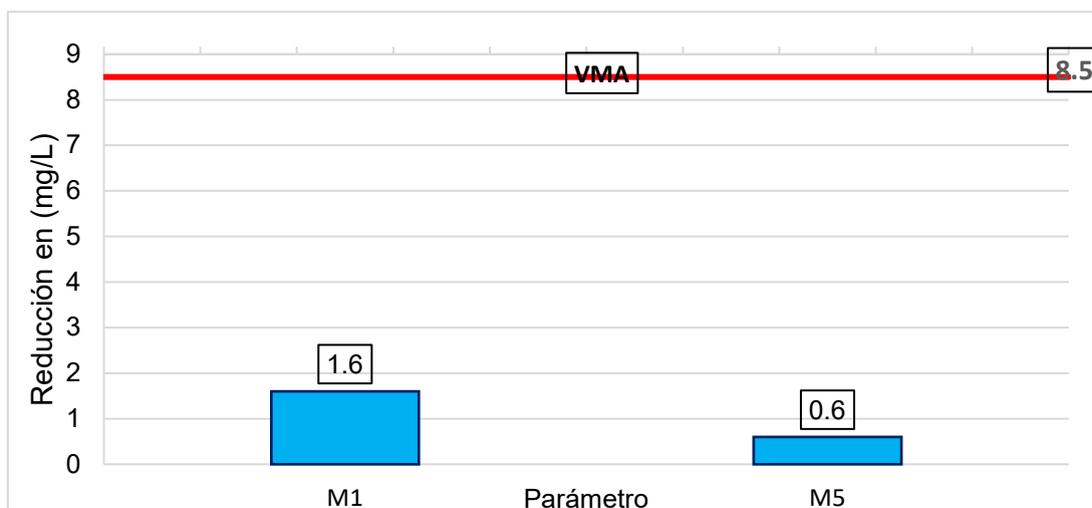


Figura 17. Resultado inicial y final SS ensayo-1

En la figura 17, referente a los valores máximos admisibles para sólidos sedimentables es (8.5 mg/L), el valor inicial y final se encuentran en el rango permitido para descargas.

- **Sólidos suspendidos totales (SST)**

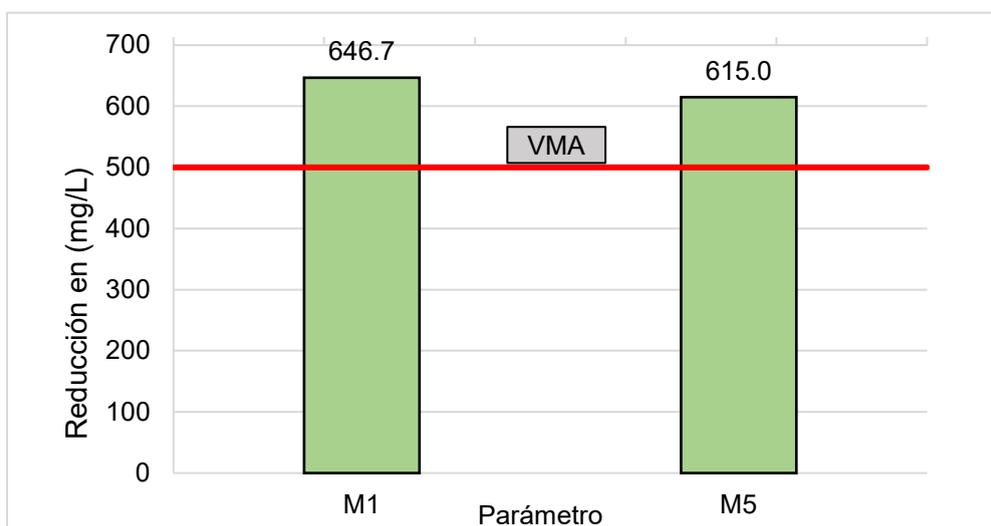


Figura 18. Resultado inicial y final SST ensayo-1

En la figura 18, referente a los valores máximos admisibles para sólidos suspendidos totales es (500 mg/L), los valores de (M-1:M-5) no están permitidos para realizar descargas, con el tratamiento se redujo (31.7 mg/L).

- **Sólido total (ST)**

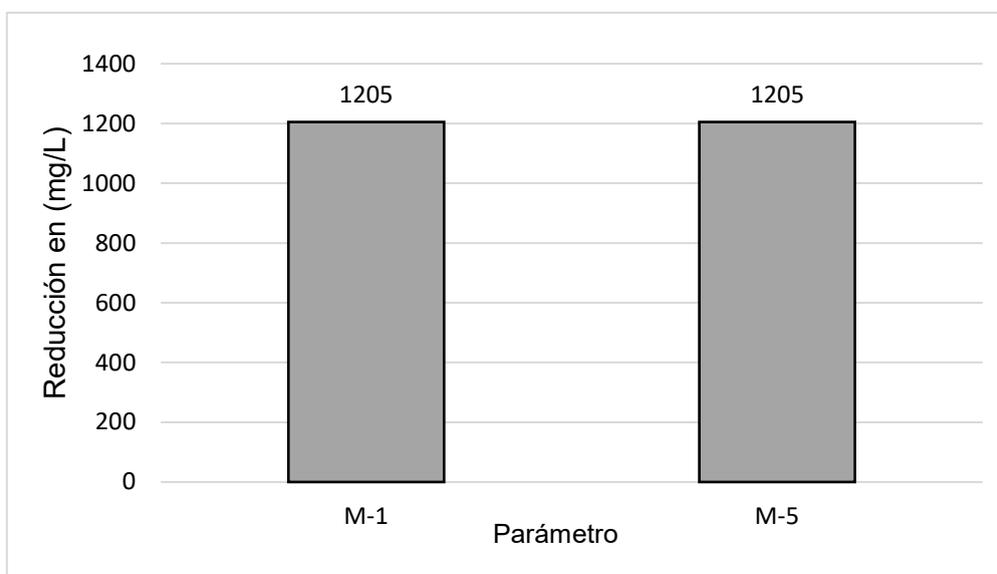


Figura 19. Resultado inicial y final ST ensayo-1

En la figura 19, referente para sólidos totales no se logró reducir las muestras de (M-1:M-5), manteniéndose constante su resultado después del tratamiento.

- **Turbidez**

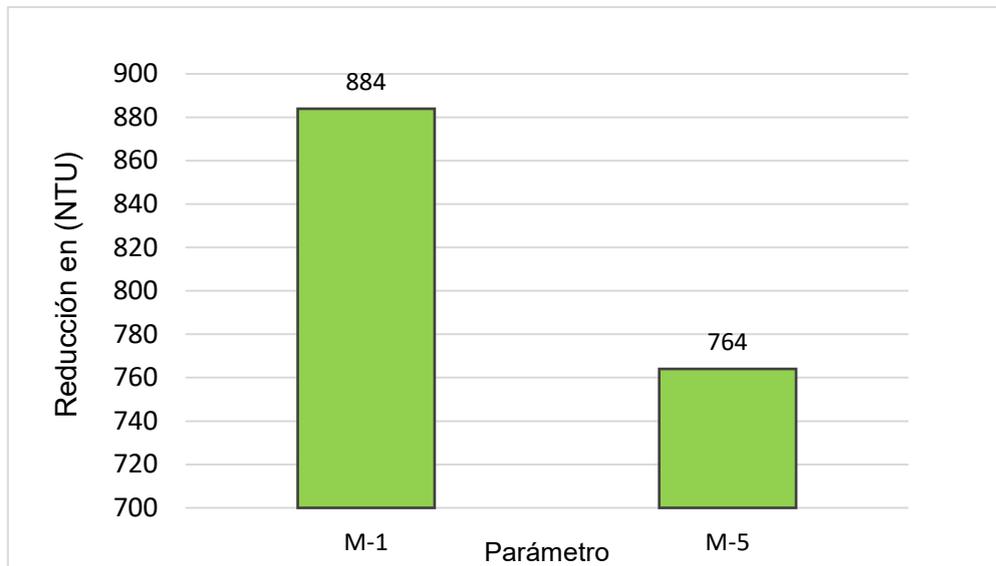


Figura 20. Resultado inicial y final turbidez ensayo-1

En la figura 20, referente a turbidez se demuestra una reducción significativa de (120 NTU)

- **Coliformes fecales**

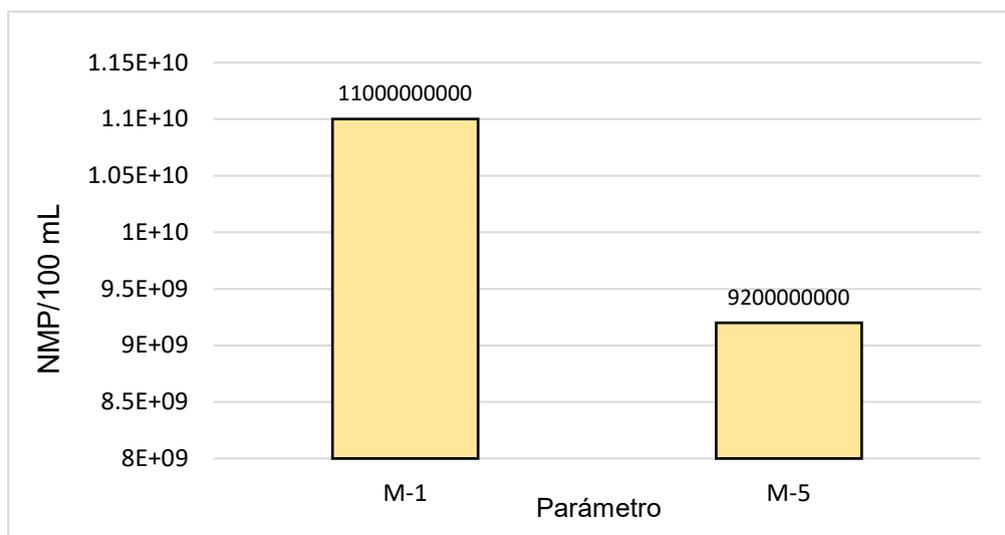


Figura 21. Resultado inicial y final C.F ensayo-1

En la figura 21, para coliformes fecales se demostró una reducción significativa de 16.4 % mediante el tratamiento de cavitación durante 60 minutos.

4.2. Ensayo-2 Cavitación Hidrodinámica

Resultados de los parámetros de operatividad de cavitación hidrodinámica durante el tratamiento del agua residual de quinua, ensayo-II

En la tabla 13, se describe los datos de campo de los parámetros de operatividad del proceso de cavitación hidrodinámica correspondiente al ensayo-II, para efectuar el proceso se consideró 5 muestras de agua residual de quinua. Se controló las variaciones de los parámetros en un intervalo de 15 minutos para cada muestra de tratamiento.

Tabla 13. Parámetros de operatividad del ensayo-2

Parámetros de Cavitación	Unidad	V-0	V-1	V-2	V-3	V-4
Tiempo	(min)	0	15	30	45	60
Temperatura	(°C)	31.9	38.9	43.1	44.8	46.8
Presión de bomba	(bar)	8.5	8.4	8.2	8.2	8.2
Caudal	(/m)	85	85	82	83	83
Presión de entrada	(bar)	8.5	8.3	8.1	8.2	8.2
Presión de salida (bar)	(bar)	-0.5	-0.6	-0.6	-0.7	-0.7

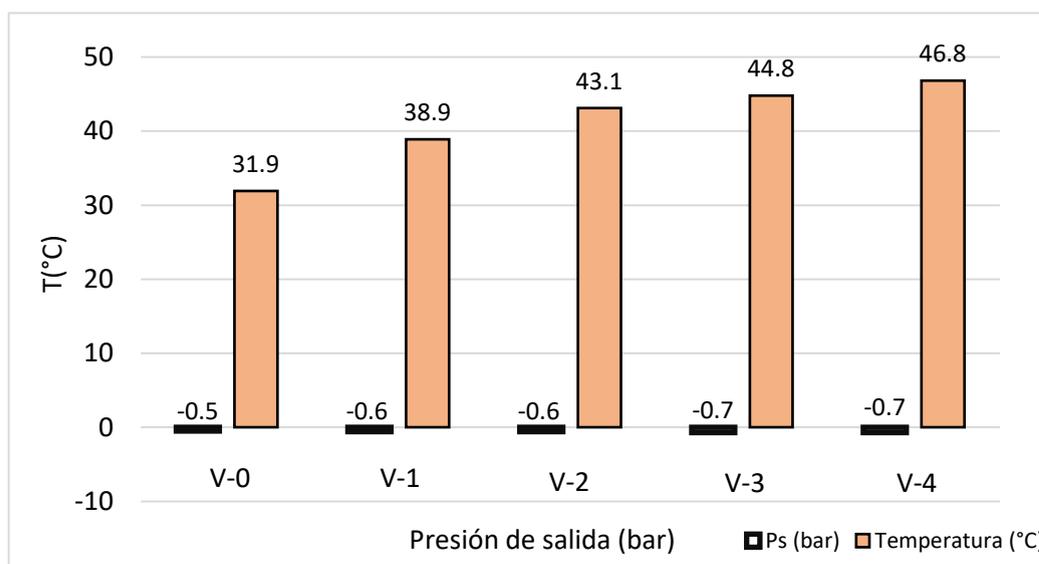


Figura 22. Presión de salida y temperatura ensayo -2

En la figura 22, se muestra la caída de la presión salida ocasionando el incremento de temperatura, justificando lo expresado se evidencia en la muestra (V-4) de la presión de salida es (-0.7 bar) y la temperatura es (46.8 °C).

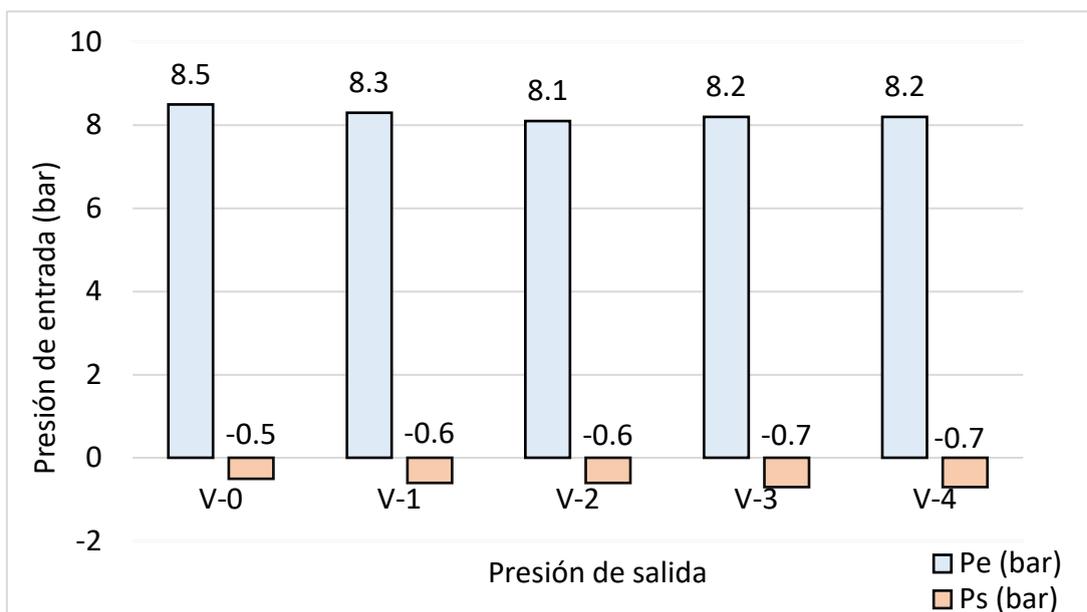


Figura 23. Presión de entrada y presión de salida ensayo-2

En la figura 23, se muestra los resultados de la presión de entrada y presión de salida se evidencia la diferencia de presiones de V-4: (8.2 bar) y la Presión de salida de V-4: (-0.7 bar), la variación de presión es un factor fundamental de la cavitación.

4.2.2. Resultados del Laboratorio SGS

- Para el tratamiento del agua residual industrial de quinua se desarrolló 5 tratamientos que consistió en una entrada inicial sin tratamiento y 4 salidas con tratamiento mediante el proceso de cavitación hidrodinámica (Ver tabla 14).

Tabla14. Resultados del Laboratorio SGS

Parámetro	Unidad	V-0	V-1	V-2	V-3	V-4
DBO ₅	mg/L	303.3	281.7	279.0	270.0	215.5
DQO	mg/L	1.049.4	875.2	782.0	770.9	730.2
S.S. T	mg/L	472	423	418	402	357

En la tabla 15, se describe el marco legal (VMA) para comparar con las muestras tratadas con cavitación hidrodinámica.

Tabla 15. Comparación de los VMA con los resultados de tratamiento

Parámetros	Unidad	VMA D.S. N° 010- 2019-Vivienda	V-0 (0 min)	V-4 (60 min)	Reducción (%)
DBO ₅	(mg/L)	500	303.3	215.5	29
DQO	(mg/L)	1000	1.049.4	730.2	30.4
S.S.T	(mg/L)	500	472	357	24.3
pH	Unidad	6-9	6.66	7.6

- Respecto con la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), se comprueba una reducción de (29 %) de carga orgánica, los valores iniciales (V-0) se encuentra permitidos por la normativa legal, los resultados justifican una eficiencia progresiva hasta la muestra (V-4).
- Respecto con la demanda química de oxígeno (DQO), se identifica una variación de (30.4 %), en relación con la muestra (V-0) el parámetro excede con los valores máximos admisibles, el tratamiento de cavitación hidrodinámica redujo significativamente el valor inicial.
- Referente con sólidos suspendidos totales (SST), se indica una variación de (24.3 %), el valor inicial de (V-0) se encuentra permitido para descargas de efluentes no domiciliarias en relación a los valores máximos admisibles, el tratamiento de cavitación influyo en la reducción de los valores iniciales.
- Concerniente al pH luego del tratamiento con cavitación presento una escala de (7.6). De acuerdo con la normativa de los valores máximos admisibles referente al pH está permitido realizar descargas de 6-9 unidades.

- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)**

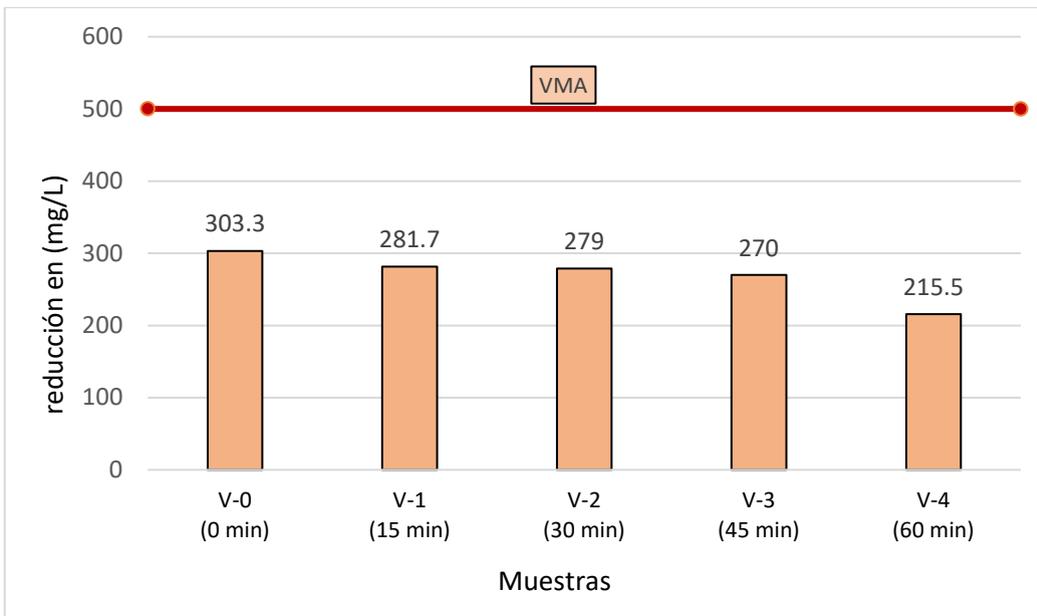


Figura 24. Resultado inicial y final DBO₅ ensayo-2

En la figura 24, para DBO₅, de la muestra (V-0: V-4) se contrasta una reducción de (87.8 mg/L), el valor inicial y final de la muestra está permitido para realizar descargas debido a que son concentraciones inferiores a lo establecido por los VMA.

- **Demanda química de oxígeno (DQO)**

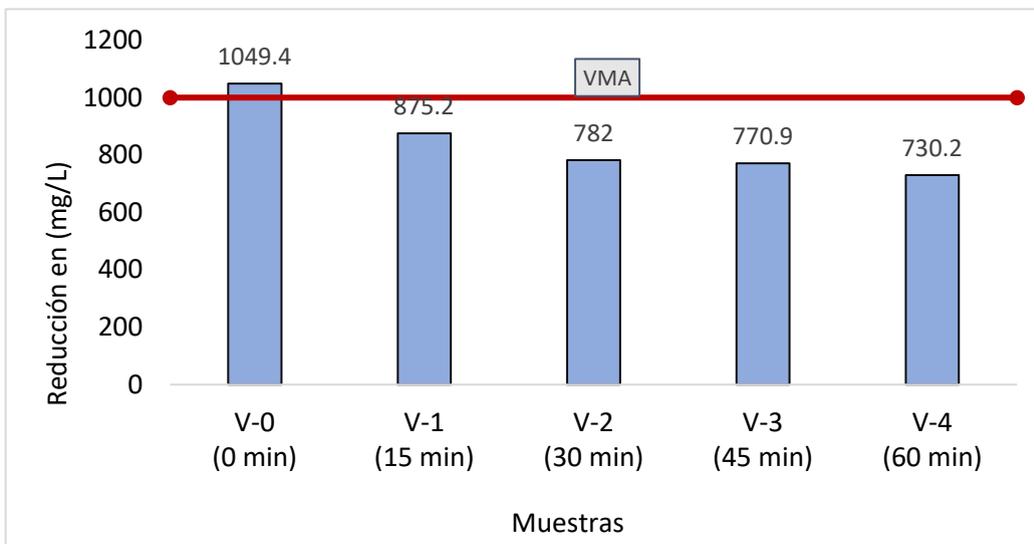


Figura 25. Resultado inicial y final DQO ensayo-2

En la figura 25, los valores máximos admisibles para DQO es (1000 mg/L), en la muestra inicial el valor encontrado excede para descargas, luego del tratamiento se logra reducir 319.2 mg/L logrando cumplir con los valores establecidos para descargas no domésticas.

- **Sólidos suspendidos totales (SST)**

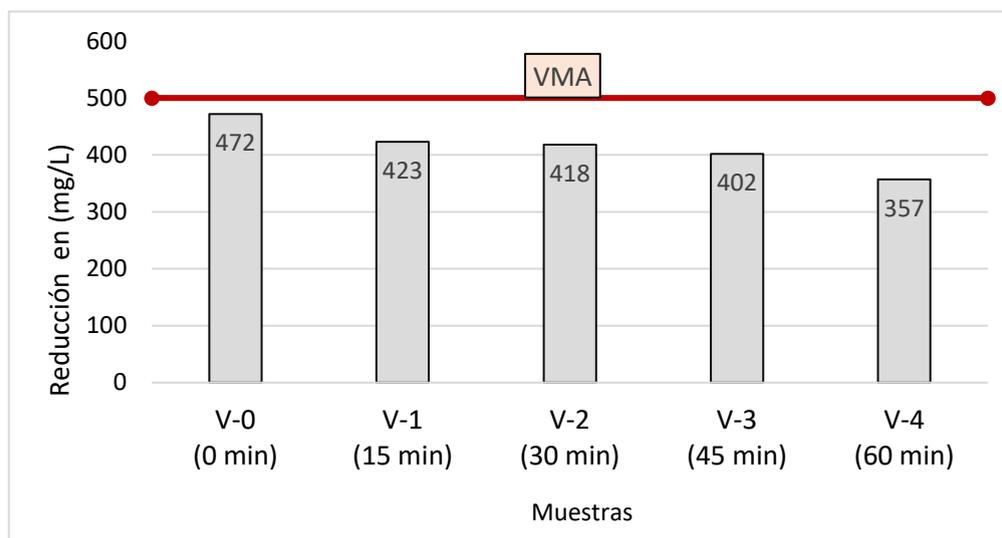


Figura 26. Resultado inicial y final SST ensayo-2

En la figura 26, los valores máximos admisibles para S.S.T (500 mg/L), en la muestra inicial y final son valores menores a lo establecido en los (VMA), luego del tratamiento se logró reducir de 472 mg/L a 357 mg/L.

- **Potencial de hidrógeno (pH)**

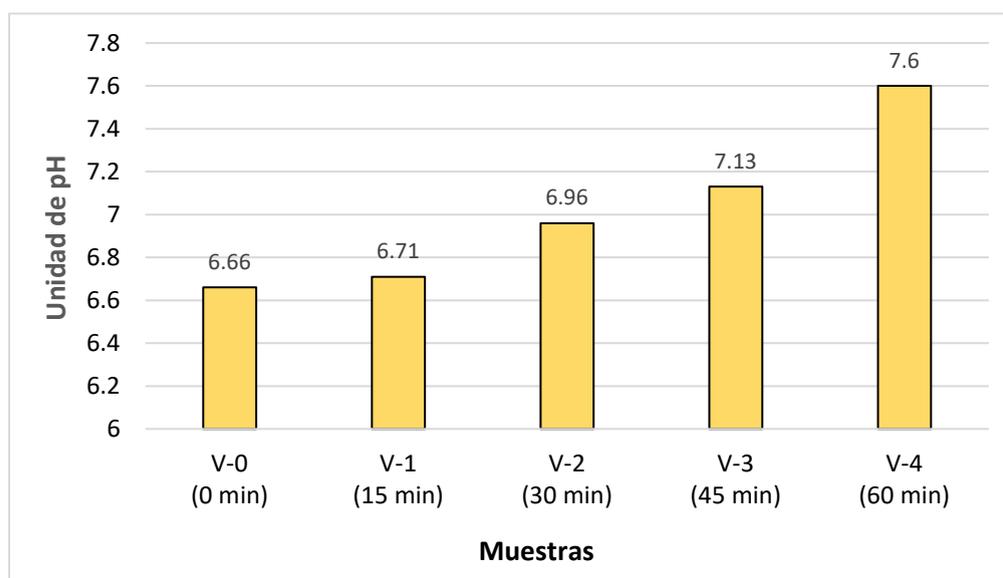


Figura 27. Potencial de hidrógeno ensayo-2

En la figura 27, el parámetro de potencial de hidrógeno tuvo resultados favorables debido a que se demostró un cambio notorio de las muestras (V-0: V-4) logrando cumplir con los (VMA) para descargas no domiciliarias.

V. DISCUSIÓN

La investigación tuvo como objetivo demostrar la variación de las características físico químicas y microbiológicas del efluente residual procedente de una industria procesadora de quinua, después de ser tratadas con el sistema de cavitación hidrodinámica se logró reducir los contaminantes orgánicos lo cual demuestra la eficiencia del método de cavitación.

Respecto al primer ciclo con el método físico de cavitación hidrodinámica se logró reducir los parámetros físico químicos, para DBO₅ se alcanzó una reducción de 36 %, sólidos suspendidos presento una reducción de 63% y el pH indico un valor de 4.79. Por otro lado, Bayas Livaneza et al. (2021) utilizaron el tratamiento biológico través de un sedimentador primario para luego pasar por un reactor biológico demostrando una remoción de 96.9 % para DBO₅, una reducción de 100 % en sólidos suspendidos y pH de 7.71. Se justifica la variación de los resultados con respecto a los parámetros mencionados, porque el parámetro de pH influyo significativamente en ambas investigaciones. Asimismo, Agudelo Rafael et al. (2020) refieren que el pH de óptimo es de (5-6) lo cual es favorable en el tratamiento de contaminantes orgánicos enfatizaron que este valor de pH es para agua residual industrial de cueros. Concluyo que ambos estudios lograron resultados significativos por consiguiente mediante el tratamiento con cavitación el pH fue muy acido de 4.71 posiblemente este factor incidió en la degradación de la materia orgánica de agua residual de quinua, a diferencia del tratamiento biológico su escala de pH fue neutro 7.71 facilitando la descomposición de los contaminantes.

Correspondiente del parámetro de DQO se demostró una reducción de 7.15 % en un intervalo de 60 minutos con el proceso de cavitación hidrodinámica individual (sin combinación). Asimismo, Medina Juan (2021) desarrollo el método de cavitación hidrodinámica y ozono (O₃), para tratar aguas residuales de una procesadora de aceituna, logrando reducir 60 % en DQO₅, en un intervalo de tiempo de 9 horas. Se justifica la reducción de materia orgánica de las investigaciones mencionadas porque las características y propiedades del agua de tratamiento fueron diferentes, y tratadas en intervalos diferentes.

En relación de los sólidos suspendidos totales, presentó una reducción de 4.90 % y conductividad eléctrica de 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 570 $\mu\text{S}/\text{cm}$ utilizando el método de cavitación hidrodinámica y el dispositivo Venturi. Asimismo, Yachachin Gema y Yaricahua Wini (2021) ejecutaron el método de cavitación hidrodinámica con el dispositivo Venturi y placa de orificio para tratar agua residual originario de una industria de curtiembre, con el proceso de cavitación a través del dispositivo Venturi lograron resultados significativos para sólidos suspendidos totales de 47 % de reducción y conductividad eléctrica de 49.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 66.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Se justifica la remoción de los parámetros porque la conductividad eléctrica en cada caso de estudio aumento probablemente facilito en la interacción del fluido en relación geometría del cavitador Venturi. Por otro lado Bracamonte Bryan y Lozano Julissa (2022) realizaron el método de cavitación hidrodinámica mediante el dispositivo Venturi y orificio considerando 90 minutos para cada dispositivo para tratar aguas residuales de curtiembre su objetivo se enfatizó en reducir el contaminante de cromo, logrando una reducción en sólidos suspendidos sedimentables mg/L (16,13,15,10), conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$: (16710,18430,19360,22500) estos resultados lo obtuvieron a través del dispositivo Venturi , respecto con el dispositivo de placa de orificio lograron para sólidos suspendidos totales mg/L: (32,29,24,21), conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$: (16150,17280,18470,1900).Se justifica las investigaciones mencionadas debido a la eficiencia de cada dispositivo de cavitación es diferente en la reducción de los contaminantes indicando una eficiencia con placa de orificio a diferencia del Venturi.

Concerniente al parámetro de turbidez se consiguió el 14 % de reducción durante un periodo de 60 minutos en condiciones de cavitación hidrodinámica como la presión de entrada y salida, caudal y temperatura. Asimismo, Saboya Xiomí (2018) menciona un tratamiento natural con lombriz, clasifico dos grupos con diferentes especies: primer grupo fue Eisenia foetida y el segundo grupo fue Lumbricus terrestris logrando para turbidez el 84.4 % en reducción. Se justifica la variación de los parámetros mencionados porque el tratamiento de lombrifiltro requiere un tiempo de adaptación, condiciones climáticas y otros logrando una reducción del parámetro descrito en un tiempo prolongado (días), los resultados de cavitación hidrodinámica para el parámetro evaluado resulto significativo porque se logró una reducción en un tiempo reducido (min).

Para sólidos totales no hubo variación de tratamiento el resultado inicial y final fue de 1205 mg/L, resultados similares obtuvieron Castillo Jonathan y Chimbo Jessica, (2021) resaltando su investigación con el tratamiento de lombrifiltros de *Eisenia foetida*, para reducir contaminantes orgánicos de aguas residuales domésticas demostrando en DQO 52.95 % y DBO₅ 52.95 % no hubo variación de tratamiento, para sólidos totales lograron una reducción de 52.91 %. Asimismo, Bonilla Henry et al. (2019) refieren que el primer lavado de quinua contiene saponina. La saponina en contacto con el agua genera tensión superficial en el fluido en concentraciones mínimas el tensoactivo es favorable, los resultados variaron en ambos estudios por la presencia de saponina del agua residual industrial de quinua a diferencia del agua doméstica.

Correspondiente al parámetro microbiológico de Coliformes fecales se logró una reducción de 16.4 % en un periodo de 60 minutos con el método de cavitación. Asimismo, Benites Elmer et al. (2022) utilizaron el método de cavitación hidrodinámica en combinación con ozono (O₃), para reducir los parámetros orgánicos del agua residual doméstico, demostraron una reducción de 99.99 % para coliformes fecales en condiciones de temperatura, presión y ozono en un periodo de tiempo de 80 minutos. Se justifica los resultados en beneficio del tratamiento de cavitación con ozono porque demostraron mayor eficiencia en coliformes fecales, a diferencia del método de cavitación hidrodinámica individual no utilizó un método oxidante.

Concerniente al segundo ciclo con el método de cavitación hidrodinámica logró la reducción de los parámetros químicos obteniendo para DBO₅ 29 %, DQO 30.4 % S.S.T 24.3% y sólidos disueltos 7 %, en condiciones de operatividad del método de cavitación como la presión de entrada y salida, tiempo, temperatura. Del mismo modo Lozano Ronald (2022) enfatizó el método de cavitación hidrodinámica en combinación de ozono (O₃) y oxígeno (O₂), para reducir los contaminantes químicos del agua residual procedente de la industria de curtiembre, indicando que el método de cavitación en combinación de ozono presentó mejores resultados para la demanda bioquímica oxígeno 96.94 %, demanda química oxígeno 64.28 %, sólidos suspendidos totales 83.33 %, sólidos disueltos 14.52 %. Refiere que el método de cavitación con ozono (O₃) es favorable en la reducción de contaminantes orgánicos. Asimismo, Cadenas Carlos y Santos Brenda (2020) aplicaron el método de cavitación y ozono consiguieron resultados semejantes para DQO₅ 61.17 %, DBO 42.19 %, SST

50.01 %, STD 4.88 %. Se justifica los resultados de ambas investigaciones, porque el método de cavitación hidrodinámica y ozono influye positivamente en la reducción de los parámetros orgánicos e inorgánicos presentes en el agua residual de curtiembre probablemente para la muestra del agua industrial de quinua el tratamiento con cavitación hidrodinámica requiere la combinación del método de oxidación avanzada como el ozono (O_3) para lograr resultados eficientes en la reducción de los contaminantes orgánicos y microbiológicos.

Se evaluó el parámetro de pH, indicando un pH inicial de 6.66 correspondiente a la muestra inicial, luego de 15 minutos el pH incremento a 6.71, llegando a la muestra final con un pH de 7.6, resultados similares logro Escobar Fernanda (2018) diseño su modelo de filtro con carbón activado para tratar efluentes de un camal cuyo periodo de tratamiento fue 90 días, para el pH logro una escala de 7. 74. Del mismo modo Mancuso Giuseppe et al. (2020) refieren que la escala adecuada es acida o básica para reducir los contaminantes químicos empleando el sistema de cavitación hidrodinámica. La escala de pH óptimo está condicionada de los contaminantes que serán tratados. La investigación presente alcanzo un pH acido de 4.79 referente del primer ciclo asimismo para el segundo ciclo se logró resultados favorables con un pH básico de 7.6, demostrando una reducción eficiente en DBO₅, DQO, SST, SD.

Asimismo, se consideró los parámetros de operatividad del segundo ciclo como la temperatura ($^{\circ}C$) y presión (bar). La temperatura a los cero minutos fue 31.9 $^{\circ}C$ después de 60 min de tratamiento fue 46.8 $^{\circ}C$, la presión de entrada a los cero minutos fue de 8.5 bar, luego de 60 min de tratamiento llego a 8.2 bar en intervalos de 15 minutos para cada muestra, logrando resultados significativos en los parámetros DBO₅, DQO, SST, SD. Refiere Sun Haosheng et al. (2022) enfatizaron en su estudio el método de cavitación hidrodinámica como una alternativa prometedora para descargas residuales de tintas. Realizaron el método de cavitación con dispositivo de placa de orificio en condiciones de temperatura 30 $^{\circ}C$ - 60 $^{\circ}C$ y presión 2,0 bar - 4,0 bar y tiempo en minutos. Obtuvieron resultados favorables con el dispositivo de placa de 6 orificios y una presión de 4,0 bar logrando un porcentaje de reducción 81,39 % en el colorante "Auramina" (AO) en un intervalo de tiempo de 90 minutos. Se justifica los resultados de ambas investigaciones, porque la presión influye positivamente en la degradación de contaminantes del efluente de estudio, si la presión aumenta también la degradación es proporcional.

VI. CONCLUSIONES

1. Luego de utilizar el método de cavitación hidrodinámica, se logró una variación de las características físico químicas de las aguas residuales de una planta procesadora de quinua referente del ensayo- 1 la reducción más notable corresponde para DBO₅ (36 %) con excepción para pH (4.79). Asimismo, el ensayo-2 presento mejores resultados en la reducción de DBO₅ (29 %), DQO (30.4 %), S.S.T (24.3 %) y pH óptimo (7.6).
2. Se logro reducir las características microbiológicas del agua residual de quinua utilizando el método de cavitación hidrodinámica, alcanzado una reducción del 16.4 % para coliformes fecales correspondiente del ensayo-I en condiciones de operatividad del cavitador como presión de entrada y salida, temperatura y tiempo (min), caudal.
3. Además, el proceso de cavitación hidrodinámica es un método adecuado para realizar tratamientos de agua residual de diferentes contaminantes, como es el caso del agua residual de una planta procesadora de quinua con niveles altos de contaminantes orgánicos, es factible el tratamiento de estos efluentes industriales debido a la eficiencia en la reducción de contaminantes orgánicos permitiendo realizar descargas autorizadas por la normativa legal y lo más importante tener responsabilidad ambiental y social de los efluentes formados en la actividad industrial de alimentos.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar ensayos con el método de cavitación hidrodinámica con muestras de agua residual industrial de quinua para evaluar parámetros físico químicos como el nitrógeno total y metales pesados.
- El Tratamiento de cavitación hidrodinámica puede ser complementado con el método de oxidación avanzado, para obtener resultados más eficientes referidos a los parámetros del agua residual de quinua.
- Realizar el método de cavitación hidrodinámica con un intervalo de tiempo (min) prolongado a contraste del tiempo que se realizó en la investigación presente, para optimizar los tratamientos.

REFERENCIAS

- AGUDELO VALENCIA RAFAEL Nikolay, OVALLE GONZÁLEZ, Diana Paola, RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ Luis Felipe. *Aplicación de foto fenton (VIS) para la remoción de sulfuros y DQO en aguas residuales de curtiembre. Revista Luna Azul* [en línea]. 2020, (50), 215-228[fecha de Consulta 4 de noviembre de 2022]. ISSN: Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321769998011>
- AHUMADA Andrés, ORTEGA Andrés, CHITO Diana, BENÍTES Ricardo. Saponins of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): A by-product with high biological potential. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*. [online].2016, vol.45, n.3, p.438-469.ISSN0034-7418.<https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v45n3.62043>.
- ALVES LOPES, Paulo Henrique; SILVA LOPES Pedro de Souza; FERREIRA CARNEIRO, Deusmaque; GONÇALVES INÁCIO, Julio César de Souza. *COD removal from sucrose solution using hydrodynamic cavitation and hydrogen peroxide: a comparison between Venturi device and orifice plate*. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* [online]. 2019, v. 24 [Accessed 4 November 2022], e12. Available from: <<https://doi.org/10.1590/2318-0331.241920180147>>. Epub 28 Feb 2019. ISSN: 2318-0331. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.241920180147>.
- ÁLVAREZ, Carlos Eduardo Méndez. *Metodología de la investigación: Diseño y desarrollo del proceso de investigación en ciencias empresariales*. Alpha Editorial, 2020. ISBN:9789587786613, 9587786610
- BAENA PAZ, Guillermina María Eugenia, 2014.*Metodología de la Investigación*. México. 1ª ed. Editorial :Grupo Editorial Patria. pag.157. ISBN:9786077440031, 6077440035. Formato: Libro electrónico
- BARCO GAMARRA, María Teresa; FOLADORI, Guillermo; SOTO ESQUIVEL, Roberto. Insustentabilidad de la producción de quinua en Bolivia. *Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, 2019, vol. 29, no 54. [en línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.24836/es.v29i54.807>

- BAYAS LIVANEZA Concepción; PARADA Mabel Mariela; CALDERÓN, Hugo segundo. Biological Water Treatment Residuals from Plants Quinoa Processors. *ESPOCH* [En línea]. *Congresses: The Ecuadorian Journal of STEAM*, 2021, p. 1089–1097. [Fecha de consulta: 20 de septiembre del 2022], DOI:10.18502/epoch. v1i3.9535, Disponible en: <https://knepublishing.com/index.php/epoch/article/view/9535>
- BRACAMONTE ORMEÑO, Bryan Alexander; LOZANO MARTÍNEZ, Julissa Karina. Eficiencia de remoción del cromo total en efluentes de la industria curtiembre mediante el método de Placa Orificio y Venturi en Cavitación Hidrodinámica en Ate-Lima 2022. Universidad César Vallejo [Fecha de consulta: 12 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/97983>
- BENITES ALFARO Elmer, CASTAÑEDA OLIVERA Carlos, ACOSTA SUASNABAR Eusterio, PEREYRA RENGIFO Mery. *Clean technology for domestic wastewater treatment: dynamic hydrocavitation-ozone. Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, 2022-July. DOI: ISBN: 978-628-95207-0-5, ISSN: 2414-6390, Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.780>
- BRENNEN, Christopher Earls, (2013). *Cavitation and Bubble Dynamics*. California. Editorial: Prensa de la Universidad de Cambridge. ISBN en línea: 9781107338760 DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107338760>
- BONILLA, H., CARBAJAL, Y., GONZALES, M., VÁSQUEZ, V., & LÓPEZ, A. Determinación de la actividad insecticida de la saponina de la quinua (*Chenopodium quinoa*) en larvas de *Drosophila melanogaster*. *Scientia Agropecuaria*, 2019, vol. 10, no 1, p. 39-45, ISSN 2077-9917, <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.01.04>
- CADENAS CASTRO, Carlos Fabian; SANTOS PADILLA, Brenda Mercedes. Ozono y cavitación hidrodinámica para disminución de la carga orgánica y nitrogenada en aguas residuales de camal, 2020. disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/56568>

- CASTILLO SÁNCHEZ, Jonathan Gustavo, CHIMBO SOLÓRZANO, Jessica Estefanía. Eficiencia en la remoción de materia orgánica mediante lombrifiltros (*Eisenia foetida*) en aguas residuales domésticas para zonas rurales. Enfoque UTE, 2021, vol. 12, no 2, p. 80-99.[On-line] ISSN 1390-6542, ISSN 1390-9363, <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.746>
- CHARRIÈRE Boris, DECAIX Jean, GONCALVÈS Eric. A comparative study of cavitation models in a Venturi flow. *European Journal of Mechanics, B/Fluids*, Vol.49, 2015, pág. 287–297. ISSN 0997-7546, Doi.org/10.1016/j.euromechflu.2014.10.003. Disponible en:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0997754614001496>
- DECRETO SUPREMO QUE APRUEBA EL REGLAMENTO DE VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario. Decreto Supremo N° 010-2019- VIVIENDA, Diario Oficial el Peruano, Lima, Perú, 11 de marzo, 2019.
- ESCOBAR PEÑAFIEL, Fernanda Lizbeth. *Análisis del carbón activado como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de un camal ubicado en el barrio El Porvenir del Cantón Tisaleo, Provincia de Tungurahua*. 2018. Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/27017>
- FEDOROV Kirill, DINESH Kumaravel, SUN Xun, DARVISHI Reza Cheshmeh Soltani, WANG Zhaohui, SONAWANE Shirish, BOCZKAJ Grzegorz, *Synergistic effects of hybrid advanced oxidation processes (AOPs) based on hydrodynamic cavitation phenomenon – A review*, *Chemical Engineering Journal*, Volume 432,2022, ISSN 1385-8947, <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.134191>, Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894721057648>
- GRANDE ESTEBAN, Ildefonso y ABASCAL FERNANDÉZ, Elena. *Fundamentos y técnicas de investigación comercial*. España. 13ª ed. ESIC..2017. ISBN:9788417024406, 8417024409

- HERNÁNDEZ-SAMPIERI, Roberto, MENDOZA TORRES, Christian. *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*, Ciudad de México, Editorial Mc Graw Hill Education, Año de edición: 2018, ISBN: 978-1-4562-6096-5, 751 p.
- HOU Yucheng, YANG Feng, CAO Jinxuan, HUANG Yongchun, LI Chunzhi, LI Jiayun, REN Xian'e. *Effects of hydrodynamic cavitation at different pH values on the physicochemical properties and aggregation behavior of soybean glycinin*. LWT, Volume 163, 2022, ISSN 0023-6438, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113615>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643822005503>
- LAFUENTE FLORES, Esteban Fernando, LÓPEZ CEVALLOS, Héctor André. Desinfección bacteriana de aguas residuales utilizando cavitación hidrodinámica a través de un tubo Venturi. [En línea]. En *Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE*. Vol.13 N. (1), 77–80 2018. [Fecha de consulta: 28 de octubre del 2022]. <https://doi.org/10.24133/cctespe.v13i1.808> Disponible en <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/cienciaytecnologia/article/view/808>
- LAZCANO Carreño César Augusto. *Biotecnología ambiental de aguas y aguas residuales*. 2a ed. pag.233, Bogotá: Ecoe, 2016. ISBN 9789587713442. *Digitalia* <https://www.digitaliapublishing.com/a/70490>. Universidad Cesar Vallejo Sac - Lima Norte Disponible, P15 Ingeniería Ambiental; 628.35 L43
- LIZARDI, Arturo, LÓPEZ, Raymundo, TERRES, Hilario, RESENDIZ, Omar. *Producción de biodiesel por cavitación hidrodinámica*. *Revista de Sistemas Experimentales*, 2016, vol. 3, pág. 16-23. ISSN-2410-3950. https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Sistemas_Experimentales/vol3numero9/Revista_de_Sistemas_Experimentales_V3_N9_3.pdf
- LOZANO MORILLO, Ronald Yeferson. Aplicación de la tecnología de cavitación hidrodinámica, ozono y oxígeno atmosférico para la mejora de la calidad de aguas residuales de la empresa de Curtiembre Lima 2020. [Fecha de consulta: 16 de septiembre del 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/67566>
- MACHADO Polyane Ribeiro, SOEIRA Ribeiro Thiago Vinícius, PAGAN Fausto de Souza, Malpass Pointer Geoffroy Roger, GONÇALVES Julio Cesar de Souza Inácio, FERREIRA Deusmaque Carneiro. *Synergistic bromothymol blue dye degradation with*

hydrodynamic cavitation and hydrogen peroxide (HC-H₂O₂). Revista Ambiente & Água [online]. 2020, v. 15, n. 3 [Accessed 3 November 2022], e2518. Available from: Epub 26 June 2020. ISSN 1980-993X. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2518>.

MADORRÁN PUERTO, Andrés. Proyecto de dispositivo experimental para el tratamiento de aguas residuales mediante cavitación hidrodinámica. 2020 [en línea]. [Fecha de consulta: 14 de Julio del 2022]. Disponible: <https://zagan.unizar.es/record/90137/files/TAZ-TFG-2020-013.pdf?version=1>

MANCUSO Giuseppe, LANGONE Michela, ANDREOTTOLA Gianni. Critical review of the current technologies in wastewater treatment plants by using hydrodynamic cavitation process: principles and applications. J Environ Health Sci Engineer. 18 pag. 311-333 (2020). <https://doi.org/10.1007/s40201-020-00444-5>

MARTÍNEZ Domínguez, Juan Alberto Domínguez. La Cavitación Hidrodinámica. *Anuario Ciencia en la UNAH*, 2018, vol. 16, N. 1 [en línea]. Disponible en: <https://rcta.unah.edu.cu/index.php/ACUNAH/article/view/1008>

MEDINA COLLANA, Juan Taumaturgo. Cavitación hidrodinámica y procesos de membrana para la recuperación de salmuera de aguas residuales de procesado de aceituna. 2021. Universidad Nacional del Callao. [en línea]. Disponible en: <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/5888/statistics>

MUHAMMAD Tariq, Alia Anayat, MUHAMMAD Waseem, MUHAMMAD Hidayat Rasool, MUHAMMAD Asif Zahoor, Shafaqat Ali, MUHAMMAD Rizwan, MOHAMED M. Abdel-Daim, SAAD Alkahtani, Physicochemical and Bacteriological Characterization of Industrial Wastewater Being Discharged to Surface Water Bodies: Significant Threat to Environmental Pollution and Human Health, *Journal of Chemistry*, vol. 2020, artículo ID 9067436, páginas 10, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/9067436>

OZONEK, Janusz. Application of hydrodynamic cavitation in environmental engineering. *Application of Hydrodynamic Cavitation in Environmental Engineering* [online]. 2012, pag. 1–123. Dostupnéz: ISBN: 9780203106099; doi:10.1201/b11825

PAITÁN Ñaupas, Humberto, DUEÑAS Marcelino Raúl Valdivia, VILELA Jesús Josefa Palacios, DELGADO Hugo Eusebio Romero. *Metodología de la Investigación*

cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis. 5a. Edición. Bogotá: Ediciones de la U, 2018 p.562. ISBN 978-958-762-876-0

PANDA, D. and MANICKAM, S., 2019. Cavitation Technology—The Future of Greener Extraction Method: A Review on the Extraction of Natural Products and Process Intensification Mechanism and Perspectives. *Applied Sciences*, vol. 9, no. 4 ProQuest Central. DOI <https://doi.org/10.3390/app9040766>.

PANDO Gómez Luz, AGUILAR Castellanos Enrique. FAO – Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2016. *Guía de cultivo de quinoa. 2ª edición*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 130 pp.

PATHAN, Safiullah; SIDDIQUI, Rafat A. Nutritional Composition and Bioactive Components in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Greens: A Review. *Nutrients*, 2022, vol. 14, no 3, p. 558. <https://doi.org/10.3390/nu14030558>

REY RODRÍGUEZ, Kevin Andrés, ORTIZ JEREZ, Luis David. *Evaluación de los impactos ambientales y la cavitación hidrodinámica como herramienta mitigadora de impacto en la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa COLBEEF SAS en la vereda Rio frio de Floridablanca, Santander*. [en línea].2022. [Fecha de consulta: 19 mayo del 2022]. Disponible en: <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/8451>

SABOYA RÍOS, Xiomí Vasni. *Eficiencia del método de lombrifiltro en la remoción de los contaminantes de las aguas residuales domésticas en el Distrito de Chachapoyas- Amazonas*. Universidad Peruana Unión. 2018 [Fecha de consulta: 17 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/1123>.

SHAH Y.T, Pandit A.B, Moholkar VS (1999). Sources and Types of Cavitation. En: Ingeniería de reacción de cavitación. La serie de ingeniería química Plenum. Editor Springer, Boston, MA. ISBN: 978-1-4613-7168-7 https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4787-7_1

SZAJA Aleksandra, MONTUSIEWICZ Agnieszka, LEBIOCKA Magdalena. 2022. Challenges of Hydrodynamic Cavitation of Organic Wastes. *Applied Sciences*, vol. 12, no. 15, pp. 7936 ProQuest Central. Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad Tecnológica de Lublin, Nadbystrzycka 40B, 20-618 Lublin, Polonia. DOI <https://doi.org/10.3390/app12157936>.

- SINGH Sanyukta, RANDHAVANE Shrikant. *Hydrodynamic Cavitation: Its optimization and potential application in treatment of Pigment Industry Wastewater*. Materials Today: Proceedings, Volumen 61, Parte 2, 2022, página. 523-529. ISSN 2214-7853, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785322002887>, Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.01.261>
- SHERYAZOV Saken Koishybaevich, PTASHKINA-Girina, Olga Stepanovna, TELYUBAEV Zhaslan Barlykovich. *The Effluent Disinfection Based on the Cavitation Effect in a Venturi*. En *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, 666 (5). ISSN1755-1307. Doi:10.1088/1755-1315/666/5/052077, Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/666/5/052077/pdf>
- SONG Yongxing, RUIJIE Houa, WEIBIN Zhangb, JINGTING Liu. Hydrodynamic cavitation as an efficient water treatment method for various sewage: - A review. *Water science and technology* [online]. 2022, Volume 86, Issue (2), pag.302–320. ISSN 0273-1223. Dostupnéz: doi:10.2166/wst.2022.201. Disponible en: <https://doi.org/10.24133/cctespe.v13i1.808>
- Subhamita Das, Akash P. Bhat, Parag R. Gogate, Degradation of dyes using hydrodynamic cavitation: Process overview and cost estimation, *Journal of Water Process Engineering*, Volume 42, 2021, 102126, ISSN 2214-7144, <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102126>
Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214714421002130>
- SUN Haosheng, QIN Jun, YI Ludong, RUAN Yinghao, WANG Jun, FANG Dawei, A new process for degradation of Auramine O dye and heat generation based on orifice plate hydrodynamic cavitation (HC): Parameter optimization and performance analyses, *Process Safety and Environmental Protection*, Volumen 161, 2022, Pag. 669-683 ISSN 0957-5820, , <https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.03.058> , Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957582022002713>
- SUNASS (2015). Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento. Disponible en: <http://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/ptar.pdf>

YACHACHIN HUAMÁN, Gema Ingrid; YARICAHUA ESTEBAN, Wini Katusca. Oxidación avanzada con cavitación hidrodinámica para el tratamiento de aguas residuales de la industria de la curtiembre, Lima-2021. [Fecha de consulta: 23 de mayo del 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/78933>

YEE-Batista, C. (diciembre, 2013). Un 70% de las aguas residuales de Latinoamérica vuelven a los ríos sin ser tratadas. Banco Mundial, BIRF – AIF. Disponible en : <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/02/rios-de-latinoamerica-contaminados>

WANG Bing, LIU Yunxian, ZHANG Huan, SHI Wen, XIONG Mingyang, GAO Chunyang, CUI Mingcan. *Hydrodynamic cavitation and its application in water treatment combined with ozonation: A review*, Journal of Industrial and Engineering Chemistry, Vol.114,2022,Pag.33-51,ISSN:1226-086X,<https://doi.org/10.1016/j.jiec.2022.07.031>
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1226086X22003938>

WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas). 2017. *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017*. Aguas residuales: El recurso desaprovechado. París, UNESCO, ISBN: ISBN 978-92-3-300058-2 , Disponible en : Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017 de las Naciones Unidas | ONU-Agua (unwater.org)

ANEXOS

Anexo N°1: Matriz de Operacionalización Matriz de Consistencia

Título: Sistema de cavitación hidrodinámica en la mejora de calidad de aguas residuales de planta procesadora de quinua					
Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidades / Escala de medición
Variable Independiente Sistema de cavitación hidrodinámica	Es el cambio de estado líquido a vapor (vaporización). Este proceso sucede cuando la presión local es inferior a la presión de vapor. La formación de burbujas de vapor está en movimiento con el líquido, para alcanzar el nivel de alta presión en el cual colapsan de forma repentina (Lizardi, Arturo et al., 2016)	La variable sistema de cavitación hidrodinámica será medida a través de las características del sistema y condiciones de operación.	Características del sistema	Tipo del cavitador	Venturi
				Características de la bomba impulsora (Potencia)	bar
				Características del medidor de flujo (rango)	volumen
				Medidores de presión (rango)	bar
			Condiciones de operación	Presión de entrada	bar
				Temperatura	°C
				flujo	L/m
				Tiempo	min
Variable Dependiente aguas residuales de una planta procesadora de quinua	Estos fluidos residuales provienen de las diferentes actividades industriales frecuentemente la ubicación de estos centros de producción están alejados de zonas urbanas, lo adecuado para estos efluentes residuales es un tratamiento, cumpliendo la normativa de descargas industriales enfocado con los parámetros: temperatura, carga orgánica (CO), pH, los aceites y grasas, xenobiótico y sustancias recalitrantes. (Lazcano Cesar, 2016, pag.233)	La muestra del agua residual de quinua será evaluada mediante las características físico químicas y microbiológicas	Características físico químicas y microbiológicas de las aguas residuales de una planta procesadora de quinua	pH	1-14
				Turbidez	NTU
				DBO5	mg/L
				DQO	mg/L
				Sólidos suspendidos totales	mg/L
				Sólidos sedimentables	mg/L
				Sólidos totales	mg/L
				Coliformes Fecales	UFC/100 ml

Anexo N°2: Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOETESIS	VARIABLE	METODOLOGIA
Problema General	Objetivos General	Hipótesis General	Variable Dependiente	Tipo
¿Cual será la variación de las características físico químicas y microbiológicas de las aguas residuales de la industria procesadora de quinua tratadas con el proceso de cavitación hidrodinámica?	Determinar la variación de las características físico químicas y microbiológicas de las aguas residuales de la industria procesadora de quinua luego del tratamiento de cavitación hidrodinámica	El proceso de cavitación hidrodinámica mejorará las características físico químicas y microbiológicas de las aguas residuales de una planta procesadora de quinua.	aguas residuales de una planta procesadora de quinua	Aplicada
				Enfoque
				Cuantitativo
				Nivel
Problema Específico	Objetivos Específico	Hipótesis Específico	Dimensiones	Descriptivo
¿Cuáles son las características físico químicas del agua residual de una planta procesadora de quinua antes y luego del tratamiento mediante la cavitación hidrodinámica?	Evaluar las características físico químicas del agua residual de una planta procesadora de quinua antes y luego del tratamiento mediante la cavitación hidrodinámica	El proceso de cavitación hidrodinámica modificara las características físico químicas de las aguas residuales de una planta procesadora de quinua	Características físico químicas	Diseño
			Características microbiológicas	Experimental
¿Cuáles son las características microbiológicas del agua residual de una planta procesadora de quinua antes y luego del tratamiento mediante la cavitación hidrodinámica?	Determinar las características microbiológicas del agua residual de una planta procesadora de quinua antes y luego del tratamiento mediante la cavitación hidrodinámica.	El tratamiento de cavitación hidrodinámica reduce las características microbiológicas de las aguas residuales de una planta procesadora de quinua.	Variable Independiente	Población
			Sistema de cavitación hidrodinámica	agua residual de una planta procesadora de quinua
			Características del sistema	Muestra
			Condiciones de operación	54 litros

Anexo N°4

FICHAN°1: Registro de Datos de Campo													
Título:	Sistema de Cavitación hidrodinámica en la mejora de calidad de aguas residuales de una planta procesadora de quinua												
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales												
LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIO:	Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático												
FACULTAD:	Ingeniería Ambiental												
RESPONSABLE:	Mirian Mariana Rojas Hinostriza												
ASESOR:	Dr. Elmer Gonzales Benites Alfaro												
Punto de monitoreo	Descripción origen/Ubicación	Localidad	Distrito	Provincia	Departamento	Coordenadas		Altura msnm	Fecha	Hora	pH unidad	S. D mg/L	COND μS/cm
						Norte/ Sur	Este/Oeste						

Fuente: Adaptado " Protocolo Nacional Para el Monitoreo de la calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, 2016 ANA")

Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Galvez

DNI: 08447308

Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar

CIP N° 25450

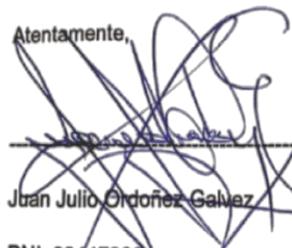
Danny Lizarzaburu Aguinaga
Ingeniero Químico
Reg. CIP N° 95559

Anexo N°5

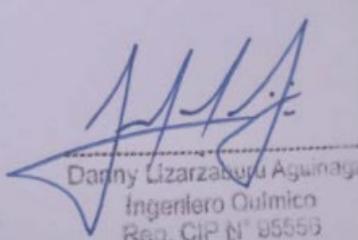
FICHA N°2: Características del Sistema de Cavitación Hidrodinámica									
Título	Sistema de Cavitación hidrodinámica en la mejora de calidad de aguas residuales de una planta procesadora de quinua								
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales								
LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIO:	Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático								
FACULTAD:	Ingeniería Ambiental								
RESPONSABLE:	Mirian Mariana Rojas Hinostriza								
ASESOR:	Dr. Elmer Gonzales Benites Alfaro								
N° Muestra	Código de Muestra	Características del sistema				Condiciones de operación			
		Tipo del cavitador	Características de la bomba impulsora (potencia)	Características del medidor de flujo (rango)	Medidores de presión (rango)	Presión de entrada	Temperatura	Flujo	Tiempo
		(placa o Venturi)	bar	volumen	bar	bar	°C	m³/h	min
M-1	ARQ1								
M-2	ARQ2								
M-3	ARQ3								
M-4	ARQ4								
M-5	ARQ5								

Elmer Benites Alfaro

Legenda:(M,1,2,3): Muestra; (ARQ,1,2,3,4): Agua Residual de Quinua)

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308


 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450


 Danny Lizaraburu Aguinaga
 Ingeniero Químico
 Reg. CIP N° 85558

Anexo N°6

FICHA N°3: Características físico químicas y microbiológicas del agua residual de una planta procesadora de quinua antes y después del proceso del Sistema de Cavitación Hidrodinámica													
Titulo		Sistema de Cavitación hidrodinámica en la mejora de calidad de aguas residuales de una planta procesadora de quinua											
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN		Calidad y Gestión de los Recursos Naturales											
LINEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIO:		Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático											
FACULTAD		Ingeniería Ambiental											
RESPONSABLE:		Mirian Mariana Rojas Hinostroza											
ASESOR		Dr. Elmer Gonzales Benites Alfaro											
Código de muestra	Fecha	Hora	TIEMPO DE TRATAMIENTO (min)	Características físico químicas y microbiológicas									OBSERVACIONES
				DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	pH (1-14)	Solidos Sedimentable (mg/L)	Solidos Suspendidos totales (mg/L)	Solidos totales (mg/L)	Turbidez (NTU)	Coliformes Fecales (UFC/100 ml)		

Elmer Benites Alfaro
Elmer Benites Alfaro

Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Galvez
DNI: 08447308


Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450


Danny Lizarzaburu Aguinaga
Ingeniero Químico
Reg. CIP N° 85559

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO I

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de Investigación/ UCV Lima Norte
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Registro de Datos de Campo
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Rojas Hinojosa, Mirian Mariana

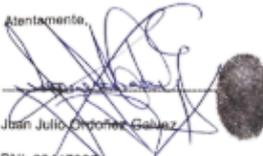
II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	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	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Gálvez
 DNI: 08447308

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 27 de septiembre del 2022

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO II

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de Investigación/ UCV Lima Norte
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Características del Sistema de Cavitación Hidrodinámica
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Rojas Hinostriza, Mirian Mariana

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	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	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

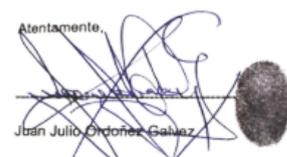
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

SI

90%

Atentamente,



Juan Julio Ordoñez Gálvez
DNI: 08447308
Lima, 27 de septiembre del 2022

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO III

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de Investigación/ UCV Lima Norte
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Parámetros Físico Químicos y Microbiológicos del agua residual de quinua antes y después del tratamiento
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Rojas Hinojosa, Mirian Mariana

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

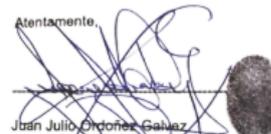
CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

90%

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Gálvez
 DNI: 08447308
 Lima, 27 de septiembre del 2022

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO I

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Lizarzaburu Aguinaga, Danny Alonso
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de Investigación/ UCV Lima Norte
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Registro de Datos de Campo
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Rojas Hinostriza, Mirian Mariana

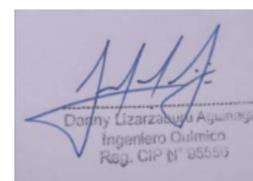
II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	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	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X



IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 27 de septiembre del 2022

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO II

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Lizarzaburu Aguinaga, Danny Alonso
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de Investigación/ UCV Lima Norte
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Características del Sistema de Cavitación Hidrodinámica
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Rojas Hinostrza, Mirian Mariana

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	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	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X



IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 27 de septiembre del 2022

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO III

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Lizarzaburu Aguinaga, Danny Alonso
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de Investigación/ UCV Lima Norte
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Parámetros Físico Químicos y Microbiológicos del agua residual de quinua antes y después del tratamiento
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Rojas Hinostrza, Mirian Mariana

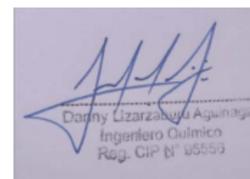
II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	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	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X



IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 27 de septiembre del 2022

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO I

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de Investigación/ UCV Lima Norte
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Registro de Datos de Campo
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Rojas Hinostriza, Mirian Mariana

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	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	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 17 de octubre del 2022



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO II

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de Investigación/ UCV Lima Norte
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Características del Sistema de Cavitación Hidrodinámica
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Rojas Hinostriza, Mirian Mariana

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	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	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 17 de octubre del 2022



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO III

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de Investigación/ UCV Lima Norte
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Parámetros Físico Químicos y Microbiológicos del agua residual de quinua antes y después del tratamiento
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Rojas Hinostroza, Mirian Mariana

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	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	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

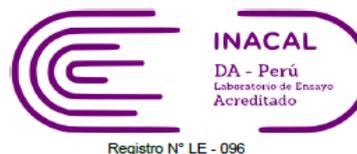
Lima, 17 de octubre del 2022


 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450

Anexo 7: Resultados de Laboratorio ALAB



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-20537

N° Id.: 0000064214

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : ROJAS HINOSTROZA MIRIAN MARIANA
2.-DIRECCIÓN : Urb. María Parado de Bellido Mz 1A lote 3
3.-PROYECTO : SISTEMA DE CAVITACION HIDRODINAMICA EN LA MEJORA DE CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES DE UNA PLANTA PROCESADORA DE QUINUA
4.-PROCEDENCIA : AV.YSAGUIRRE/CANTA CALLAO Mz Clote SMP
5.-SOLICITANTE : ROJAS HINOSTROZA MIRIAN MARIANA
6.-ORDEN DE SERVICIO N° : 0000005144-2022-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
8.-MUESTREO POR : EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2022-11-16
10.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME CON TRAZABILIDAD : 2022-11-16

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 2
2.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2022-10-12
3.-PERÍODO DE ENSAYO : 2022-10-12 al 2022-11-16

Liz Y. Quispe Quispe
Jefe de Laboratorio
CIP N° 211662

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca 1877,
Bellavista, Callao P (+511)
7175810 / Anexo 112 Cel.:
940 598 572
www.alab.com.pe

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz
D2, Lt3, Bellavista, Callao
P (+511) 7130636
Cel.: 932646460
www.alab.com.pe

SEDE AREQUIPA:
Mz. E Lt.9 COOP SIDSUR
P (+073) 616843
Cel.: 932646642
www.alab.com.pe

SEDE PIURA:
Calle Los Ebanos Mz G LT 17 Urb.
Miraflores II Etapa - Ref. Costado
del colegio San Ignacio de Loyola. P
(+073) 542335 Cel.: 919 475 133
www.alab.com.pe

Pág. 1 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-20537

N° Id.: 000064214

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 F.2, 23rd Ed. 2017.	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Escherichia coli Procedure Using Fluorogenic Substrate. Simultaneous Determination of Termotolerant Coliforms and E.coli.
Demanda Bioquímica de Oxígeno ^(**)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
pH ^(**)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23 rd Ed. 2017	pH Value Electrometric Method
Turbidez ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B 23rd Ed. 2017	Turbidity. Nephelometric Method.
Sólidos Suspendidos Totales ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
Sólidos Suspendidos Totales ^(**)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
Sólidos Totales ^(**)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 B, 23 rd Ed. 2017	Solids. Total Solids Dried at 103-105°C
Sólidos Totales ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 B, 23 rd Ed. 2017	Solids. Total Solids Dried at 103-105°C
Sólidos Sedimentables ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 F, 23 rd Ed. 2017	Solids. Settleable Solids
Demanda Química de Oxígeno ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method

"SMEWW" : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

(*) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca 1877,
Bellavista, Callao P (+511)
7175810 / Anexo 112 Cel.:
940 598 572
www.alab.com.pe

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Miz
D2, Lt3 , Bellavista, Callao
P (+511) 7130636
Cel.: 932646460
www.alab.com.pe

SEDE AREQUIPA:
Mz. E Lt.9 COOP SIDSUR
P (+073) 616843
Cel.: 932646642
www.alab.com.pe

SEDE PIURA:
Calle Los Ebanos Mz G LT 17 Urb.
Miraflores II Etapa - Ref. Costado
del colegio San Ignacio de Loyola. P
(+073) 542335 Cel.: 919 475 133
www.alab.com.pe

Pág.2 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-20537

N° Id.: 0000064214

IV. RESULTADOS

ITEM	1	2			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-22-54966	M-22-54970			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	1	5			
COORDENADAS:	E:N : 11°59'00"	E:N : 11°59'00"			
UTM WGS 84:	N:W : 77°06'00"	N:W : 77°06'00"			
PRODUCTO:	Agua Residual	Agua Residual			
SUB PRODUCTO:	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA				
FECHA y HORA DE MUESTREO :	12-10-2022 13:	12-10-2022 14:11			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Coliformes Fecales (Temotolerantes) (NMP) (*)	NMP/100mL	NA,	1,8	1 100 000 000,0	920 000 000,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (**)	mg/L	0,4	2,0	670,5	431,3
pH (**)	Unidad de pH	NA,	0,01	5,33	4,79
Turbidez (*)	NTU	NA,	0,01	884,00	764,00
Sólidos Suspendidos Totales (**)	mg/L	2,0	5,0	646,7	-
Sólidos Suspendidos Totales (*)	mg/L	2,0	5,0	-	615,0
Sólidos Totales (**)	mg/L	2,00	5,00	1 205,00	-
Sólidos Totales (*)	mg/L	2,00	5,00	-	1 205,00
Sólidos Sedimentables (*)	mL/L/h	NA,	0,10	1,60	0,60
Demanda Química de Oxígeno (*)	mg/L	2,0	5,0	1 342,3	1 246,2

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

-.: No ensayado

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca 1877,
Bellavista, Callao P (+511)
7175810 / Anexo 112 Cel.:
940 598 572
www.alab.com.pe

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz
D2, Lt3 , Bellavista, Callao
P (+511) 7130636
Cel.: 932646460
www.alab.com.pe

SEDE AREQUIPA:
Mz. E Lt.9 COOP SIDSUR
P (+073) 616843
Cel.: 932646642
www.alab.com.pe

SEDE PIURA:
Calle Los Ebanos Mz G LT 17 Urb.
Miraflores II Etapa - Ref. Costado
del colegio San Ignacio de Loyola. P
(+073) 542335 Cel.: 919 475 133
www.alab.com.pe

Pág.3 de 3

Anexo 10: Resultados de Laboratorio SGS

	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002	 <small>Registro N°LE - 002</small>						
INFORME DE ENSAYO MA2242107 Rev. 0								
PROMEC INGENIEROS S.A.C. JR. LA VERONICA NRO. 482 URB. SANTA ISABEL ENV / LB-351653-002 PROCEDENCIA : AV. CARLOS IZAGUIRRE CRUCE CON AV. CANTA CALLAO								
Fecha de Recepción SGS :	03-11-2022							
Fecha de Ejecución :	Del 03-11-2022 al 08-11-2022							
Muestreo Realizado Por :	CLIENTE							
Observación :	CAVITACIÓN HIDRODINÁMICA							
<table border="1"><thead><tr><th>Estación de Muestreo</th></tr></thead><tbody><tr><td>V-0</td></tr><tr><td>V-1</td></tr><tr><td>V-2</td></tr><tr><td>V-3</td></tr><tr><td>V-4</td></tr></tbody></table>			Estación de Muestreo	V-0	V-1	V-2	V-3	V-4
Estación de Muestreo								
V-0								
V-1								
V-2								
V-3								
V-4								
Emitido por SGS del Perú S.A.C. Impreso el 08/11/2022  Frank M. Julcamoro Quispe C.Q.P. 1033 Coordinador de Laboratorio								
<small>"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"</small>								
<small>Página 1 de 5</small>								



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO
MA2242107 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					V-0	V-1
FECHA DE MUESTREO					03/11/2022	03/11/2022
HORA DE MUESTREO					12:32:00	12:47:00
CATEGORÍA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORÍA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales						
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	472 ± 81	423 ± 95
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	303.3 ± 63.70	281.7 ± 99.20
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mgO ₂ /L	1.8	4.5	1,049.4	875.2 ± 77.50

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					V-2	V-3
FECHA DE MUESTREO					03/11/2022	03/11/2022
HORA DE MUESTREO					13:02:00	13:17:00
CATEGORÍA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORÍA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales						
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	418 ± 96	402 ± 109
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	279.0 ± 62.80	270.0 ± 56.70
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mgO ₂ /L	1.8	4.5	782.0 ± 78.20	770.9 ± 77.10

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					V-4
FECHA DE MUESTREO					03/11/2022
HORA DE MUESTREO					13:32:00
CATEGORÍA					AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORÍA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales					
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	357 ± 82
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	215.7 ± 45.30
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mgO ₂ /L	1.8	4.5	730.2



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



**INFORME DE ENSAYO
MA2242107 Rev. 0**

CONTROL DE CALIDAD

LC: Límite de cuantificación
MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Sólidos Totales en Suspensión	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	3	<3	0%	94%		
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.6	<2.6		95 - 98%		
Demanda Química de Oxígeno	mgO ₂ /L	4.5	<4.5		88 - 105%	103%	1%



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2242107 Rev. 0**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA2540D	Callao	Sólidos Totales en Suspensión	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-D: 23rd: 2017. Solids: Total Suspended Solids dried at 103-105 °C. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2017
EW_APHA5210B	Callao	Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B ;23rd Ed: 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD); 5-Day BOD test
EW_APHA5220D	Callao	Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D: 23rd Ed: 2017. Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2017

Anexo 12: Imágenes Fotográficas

<p>Recolección de las muestras de agua residual industrial de quinua</p>	<p>Ingreso del agua industrial de quinua para ser tratada con el proceso físico de cavitación</p>
	
<p>Registro de los parámetros de operatividad del proceso de cavitación hidrodinámica</p>	<p>Presencia de saponina después de 30 minutos de tratamiento</p>
	
<p>Muestra M-1</p>	<p>Muestra M-5</p>
	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, BENITES ALFARO ELMER GONZALES, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Sistema de Cavitación hidrodinámica en la mejora de calidad de aguas residuales de una planta procesadora de quinua", cuyo autor es ROJAS HINOSTROZA MIRIAN MARIANA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 12.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 08 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
BENITES ALFARO ELMER GONZALES DNI: 07867259 ORCID: 0000-0003-1504-2089	Firmado electrónicamente por: ELBENITESALF el 08-12-2022 11:58:20

Código documento Trilce: TRI - 0479562