



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

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

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
**INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR:**

Lozano Morillo Ronald Yeferson (ORCID: 0000-0002-3131-0722)

**ASESOR:**

Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales (ORCID: 0000-0003-1504-2089)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA -PERÚ

2020

## DEDICATORIA

Ronald Yeferson lozano Morillo

Dedico de manera especial a mi familia Félix Lozano, Santa morillo y milagros Lozano por su amor, trabajo, sacrificio, apoyo y por ser los principales guías en el cumplimiento de mis sueños. A mis amigos Williams Machuca y paulo Meléndez por estar siempre a mi lado, a mis profesores por el constante apoyo y empuje para poder cumplir mis metas.

## AGRADECIMIENTO

*A la universidad Cesar Vallejo por las oportunidades brindadas y por abrirnos las puertas para forjar nuestra vida profesional, a mi asesor de tesis Elmer Benites por ser una pieza indispensable para la realización de mi trabajo de investigación y por transmitirme sus diversos conocimientos, a Dios y la Virgen María de las Nieves por darme la fortaleza y sabiduría para seguir adelante.*

## INDICE DE CONTENIDOS

CARATULA: .....	i
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
INDICE DE CONTENIDOS .....	iv
INDICE DE TABLA .....	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS .....	vii
RESUMEN .....	x
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUCCIÓN .....	<u>14</u>
II. MARCO TEÓRICO .....	<u>14</u>
III. METODOLOGIA.....	11
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	11
3.2 Variable y operacionalización .....	11
3.3 Población muestra y muestreo .....	11
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	11
3.5 Procedimientos .....	11
3.5 Métodos de análisis de datos .....	11
3.5 Aspectos éticos.....	11
VI. RESULTADOS .....	11
V. DISCUSIÓN.....	11
VI. CONCLUSIONES.....	11
VII. RECOMENDACIONES.....	11
REFERENCIAS.....	11
ANEXOS .....	11

## INDICE DE TABLA

Tabla 1: Códigos de etiquetado y estaciones de muestreo .....	14
Tabla 2: Parámetros de control para el proceso de cavitación hidrodinámica (Muestra: Efluente de remojo) .....	23
Tabla 3: Parámetros de control para el proceso de ozono (Muestra: Efluente de remojo) .....	24
Tabla 4: Parámetros de control para el proceso de cavitación hidrodinámica (Muestra: Efluente de pelambre) .....	25
Tabla 5: Parámetros de control para el proceso solo ozono (Muestra: Efluente de pelambre) .....	26
Tabla 6: Parámetros de control para el proceso de cavitación hidrodinámica con ozono (Muestra: Efluente de pelambre y remojo).....	27
Tabla 7: Parámetros de control para el proceso de cavitación hidrodinámica (Muestra: Efluente de pelambre y remojo) .....	28
Tabla 8: Parámetros de control para el proceso de cavitación hidrodinámica con enfriamiento (Muestra: Efluente de curtiembre) .....	29
Tabla 9: Parámetros de control para el proceso de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento (Muestra: Efluente de curtiembre) .....	31
Tabla 10: Parámetros de control para el proceso de cavitación hidrodinámica con ozono (muestra: Mezcla de efluente de pelambre y curtiembre).....	32
Tabla 11: Parámetros de control para el proceso de oxígeno atmosférico (muestra: Mezcla de efluente de pelambre y curtiembre) .....	33
Tabla 12: Análisis de parámetros antes y después del tratamiento con ozono, cavitación hidrodinámica y combinación de ozono más cavitación hidrodinámica y oxígeno atmosférico. ....	34
Tabla 13: Identificación de arreglos experimentales .....	67
Tabla 14: Relación de temperaturas .....	68
Tabla 15: Pruebas de normalidad para temperatura .....	69
Tabla 16: ANOVA para temperatura .....	69
Tabla 17: Relación de caudales .....	70
Tabla 18: Pruebas de normalidad para caudal.....	71
Tabla 19: ANOVA para caudal .....	72

Tabla 20: Relación de nivel de ozono .....	73
Tabla 21: Pruebas de normalidad para ozono.....	73
Tabla 22: ANOVA para nivel de ozono.....	74
Tabla 23: Relación de nivel de presión inicial.....	75
Tabla 24: ANOVA para nivel de presión inicial.....	76
Tabla 25: ANOVA para nivel de presión inicial.....	76
Tabla 26: Relación de nivel de presión de salida .....	77
Tabla 27: ANOVA para nivel de presión de salida .....	78
Tabla 28: ANOVA para nivel de presión inicial.....	79
Tabla 29: Relación de pH.....	79
Tabla 30: ANOVA pH de entrada .....	80
Tabla 31: ANOVA para pH de salida .....	81
Tabla 32: Relación de sólidos disueltos .....	81
Tabla 33: ANOVA para sólidos disueltos a la entrada.....	82
Tabla 34: ANOVA de sólidos disueltos a la salida.....	82
Tabla 35: ANOVA para STS a la entrada .....	83
Tabla 36: ANOVA para STS a la salida.....	83
Tabla 37: ANOVA para sulfuro a la entrada .....	84
Tabla 38: ANOVA para sulfuro a la salida .....	84
Tabla 39: ANOVA – DBO a la entrada .....	85
Tabla 40: ANOVA – DBO a la salida .....	85
Tabla 41: ANOVA DQO a la entrada.....	86
Tabla 42: ANOVA DQO a la salida.....	86
Tabla 43: ANOVA Aceites y Grasas a la entrada .....	87
Tabla 44: ANOVA Aceites y Grasas a la salida.....	87

## ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1: Caracterización de la muestra y etiquetado .....	15
Figura 2: Proceso de cavitación hidrodinámica .....	16
Figura 3: Diagrama del proceso de cavitación hidrodinámica .....	16
Figura 4: Equipo de cavitación hidrodinámica .....	17
Figura 5: Diagrama del proceso de ozonización .....	18
Figura 6: Equipo de ozonización .....	18
Figura 7: Diagrama del proceso de cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico.....	19
Figura 8: Equipo de ozonización y flujómetro.....	19
Figura 9: Proceso en combinación de cavitación hidrodinámica con ozonización	20
Figura 10: Proceso en combinación de cavitación hidrodinámica con ozonización .....	21
Figura 11: Preservación de la muestra.....	22
Figura 12: Resultados reducción de Sólidos Totales en suspensión cavitación hidrodinámica y cavitación hidrodinámica con ozono.....	36
Figura 13: Resultados reducción de DBO con cavitación hidrodinámica y cavitación hidrodinámica con ozono.....	37
Figura 14: Resultados reducción de DQO con cavitación hidrodinámica y cavitación hidrodinámica con ozono.....	37
Figura 15: Resultados reducción de aceites y grasas con cavitación hidrodinámica y cavitación hidrodinámica con ozono.....	38
Figura 16: Resultados reducción de pH con cavitación hidrodinámica y cavitación hidrodinámica con ozono .....	38
Figura 17: Resultados reducción de SDT con cavitación hidrodinámica y cavitación hidrodinámica con ozono.....	39
Figura 18: Resultados reducción de T°C con cavitación hidrodinámica y cavitación hidrodinámica con ozono .....	40
Figura 19: Resultados reducción de Sólidos Totales con cavitación hidrodinámica, ozono y cavitación hidrodinámica con ozono .....	40
Figura 20: Resultados reducción de DBO con cavitación hidrodinámica, ozono y cavitación hidrodinámica con ozono.....	41

Figura 21: Resultados reducción de DQO con cavitación hidrodinámica, ozono y cavitación hidrodinámica con ozono.....	42
Figura 22: Resultados reducción de aceites y grasas con cavitación hidrodinámica, ozono y cavitación hidrodinámica con ozono .....	42
Figura 23: Resultados reducción de sulfuro con cavitación hidrodinámica, ozono y cavitación hidrodinámica con ozono.....	43
Figura 24: Resultados reducción de sulfuro con cavitación hidrodinámica, ozono y cavitación hidrodinámica con ozono.....	44
Figura 25: Resultados reducción de pH con suspensión cavitación hidrodinámica, ozono y cavitación hidrodinámica con ozono .....	44
Figura 26: Resultados reducción de SDT con suspensión cavitación hidrodinámica, ozono y cavitación hidrodinámica con ozono .....	45
Figura 27: Resultados reducción de T°C con suspensión cavitación hidrodinámica, ozono y cavitación hidrodinámica con ozono .....	46
Figura 28: Resultados reducción de Sólidos Totales con cavitación hidrodinámica .....	46
Figura 29: Resultados reducción de DBO con cavitación hidrodinámica .....	47
Figura 30: Resultados reducción de DQO con cavitación hidrodinámica .....	47
Figura 31: Resultados reducción de sulfuro con cavitación hidrodinámica .....	48
Figura 32: Resultados reducción de pH con cavitación hidrodinámica .....	48
Figura 33: Resultados reducción de SDT con cavitación hidrodinámica .....	49
Figura 34: Resultados reducción de T°C con cavitación hidrodinámica .....	49
Figura 35: Resultados de la reducción de Sólidos Totales en suspensión cavitación hidrodinámica con enfriamiento y sin enfriamiento.....	50
Figura 36: Resultados de la reducción de DBO con cavitación hidrodinámica con enfriamiento y sin enfriamiento.....	51
Figura 37: Resultados de la reducción de DQO con cavitación hidrodinámica con enfriamiento y sin enfriamiento.....	51
Figura 38: Resultados de la reducción de aceites y grasas con cavitación hidrodinámica con enfriamiento y sin enfriamiento.....	52
Figura 39: Resultados de la reducción de sulfuro con cavitación hidrodinámica con enfriamiento y sin enfriamiento.....	52



Figura 40: Resultados de la reducción de pH con cavitación hidrodinámica con enfriamiento y sin enfriamiento.....	53
Figura 41: Resultados reducción de SDT con cavitación hidrodinámica con enfriamiento y sin enfriamiento.....	54
Figura 42: Resultados reducción de T°C con cavitación hidrodinámica con enfriamiento y sin enfriamiento.....	54
Figura 43: Resultados de la reducción de Sólidos Totales en suspensión con cavitación hidrodinámica con ozono y cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico.....	55
Figura 44: Resultados de la reducción de DBO con cavitación hidrodinámica con ozono y cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico.....	56
Figura 45: Resultados de la reducción de DQO con cavitación hidrodinámica con ozono y cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico.....	57
Figura 46: Resultados de la reducción de aceites y grasas con cavitación hidrodinámica con ozono y cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico...	57
Figura 47: Resultados de la reducción de sulfuro con cavitación hidrodinámica con ozono y cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico.....	58
Figura 48: Resultados de la reducción de metales totales (cromo) con cavitación hidrodinámica con ozono y cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico...	58
Figura 49: Resultados de la reducción de pH con cavitación hidrodinámica con ozono y cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico.....	59
Figura 50: Resultados reducción de SDT con cavitación hidrodinámica con ozono y cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico .....	60
Figura 51: Resultados reducción de T°C con cavitación hidrodinámica con ozono y cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico .....	60

## RESUMEN

En el transcurso del tiempo se ha observado la preocupación de algunas organizaciones, instituciones, ONG, entre otros. Para el compromiso con el cuidado del medio ambiente y cuidado de los recursos naturales que son amenazadas por empresas, industrias entre otros, las cuales depositan de manera directa hacia los ríos, lagos, entre otros, sus efluentes. Es por ello que a lo largo de los años muchos autores buscan y han implementado tecnologías para reducir la presencia de contaminantes en aguas residuales, una de ellas es la fabricación mediante tuberías, bombas, entre otros, es el caso de la cavitación hidrodinámica, el cual es un fenómeno fisicoquímico que forma microburbujas de vapor ocasionadas por diferentes variaciones de presiones y la presencia de temperatura el cual tiene como finalidad determinar la eficiencia de la Cavitación Hidrodinámica, ozono y oxígeno atmosférico en la reducción de la carga orgánica y metales totales (cromo) presentes en las aguas residuales de curtiembre. Es por ello que la presente investigación se plantea como objetivo disminuir la concentración de La carga orgánica y metales totales (cromo) analizados en aguas residuales de curtiembre mediante el tratamiento con cavitación hidrodinámica, ozono y oxígeno atmosférico.

Teniendo como metodología los tratamientos de cavitación hidrodinámica con sistema de enfriamiento y sin sistema de enfriamiento; ozono, oxígeno atmosférico y cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización y oxígeno atmosférico. Se realizó una repetición para cada tratamiento y se tomó muestras iniciales y finales para comprobar la disminución de DBO, DQO, SST, STD, aceites y grasas, sulfuro y metales totales (cromo). Se obtuvo como resultado que el tratamiento con mayor porcentaje de reducción fue el de cavitación hidrodinámica en combinación con ozono teniendo para DBO una reducción de 96.94% en agua residuales de curtiembre del proceso de pelambre, en la DQO de 64.28% en agua residuales de curtiembre del proceso de remojo, SST de 83.33% en agua residuales de curtiembre del proceso de remojo, STD de 14.52% en agua residuales de curtiembre del proceso de pelambre, metales totales (cromo) 71.83% en agua residuales de curtiembre del proceso de pelambre, aceites y grasas 93.17% en agua residuales de curtiembre del proceso de remojo y sulfuro se redujo en el

método de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento 12.28% en agua residuales de curtiembre del proceso de curtido . Llegando a la conclusión de que con el tratamiento con ozono y cavitación hidrodinámica se obtiene un mejor resultado para la disminución de la carga orgánica y metales totales (cromo) de los efluentes de aguas de curtiembre.

**Palabras clave:** Cavitación hidrodinámica, Ozono, Degradación, oxígeno atmosférico, Aguas residuales, curtiembre, efluente.

## ABSTRACT

In the course of time, the concern of some organizations, institutions, NGOs, among others, has been observed. For the commitment to caring for the environment and caring for natural resources that are threatened by companies, industries, among others, which deposit their effluents directly into rivers, lakes, among others. That is why over the years many authors seek and have implemented technologies to reduce the presence of pollutants in wastewater, one of them is manufacturing using pipes, pumps, among others, in the case of hydrodynamic cavitation, which is a physicochemical phenomenon that forms vapor microbubbles caused by different pressure variations and the presence of temperature, which is intended to be able to degrade concentrations present in wastewater. That is why this research aims to reduce the concentration of organic load and total metals (chromium) analyzed in tannery wastewater through treatment with hydrodynamic cavitation, ozone and atmospheric oxygen.

Taking as methodology hydrodynamic cavitation treatments with cooling system and without cooling system; ozone, atmospheric oxygen and hydrodynamic cavitation in combination with ozonation and atmospheric oxygen. A repetition was carried out for each treatment and initial and final samples were taken to verify the decrease in BOD, COD, TSS, STD, oils and fats, sulfur and total metals (chromium). It was obtained as a result that the treatment with the highest percentage of reduction was that of hydrodynamic cavitation in combination with ozone, having for BOD a reduction of 96.94% in tannery waste water from the pelting process, in the COD of 64.28% in tannery waste water from the soaking process, SST of 83.33% in tannery wastewater from the soaking process, STD of 14.52% in tannery wastewater from the liming process, total metals (chromium) 71.83% in tannery wastewater from the liming process, oils and fats 93.17% in tannery waste water from the soaking process and sulfur was reduced in the hydrodynamic cavitation method without cooling 12.28% in tannery waste water from the tanning process. Reaching the conclusion that with the treatment with ozone and hydrodynamic cavitation a better result is obtained for the reduction of the organic load and total metals (chromium) of the tannery effluents.

Keywords: Hydrodynamic cavitation, Ozone, Degradation, atmospheric oxygen, Wastewater, tannery, effluent.

## I. INTRODUCCIÓN

La disminución de la calidad del agua es un problema que afecta gravemente a los seres humanos y al medio ambiente porque se utiliza para producir diversos productos de consumo e higiene personal. La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2017) informó que, a nivel mundial, más del 80% de las aguas residuales generadas por la sociedad se devuelven al ecosistema sin tratamiento previo ni reutilización. Además, las aguas residuales y su carga global están aumentando. Esta es una situación preocupante debido al aumento continuo de la contaminación del agua provocada por la descarga de aguas residuales. IANAS (2018). Se señala que la principal de contaminación del agua es la contaminación de nutrientes y materia orgánica, que se considera uno de los problemas ambientales más complejos y extensos provocados por las aguas contaminadas vertidas en diversos procesos industriales o domésticos. Chuquimboques y col. (2019) señalaron que una de las causas de la contaminación del agua en el Perú se debe al aumento de los derivados del nitrógeno y fósforo en los últimos años, lo que se debe a la falta de métodos de tratamiento adecuados en eliminación y tratamiento y la falta de medios para minimizar la contaminación. El impacto de las aguas residuales que llevan este tipo de contaminantes a los cuerpos de agua. Los avances tecnológicos incluyen el procesamiento físico, químico, biológico y En muchos casos, gestione estas combinaciones para aguas residuales Oportunidades, disposición final sin afectar intereses comunes.

Los avances tecnológicos incluyen el procesamiento físico, químico, biológico y En muchos casos, gestione estas combinaciones para aguas residuales Oportunidades, disposición final sin afectar intereses comunes. En estos La aplicación de la nanotecnología, en los últimos años, Demostró la eficacia de la purificación activa de aguas residuales y el mantenimiento del medio ambiente. Cuidar el medio ambiente y sus recursos naturales; y, debido a la alta concentración de oxidantes, los contaminantes del agua pueden destruirse.

Según la investigación de ANA (2016), el agua se ha convertido en un recurso natural estratégico. Por lo tanto, tiene una importancia económica, social ambiental e importante para el desarrollo sostenible del país. Los tres puntos deben

estar equilibrados. Esto es Debido al valor y la importancia de este recurso, El sector industrial lo utiliza como parte esencial del proceso productivo, Además, el agua debe tener la calidad suficiente antes de que pueda utilizar; Sin embargo, las características del agua industrial son diferentes de la calidad inicial del agua. 2 El agua utilizada porque su concentración y parámetros ya no son los mismos Uno mismo (VIDALES, LEOS y CAMPOS, 2010, pág.29).

A escala mundial, el 80% del agua que utilizan y utilizan es industrial. Convertido en desperdicio y descargado de nuevo a la fuente de agua sin aparecer Tratamiento necesario para evitar la contaminación ambiental (WWAP, 2019). En Perú, la cantidad exacta de aguas residuales Se pueden producir industrias tanto formales como informales (BRÑEZ et al., 2018) Por falta de estadísticas, las autoridades carecen de control Ayude a controlar las tareas y cumpla con las regulaciones nacionales Aprobado según Decreto Supremo N° 003-2002-PRODUCE Valores máximos permisibles y de referencia para las actividades de la industria cementera Cerveza, curtiduría y papel. (Departamento de Producción, 2019).

Según SURYAWANSHI et al. (2018) Tratamiento de aguas residuales La industria es un punto importante para proteger el medio ambiente y la ecología. Aunque se utilizan varios métodos, incluida la separación física o la conversión, Químico y biológico, debido a la baja Reducir la eficiencia de la concentración y la composición de contaminantes. Desperdiciar el agua y cumplir con los estándares y beneficios deseados. Y también, Muchos métodos existentes (como condensación, adsorción, etc.) producirán Residuos menores (p. 295).

El principal problema son las aguas residuales industriales, si no se realiza un Tratamiento adecuado al ingresar a ecosistemas acuáticos y marinos perjudican su entorno con el acopio y el asentamiento de sólidos, también destruye el medio ambiente al recolectar y precipitar sólidos Oxígeno generado durante la descomposición aeróbica de materia orgánica. Además, si estas aguas residuales industriales se vierten directamente al alcantarillado Planta de tratamiento de aguas residuales peligrosas

López Tarabochia (2018) Dijo que el Perú es un país frágil por falta de agua,

especialmente en las zonas costeras. Castillo, Fajardo, Huamani y Blas (2018) mencionaron que este problema se debe a que el río Rímac está afectado por 9.50 mg / L, 4.07 mg / L de nitrato Causado por contaminación orgánica. Por estos motivos, la cavitación hidráulica y el tratamiento con ozono se proponen como soluciones alternativas a estos problemas para reducir la concentración de cargas orgánicas y de nitrógeno en las aguas residuales del matadero, ya que las aguas residuales vertidas suelen ser vertidas sin ningún tratamiento previo, contaminando el cuerpo de agua. El medio ambiente y la población de Lima causan daños.

Según la problemática ambiental el cual se mencionó líneas arriba se planteó como problema general: ¿De qué manera el ozono, oxígeno atmosférico y la cavitación hidrodinámica influye en la disminución de carga orgánica y metales totales (cromo) en aguas residuales de curtiembre?, y como problemas específicos: ¿Cómo influye el tratamiento con cavitación hidrodinámica en la disminución de la carga orgánica y metales totales (cromo) en aguas residuales de curtiembre? ; ¿Cómo influye el tratamiento con ozono en la disminución de la carga orgánica y metales totales (cromo) en aguas residuales de curtiembre? ; ¿Cómo influye el tratamiento de cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización en la disminución de la carga orgánica y metales totales (cromo) en aguas residuales de curtiembre?; ¿Cómo influye el tratamiento de cavitación hidrodinámica en combinación con el oxígeno atmosférico en la disminución de la carga orgánica y metales totales (cromo) en aguas residuales de curtiembre?

Se justificó del punto de vista ambiental, por ser una propuesta tecnológica para mejorar la concentración y calidad del efluente de salida de aguas de curtiembre, disminuyendo la carga orgánica y cromo total para evitar la eutrofización, del mismo modo, se justificó de manera social porque al disminuir la carga orgánica y de cromo total se evita la eutrofización. Siendo así que la cavitación hidrodinámica al ser un proceso físico y usar tecnologías limpias no permite la creación de subproductos químicos dañinos como otros tratamientos, es así que no se consigue reaccionar los contaminantes produciendo otros más tóxicos o que sean liberados al alcantarillado como es el en caso de la formación de amoníaco o ion amonio que es peligrosa para la salud. Se justificó de manera económica porque es una alternativa de tratamiento de aguas mucho menos



costosa a comparación de otros tratamientos con POAs (Procesos de Oxidación Avanzada), también tiene un bajo nivel de mantenimiento, reduciendo los costos energéticos de las industrias en las que se podría implementar.

Seguidamente respondiendo a las preguntas de investigación se formuló como objetivo general: Disminuir la concentración de La carga orgánica y metales totales (cromo) analizados en aguas residuales de curtiembre mediante el tratamiento con ozono, oxígeno atmosférico y cavitación hidrodinámica. Los objetivos específicos son: Determinar la degradación de la carga orgánica y metales totales (cromo) mediante el tratamiento con cavitación hidrodinámica en aguas residuales de curtiembre; determinar la disminución de la carga orgánica y metales totales (cromo) mediante el tratamiento con ozono en aguas residuales de curtiembre, determinar la disminución de las carga orgánica y metales totales (cromo) mediante el tratamiento de cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización en aguas residuales de curtiembre, determinar la disminución de la carga orgánica y metales totales (cromo) mediante el tratamiento de cavitación hidrodinámica en combinación con oxígeno atmosférico en aguas residuales de curtiembre.

Teniendo como **hipótesis general**, Es posible disminuir la concentración de carga orgánica y de metales totales (cromo) en aguas residuales mediante el tratamiento de cavitación hidrodinámica, ozono y oxígeno atmosférico, como hipótesis específicas, la cavitación hidrodinámica, ozono y oxígeno atmosférico son métodos eficaces para la degradación de la carga orgánica y de metales totales (cromo) de aguas residuales de curtiembre, y como hipótesis específicas, el método de cavitación hidrodinámica, ozono y oxígeno atmosférico reduce el porcentaje de los parámetros físicos en los efluentes de la industria curtiembre, el método de cavitación hidrodinámica, ozono y oxígeno atmosférico reduce el porcentaje de los parámetros químicos en los efluentes de la industria curtiembre, el método de cavitación hidrodinámica, ozono y oxígeno atmosférico reduce el porcentaje de los parámetros de metales totales (cromo) en los efluentes de la industria curtiembre.

La justificación de la investigación se dividió en dos partes **Teórica**, el uso de la tecnología de cavitación hidráulica, ozono y oxígeno atmosférico, los cuales, puede proporcionar más información. Sobre su funcionamiento, ya que no existen muchos

estudios acerca de este proceso físico, sin embargo, existen publicaciones relacionadas al tema propuesto, por el cual esta investigación dará resultados abarcando la funcionalidad de la tecnología, de igual manera se utilizará para tratar las cargas orgánicas y metales totales (cromo) presentes en el agua, En relación con la calidad de las aguas residuales industriales, el resultado será Conviértete en un indicador para futuras investigaciones.

Justificación **Práctica** esta tesis considero el uso de tecnología de cavitación hidráulica, ozono y oxígeno atmosférico como tecnología práctica para el tratamiento de aguas residuales Desde el sector industrial, y mediante sus respectivas comparativas, premiados Tecnología más eficaz para mejorar la calidad de las aguas residuales industriales. Mediante la teoría, la cavitación hidrodinámica es un proceso físico, que se puede operar sin usar reactivos. En otras palabras, este es un proceso sin desperdicio. Además, al utilizar estas tecnologías para tratar aguas residuales industriales, el agua se puede reutilizar para otros procesos de esta manera tener una economía circular ambiental; al incorporar estas tecnologías a la industria su proceso de tratamiento de aguas residuales ahorrará consumo de energía.

## II. MARCO TEORICO

Higuita, Jaramillo y Cardona (2019) definen la **cavitación** como la formación, es el crecimiento e implosión de microburbujas de vapor (también llamadas cavidades) en un líquido. El estallido de las burbujas libera un alto porcentaje de energía en poco tiempo. Esto conduce a un aumento de la temperatura y la presión local en el sistema, lo que es beneficioso para la conversión de diferentes sustratos de interés. Por otro lado, Rajoriya, Carpenter y Kumar Bhalchandra (2015) reportan que la cavitación hidrodinámica ocurre debido al movimiento de líquido en el venturi. La ubicación donde el fluido que pasa entre formas geométricas hace que aumente la velocidad dinámica. La presión de la vena constreñida disminuye o iguala la presión de vapor del fluido, lo que hace que se evapore, creando una cavidad de vapor, que colapsa. Esto genera puntos calientes, que liberan radicales libres altamente reactivos debido a la descomposición térmica de las moléculas y al aumento de la tasa de transferencia de masa.

Según Martínez y Gonzáles (1997) mencionan en su libro que el eco con burbujas

en la corriente de fluido cambia la velocidad y el campo de presión en él. Las hélices casi siempre se ven afectadas por la cavitación (p.71).

### **Campo de velocidades en perfiles hidrodinámicos**

Las diferentes palabras espirales (elementos de hoja) se comportan como contornos aislados sumergidos en una corriente líquida. Las modificaciones que cambian la línea actual pueden causar nódulos de presión, que son la causa del empuje en el barco

En la situación de flujo se puede analizar usando ecuaciones de flujo incomprensible Martínez y Gonzáles (1997) (P.71).

$$\frac{\rho V^2}{2} + P + \rho g z = \text{cte}$$

**Fuente:** Julián Martínez de la Calle, José González Pérez

De esta manera, la presión disminuirá en la superficie del contorno donde aumenta la velocidad. Esta presión puede provocar cavitación.

Según, Randhavane, S. (2019), en su artículo científico “Comparing geometric parameters in treatment of pesticide effluent with hydrodynamic cavitation process” propone como objetivo analizar la comparación de cavitación hidrodinámica entre orificio en la degradación del pesticida clorofilos y el DQO de efluentes reales. EL método consistió en un circuito de tuberías, bombas, medición de presión, válvulas, entre otros. Además, se contó con dos tipos de placas de orificios, la primera de 17 agujeros cada uno de 1,5 mm de diámetro; y, la segunda, 1 orificio con 2 mm. Los resultados que se obtuvieron fueron la placa de orificio 1 produjo más eliminación de DQO y CPF del 58% y 88%, respectivamente, la duración fue de 1 hora, ello se debe a un colapso mejorado de las 4 cavidades debido a que hay más orificios con 1 diámetro menor de orificios que en la placa 1.

GUERRERO et al. (2018), La zeolita en la descontaminación de aguas residuales, planteo en su objetivo disminuir los contaminantes que se encuentran presentes en

el agua residual antes de que sus efluentes sean conducidos hacia el río, es por ello que se decidió construir un filtro tubular en el cual se instaló en su interior cuatro capas de zeolita con cuatro tamaños distintos, seguidamente se tuvo el paso el agua el cual sería de mucha ayuda para evaluar el porcentaje de reducción obtenido, logrando de esta manera mejorar los parámetros físicos y químicos del fosfato, logrando reducir entre un 50 y 95%, sólidos disueltos un 2 y 8%, sólidos suspendidos un 35 y 85%, con respecto a la demanda biológica de oxígenos se logra mejorar un 45% y oxígeno disuelto 2 y 7%

AYLAS, (2017), realizó un proyecto para la obtención de agua potable utilizando tratamiento solar destilador cascada del agua de mar en el distrito de la punta – callao , la finalidad de su trabajo de investigación fue obtener agua utilizando tratamiento solar, es por ellos que es por ello que utilizó dos prototipos A y B que estaba separado por seis banderas con una lámina de 1cm y tres banderas con una lámina de 2 cm cada muestra contenía 45 L en 3 meses, concluyendo que el tratamiento es eficaz ya que se disminuyeron en los siguientes parámetros :en salinidad un 95.5 %, conductividad 98.3%, turbidez 89.9%, en cuanto a la temperatura se mantuvo estable, 19.5 %, alcalinidad 70.3%, DQO 93,4 %, DBO5 93,7%, nitritos 95.9% y en nitratos un 99.6%.

Según, Sengil y Ozacar, (2009, p. 940 - 946), en su investigación titulada "Tratamiento de agua residuales con tambor de cal y curtiduría, mediante electrocoagulación". Se plantearon como objetivo principal la erradicación del DQO, sulfuro y grasa oleosa de agua residual que se encuentran presentes de los botaes con cal de curtido, mediante el método de electrocoagulación con corriente continua (DC). La metodología presenta diferentes variables como pH, tiempo de electrólisis y la densidad de corriente. Utilizando un pH constante de 3 y un tiempo de 10 minutos y utilizando tres tipos de densidad de corriente para los tres parámetros contaminantes de 35 mA/cm<sup>2</sup>, 35 mA/cm<sup>2</sup> y 3,5 mA/cm<sup>2</sup> para la DQO, sulfuro y aceite, respectivamente. Seguidamente se utilizaron los electrodos de acero suave como ánodo de sacrificio. Obteniendo resultados de remoción a un 82%, 90% y 96% respectivamente para cada contaminante. Los autores concluyen que los

electrodos de acero suave son eficientes para la remoción de DQO, sulfuro y aceites y grasas.

Según, Tayupanda, P. S., (2010). Diseño de un sistema de tratamiento de agua residual del proceso de pelambre para su reutilización, curtiembre pieles Puma, Al momento de caracterizar agua residual del proceso de pelambre los resultados obtenidos resultaron de 38326 mg/L de DQO, sólidos totales de 57305 mg/L y sulfuros de 3305 mg/L. Seguidamente posterior al tratamiento resultaron valores para el agua del proceso de pelambre de 3980 mg/L de DQO, que corresponde a una rección del 91%, 3293 mg/L de sólidos totales esto equivale a una reducción del 94.25%. concluyendo que con la implementación del sistema de tratamiento de agua residual se logra el objetivo propuesto.

Según Zabala (2014), cuando el tubo venturi se encuentra en un estado horizontal, se puede entender esta expresión, donde la velocidad del fluido aumenta, y su presión se ve obligada a disminuir para mantenerla constante, lo que hace que la presión disminuya y dé paso al fluido. Evaporación parcial. Para ello, se puede utilizar un venturi. Por lo anterior. Dong, Zhang y Yao (2019) estudiaron la influencia de los elementos hidráulicos de la cavitación hidráulica venturi en la degradación de contaminantes hidrófobos refractarios y la longitud óptima de garganta correspondiente a la tasa máxima de degradación obtenida. Los resultados mostraron que la tasa de degradación de los contaminantes hidrofóbicos aumentó con el acrecimiento de la tasa de flujo de garganta. Múltiples placas triangulares sufrieron la tasa de degradación de contaminantes hidrófilos en relación con la velocidad del orificio a través de la cavitación hidráulica.

Según Nieto (2019), menciona en su tesis de investigación “Aplicación de la cavitación hidrodinámica para reducir los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de los efluentes de la industria textil y de curtiembre, Lima 2019”, cuyo objetivo fue determinar la eficiencia de la cavitación hidrodinámica en la reducción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en los efluentes de la industria textil y de curtiembre. Asimismo la metodología utilizada fue por parámetros como el Análisis de DBO5 (Método: APHA – AWWA – WEF (2012),

5220 – D), de igual forma la técnica fue de cavitación hidrodinámica (toma de muestra cada 15 min), el autor concluye que la cavitación hidrodinámica presenta mayor eficiencia en la reducción de los parámetros estudiados de los efluentes de la industria textil de igual forma la temperatura tiene un valor mínimo de 36.83 °C y un valor máximo de 45.17 °C y en la industria de curtiembre se presentó un valor mínimo de 30.24°C y un valor máximo de 42.33 °C, afinando que existe amplia diferencia dependiendo del tratamiento estudiado.

Según Valverde (2017), en el modelo de trabajo que presento “Reducción de plomo y silicio en aguas de lavado de gases de una empresa de servicios usando Micronanoburbujas de aire-ozono, Lima 2017” donde el autor planteo como objetivo, diversificar la concentración de plomo y silicio mediante la aplicación de micronanoburbujas de aire (zono), en aguas de lavado de gases de una empresa de servicio. La metodología de la investigación viene a ser un diseño experimental en su nivel pre experimental, por lo cual se inició con un análisis previo a los parámetros del plomo, silicio de las aguas residuales de la empresa de baterías. (Pre test) se concluye que tratamiento de micronanoburbujas de aire (ozono) mejora las características físicas del agua en cuanto al contenido de los metales mencionados, de igual manera el autor menciona que el procedimiento es efectivo ya que se observa la reducción de plomo y silicio.

Según Nuñez (2017), es su investigación denominada, “Tratamiento de aguas residuales de una Embotelladora de Bebidas Carbonatadas aplicando nanoburbujas de aire”, este trabajo de investigación tiene como objetivo emplear las nanoburbujas de aire en el tratamiento de las aguas residuales de una Embotelladora de bebidas carbonatadas, el diseño empleado es Pre-Experimental, del tipo pre-prueba post-prueba, que consiste en aplicar a un grupo una previa prueba al tratamiento experimental para posteriormente administrar el tratamiento y después aplicar la prueba o medición, concluyendo que es beneficioso la aplicación de las nanoburbujas de aire porque va permitir la disminución de los parámetros de pH, Además cabe destacar que los parámetros de pH, temperatura, DBO5 y DQO logran cumplir con los Valores Máximos Admisibles, los cuales permiten reutilizar las aguas tratadas en sistemas de alcantarillado sanitario.

Según Tafur (2019), es su investigación denominada, “Tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata para la mejora de la calidad de aguas

residuales industriales, Lima, 2019”, tiene como objetivo evaluar el nivel de mejora de las tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata para la calidad de aguas residuales industriales, el diseño de investigación es no experimental ya que le vas permitir manipular las variables de estudio para el análisis de la consecuencias, concluye que si existe mejora para la calidad de aguas residuales industriales con la aplicación de la tecnología de nanopartículas de plata antes de los 30 minutos de tratamiento y para las dosis de 1, 10 y 20 mL de AgNP. Esta mejora fue calculada con el indicador de eficacia presentándose en siete medidas, finalmente la aplicación de la tecnología de cavitación hidrodinámica presentó mejora para la calidad de aguas residuales industriales debido a que, se estableció el nivel con el indicador de eficiencia. Dentro de los primeros 120 minutos de tratamiento.

Badve y col. (2013) Se evaluó el plan de tratamiento de **aguas residuales** de la industria de acabados de madera, se agregó H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y se buscó la mejor concentración para permitir el desempeño de cavitación, como resultado, se incrementó en 46% el desempeño bajo la carga óptima de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. A medida que aumenta la velocidad, la reducción de COD también aumenta a la velocidad óptima, como 2200 RPM.

Arias y col. (2017) analizaron la eficiencia del uso de semillas de *Camellia oleifera* como coagulante para tratar **aguas residuales** de mataderos. Realizaron una prueba de frasco para evaluar la dosis predeterminada de coagulante natural. Analizar los parámetros después de STT, DQO, DBO y coliformes fecales totales antes y de la prueba para calcular la tasa de eliminación. Cuando la dosis de 7500 mg / L de semillas de *Camellia oleifera* y la concentración óptima fueron del 5%, la turbidez y la eficiencia de reproducción del color alcanzaron aproximadamente el 80% y el 87%, respectivamente, y el resultado fue una reducción del 20%. Y 60% de SST, BOD y DQO.

Dong y Zhao (2008) aplicaron tecnología de cavitación hidráulica para eliminar microorganismos patógenos en agua cruda. El resultado principal es que a medida que disminuye el tamaño del orificio y aumenta el número de orificios, aumenta el efecto de cavitación hidráulica.

Por otro lado Díaz (2015) reveló que el ozono en el tratamiento de **aguas residuales** se usa como desinfectante junto con peróxido de hidrógeno o luz

ultravioleta para eliminar el hierro y el manganeso del agua potable. Además, se considera un método eficaz de **tratamiento de aguas** residuales, según la definición de Ranade y Bhandari (2014), es una elección de métodos físicos, químicos o biológicos para degradar o eliminar los contaminantes. Entre ellos, según Baird (2014), el uso de ozono se considera como el tercer o tratamiento avanzado, ya que en esta etapa se eliminan determinadas sustancias o contaminantes del agua parcialmente depurada antes de la desinfección final. Mediante este tratamiento se puede obtener agua potable de alta calidad. Puede reducir la DBO, el fosfato, ciertos metales pesados (como el hierro), los iones orgánicos y los compuestos nitrogenados (como el amoníac).

### **III. METODOLOGIA**

#### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

La investigación utiliza métodos cuantitativos y aplicados. De acuerdo con el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) (2018), cuando la encuesta está determinada por conocimientos científicos, métodos, protocolos y tecnologías que cubren necesidades reconocidas y específicas, la encuesta es del tipo aplicable. Los experimentos de esta investigación se basan en los principios teóricos de cavitación hidrodinámica de Gutiérrez, Arias y Cardona (2019); La Choria, Carpenter y Sahara (2015) y Díaz (2015).

El diseño de investigación es experimental para HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZY BAPTISTA (2014), menciona que el diseño experimental es aquel donde hay la manipulación de una o más variables independientes. En nuestro caso Proponemos dos variables independientes que se convertirán en tecnología de cavitación hidrodinámica y la variable dependiente es Mejorar la calidad de las aguas residuales industriales

El nivel de investigación es explicativo. DePoy y Gitlin (2014) mencionaron que las pruebas se pueden utilizar para realizar investigaciones prediciendo, desarrollando modelos o analizando la causalidad de las variables de investigación. Dado que la encuesta intenta analizar los contaminantes en las aguas residuales de la empresa de curtiembre y cavitación hidrodinámica, calcular cuántos contaminantes se ha



reducido.

### **3.2 Variables y Operacionalización**

Se considero como variable independiente: Eficiencia de la cavitación hidrodinámica, ozono y oxígeno atmosférico y seguidamente como variable dependiente: Reducción de los parámetros fisicoquímicos y metales totales (cromo) en aguas de curtiembre, así mismo, se muestra la matriz de operacionalización de variable en el Anexo 01.

### **3.3 Población, muestra y muestreo**

Se considero a la población por el total de las aguas residuales generadas en los procesos y actividades de remojo, pelambre y curtido de la empresa de curtiembre (CITECCAL), Puente Piedra, 2020.

La muestra obtenida y brindada por la empresa fue de 300 litros de agua residual extraída de los diferentes procesos de remojo, pelambre y curtido, distribuidas en 3 repeticiones de 20 litros para cada proceso (Cavitación hidrodinámica con enfriamiento, cavitación hidrodinámica sin enfriamiento, ozono, oxígeno atmosférico y la combinación entre ellos).

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La técnica que se utilizó para evidenciar directamente el fenómeno es la observación, ya que, constantemente se controlaban y registraban los datos los cuales son recogidos y controlados por el investigador constantemente en el tiempo asignado,

Los instrumentos consistieron en seis fichas de recolección de datos que se muestran en el Anexo 2.

- Ficha 1. Parámetros de control del proceso de cavitación hidrodinámica con sistema de enfriamiento
- Ficha 2. Parámetros de control del proceso de cavitación hidrodinámica sin sistema de enfriamiento
- Ficha 3. Parámetros de control del proceso de ozonización
- Ficha 4. Parámetros de control del proceso de cavitación hidrodinámica con ozonización

- Ficha 5. Parámetros de control del proceso de cavitación hidrodinámica con ozono y oxígeno atmosférico.
- Ficha 6. Análisis de parámetros antes y después del tratamiento con ozono, cavitación hidrodinámica y combinación de ozono más cavitación hidrodinámica y oxígeno atmosférico con cavitación hidrodinámica.

La validez de los instrumentos fue realizada por expertos conformados por tres especialistas en el tema de investigación teniendo en cuenta la claridad de datos.

(FERNÁNDEZ, 2006, p.4). Estará estipulado de acuerdo a la vigilancia y medición directa con los instrumentos. La técnica de vigilancia se basa en la supervisión válida, sistemática y confiable de la conducta del objeto en cuestión. La medición directa es uno de los procesos en los cuales se utilizan para la recopilación de datos de la experimentación en función a los instrumentos.

La confiabilidad de los instrumentos según Villasís (2018), hace referencia al grado de la aplicación en varias circunstancias no presente sesgos en los resultados. Por lo cual, esta fue medida utilizando el software SPSS.

### **3.5 Procedimientos**

#### **Etapa 1: Recolección de la muestra**

La muestra obtenida estuvo conformada de diferentes procesos como es el caso del proceso de remojo, pelambre y curtido y por aguas residuales de curtiembre de la empresa CITECCAL, ubicado en el distrito de Puente Piedra, el proceso de obtención de la muestra fue aleatoriamente debido a que se tiene el concepto de que cualquier fluido puede ser escogido. Para esta primera etapa se utilizaron los EPP (Equipos de Protección Personal) adecuados para la toma de muestra con todos los protocolos correspondiente. seguidamente, se colocó el recipiente en sentido contrario a la salida del efluente. Finalmente, se extrajo el volumen total de 300 litros de agua residual de curtiembre entre los procesos de remojo, pelambre y curtido requerido para los procesos de cavitación hidrodinámica, ozonización, oxígeno atmosférico y la combinación entre estos tratamientos siguiendo los

protocolos de monitoreo de agua.

## **Etapa 2: Caracterización de la muestra y etiquetado**

La caracterización de la muestra y el etiquetado se realizó tanto antes como después de los diferentes tratamientos de agua residual, el cual seguidamente paso a ser llevada hacia el laboratorio de SGS el cual se encargaría de procesar los la muestra para posteriormente la obtención de los resultados, esta a su vez tiene la certificación por parte de INACAL, según su número de cédula de notificación 0637-2017-INACAL/DA.

Los códigos que se etiqueto en el mismo instante de la toma de muestra y la estación de muestreo para cada muestra de agua, se realizaron antes y después de los tratamientos como se observa en la Tabla 1. Códigos de etiquetado y estaciones de muestreo. Ver Tabla 1.

*Tabla 1: Códigos de etiquetado y estaciones de muestreo*

<b>Día de muestreo (17/11/2020)</b>		<b>Día de muestreo (18/11/2020)</b>		<b>Día de muestreo (26/11/2020)</b>		
<b>ENTRADA</b>	<b>SALIDA</b>	<b>ENTRADA</b>	<b>SALIDA</b>	<b>ENTRADA</b>	<b>SALIDA 1</b>	<b>SALIDA 2</b>
RE - CHE	RE - CHS	PE - CHE	PE - CHS	PE2-CHE	PE2- CHS	PE2- CHS-SE
RE - COE	RE - COS	PE-COE	PE-COS	EM-CHE	EM-CO	EM-CA
		EF-COE	EF-COS			
		EF-CHE	EF-CHS			



*Figura 1: Caracterización de la muestra y etiquetado*

### **Etapa 3: Procesos para el tratamiento de las aguas residuales**

- **Proceso de cavitación hidrodinámica**

Según Rajoriya, Carpenter y Saharan (2015) este proceso se genera debido a la dispersión de la concentración de la muestra al interior de una red de tubos Venturi interconectadas. Donde el fluido al pasar entre las geometrías hace que la velocidad cinética aumente. La presión de la vena contracta desciende o equivale a la presión de vapor del fluido, de esta manera hace que este se vaporice. Esto ocasiona la generación de varios puntos calientes, donde se dependen radicales considerablemente alto de reactivos por la descomposición térmica de las moléculas presentes y esto involucra al ascenso de las tasas de transferencia de la masa.



Figura 2: Proceso de cavitación hidrodinámica

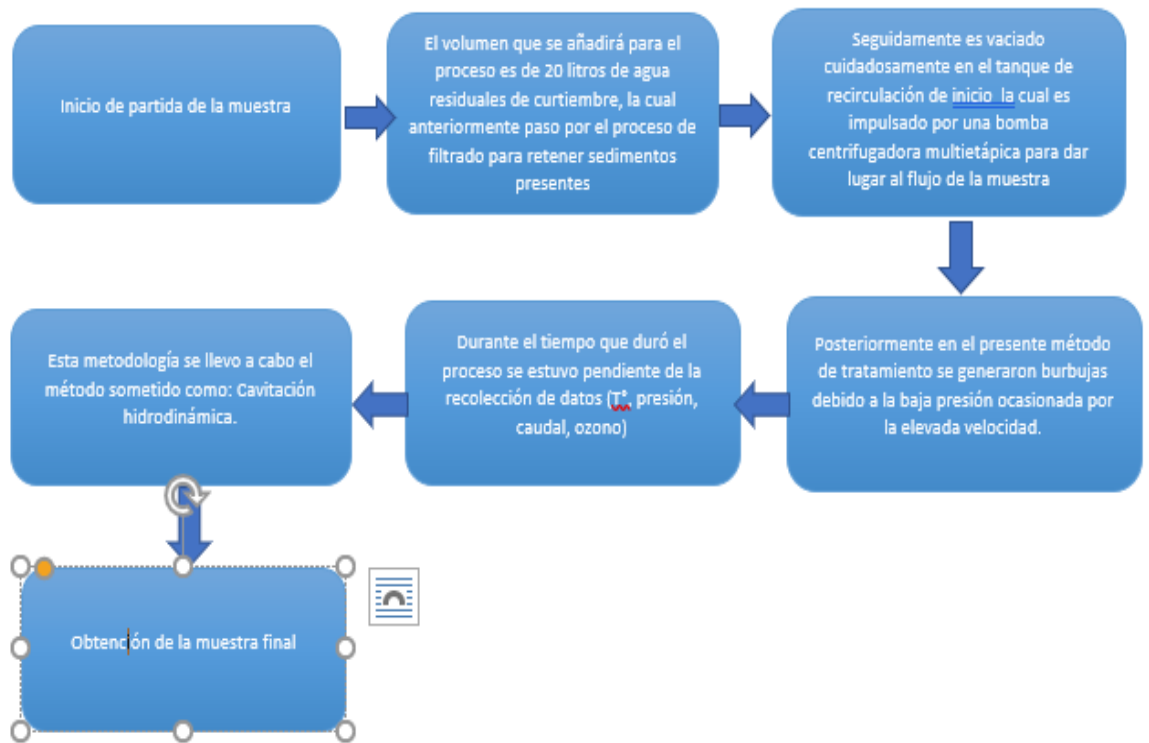


Figura 3: Diagrama del proceso de cavitación hidrodinámica

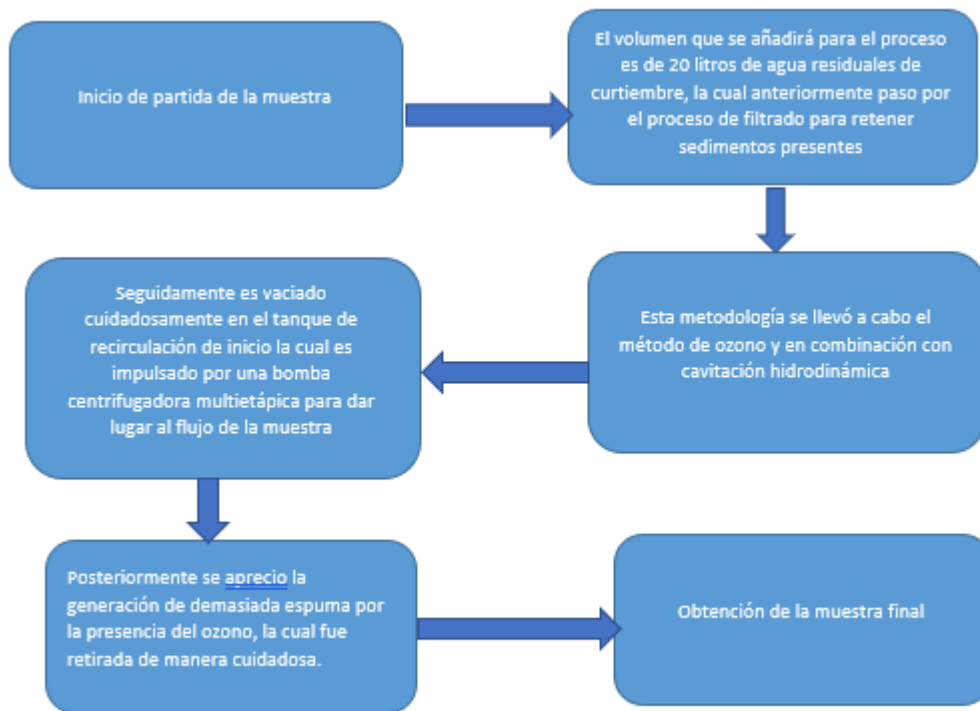


*Figura 4: Equipo de cavitación hidrodinámica*

- **Proceso de ozonización**

Para las pruebas de ozonización se usó un ozonizador, marca INKAOZONO modelo TUBO/AGUA-03-C1003T-CM. El Dicho proceso comenzará generando ozono a partir del oxígeno del aire, esto con el fin de degradar los contaminantes presentes en el agua residual. Para ello, se generó una descarga de electricidad en el gas que contiene el oxígeno produciendo una fuente de energía, permitiendo así la formación de ozono.

Para este procedimiento fue importante mantener control de los parámetros tales como tiempo, temperatura, presión, caudal y flujo de aire, el proceso completo tuvo una duración de noventa minutos.



*Figura 5:* Diagrama del proceso de ozonización



*Figura 6:* Equipo de ozonización

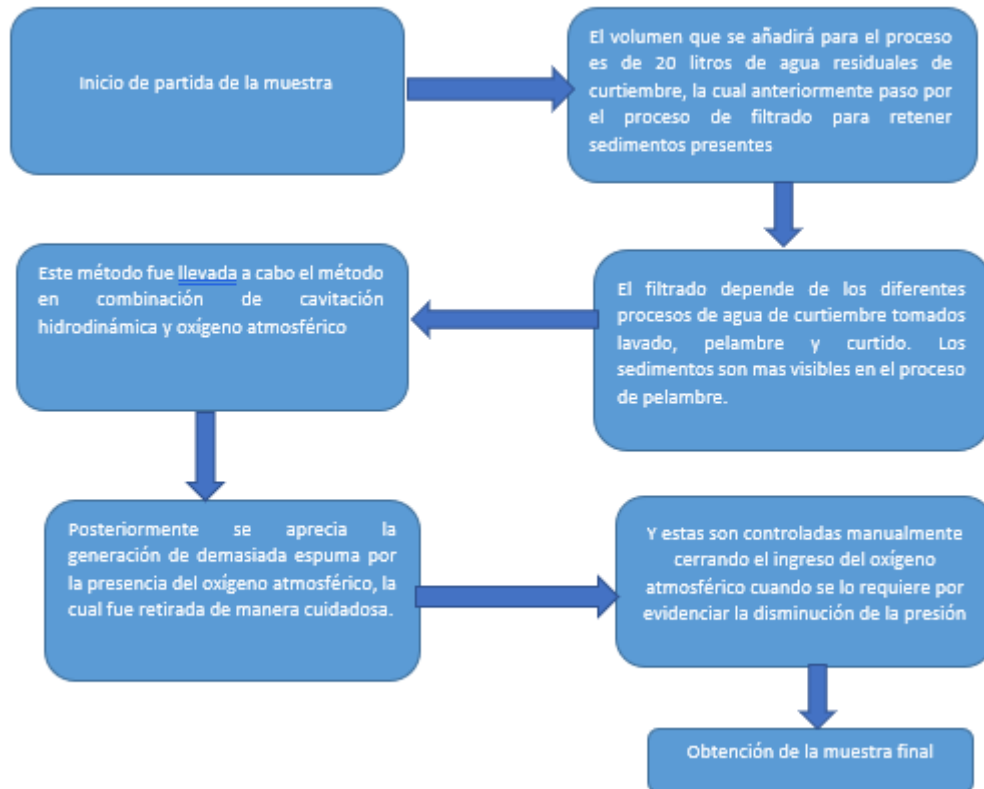


Figura 7: Diagrama del proceso de cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico



Figura 8: Equipo de ozonización y flujómetro



- **Proceso en combinación de cavitación hidrodinámica y ozonización**

Se realizó el proceso en combinación con una muestra de 20 L desarrollando los procesos de cavitación hidrodinámica y la inyección de ozono a la vez. Finalmente se comparó los cuatro procesos siendo estos, cavitación hidrodinámica con sistema de enfriamientos, cavitación hidrodinámica sin sistema de enfriamiento, ozonización, y la combinación entre cavitación hidrodinámica con ozonización.



*Figura 9:* Proceso en combinación de cavitación hidrodinámica con ozonización

- **Proceso en combinación de cavitación hidrodinámica y oxígeno atmosférico**

Se realizó el proceso en combinación con una muestra de 20 L desarrollando los procesos de cavitación hidrodinámica y la inyección del oxígeno atmosférico a la vez. Finalmente se comparó los cuatro procesos siendo estos, cavitación hidrodinámica con sistema de enfriamientos, cavitación hidrodinámica sin sistema de enfriamiento, ozonización, y la combinación entre cavitación hidrodinámica con ozonización y cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico.



*Figura 10:* Proceso en combinación de cavitación hidrodinámica con ozonización

#### **Etapa 4. Conservación y preservación de la muestra**

Culminados los procesos para el tratamiento del agua residual, se procedió a preservar las muestras según las indicaciones dadas por el laboratorio especializado SGS:

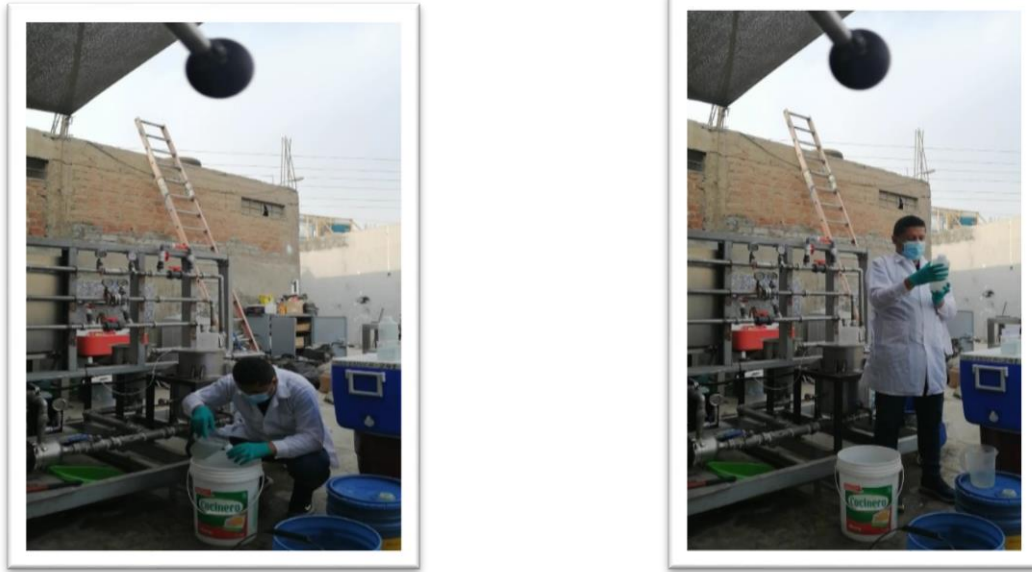
Para la conservación de la demanda biológica de oxígeno ( $DBO_5$ ), se llenó un frasco de 1000 mL sin dejar burbujas de aire y se guardó entre  $>0^{\circ}C$  a  $\leq 6^{\circ}C$ , pudiendo ser almacenada durante 48 horas.

Para la preservación de la demanda química de oxígeno (DQO), se llenó un envase de 100 mL adicionándole  $H_2SO_4$  hasta llevarlo a  $pH=2$ , y se guardó entre  $>0^{\circ}C$  a  $\leq 6^{\circ}C$ , pudiendo ser almacenada hasta 28 días.

Para la preservación de los metales totales, se llenó un envase de 100 mL adicionándole  $HNO_3$  hasta llevarlo a  $pH < 2$ , y se guardó entre  $>0^{\circ}C$  a  $\leq 6^{\circ}C$ , pudiendo ser almacenada hasta 28 días.

Para la preservación de los Sólidos Totales en Suspensión (TSS), se llenó un envase de 1000 mL boca ancha (transparente) y se guardó entre  $>0^{\circ}C$  a  $\leq 4^{\circ}C$ , pudiendo ser almacenada hasta 7 días.

En el caso del sulfuro de hidrógeno (NAOH), se llenó un frasco de 100 mL y se adicionó 4 gotas de acetato de zinc 2N y 4 gotas de NAOH hasta que llegó a  $Ph > 9$ , a continuación, se guardó entre  $>0^{\circ}C$  a  $= 6^{\circ}C$ , permitió ser preservada hasta 7 días.



*Figura 11: Preservación de la muestra*

### **3.6 Método de análisis de datos**

La herramienta de análisis de datos que se utilizó para la obtención de los mismos fueron el Microsoft Excel para el cálculo de las herramientas gráficas y el software IBM SPSS estadístico, para el análisis descriptivo como también para los análisis para la obtención del porcentaje de reducción Anova, Tukey, prueba de normalidad donde la normalidad fue utilizada para comprobar la distribución de las hipótesis y por otro lado la T de student fue la causante de la significancia de las hipótesis.

### **3.7 Aspectos éticos**

La presente investigación se compromete a respetar la propiedad intelectual de los estudios consultados, es por ello que pasó por el sistema especializado TURNITIN, para verificar la originalidad de la información, el correcto citado a la norma ISO-690, y se alineó a la resolución de consejo universitario N°0126-2017/UCV, N°0313-2017/UCV y a la guía de productos de investigación 2020, esta última con respecto a la obtención de los resultados de la parte experimental mencionar que se analizó en un laboratorio especializado acreditado por el INACAL.

#### IV. RESULTADOS

Los resultados obtenidos se presentan de acuerdo a los objetivos planteados. Para el proceso de Cavitación Hidrodinámica se controlaron los indicadores cada diez minutos durante el tiempo de 1h y 30 min, en donde se tomaba los datos de la temperatura, presión inicial, presión fina y caudal. Ver Tabla2.

Tabla 2: Parámetros de control para el proceso de cavitación hidrodinámica (Muestra: Efluente de remojo)

Parámetros de control del proceso de cavitación hidrodinámica	
<b>Título</b>	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 (CITECCAL), Lima 2020
<b>Línea de Investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
<b>Responsables</b>	Lozano Morillo, Ronald Yeferson
<b>Asesor</b>	Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales

		REMOJO		17/11/2020	
CAVITACIÓN HIDRONINÁMICA (1ERA MUESTRA)					
HORA	T (°C)	P.I	CAUDAL	P.S	
13:00:00	24.5	3.9	35	0	
13:10:00	28	3.9	35	-0.1	
13:20:00	32	3.9	35	-0.3	
13:30:00	35	3.9	35	-0.5	
13:40:00	38	3.85	35	-0.5	
13:50:00	40	3.8	34.5	-0.6	
14:00:00	42	3.8	34.5	-0.6	
14:10:00	44	3.8	34.5	-0.6	
14:20:00	45	3.75	34.5	-0.6	
14:30:00	46	3.65	34	-0.6	

	<b>RE - CHE</b>	<b>RE - CHS</b>
<b>PH</b>	7.01	7.62
<b>SD</b>	4790	4500

<b>PROMEDIO</b>	<b>37.45</b>	<b>3.825</b>	<b>34.7</b>	<b>-0.44</b>
-----------------	--------------	--------------	-------------	--------------

Para el proceso con solo ozono se controlaron los indicadores cada diez minutos durante el tiempo de 1h y 30 min, en donde se tomaba los datos de la temperatura, presión inicial, presión fina, caudal y ozono. Ver Tabla 3.

Tabla 3: Parámetros de control para el proceso de ozono (Muestra: Efluente de remojo)

<b>Parámetros de control del proceso de ozono</b>									
<b>Título</b>	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 (CITECCAL), Lima 2020								
<b>Línea de Investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales								
<b>Responsables</b>	Lozano Morillo, Ronald Yeferson								
<b>Asesor</b>	Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales								
	<b>REMOJO</b>			17/11/2020					
	<b>OZONO (2DA MUESTRA)</b>								
	<b>HORA</b>	<b>T (°C)</b>	<b>P.I</b>	<b>CAUDAL</b>	<b>P.S</b>	<b>OZONO</b>			
	17:40:00	22	3.7	35	2.4	8			
	17:50:00	24	3.8	35	2.4	8			
	18:00:00	26	3.8	34.5	2.4	8	<b>PH</b>	7.9	8.05
	18:10:00	27	3.8	34.5	2.4	8	<b>SD</b>	1380	1420
	18:20:00	28.5	3.75	34.5	2.2	8.5			
	18:30:00	30	3.5	34.5	2.2	8.4			
	18:40:00	30	3.5	34.5	2.2	8.4			
	18:50:00	31	3.5	34	2.2	8.4			
	19:00:00	32	3.5	34	2.2	8.4			

19:10:00	32	3.6	34	2.2	8.4
<b>PROMEDIO</b>	<b>28.25</b>	<b>3.645</b>	<b>34.45</b>	<b>2.28</b>	<b>8.25</b>

Para el proceso con solo cavitación hidrodinámica se controlaron los indicadores cada diez minutos durante el tiempo de 1h y 30 min, en donde se tomaba los datos de la temperatura, presión inicial, presión fina, caudal. Ver Tabla 4.

Tabla 4: Parámetros de control para el proceso de cavitación hidrodinámica (Muestra: Efluente de pelambre)

Parámetros de control del proceso de cavitación hidrodinámica	
<b>Título</b>	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 (CITECCAL), Lima 2020
<b>Línea de Investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
<b>Responsables</b>	Lozano Morillo, Ronald Yeferson
<b>Asesor</b>	Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales

		PELAMBRE		18/11/2020	
CAVITACIÓN HIDRONINÁMICA (3RA MUESTRA)					
HORA	T (°C)	P.I	CAUDAL	P.S	
09:29:00	23	4	36	0	
09:39:00	26.5	4	36	-0.2	
09:49:00	31	4	36	-0.4	
09:59:00	34	3.9	36	-0.4	
10:09:00	37	3.8	36	-0.5	
10:19:00	40	3.8	36	-0.6	

	<b>PE - CHE</b>	<b>PE - CHS</b>
<b>P</b>	10.78	10.7
<b>H</b>		
<b>S</b>	584	660
<b>D</b>		

10:29:00	42	3.6	36	-0.6
10:39:00	45	3.6	36	-0.8
10:49:00	47	3.5	35	-0.8
10:59:00	49	3.4	35	-0.8
<b>PROMEDIO</b>	<b>37.45</b>	<b>3.76</b>	<b>35.8</b>	<b>-0.51</b>

Para el proceso con solo ozono se controlaron los indicadores cada diez minutos durante el tiempo de 1h y 30 min, en donde se tomaba los datos de la temperatura, presión inicial, presión fina, caudal y ozono Ver Tabla 5.

Tabla 5: Parámetros de control para el proceso solo ozono (Muestra: Efluente de pelambre)

Parámetros de control del proceso de ozono							
<b>Título</b>	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 (CITECCAL), Lima 2020						
<b>Línea de Investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales						
<b>Responsables</b>	Lozano Morillo, Ronald Yeferson						
<b>Asesor</b>	Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales						
	<b>PELAMBRE</b>			18/11/2020			
	<b>OZONO (4TA MUESTRA)</b>						
<b>HORA</b>	<b>T (°C)</b>	<b>P.I</b>	<b>CAUDAL</b>	<b>P.S</b>	<b>OZONO</b>		
02:11:00	24	3.9	36	2.2	8		
02:21:00	29	3.9	36	2.2	6		
02:31:00	31	3.8	36	2.2	6	<b>P H</b>	<b>PE- CO E</b> 8.85 <b>PE- CO S</b> 8.66

02:41:00	33	3.8	36	2.2	6	<b>S</b> <b>D</b>	319	272
02:51:00	34	3.8	36	2.2	6			
03:01:00	35	3.8	36	2.2	6			
03:11:00	36.5	3.8	36	2.2	6			
03:21:00	37	3.8	36	2.2	6			
03:31:00	37.5	3.7	35	2.2	5.5			
03:41:00	38	3.7	35	2.2	5.5			
<b>PROMEDIO</b>	<b>33.5</b>	<b>3.8</b>	<b>35.8</b>	<b>2.2</b>	<b>6.1</b>			

Para el proceso de cavitación hidrodinámica con solo ozono se controlaron los indicadores cada diez minutos durante el tiempo de 1h y 30 min, en donde se tomaba los datos de la temperatura, presión inicial, presión fina, caudal y ozono Ver Tabla 6.

Tabla 6: Parámetros de control para el proceso de cavitación hidrodinámica con ozono (Muestra: Efluente de pelambre y remojo)

<b>Parámetros de control del proceso de cavitación hidrodinámica + ozono</b>					
<b>Título</b>	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 (CITECCAL), Lima 2020				
<b>Línea de Investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales				
<b>Responsables</b>	Lozano Morillo, Ronald Yeferson				
<b>Asesor</b>	Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales				
	<b>PELAMBRE/REMOJO</b>		18/11/2020		
	<b>CAVITACIÓN HIDRONINÁMICA CON OZONO (5RA MUESTRA)</b>				
<b>HORA</b>	<b>T (°C)</b>	<b>P.I</b>	<b>P.S</b>	<b>CAUDAL</b>	<b>OZONO</b>
16:03:00	27	2.8	1.8	32	7



16:13:00	28	3.9	2.2	36	8		EF- CO E	EF- CO S
16:23:00	30	3.9	2.2	36	8	P H	8.09	8.34
16:33:00	32	3.9	2.2	36	8	S D	627	560
16:43:00	33	3.9	2.2	36	8			
16:53:00	34	3.9	2.2	35	8.5			
17:03:00	35	3.9	2.2	35	8.5			
17:13:00	35	3.9	2.2	35	8.5			
17:23:00	36	3.9	2.3	35	8.5			
17:33:00	36	4	2.3	35	8.5			
<b>PROMEDIO</b>	<b>32.6</b>	<b>3.8</b>	<b>2.18</b>	<b>35.1</b>	<b>8.15</b>			

Para el proceso de cavitación hidrodinámica se controlaron los indicadores cada diez minutos durante el tiempo de 1h y 30 min, en donde se tomaba los datos de la temperatura, presión inicial, presión fina, caudal y ozono Ver Tabla 7.

Tabla 7: Parámetros de control para el proceso de cavitación hidrodinámica (Muestra: Efluente de pelambre y remojo)

<b>Parámetros de control del proceso de cavitación hidrodinámica</b>	
<b>Título</b>	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 (CITECCAL), Lima 2020
<b>Línea de Investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
<b>Responsables</b>	Lozano Morillo, Ronald Yeferson

<b>Asesor</b>	Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales			
	<b>PELAMBRE/REMOJO</b>	18/11/2020		
<b>CAVITACIÓN HIDRONINÁMICA (6TA MUESTRA)</b>				
<b>HORA</b>	<b>T (°C)</b>	<b>P.I</b>	<b>CAUDAL</b>	<b>P.S</b>
17:48:00	23.5	3.9	34	-0.2
17:58:00	28	4	36	-0.6
18:08:00	31	4	36	-0.6
18:18:00	33.5	4	35	-0.5
18:28:00	35.5	4	35	-0.5
18:38:00	37	4	35	-0.6
18:48:00	39	3.9	35	-0.6
18:58:00	40	3.9	35	-0.6
19:08:00	42	3.9	35	-0.6
19:18:00	43	3.9	35	-0.6
<b>PROMEDIO</b>	<b>35.25</b>	<b>3.95</b>	<b>35.1</b>	<b>-0.54</b>

	<b>EF-CHE</b>	<b>EF-CHS</b>
<b>P</b>	8.18	8.3
<b>H</b>		
<b>S</b>	192	210
<b>D</b>	0	0

Para el proceso de cavitación hidrodinámica con enfriamiento se controlaron los indicadores cada diez minutos durante el tiempo de 1h y 30 min, en donde se tomaba los datos de la temperatura, presión inicial, presión fina, caudal Ver Tabla 8.

*Tabla 8:* Parámetros de control para el proceso de cavitación hidrodinámica con enfriamiento (Muestra: Efluente de curtiembre)

<b>Parámetros de control del proceso de cavitación hidrodinámica con enfriamiento</b>	
<b>Título</b>	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 (CITECCAL), Lima 2020
<b>Línea de Investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
<b>Responsables</b>	Lozano Morillo, Ronald Yeferson
<b>Asesor</b>	Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales

**CURTIEMBRE**

26/11/2020

**CAVITACIÓN HIDRONINÁMICA CON EMFRIAMIENTO (7MA MUESTRA)**

HORA	T (°C)	P.I	CAUDAL	P.S
09:26:00	21.8	4	37	0
09:36:00	26.2	4	36	0
09:46:00	30	3.8	36	-0.4
09:56:00	33.6	3.8	36	-0.4
10:06:00	37.8	3.7	36	-0.4
10:16:00	42	3.6	36	-0.6
10:26:00	46.3	3.6	36	-0.6
10:36:00	49.8	3.5	35	-0.6
10:46:00	52.3	3.5	35	-0.6

	PE2-CHE	PE2-CHS
<b>P H</b>	11.07	10.76
<b>S D</b>	2150	1970

10:56:00	54.6	3.5	35	-0.6
<b>PROMEDIO</b>	<b>39.44</b>	<b>3.7</b>	<b>35.8</b>	<b>-0.42</b>

Para el proceso de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento se controlaron los indicadores cada diez minutos durante el tiempo de 1h y 30 min, en donde se tomaba los datos de la temperatura, presión inicial, presión fina, caudal Ver Tabla 9.

Tabla 9: Parámetros de control para el proceso de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento (Muestra: Efluente de curtiembre)

<b>Parámetros de control del proceso de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento</b>	
<b>Título</b>	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 (CITECCAL), Lima 2020
<b>Línea de Investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
<b>Responsables</b>	Lozano Morillo, Ronald Yeferson
<b>Asesor</b>	Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales

		<b>CURTIEMBRE</b>		26/11/2020	
<b>CAVITACIÓN HIDRONINÁMICA SIN EMFRIAMIENTO (8VA MUESTRA)</b>					
<b>HORA</b>	<b>T (°C)</b>	<b>P.I</b>	<b>CAUDAL</b>	<b>P.S</b>	
11:20:00	22.5	3.8	37	-0.2	
11:30:00	27.1	3.8	36	-0.5	
11:40:00	32.4	3.8	36	-0.5	
11:50:00	36.7	3.7	36	-0.5	
12:00:00	40.5	3.6	35	-0.5	

	<b>PE2-CHE</b>	<b>PE2-CHS-SE</b>
<b>P</b>	11.07	10.65
<b>H</b>		
<b>S</b>	2150	1750
<b>D</b>		

12:10:00	43.9	3.6	35	-0.6
12:20:00	46.7	3.6	35	-0.6
12:30:00	48.4	3.6	35	-0.6
12:40:00	49.9	3.4	35	-0.7
12:50:00	55.7	3.4	35	-0.7
<b>PROMEDIO</b>	<b>40.38</b>	<b>3.63</b>	<b>35.5</b>	<b>-0.54</b>

Para el proceso de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento con ozono controlaron los indicadores cada diez minutos durante el tiempo de 1h y 30 min, en donde se tomaba los datos de la temperatura, presión inicial, presión fina, caudal y ozono Ver Tabla 10.

*Tabla 10:* Parámetros de control para el proceso de cavitación hidrodinámica con ozono (muestra: Mezcla de efluente de pelambre y curtiembre)

<b>Parámetros de control del proceso de cavitación hidrodinámica + ozono</b>					
<b>Título</b>	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 (CITECCAL), Lima 2020				
<b>Línea de Investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales				
<b>Responsables</b>	Lozano Morillo, Ronald Yeferson				
<b>Asesor</b>	Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales				
	<b>PELAMBRE/CURTIEMBRE</b>		18/11/2020		
	<b>CAVITACIÓN HIDRONINÁMICA CON OZONO * (9NA MUESTRA)</b>				
<b>HORA</b>	<b>T (°C)</b>	<b>P.I</b>	<b>P.S</b>	<b>CAUDAL</b>	<b>OZONO</b>
13:08:00	22.5	3.8	2	37	6

13:18:00	23.1	2.8	0.2	32	2		EM-CH E	EM- CO
13:28:00	28.2	3.8	0.1	35	0	P H	7.51	7.89
13:38:00	32.5	3.2	0.2	30	0	S D	870	115 0
13:48:00	36.4	3.8	0	35	0			
13:58:00	40.6	3.8	0	35	0			
14:08:00	40.4	2.5	0.3	29	3			
14:18:00	41	3	0.2	33	3			
14:28:00	41.7	3.4	0	34	0			
14:38:00	42.5	3.4	0.1	34	0			
<b>PROMEDIO</b>	<b>34.89</b>	<b>3.35</b>	<b>0.31</b>	<b>33.4</b>	<b>1.4</b>			

Para el proceso de oxígeno atmosférico controlaron los indicadores cada diez minutos durante el tiempo de 1h y 30 min, en donde se tomaba los datos de la temperatura, presión inicial, presión fina, caudal Ver Tabla 11.

*Tabla 11:* Parámetros de control para el proceso de oxígeno atmosférico (muestra: Mezcla de efluente de pelambre y curtiembre)

<b>Parámetros de control del proceso de cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico</b>	
<b>Título</b>	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 (CITECCAL), Lima 2020
<b>Línea de Investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
<b>Responsables</b>	Lozano Morillo, Ronald Yeferson

<b>Asesor</b>	Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales			
	<b>PELAMBRE/CURTIEMBRE</b>	26/11/2020		
<b>CH CON OXÍGENO ATMOSFERICO (10MA MUESTRA)</b>				
<b>HORA</b>	<b>T (°C)</b>	<b>P.I</b>	<b>CAUDAL</b>	<b>P.S</b>
15:06:00	22.4	3.8	37	0.4
15:16:00	26.1	3.6	35	0.1
15:26:00	27	3.8	35	0.1
15:36:00	31.2	3.8	35	0
15:46:00	34.3	3.8	35	0.2
15:56:00	37	3.7	35	0.2
16:06:00	39.5	3.7	35	0.2
16:16:00	41.5	3.6	35	0.2
16:26:00	43.2	3.6	35	0.2
16:36:00	44	3.6	35	0.2
<b>PROMEDIO</b>	<b>34.62</b>	<b>3.7</b>	<b>35.2</b>	<b>0.18</b>

	<b>EM-CHE</b>	<b>EM-CA</b>
<b>P</b>	7.51	7.81
<b>H</b>		
<b>S</b>	870	112
<b>D</b>		0

Los resultados de los parámetros que fueron tomados de las muestras de agua de curtiembre antes y después de los tratamientos sometidos. Se mandaron a analizar en el laboratorio de aguas de SGS. Ver Tabla 12.

*Tabla 12:* Análisis de parámetros antes y después del tratamiento con ozono, cavitación hidrodinámica y combinación de ozono más cavitación hidrodinámica y oxígeno atmosférico.

<b>Análisis de parámetros antes y después del tratamiento con ozono, cavitación hidrodinámica y combinación de ozono más cavitación hidrodinámica y oxígeno atmosférico.</b>																	
<b>Título</b>		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 (CITECCAL), Lima 2020															
<b>Línea de Investigación</b>		Calidad y Gestión de los Recursos Naturales															
<b>Responsables</b>		Lozano Morillo, Ronald yeferson															
<b>Asesor</b>		Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales															
Tratamientos / Parámetros		Parámetros Orgánicos								Parámetros sulfurado		Metales Toatañes		Parámetros Físicoquímicos			
		Sólidos Totales en Suspensión		DBO		DQO		Aceites y Grasas		Sulfuro		Cromo		pH		SDT	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Cavitación hidrodinámica (remojo)	R1	544	164	1210	672.5	2792	1559.3	347.9	81.1					7.01	7.62	4790	4500
Cavitación hidrodinámica con ozono (remojo)	R1	84	14	116.4	4.5	282.6	101	29.3	2					7.9	8.05	1380	1420
Cavitación hidrodinámica (pelambre)	R1	368	318	916.3	882.5	2010.6	1832	29.1	18.8	<0.0019	<0.0019			10.78	10.7	584	660
Cavitación con ozono (pelambre)	R1	47	8	167.2	5.1	385.3	197	13	2.2	<0.0019	<0.0019			8.85	8.66	319	272
Cavitación hidrodinámica + ozono (pelambre)	R1	18	6	103.9	5.6	244.8	170.1			<0.0019	<0.0019	1.6536	0.4664	8.09	8.34	627	560
Cavitación hidrodinámica (pelambre/remojo)	R1	68	43	333.4	305	862.9	834.9			<0.0019	<0.0019	6.4571	5.5364	8.18	8.3	1920	2100
Cavitación hidrodinámica con enfriamiento (curtiembre)	R1	890	635	6430	5340	31692.1	27920.1	13.4	5.6	213.576	192.179			11.07	10.76	2150	1970
Cavitación hidrodinámica sin enfriamiento (curtiembre)	R1	890	450	6430	4450	31692.1	23407	13.4	8.4	213.576	186.768			11.07	10.65	2150	1750
Cavitación hidrodinámica + ozono (pelambre/remojo)	R1	486	248	144.5	90.1	690.4	604.5	0.9	1.5	<0.0019	<0.0019	63.5755	22.2344	7.51	7.89	870	1150
Cavitación hidrodinámica + oxígeno disuelto (pelambre/remojo)	R1	486	176	144.5	61.4	690.4	365.1	0.9	1.1	<0.0019	<0.0019	63.5755	31.2803	7.51	7.81	870	1120



## MUESTRA DEL PROCESO DE REMOJO

### ➤ Sólidos totales en suspensión

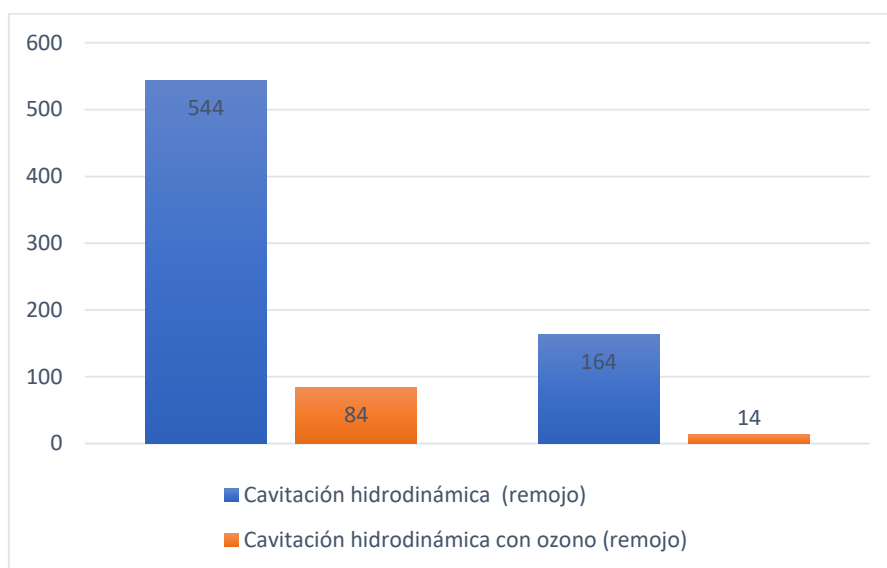
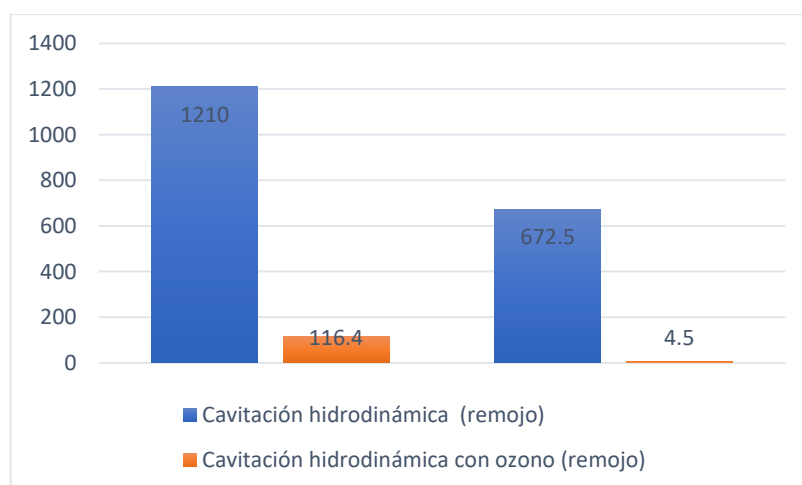


Figura 12: Resultados reducción de Sólidos Totales en suspensión cavitación hidrodinámica y cavitación hidrodinámica con ozono

En el gráfico estadístico se visualiza el parámetro de Sólidos Totales en suspensión, evidenciamos que con el tratamiento de cavitación hidrodinámica se redujo considerablemente de 544 mg/L a 164 mg/L, mientras que con el tratamiento de cavitación hidrodinámica con ozono disminuyó de 84 mg/L a 14 mg/L, en esta última se evidencia una concentración inferior ya que fue disuelta con agua por que generaba mucha espuma por la presencia del ozono.

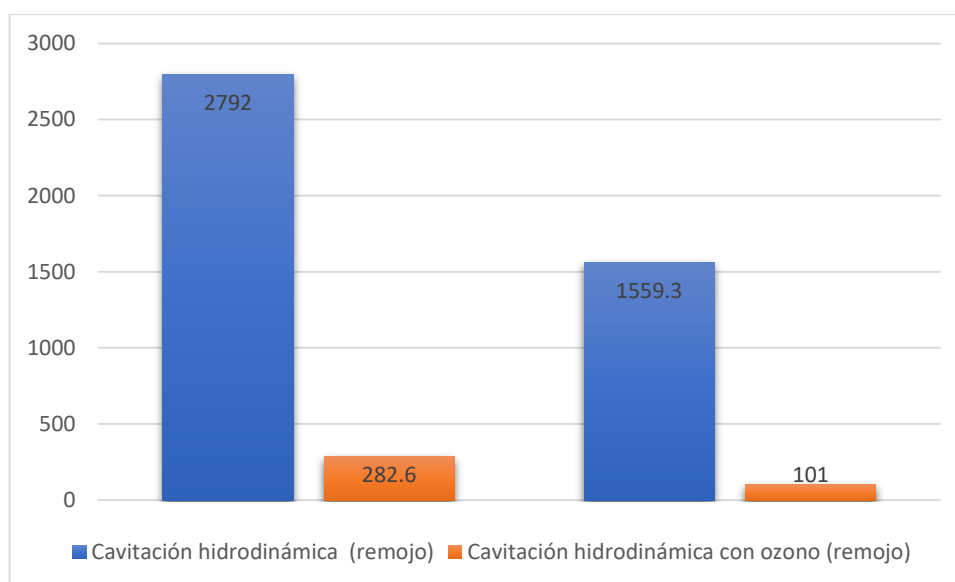
### ➤ Demanda biológica de oxígeno (DBO)



*Figura 13: Resultados reducción de DBO con cavitación hidrodinámica y cavitación hidrodinámica con ozono*

En el gráfico estadístico mostrado se visualiza que la DBO con el tratamiento con cavitación hidrodinámica redujo considerablemente su concentración de 1210 mg/L a 672.5 mg/L. Seguidamente observamos que con el tratamiento de cavitación hidrodinámica con ozono se obtuvo una reducción de 116.4 mg/L a 4.5 mg/L, en esta última se evidencia una concentración inferior ya que fue disuelta con agua por que generaba mucha espuma por la presencia del ozono.

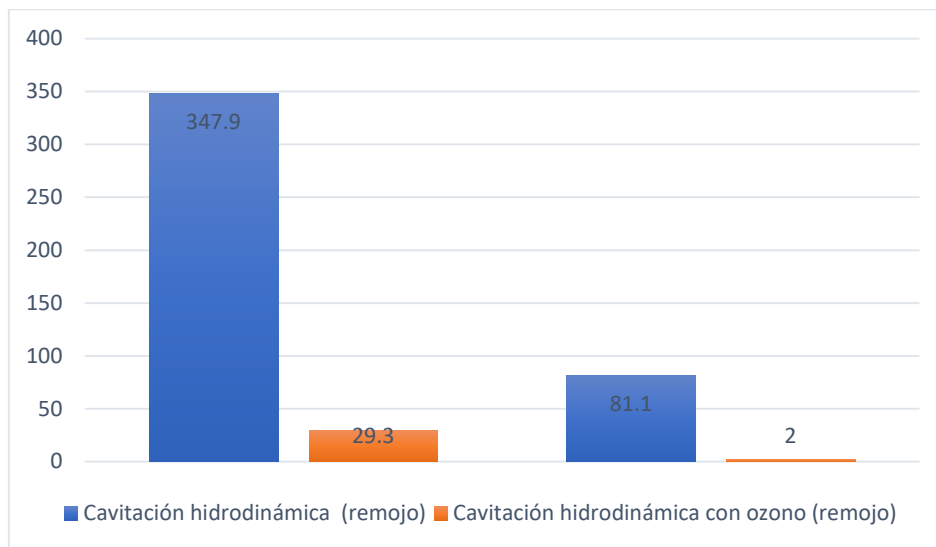
➤ **Demanda química de oxígeno (DQO)**



*Figura 14: Resultados reducción de DQO con cavitación hidrodinámica y cavitación hidrodinámica con ozono*

En el gráfico estadístico se evidencia que la DQO en el tratamiento con cavitación hidrodinámica se redujo de 2792 mg/L a 1559.3 mg/L, Seguidamente observamos que con el tratamiento de cavitación hidrodinámica con ozono se obtuvo una reducción de 282.6 mg/L a 101 mg/L, en esta última se evidencia una concentración inferior ya que fue disuelta con agua por que generaba mucha espuma por la presencia del ozono.

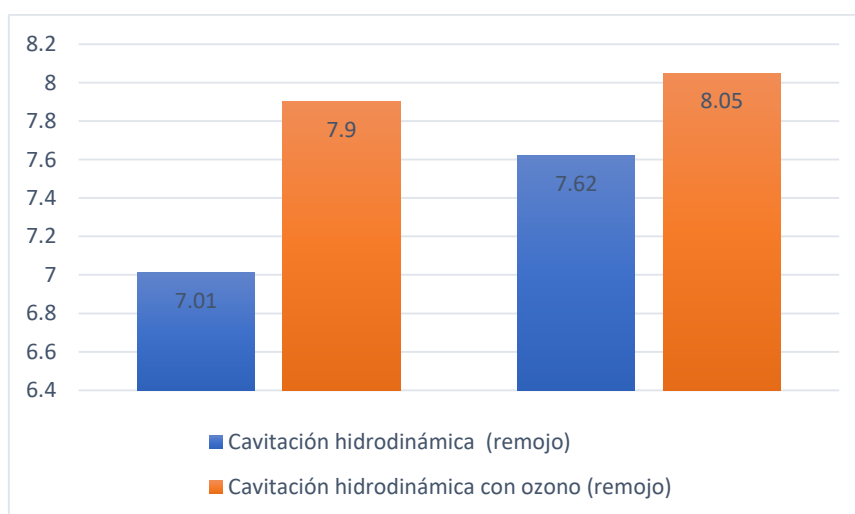
➤ **Aceites y grasas**



*Figura 15:* Resultados reducción de aceites y grasas con cavitación hidrodinámica y cavitación hidrodinámica con ozono

En el gráfico estadístico se evidencia que los aceites y grasas mediante el tratamiento con cavitación hidrodinámica se redujo de 347.9 mg/L a 81.1 mg/L, Seguidamente observamos que con el tratamiento de cavitación hidrodinámica en combinación con ozono se obtuvo una reducción de 29.3 mg/L a 2 mg/L, en esta última se evidencia una concentración inferior ya que fue disuelta con agua por que generaba mucha espuma por la presencia del ozono.

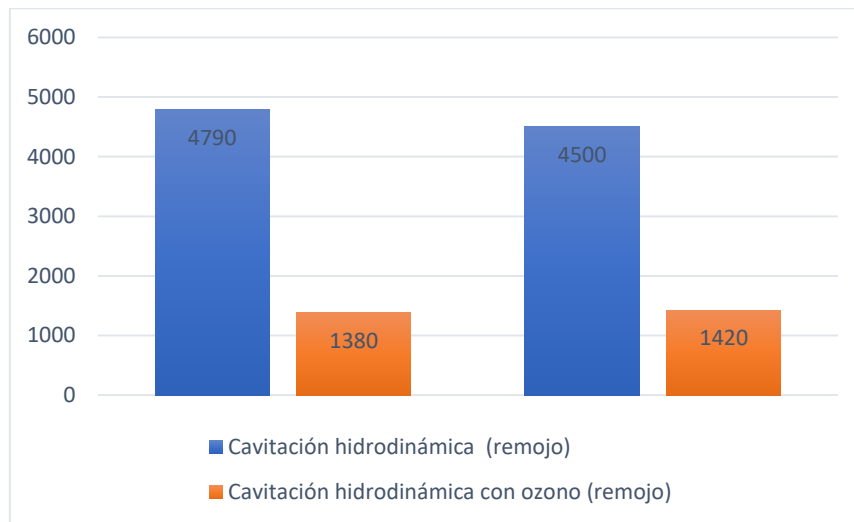
➤ **Potencial de hidrogeno (pH)**



*Figura 16:* Resultados reducción de pH con cavitación hidrodinámica y cavitación hidrodinámica con ozono

En el presente gráfico estadístico se detalla que el pH en el tratamiento de cavitación hidrodinámica tuvo un leve incremento de 7.01 de pH a 7.9 de pH, mientras que con el tratamiento de cavitación hidrodinámica en combinación con ozono también ascendió de 7.62 de pH a 8.05 de pH,

➤ **Sólidos disueltos totales (SDT)**



*Figura 17:* Resultados reducción de SDT con cavitación hidrodinámica y cavitación hidrodinámica con ozono

En el gráfico estadístico se observa que los SDT en el tratamiento con cavitación hidrodinámica disminuyeron de 4790 mg/L a 4500 mg/L, Seguidamente observamos que con el tratamiento de cavitación hidrodinámica en combinación con ozono se obtuvo un ligero aumento de 1380 mg/L a 1420 mg/L.

➤ **Temperatura (°C)**

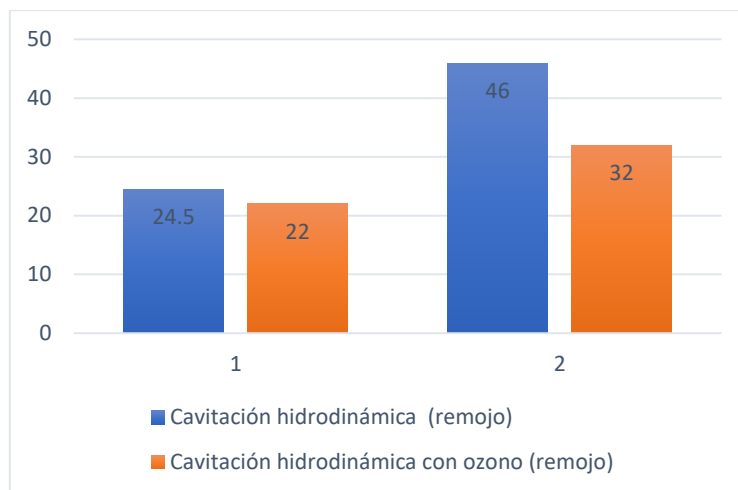


Figura 18: Resultados reducción de T°C con cavitación hidrodinámica y cavitación hidrodinámica con ozono

En el gráfico estadístico se observa que la temperatura en el tratamiento de cavitación hidrodinámica aumentó de 24.5 °C a 46 °C, mientras con el tratamiento de cavitación hidrodinámica en combinación con ozono también hubo un incremento de 22 °C a 32 °C.

## MUESTRA DEL PROCESO DE PELAMBRE

### ➤ Sólidos totales en suspensión

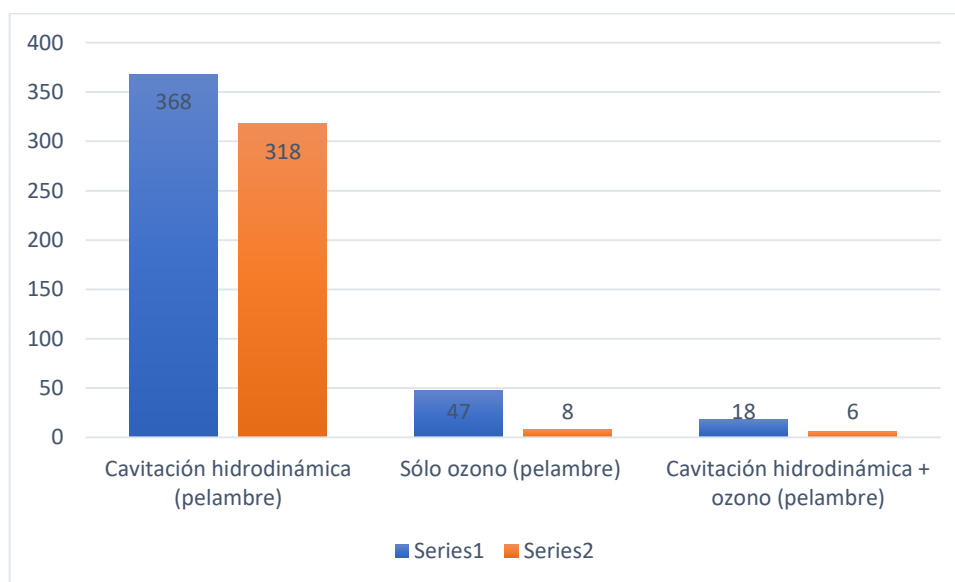
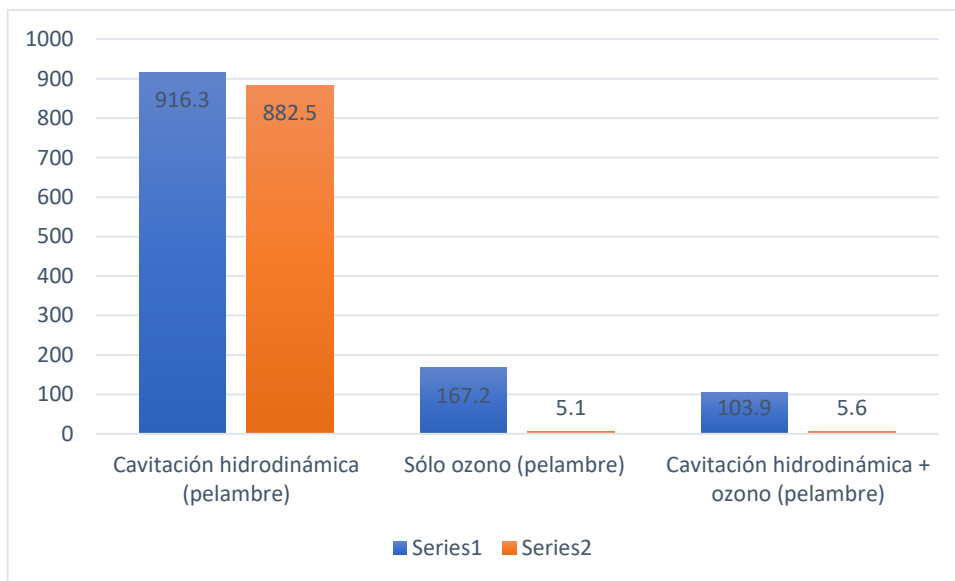


Figura 19: Resultados reducción de Sólidos Totales con cavitación hidrodinámica, ozono y cavitación hidrodinámica con ozono

En el gráfico estadístico se visualiza que los Sólidos Totales en suspensión, con el

tratamiento de cavitación hidrodinámica se redujo de 368 mg/L a 318 mg/L, mientras que con el tratamiento de ozono disminuyó considerablemente de 47 mg/L a 8 mg/L, seguidamente utilizando el tratamiento de cavitación hidrodinámica y ozono se redujo de 18 mg/L a 6 mg/L, en estas dos últimas se evidencia una concentración inferior ya que fue disuelta con agua porque la presencia del ozono generaba mucha espuma.

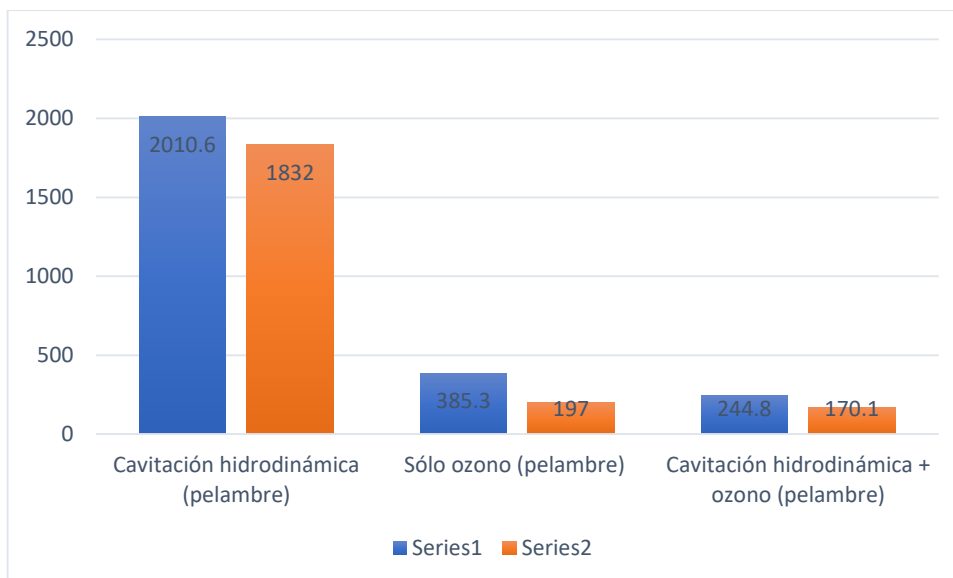
➤ **Demanda biológica de oxígeno (DBO)**



*Figura 20:* Resultados reducción de DBO con cavitación hidrodinámica, ozono y cavitación hidrodinámica con ozono

En el gráfico estadístico mostrado se visualiza que la DBO con el tratamiento con cavitación hidrodinámica disminuyó de 916.3 mg/L a 882.5 mg/L. Seguidamente observamos que con el tratamiento de ozono se obtuvo una reducción de 167.2 mg/L a 5.1 mg/L, así mismo, utilizando el tratamiento de cavitación hidrodinámica y ozono se redujo de 103.9 mg/L a 5.6 mg/L, en estas dos últimas se evidencia una concentración inferior ya que fue disuelta con agua porque la presencia del ozono generaba mucha espuma.

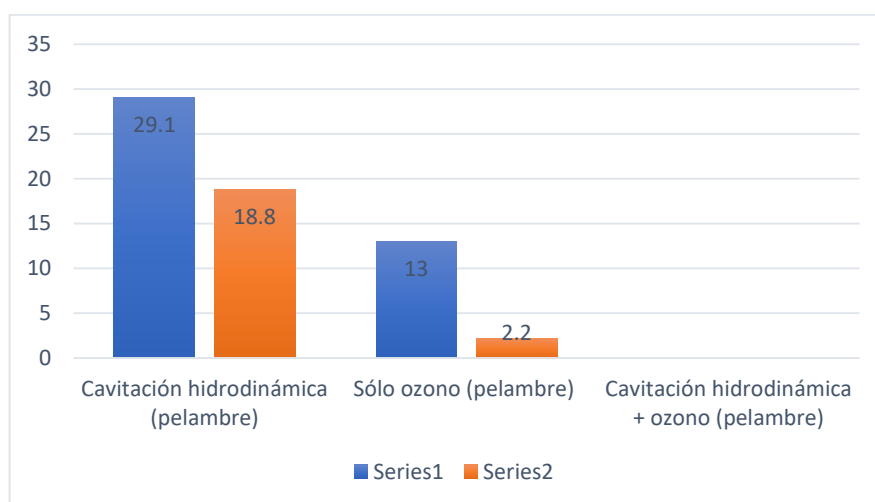
➤ **Demanda química de oxígeno (DQO)**



**Figura 21:** Resultados reducción de DQO con cavitación hidrodinámica, ozono y cavitación hidrodinámica con ozono

En el gráfico estadístico se evidencia que la DQO en el tratamiento con cavitación hidrodinámica se redujo de 2010.6 mg/L a 1832 mg/L, Seguidamente observamos que con el tratamiento con ozono se obtuvo una reducción de 385.3 mg/L a 107 mg/L, así mismo, utilizando el tratamiento de cavitación hidrodinámica en combinación con ozono se redujo de 244.8 mg/L a 170.1 mg/L, en estas dos últimas se evidencia una concentración inferior ya que fue disuelta con agua porque la presencia del ozono generaba mucha espuma.

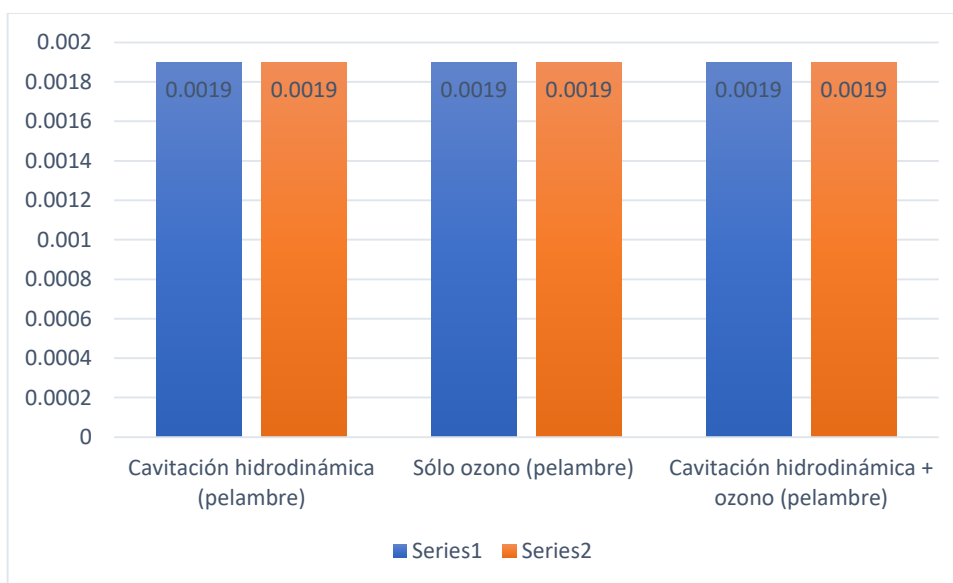
➤ **Aceites y grasas**



**Figura 22:** Resultados reducción de aceites y grasas con cavitación hidrodinámica, ozono y cavitación hidrodinámica con ozono

En el gráfico estadístico se evidencia que los aceites y grasas mediante el tratamiento con cavitación hidrodinámica se redujo de 21.1 mg/L a 18.8 mg/L, Seguidamente observamos que con el tratamiento con ozono se obtuvo una reducción de 13 mg/L a 2.2 mg/L, así mismo, utilizando el tratamiento de cavitación hidrodinámica en combinación no se realizaron análisis, en esta última se evidencia una concentración inferior ya que fue disuelta con agua porque la presencia del ozono generaba mucha espuma.

➤ **Sulfuro**

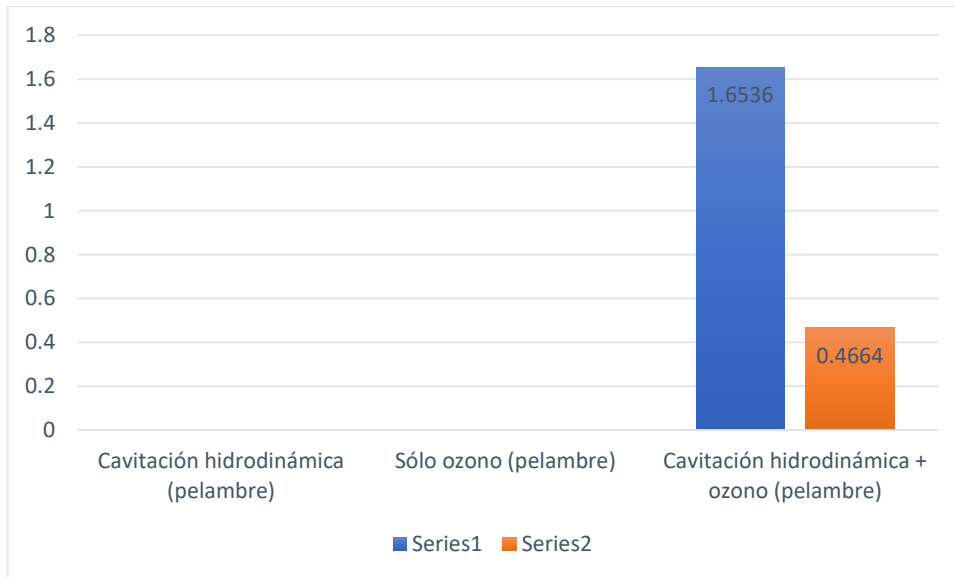


*Figura 23:* Resultados reducción de sulfuro con cavitación hidrodinámica, ozono y cavitación hidrodinámica con ozono

En el gráfico estadístico se evidencia que el sulfuro mediante el tratamiento con cavitación hidrodinámica, ozono y cavitación hidrodinámica con ozono permanece constante en los tres (03) tratamientos de <0.0019 mg/L a <0.0019 mg/L.

➤ **Metales totales (cromo)**

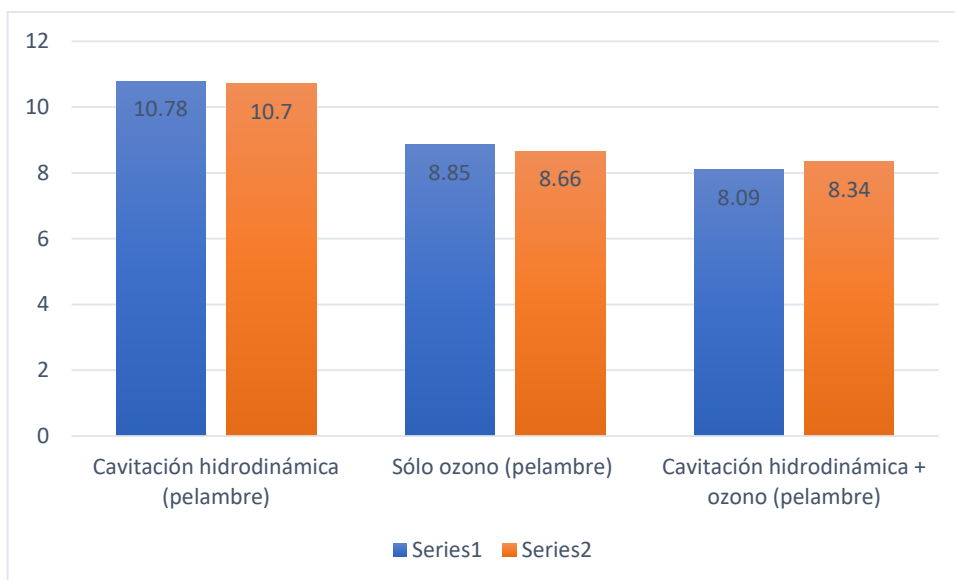




**Figura 24:** Resultados reducción de sulfuro con cavitación hidrodinámica, ozono y cavitación hidrodinámica con ozono

En el gráfico estadístico se evidencia que solo se realizó el análisis con tratamiento de cavitación hidrodinámica con ozono en donde disminuyo de 1.6536 mg/L a 0.4664 mg/L

➤ **Potencial de hidrogeno (pH)**

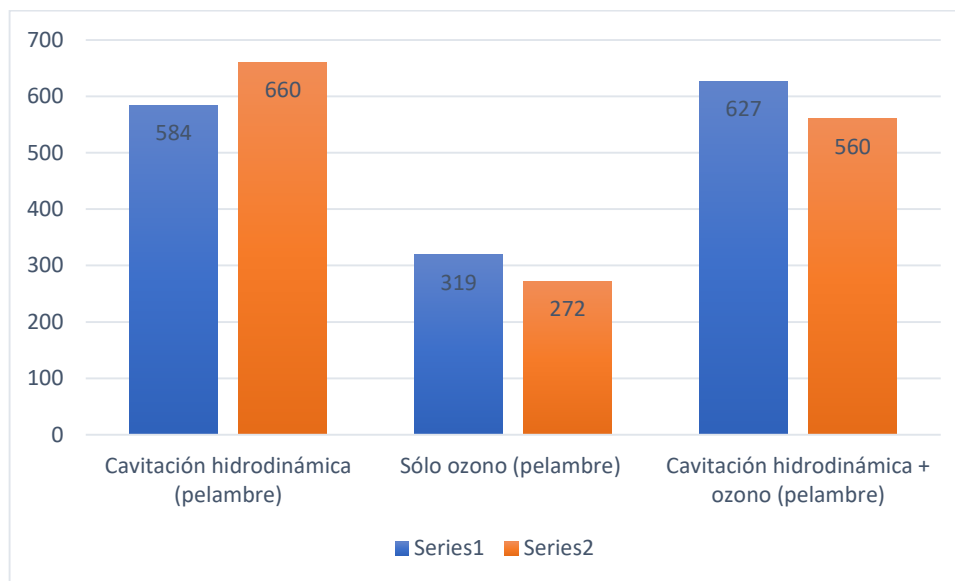


**Figura 25:** Resultados reducción de pH con suspensión cavitación hidrodinámica, ozono y cavitación hidrodinámica con ozono

En el presente gráfico estadístico se detalla que el pH en el tratamiento de

cavitación hidrodinámica tuvo una leve disminución de 10.78 de pH a 10.7 de pH, mientras que con el tratamiento con ozono también tuvo una leve disminución de 8.85 de pH a 8.66 de pH, seguidamente mediante la el tratamiento de cavitación hidrodinámica en combinación con ozono tuvo un leve ascenso de 8.09 de pH a 8.34 de pH,

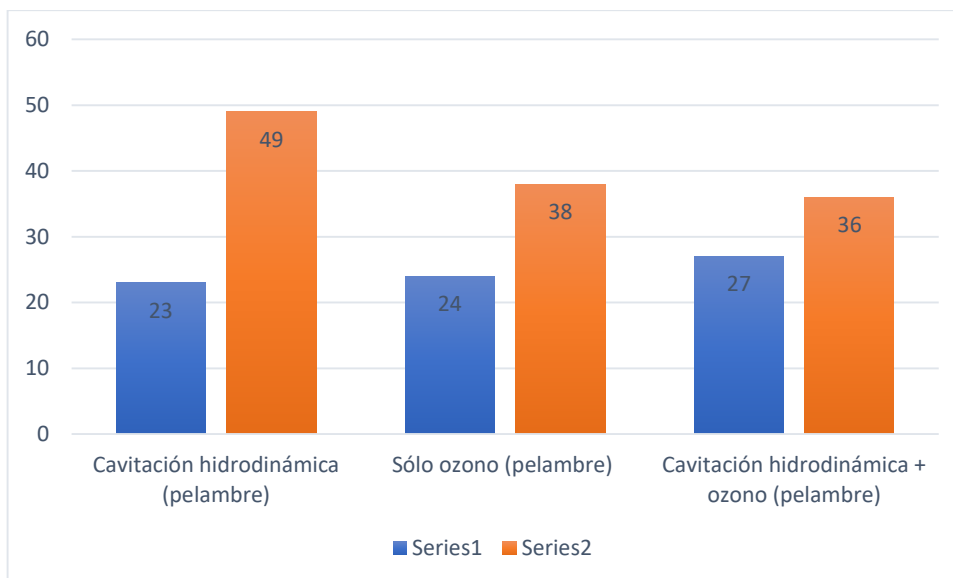
➤ **Sólidos disueltos totales (SDT)**



*Figura 26:* Resultados reducción de SDT con suspensión cavitación hidrodinámica, ozono y cavitación hidrodinámica con ozono

En el gráfico estadístico se observa que los SDT en el tratamiento con cavitación hidrodinámica aumento de 584 mg/L a 660 mg/L, así mismo, mediante tratamiento con ozono disminuyo de 319 mg/L a 272 mg/L, Seguidamente observamos que con el tratamiento de cavitación hidrodinámica en combinación con ozono se obtuvo un descenso de 627 mg/L a 560 mg/L.

➤ **Temperatura (°C)**

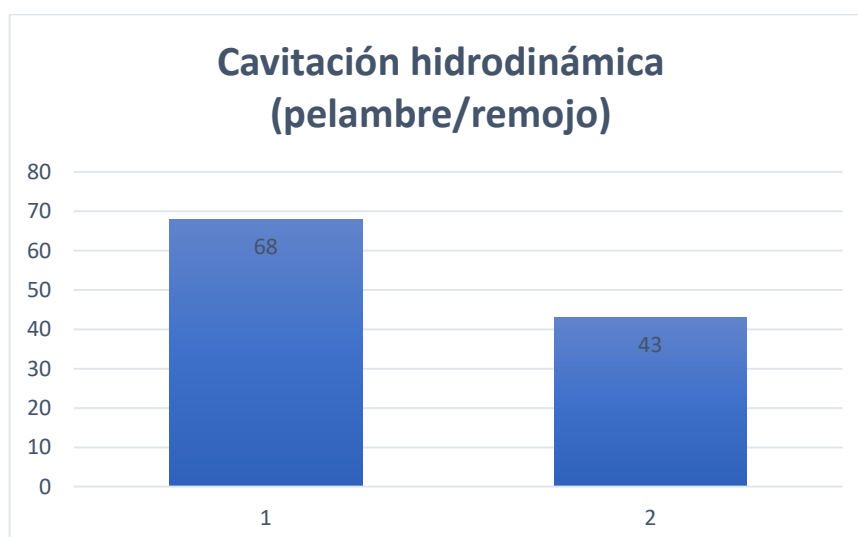


*Figura 27:* Resultados reducción de T°C con suspensión cavitación hidrodinámica, ozono y cavitación hidrodinámica con ozono

En el gráfico estadístico se observa que la temperatura en el tratamiento de cavitación hidrodinámica aumentó de 23 °C a 49 °C, mientras con el tratamiento con ozono se incrementó de 24 °C a 38 °C, seguidamente en el tratamiento de cavitación hidrodinámica en combinación con ozono aumento de 27 °C a 36°C.

### MUESTRA DEL PROCESO DE REMOJO EN COMBINACIÓN CON PELAMBRE

#### ➤ Sólidos totales en suspensión



*Figura 28:* Resultados reducción de Sólidos Totales con cavitación hidrodinámica

En el gráfico estadístico se visualiza que los Sólidos Totales en suspensión,

mediante el tratamiento de cavitación hidrodinámica se redujo de 68 mg/L a 43 mg/L,

➤ **Demanda biológica de oxígeno (DBO)**

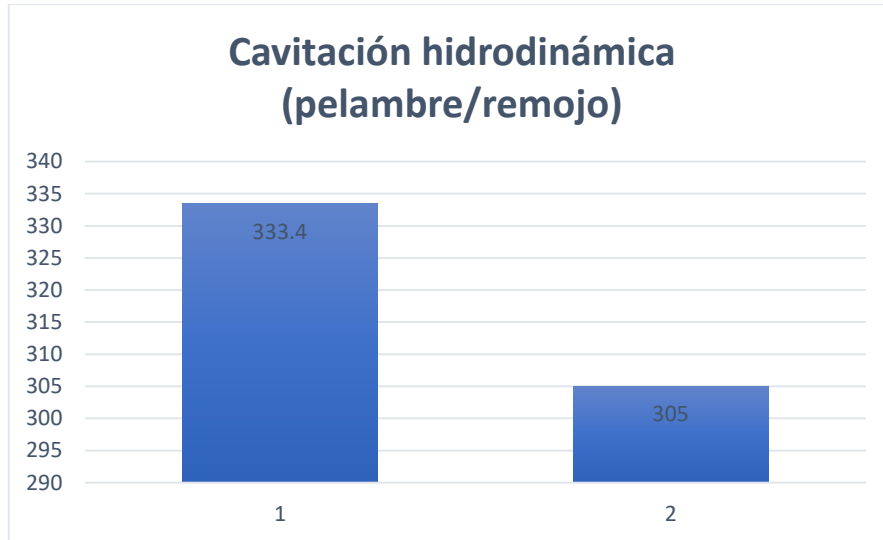


Figura 29: Resultados reducción de DBO con cavitación hidrodinámica

En el gráfico estadístico mostrado se visualiza que la DBO con el tratamiento con cavitación hidrodinámica redujo su concentración de 333.4 mg/L a 305 mg/L.

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

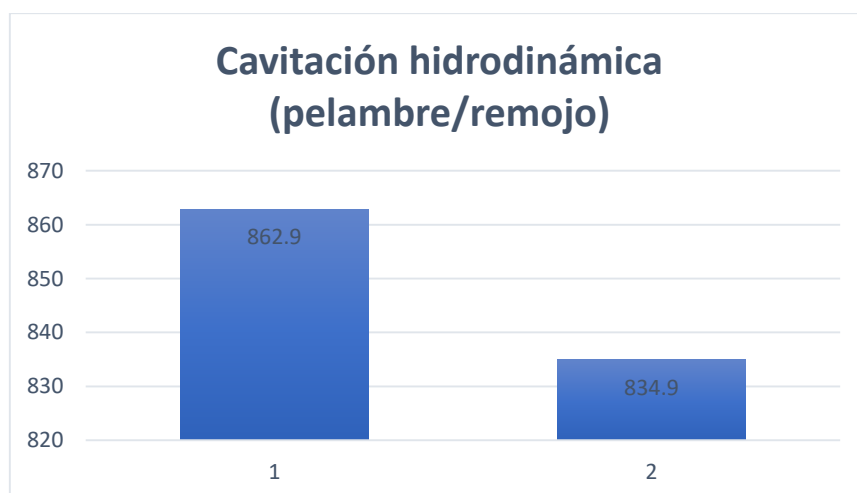


Figura 30: Resultados reducción de DQO con cavitación hidrodinámica

En el gráfico estadístico se evidencia que la DQO en el tratamiento con cavitación hidrodinámica se redujo de 862.9 mg/L a 834.9 mg/L,

➤ **Sulfuro**

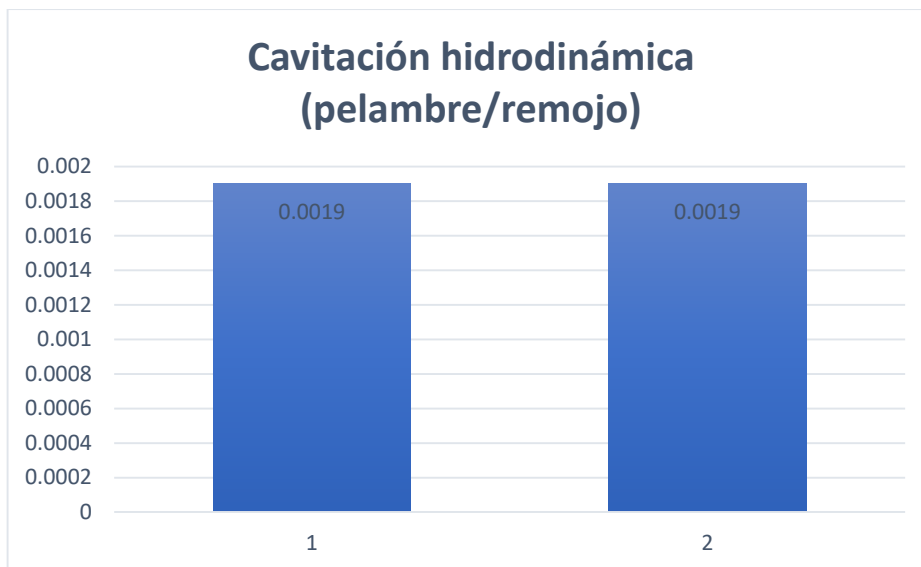


Figura 31: Resultados reducción de sulfuro con cavitación hidrodinámica

En el gráfico estadístico se evidencia que el sulfuro mediante el tratamiento con cavitación hidrodinámica permanece constante de <0.0019 mg/L a <0.0019 mg/L.

➤ **Potencial de hidrogeno (pH)**

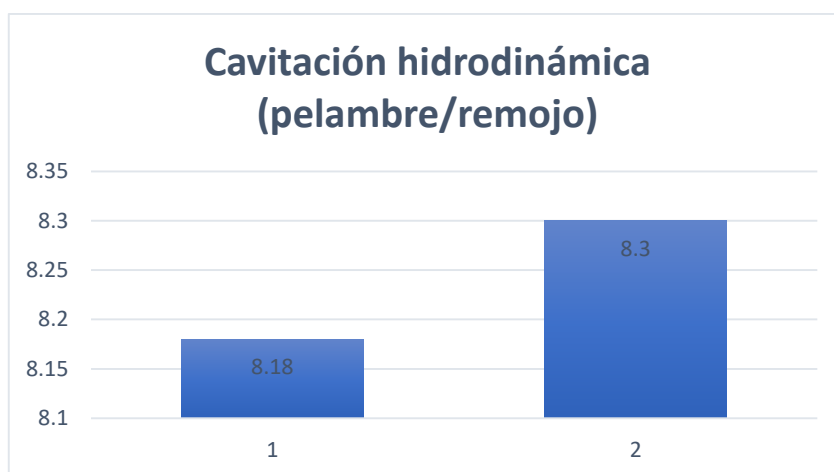
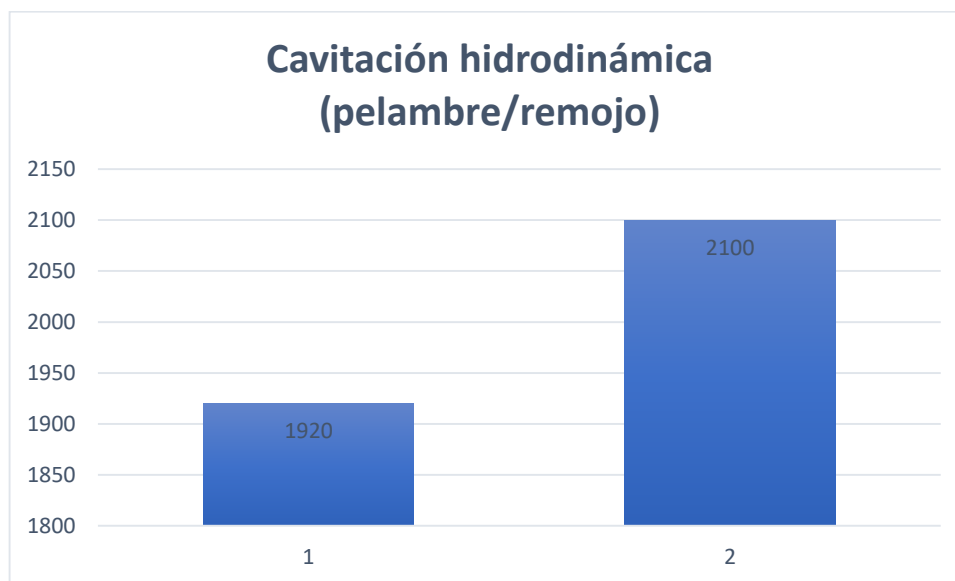


Figura 32: Resultados reducción de pH con cavitación hidrodinámica

En el presente gráfico estadístico se detalla que el pH en el tratamiento de cavitación hidrodinámica tuvo un leve incremento de 8.18 de pH a 8.3 de pH.

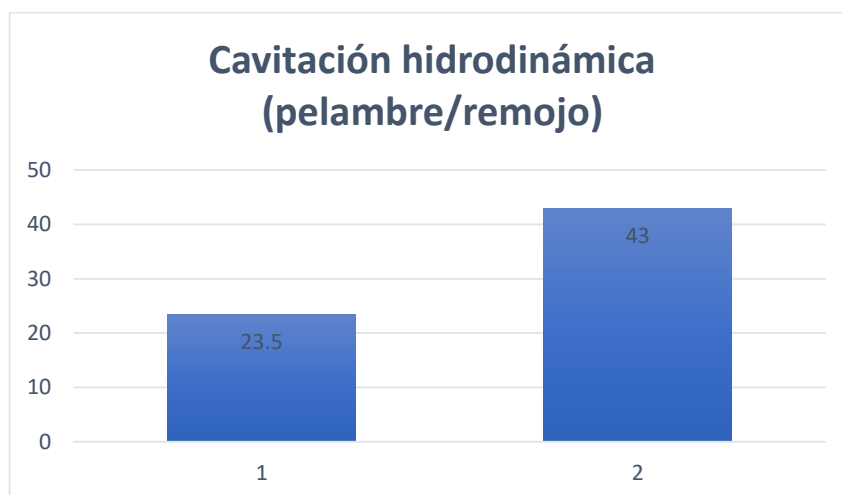
➤ **Sólidos disueltos totales (SDT)**



*Figura 33:* Resultados reducción de SDT con cavitación hidrodinámica

En el gráfico estadístico se observa que los SDT en el tratamiento con cavitación hidrodinámica tuvieron un leve incremento de 1920 mg/L a 2100 mg/L.

➤ **Temperatura (°C)**

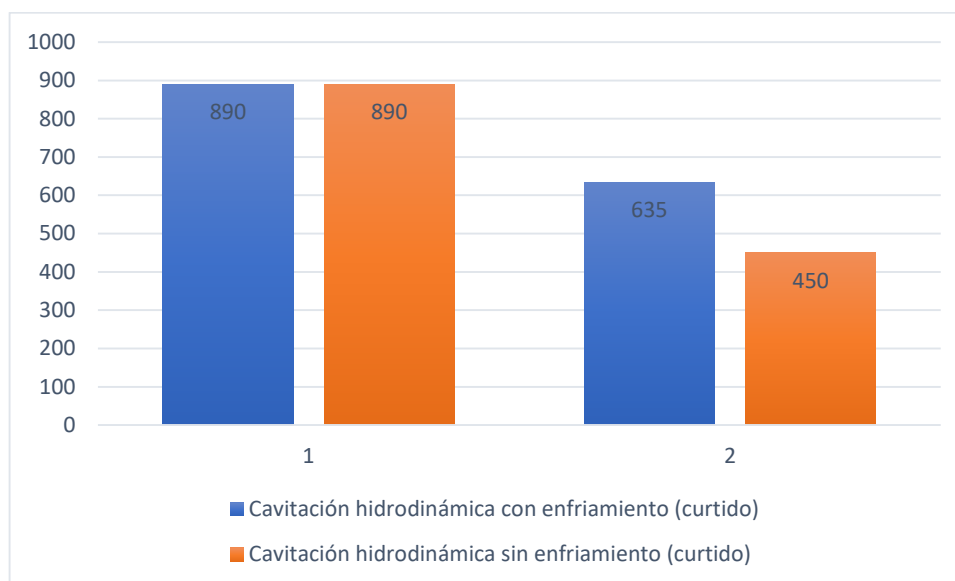


*Figura 34:* Resultados reducción de T°C con cavitación hidrodinámica

En el gráfico estadístico se observa que la temperatura en el tratamiento de cavitación hidrodinámica aumentó de 23.5 °C a 43 °C.

## MUESTRA DEL PROCESO DE CURTIEMBRE CON ENFRIAMIENTO Y SIN ENFRIAMIENTO

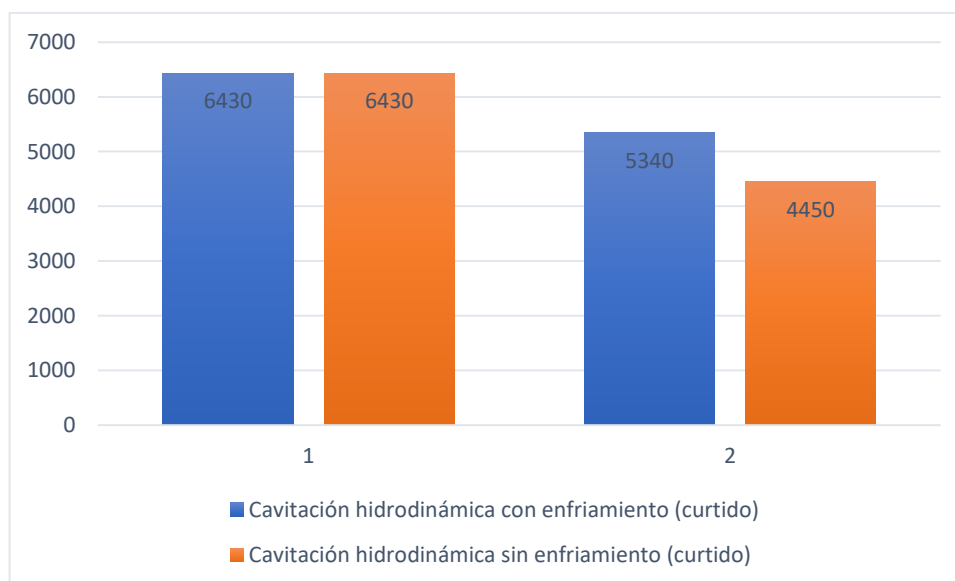
### ➤ Sólidos totales en suspensión



*Figura 35:* Resultados de la reducción de Sólidos Totales en suspensión cavitación hidrodinámica con enfriamiento y sin enfriamiento

En el gráfico estadístico se visualiza el parámetro de Sólidos Totales en suspensión, evidenciamos que con el tratamiento de cavitación hidrodinámica con enfriamiento se redujo de 890 mg/L a 635 mg/L, mientras que con el tratamiento de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento disminuyó de 890 mg/L a 450 mg/L.

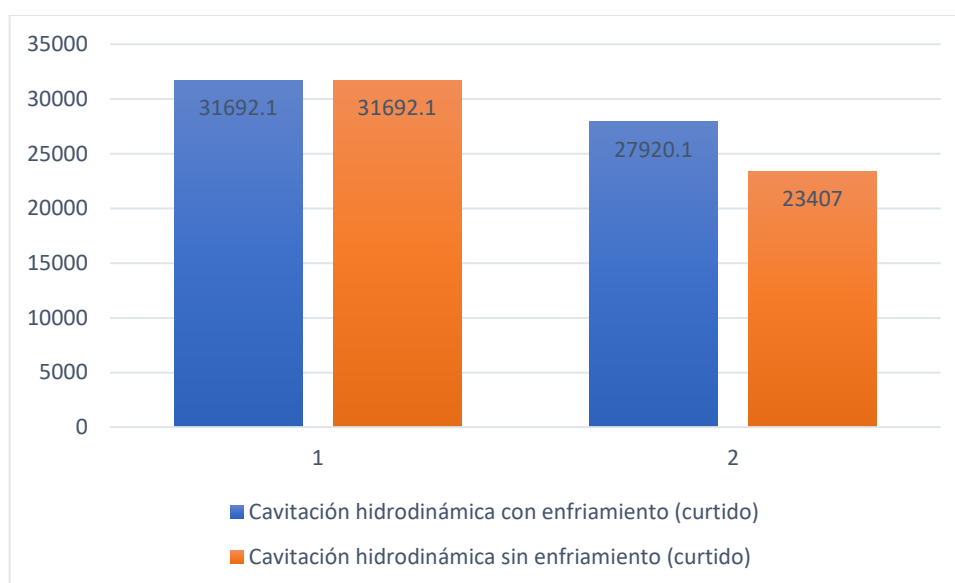
### ➤ Demanda biológica de oxígeno (DBO)



*Figura 36:* Resultados de la reducción de DBO con cavitación hidrodinámica con enfriamiento y sin enfriamiento

En el gráfico estadístico mostrado se visualiza que la DBO con el tratamiento con cavitación hidrodinámica con enfriamiento redujo su concentración de 6430 mg/L a 5340 mg/L. Seguidamente observamos que con el tratamiento de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento se obtuvo una reducción de 6430 mg/L a 4450 mg/L.

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

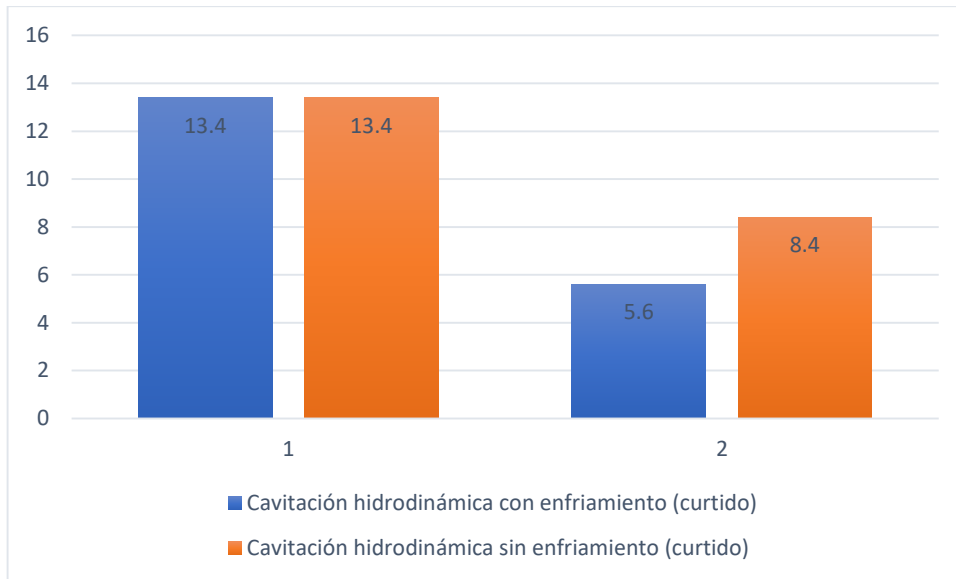


*Figura 37:* Resultados de la reducción de DQO con cavitación hidrodinámica con enfriamiento y sin enfriamiento

En el gráfico estadístico se evidencia que la DQO en el tratamiento con cavitación hidrodinámica con enfriamiento se redujo de 31692.1 mg/L a 27920.1 mg/L, Seguidamente observamos que con el tratamiento de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento se obtuvo una reducción de 31692.1 mg/L a 23407 mg/L.

➤ **Aceites y grasas**

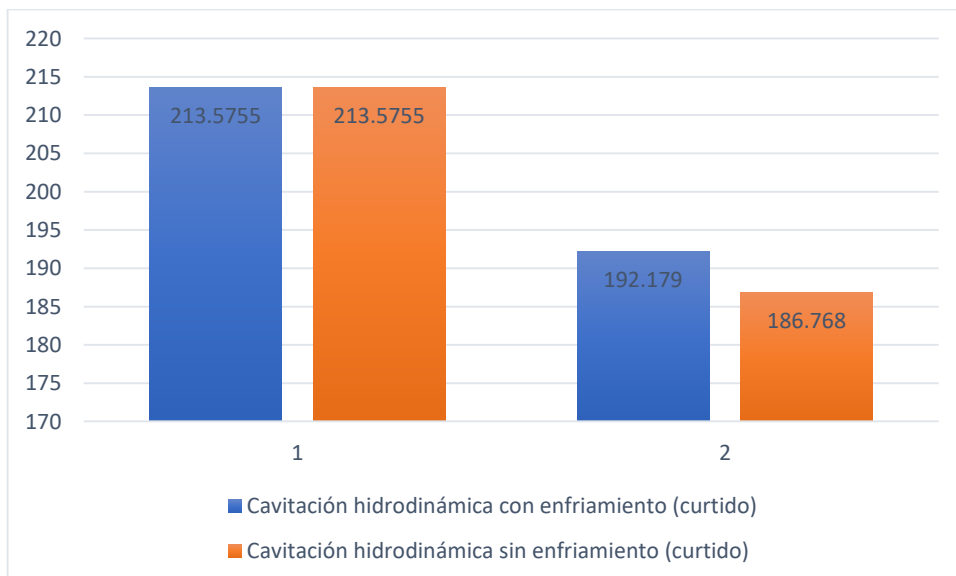




**Figura 38:** Resultados de la reducción de aceites y grasas con cavitación hidrodinámica con enfriamiento y sin enfriamiento

En el gráfico estadístico se evidencia que los aceites y grasas mediante el tratamiento con cavitación hidrodinámica con enfriamiento se redujo de 13.4 mg/L a 5.6 mg/L, Seguidamente observamos que con el tratamiento de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento se obtuvo una reducción de 13.4 mg/L a 8.4 mg/L.

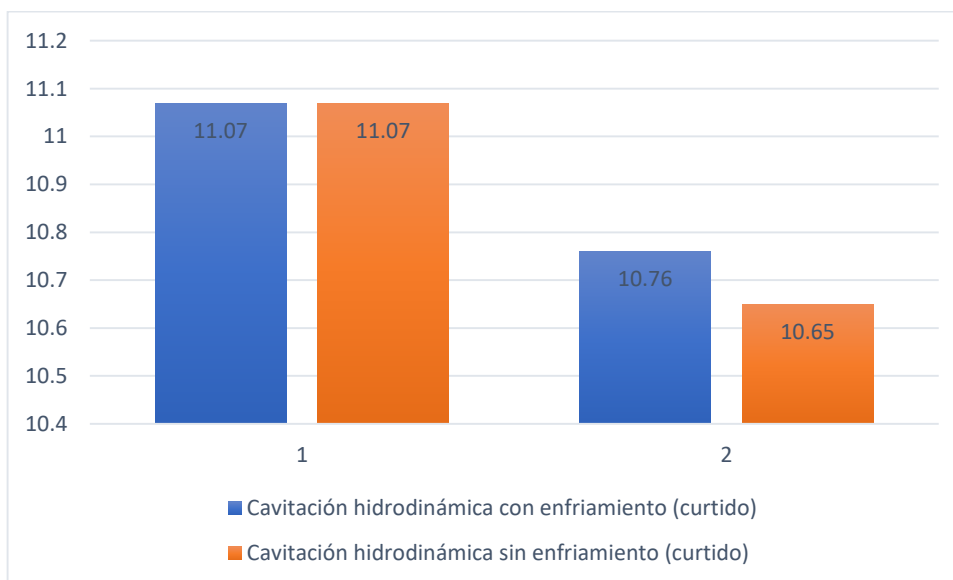
➤ **Sulfuro**



**Figura 39:** Resultados de la reducción de sulfuro con cavitación hidrodinámica con enfriamiento y sin enfriamiento

En el gráfico estadístico se evidencia que el sulfuro mediante el tratamiento con cavitación hidrodinámica con enfriamiento se reduce de 213.5755 mg/L a 192.179 mg/L, mientras que con el tratamiento de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento se reduce de 213.5755 mg/L a 186.768 mg/L.

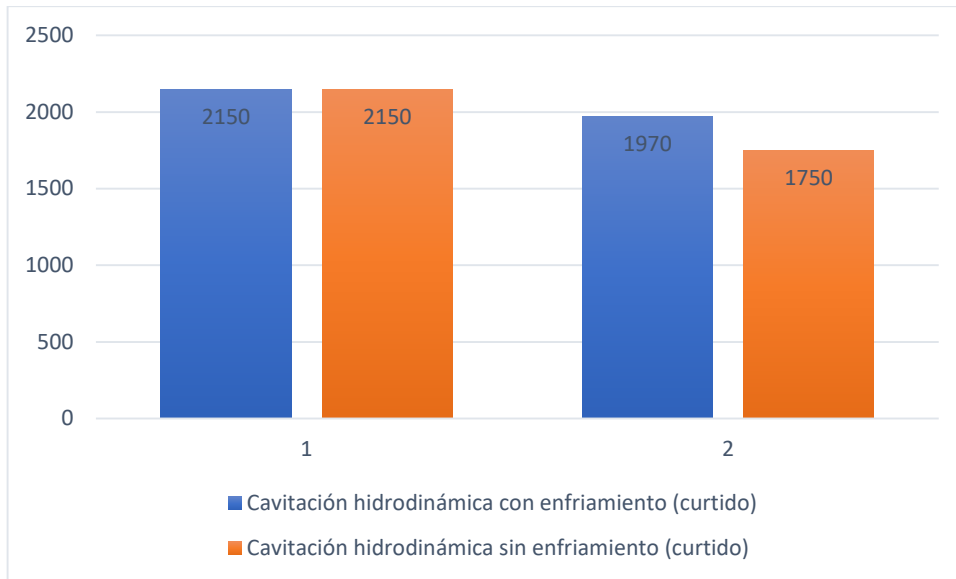
➤ **Potencial de hidrogeno (pH)**



*Figura 40:* Resultados de la reducción de pH con cavitación hidrodinámica con enfriamiento y sin enfriamiento

En el presente gráfico estadístico se detalla que el pH en el tratamiento de cavitación hidrodinámica con enfriamiento disminuyo de 11.07 de pH a 10.76 de pH, mientras que con el tratamiento de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento se redujo de 11.07 de pH a 10.65 de pH,

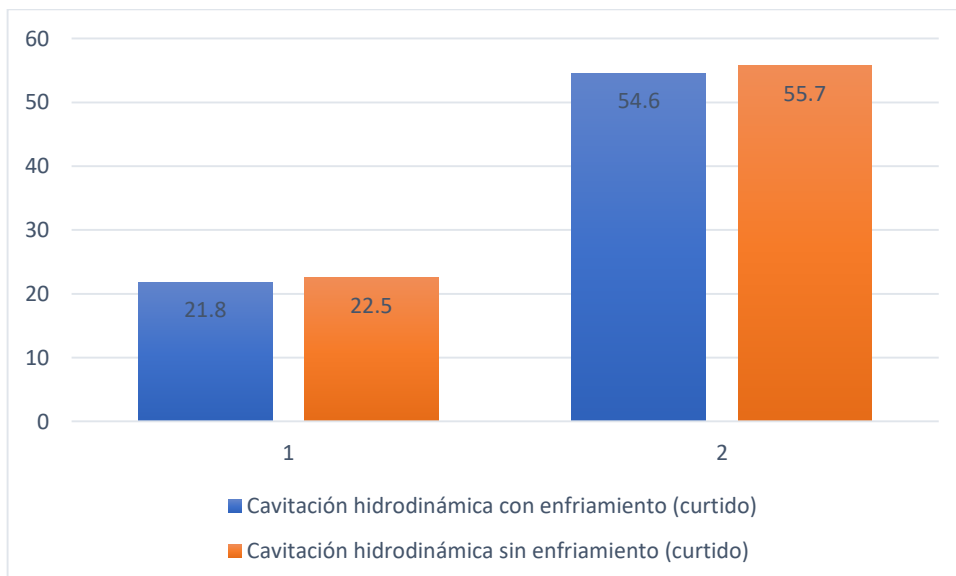
➤ **Sólidos disueltos totales (SDT)**



**Figura 41:** Resultados reducción de SDT con cavitación hidrodinámica con enfriamiento y sin enfriamiento

En el gráfico estadístico se observa que los SDT en el tratamiento con cavitación hidrodinámica con enfriamiento disminuyeron de 2150 mg/L a 1970 mg/L, Seguidamente observamos que con el tratamiento de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento se redujo de 2150 mg/L a 1750 mg/L.

➤ **Temperatura (°C)**

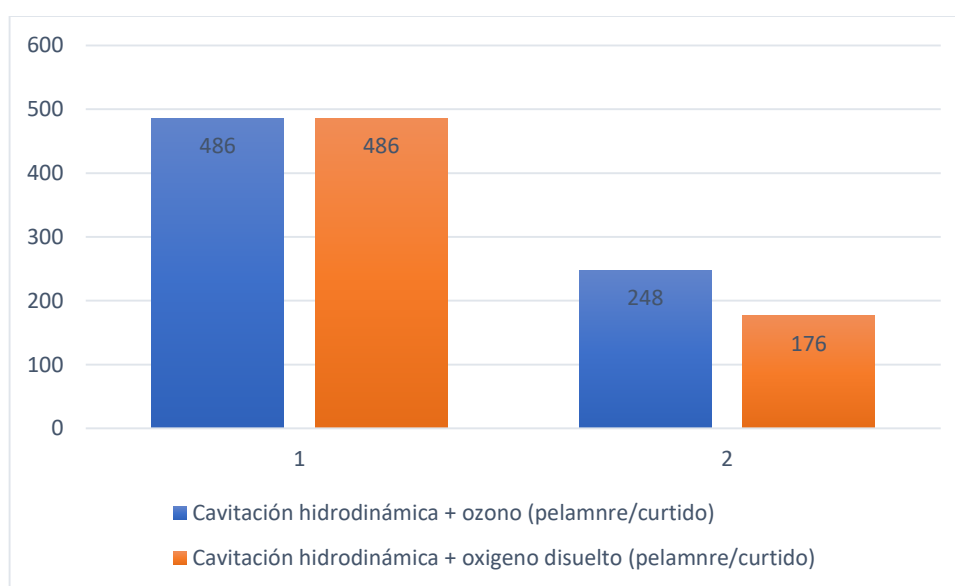


**Figura 42:** Resultados reducción de T°C con cavitación hidrodinámica con enfriamiento y sin enfriamiento

En el gráfico estadístico se observa que la temperatura en el tratamiento de cavitación hidrodinámica con enfriamiento aumentó de 21.8 °C a 54.6 °C, mientras con el tratamiento de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento también hubo un incremento de 22.5 °C a 55.7 °C.

### MUESTRA DEL PROCESO DE CURTIDO CON EL MÉTODO DE CAVITACIÓN HIDRODINÁMICA CON OZONO Y EL MÉTOD DE CAVITACIÓN HIDRODINÁMICA CON OXÍGENO ATMOSFÉRICO

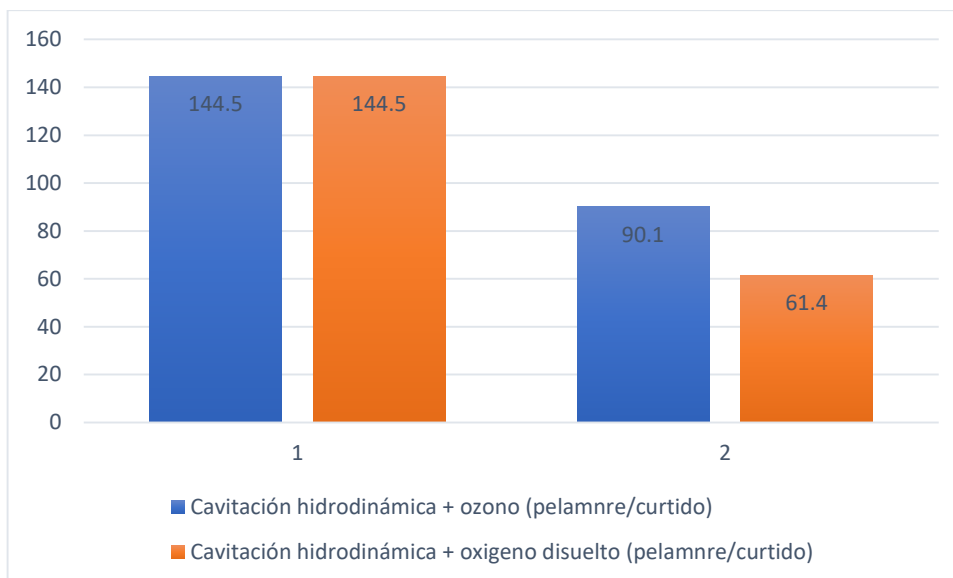
#### ➤ Sólidos totales en suspensión



*Figura 43:* Resultados de la reducción de Sólidos Totales en suspensión con cavitación hidrodinámica con ozono y cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico

En el gráfico estadístico se visualiza el parámetro de Sólidos Totales en suspensión, en el cual evidenciamos que con el tratamiento de cavitación hidrodinámica con ozono tuvo una reducción de 486 mg/L a 248 mg/L, mientras que con el tratamiento de cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico tuvo una reducción considerable de 486 mg/L a 176 mg/L.

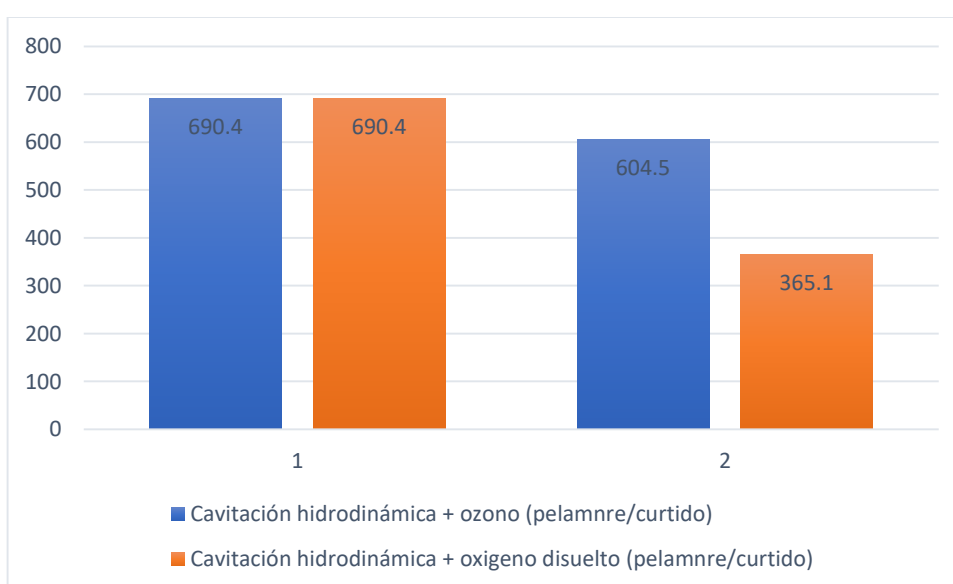
#### ➤ Demanda biológica de oxígeno (DBO)



**Figura 44:** Resultados de la reducción de DBO con cavitación hidrodinámica con ozono y cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico

En el gráfico estadístico mostrado se visualiza que la DBO con el tratamiento con cavitación hidrodinámica con ozono redujo su concentración de 144.5 mg/L a 90.1 mg/L. Seguidamente observamos que con el tratamiento de cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico se obtuvo una reducción de 144.5 mg/L a 61.4 mg/L.

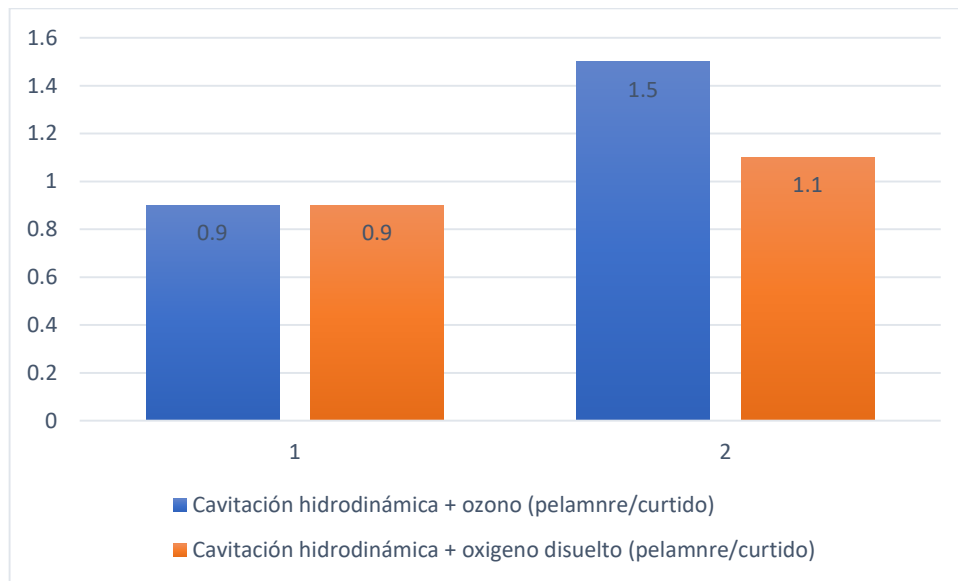
➤ **Demanda química de oxígeno (DQO)**



*Figura 45:* Resultados de la reducción de DQO con cavitación hidrodinámica con ozono y cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico

En el gráfico estadístico se evidencia que la DQO con el tratamiento con cavitación hidrodinámica con ozono tuvo una reducción de 690.4 mg/L a 604.5 mg/L, mientras que con el tratamiento de cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico se obtuvo una reducción de 690.4 mg/L a 365.1 mg/L.

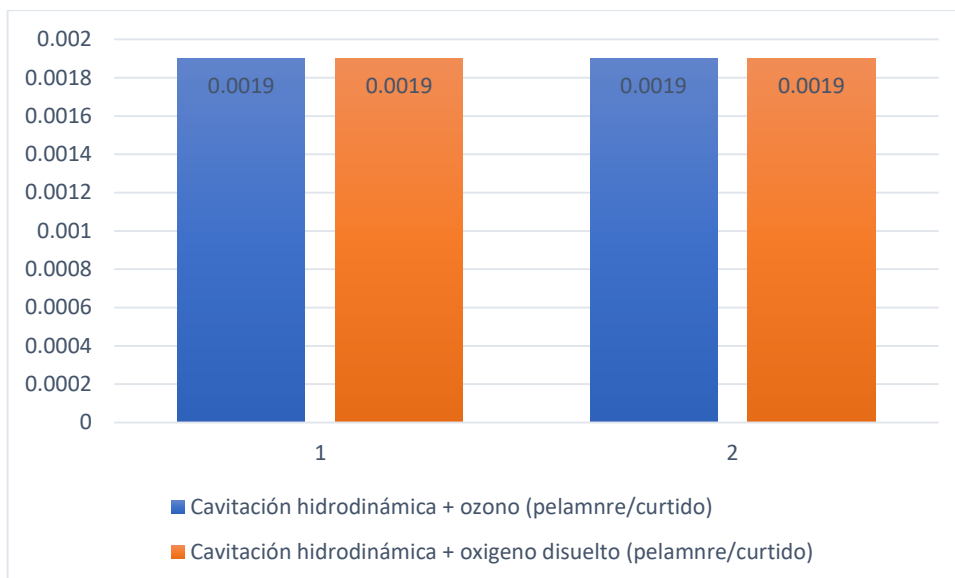
➤ **Aceites y grasas**



*Figura 46:* Resultados de la reducción de aceites y grasas con cavitación hidrodinámica con ozono y cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico

En el gráfico estadístico se evidencia que los aceites y grasas mediante el tratamiento con cavitación hidrodinámica con ozono incremento de 0.9 mg/L a 1.5 mg/L, Seguidamente observamos que con el tratamiento de cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico se obtuvo un leve incremento de 0.9 mg/L a 1.1 mg/L.

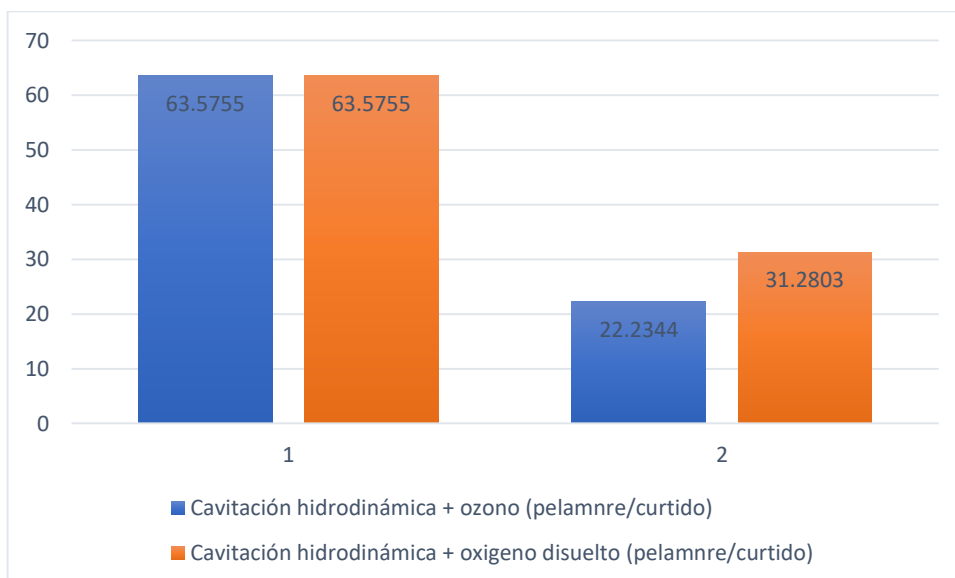
➤ **Sulfuro**



**Figura 47:** Resultados de la reducción de sulfuro con cavitación hidrodinámica con ozono y cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico

En el gráfico estadístico se evidencia que el sulfuro mediante cavitación hidrodinámica con ozono y cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico permaneció de manera constante de <0.0019 a <0.0019.

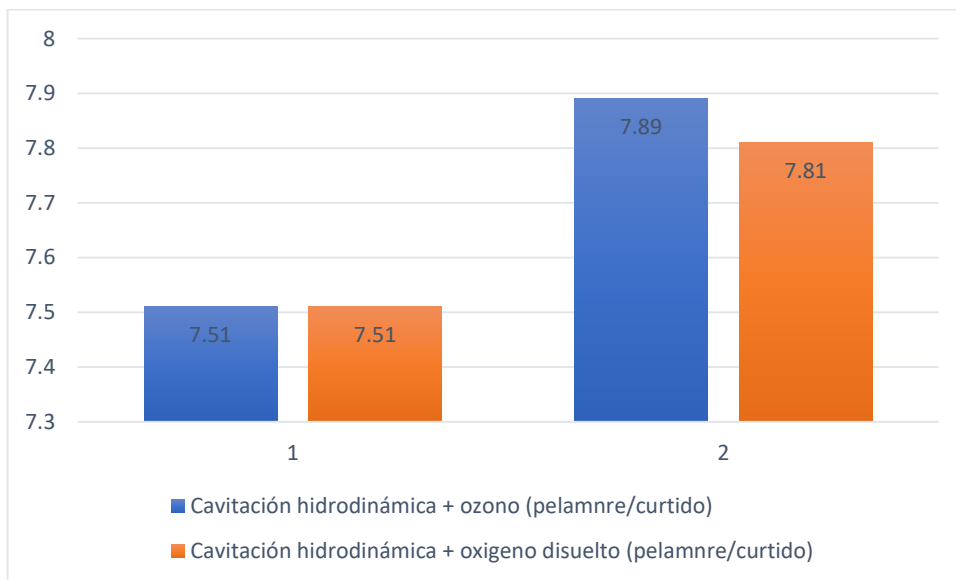
➤ **Metales totales (cromo)**



**Figura 48:** Resultados de la reducción de metales totales (cromo) con cavitación hidrodinámica con ozono y cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico

En el gráfico estadístico se evidencia que con tratamiento de cavitación hidrodinámica con ozono disminuyó de 63.5755 mg/L a 22.2344 mg/L, mientras que con el tratamiento de cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico también se redujo de 63.63.5755 mg/L a 31.2803 mg/L

➤ **Potencial de hidrogeno (pH)**

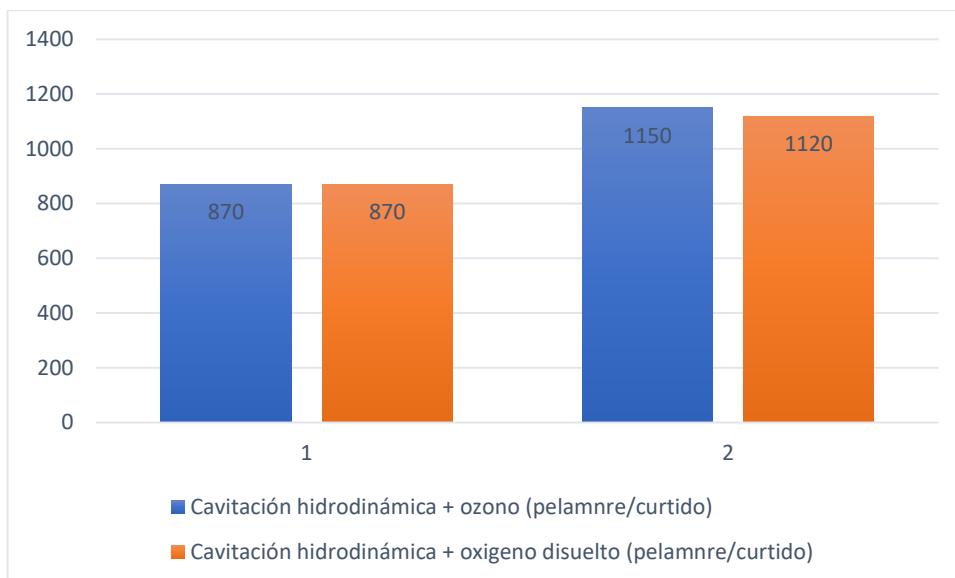


*Figura 49:* Resultados de la reducción de pH con cavitación hidrodinámica con ozono y cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico

En el presente gráfico estadístico se detalla que el pH en el tratamiento de cavitación hidrodinámica con ozono tuvo un leve aumento de 7.51 de pH a 7.89 de pH, mientras que con el tratamiento de cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico también se obtuvo un leve incremento de 7.51 de pH a 7.81 de pH,

➤ **Sólidos disueltos totales (SDT)**

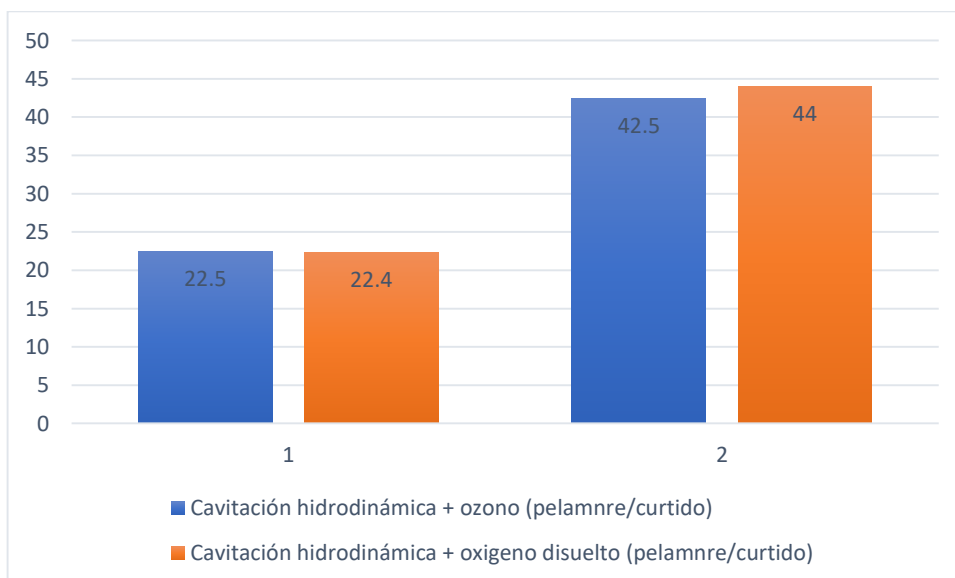




**Figura 50:** Resultados reducción de SDT con cavitación hidrodinámica con ozono y cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico

En el gráfico estadístico se observa que los SDT en el tratamiento con cavitación hidrodinámica con ozono se obtuvo un incremento de 870 mg/L a 1150 mg/L, y que con el tratamiento de cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico también se incrementó de 870 mg/L a 1120 mg/L.

➤ **Temperatura (°C)**



**Figura 51:** Resultados reducción de T°C con cavitación hidrodinámica con ozono y cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico

En el gráfico estadístico se observa que la temperatura en el tratamiento de cavitación hidrodinámica con ozono aumentó de 22.5 °C a 42.5 °C, mientras que con el tratamiento de cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico también hubo un incremento de 22.4 °C a 44 °C.

### **Cavitación hidrodinámica y cavitación hidrodinámica con ozono (muestra de remojo).**

Para los sólidos totales en suspensión (SST), con el método de cavitación hidrodinámica se evidencia una reducción de 69.85%, de la misma manera con el método de cavitación hidrodinámica y ozono se presentó una disminución de 83.33%. En conclusión, los SST con cavitación hidrodinámica con ozono reducen en un promedio de 13.48%.

Para la DBO con el método de cavitación hidrodinámica se obtuvo una reducción de 44.41%, mientras que con el método de cavitación hidrodinámica con ozono se obtuvo una considerable reducción de 96.13%. En conclusión, la DBO al someterse al método con cavitación hidrodinámica y ozono reduce en un 51.72% más que con el método de solo cavitación hidrodinámica.

Para la DQO con el método de cavitación hidrodinámica hubo una reducción del 44.15%, así también con el método de cavitación hidrodinámica con ozono disminuyó un 64.26%. Por lo cual se concluye que este último método de tratamiento tiene un rendimiento de un 20.11% de la DQO.

Para los aceites y grasas con el método de cavitación hidrodinámica se evidencia la reducción del 76.69%, así mismo con el método de cavitación hidrodinámica con ozono observamos que se redujo en un 96.34%. Por lo cual se concluye que con este último método se obtiene un 19.65% más favorable en la reducción que el primer método.

Para el pH con el método de cavitación hidrodinámica presentó un aumento de 8.71%, mientras que con el método de cavitación hidrodinámica con ozono se observa el aumento de 1.94%. Se concluye que no hubo cambios físicos muy

significativos.

Para los STD con el método de cavitación hidrodinámica se obtiene una ligera reducción de 6.05%, mientras que con el método de cavitación hidrodinámica con ozono hubo un ligero aumento del 2.90%. En conclusión, el método de la cavitación genera una reducción.

### **Cavitación hidrodinámica, ozono y Cavitación hidrodinámica con ozono (muestra de pelambre).**

Para los sólidos totales en suspensión (SST) con método de cavitación hidrodinámica se redujo en un 13.59% mientras que con el método de solo ozono se presentó una reducción de 82.98%, por último, con el método de cavitación hidrodinámica en combinación con ozono se obtuvo una reducción de un 66.67%. Como conclusión se debe de utilizar el método con ozono en estas muestras de agua.

Se evidencia que con método de cavitación hidrodinámica la DBO se tuvo una reducción del 3.69%, mientras que con el método de solo ozono hubo una disminución del 96.95%, por otra parte, con el método de cavitación hidrodinámica en combinación con ozono se obtuvo una reducción del 94.16% de la concentración de la DBO. En conclusión, la presencia del ozono es muy buena en la reducción de este tipo de agua.

Para la DQO con método de cavitación hidrodinámica hubo una reducción del 8.88%, así también, con el método de solo ozono hubo una disminución del 48.87, mientras con el método de cavitación hidrodinámica en combinación con ozono se obtuvo una reducción de un 30.52%. Se concluye que la presencia del ozono ayuda a la reducción en un mayor porcentaje de la DQO.

Para los aceites y grasas con método de cavitación hidrodinámica disminuyo un 35.40%, mientras que con el método de solo ozono se redujo en un 83.08% de aceites y grasas. En conclusión, el método de ozono solo, reduce un 47.68% más que la cavitación hidrodinámica.

Para los metales totales (cromo), utilizando el método de cavitación hidrodinámica con ozono se tuvo una considerable reducción del 71.79%. Solo se realizó en análisis de resultado con este método.

Para el pH utilizando el método de cavitación hidrodinámica se observó una ligera disminución de 0.74%, mientras que con el método de solo ozono se redujo en un 2.14%, finalmente con el método de cavitación hidrodinámica con ozono se obtuvo un aumento de 3.09%. En conclusión, la combinación del método de la cavitación hidrodinámica y ozono general en este tipo de muestra un incremento en su pH.

Para los STD con el método de cavitación hidrodinámica se obtiene un aumento de 13.01%, mientras que con el método de solo ozono hubo una reducción del 14.73%, seguidamente, con el método de cavitación hidrodinámica en combinación con ozono se obtuvo una reducción de un 10.68%. Se concluye que con el método de solo ozono es más eficaz.

#### **Cavitación hidrodinámica (muestra combinada de pelambre/remojo).**

Para los SST con el método de cavitación hidrodinámica se presentó una reducción de 36.77%.

Se puede apreciar que con el método de cavitación hidrodinámica de la DBO se reduce en un 91.48%.

Para la DQO con el método de cavitación hidrodinámica hubo una reducción del 3.24%.

Para el pH al someterse al método de cavitación hidrodinámica se observó un aumento de 1.47%.

Para los SDT al someterse al método de cavitación hidrodinámica se apreció un incremento de 9.37%.

Para la temperatura ( $T^\circ$ ) al someterse al método de cavitación hidrodinámica se apreció un aumento del 46.52%.

En colusión gracias a solo cavitación hidrodinámica se evidencia una reducción en la mayoría de sus parámetros medidos, sin embargo, se evidencia un aumento de SDT en un 9.37% esto se debe a la remoción y circulación de sus efluentes dentro del sistema de tuberías.

### **Cavitación hidrodinámica con enfriamiento y cavitación hidrodinámica sin enfriamiento (muestra de curtido).**

Para los sólidos totales en suspensión (SST) con método de cavitación hidrodinámica con enfriamiento se redujo en un 28.65 %, mientras que con método de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento disminuyo en un 49.44%, En conclusión, la  $T^\circ$  es un parámetro muy importante en este sistema para la reducción y/o rompimiento de las burbujas formadas.

Se evidencia que con método de cavitación hidrodinámica con enfriamiento la DBO se redujo en un 16.95%, mientras que con el método de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento hubo una disminución del 30.79%. En conclusión, la  $T^\circ$  es sigue siendo un parámetro muy importante en este sistema para la reducción y/o rompimiento de las burbujas formadas.

Para la DQO con método de cavitación hidrodinámica con enfriamiento hubo una reducción del 11.89%, asimismo, con el método de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento hubo una disminución del 26.13%. Se concluye que la  $T^\circ$  es sigue siendo un parámetro muy importante en este sistema para la reducción y/o rompimiento de las burbujas formadas.

Para los aceites y grasas con método de cavitación hidrodinámica con enfriamiento disminuyo un 58.20%, mientras que con el método de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento se redujo en un 37.31% de aceites y grasas. En conclusión, la  $T^\circ$  es sigue siendo un parámetro muy importante en este sistema para la reducción y/o rompimiento de las burbujas formadas.

Para el sulfuro con el método de cavitación hidrodinámica con enfriamiento se evidencia una reducción de un 53.17%, de la misma manera con el método de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento se redujo un 13.01%. En conclusión, en este parámetro no prevalece la temperatura.

Para el pH utilizando el método de cavitación hidrodinámica con enfriamiento se observó una disminución de 2.79%, mientras que con el método de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento se redujo en un 3.79%. En conclusión, el método de estos dos métodos en el análisis del pH no varía mucho.

Para los STD con el método de cavitación hidrodinámica con enfriamiento se obtiene una disminución de 8.36%, mientras que con el método de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento también hubo una reducción del 18.59%. Se concluye que la  $T^\circ$  sigue siendo un parámetro muy importante en este sistema para la reducción y/o rompimiento de las burbujas formadas.

Para la temperatura ( $T^\circ$ ) con el método de cavitación hidrodinámica con enfriamiento se obtiene un aumento del 42.71%, mientras que con el método de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento también hubo un aumento del 47.58%. Se concluye que la  $T^\circ$  sin enfriamiento es mayor.

### **Cavitación hidrodinámica con ozono y cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico (muestra de curtido).**

Para los sólidos totales en suspensión (SST) con método de cavitación hidrodinámica con ozono se redujo en un 48.96 %, mientras que con método de cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico disminuyó en un 63.78%, En conclusión, el oxígeno atmosférico reduce 14.82% más que el ozono.

Se evidencia que con método de cavitación hidrodinámica con ozono la DBO se redujo en un 37.64%, mientras que con el método de cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico también se redujo en un 57.50%. En conclusión, el oxígeno

atmosférico reduce 19.86% más que el ozono.

Para la DQO con método de cavitación hidrodinámica con ozono hubo una reducción del 12.51%, asimismo, con el método de cavitación hidrodinámica oxígeno atmosférico hubo una disminución del 47.11%. En conclusión, el oxígeno atmosférico reduce 34.6% más que el ozono.

Para los aceites y grasas con método de cavitación hidrodinámica con ozono aumento en un 33.33%, mientras que con el método de cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico también aumento en un 22.23% de aceites y grasas. En conclusión, la presencia del ozono y el oxígeno atmosférico, produjo un aumento en este parámetro analizado.

Para el sulfuro con el método de cavitación hidrodinámica con ozono y de la misma manera con el método de cavitación hidrodinámica oxígeno atmosférico permaneció de manera constante de  $<0.0019$  a  $<0.0019$ .

Para los metales totales (cromo) con método de cavitación hidrodinámica con ozono disminuyó en un 65.02%, mientras que con el método de cavitación hidrodinámica con oxígeno atmosférico también disminuyo en un 50.79%. En conclusión, el método de cavitación hidrodinámica con ozono reduce un 14.23% más que el otro método.

Para el pH utilizando el método de cavitación hidrodinámica con ozono se observó un aumento del 5.06%, mientras que con el método de cavitación hidrodinámica oxígeno atmosférico también aumentó en un 10.79%. En conclusión, estos dos métodos no varían mucho.

Para los STD con el método de cavitación hidrodinámica con ozono se obtiene un aumento de 32.18%, mientras que con el método de cavitación hidrodinámica oxígeno atmosférico también hubo un aumento del 28.74%. En conclusión, estos dos métodos se evidencia un aumento de STD.

Para la temperatura ( $T^\circ$ ) con el método de cavitación hidrodinámica con ozono se obtiene un incremento del 47.05%, mientras que con el método de cavitación hidrodinámica oxígeno atmosférico también hubo un aumento del 49.08%. Se concluye que el primero método es 2.03% menos caliente que del segundo método.

En esta sección, se analizan los resultados obtenidos a lo largo de la ejecución del experimento. Se desarrollaron 10 arreglos, en los cuales se variaron la fuente de procedencia del agua y el método utilizado para el tratamiento. La Tabla 01 contiene la identificación de los arreglos

*Tabla 13: Identificación de arreglos experimentales*

<b>Arreglo</b>	<b>Fuente</b>	<b>Método</b>
M01	Remojo	Cavitación Hidrodinámica
M02	Remojo	Ozonización
M03	Pelambre	Cavitación Hidrodinámica
M04	Pelambre	Ozonización
M05	Remojo y Pelambre	Cavitación + Ozono
M06	Remojo y Pelambre	Cavitación Hidrodinámica
M07	Curtiembre	Cavitación con enfriamiento
M08	Curtiembre	Cavitación sin enfriamiento
M09	Pelambre y Curtiembre	Ozono
M10	Pelambre y Curtiembre	Oxígeno

**Fuente:** elaboración propia

Para todos los arreglos, se midieron los valores de pH, presión inicial, presión final, caudal, ozono (cuando aplica) y sólidos disueltos. Para los parámetros pH y sólidos disueltos, se hará un análisis usando la técnica de las tablas de doble entrada,



mientras que para las otras variables se realizarán pruebas de normalidad y análisis de varianza.

#### 4.1. Análisis de temperatura

La Tabla 02 ofrece la relación de la medición de la temperatura para cada una de las 10 muestras consideradas; mientras que la tabla 03 ofrece un resumen estadístico del mismo,

Tabla 14: Relación de temperaturas

	<b>M01</b>	<b>M02</b>	<b>M03</b>	<b>M04</b>	<b>M05</b>	<b>M06</b>	<b>M07</b>	<b>M08</b>	<b>M09</b>	<b>M10</b>
	24.5	22	23	24	27	23.5	21.8	22.5	22.5	22.4
	28	24	26.5	29	28	28	26.2	27.1	23.1	26.1
	32	26	31	31	30	31	30	32.4	28.2	27
	35	27	34	33	32	33.5	33.6	36.7	32.5	31.2
	38	28.5	37	34	33	35.5	37.8	40.5	36.4	34.3
	40	30	40	35	34	37	42	43.9	40.6	37
	42	30	42	36.5	35	39	46.3	46.7	40.4	39.5
	44	31	45	37	35	40	49.8	48.4	41	41.5
	45	32	47	37.5	36	42	52.3	49.9	41.7	43.2
	46	32	49	38	36	43	54.6	55.7	42.5	44
<b>Media</b>	37.45	28.25	37.45	33.50	32.60	35.25	39.44	40.38	34.89	34.62
<b>DesvEst</b>	7.40	3.42	8.76	4.43	3.27	6.29	11.39	10.62	7.81	7.67
<b>Mediana</b>	39.00	29.25	38.50	34.50	33.50	36.25	39.90	42.20	38.40	35.65
<b>Sesgo</b>	-0.50	-0.57	-0.29	-0.98	-0.607	-0.53	-0.12	-0.32	-0.61	-0.26
<b>Curtosis</b>	-0.85	-0.61	-1.02	1.01	-0.88	-0.38	-1.35	-0.79	-1.19	-1.37

Fuente: elaboración propia

Con respecto a los valores promedio, el mayor valor reportado corresponde a la muestra M08 (40.38), mientras que la muestra M02 reporta el menor valor (28.25). El valor con mayor desviación estándar es 11.39, que corresponde a la muestra M07, mientras que el menor valor pertenece a la muestra M05.

En la Tabla 03 se puede apreciar el resultado de la prueba de normalidad para las

10 muestras, utilizando las pruebas de Kolmogorov Smirnov y de Shapiro-Wilk. Para todos los análisis, la hipótesis nula es que los datos correspondientes a una muestra se ajustan a una distribución normal, la significancia seleccionada para el análisis es de 0.05; si la significancia calculada es mayor a la preestablecida, se aceptará la hipótesis nula, en caso contrario se rechazará.

*Tabla 15: Pruebas de normalidad para temperatura*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Grados Lib	Significancia	Estadístico	Grados Lib	Significancia
<b>M01</b>	0.482	10	0.000	0.453	10	0.000
<b>M02</b>	0.506	10	0.000	0.406	10	0.000
<b>M03</b>	0.468	10	0.000	0.473	10	0.000
<b>M04</b>	0.469	10	0.000	0.541	10	0.000
<b>M05</b>	0.168	10	0.200	0.892	10	0.181
<b>M06</b>	0.413	10	0.000	0.671	10	0.000
<b>M07</b>	0.160	10	0.200	0.907	10	0.261
<b>M08</b>	0.130	10	0.200	0.968	10	0.867
<b>M09</b>	0.176	10	0.200	0.860	10	0.077
<b>M10</b>	0.199	10	0.200	0.867	10	0.092

**Fuente:** elaboración propia

Del análisis de la Tabla 03, puede observarse que para las muestras M01, M02, M03, M04 y M06 no poseen un ajuste estadísticamente con la distribución normal, mientras que las variables M05, M07, M08, M09 y M10 reportan una similitud estadísticamente significativa con la distribución normal.

La Tabla 04 muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA) tomando en cuenta los dos factores del estudio: la fuente de la muestra y el método de tratamiento,

*Tabla 16: ANOVA para temperatura*

Origen	Suma cuadrado s	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Fuente	51626,008	1	51626,008	3,124	,080
Método	158130,315	4	39532,579	2,392	,056
Interacción	107820,075	1	107820,075	6,525	,012
Error	1520292,350	93	16524,917		
Total	5942017,000	100			

**Fuente:** elaboración propia

Analizando los resultados de la Tabla 04, puede observarse que la significancia correspondiente a la fuente y al método es superior al valor elegido como límite (0.05), razón por la cual puede afirmarse que las diferencias encontradas no son de carácter significativo; respecto a la interacción entre factores, la significancia calculada permite afirmar que la interacción entre fuente y método es lo suficientemente fuerte como para asignar parte de la variación reportada.

#### 4.2. Análisis del caudal

La Tabla 05 muestra los valores reportados para el caudal, así como los principales indicadores estadísticos.

*Tabla 17: Relación de caudales*

M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07	M08	M09	M10
35	35	36	36	32	34	37	37	37	37
35	35	36	36	36	36	36	36	32	35
35	34.5	36	36	36	36	36	36	35	35
35	34.5	36	36	36	35	36	36	30	35
35	34.5	36	36	36	35	36	35	35	35
34.5	34.5	36	36	35	35	36	35	35	35
34.5	34.5	36	36	35	35	36	35	29	35
34.5	34	36	36	35	35	35	35	33	35
34.5	34	35	35	35	35	35	35	34	35

	34	34	35	35	35	35	35	35	34	35
<b>Media</b>	34.70	34.45	35.80	35.80	35.10	35.10	35.80	35.50	33.40	35.20
<b>Mediana</b>	34.75	34.50	36.00	36.00	35.00	35.00	36.00	35.00	34.00	35.00
<b>DesvEst</b>	0.35	0.37	0.42	0.42	1.20	0.57	0.63	0.71	2.46	0.63
<b>Sesgo</b>	-0.66	0.14	-1.50	-1.50	-1.83	0.08	0.11	0.99	-0.54	2.67
<b>Curtosis</b>	-0.15	-0.73	1.41	1.41	5.75	1.50	0.18	0.57	-0.16	10.00

Fuente: elaboración propia

Analizando los valores de los promedios, se observa que los mayores valores se reportan para las muestras M03, M04 y M07 con un valor de 35.80, mientras que el menor valor se reporta para la muestra M09, con un valor de 33.40. Para las medianas, el mayor valor reportado es de 36.00, el cual se registra en las muestras M03, M04 y M07, mientras que el menor valor es de 34.00 y se registra en la muestra M09.

La tabla 06 contiene los resultados de la prueba de normalidad para los valores reportados del caudal. Para ambas pruebas, la hipótesis nula supone la normalidad de los datos, mientras que la alterna establece que los datos no siguen una distribución normal. Para ambas pruebas, la significancia seleccionada como límite es 0.05

Tabla 18: Pruebas de normalidad para caudal

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
M01	0.380	10	0.000	0.642	10	0.000
M02	0.329	10	0.003	0.656	10	0.000
M03	0.482	10	0.000	0.509	10	0.000
M04	0.482	10	0.000	0.509	10	0.000
M05	0.367	10	0.000	0.680	10	0.000
M06	0.370	10	0.000	0.752	10	0.004
M07	0.324	10	0.004	0.794	10	0.012
M08	0.360	10	0.001	0.731	10	0.002
M09	<b>0.196</b>	<b>10</b>	<b>0.200</b>	<b>0.933</b>	<b>10</b>	<b>0.475</b>

M10	0.524	10	0.000	0.366	10	0.000
-----	-------	----	-------	-------	----	-------

**Fuente:** elaboración propia

En base al análisis de los valores obtenidos en las pruebas, puede afirmarse que los datos que conforman la muestra M09 siguen una distribución normal, mientras que, para el resto de las muestras reportadas, el grado de ajuste a la distribución normal no es estadísticamente significativo.

La tabla 07 muestra el resultado del análisis de varianza para los caudales reportados, tomando en cuenta dos factores: método y fuente. Para este análisis, la hipótesis nula es la igualdad de todas las medias, mientras que la nula indica que al menos una de las medias es diferente; el valor numérico de la significancia preestablecida es de 0.05

*Tabla 19: ANOVA para caudal*

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Fuente</b>	155952,300	1	155952,300	26,143	0,000
<b>Método</b>	102952,836	4	25738,209	4,315	0,003
<b>Interacción</b>	29390,700	1	29390,700	4,927	0,029
<b>Error</b>	548817,100	92	5965,403		
<b>Total</b>	1183747,000	100			

**Fuente:** elaboración propia

En base a los resultados obtenidos en el ANOVA, se observa que la significancia calculada para los dos factores y para su es superior a la significancia preestablecida, es por ello que puede afirmarse que sí existen diferencias significativas en el caudal para las diferentes combinaciones entre fuentes y métodos.

#### **4.3. Análisis del nivel de ozono**

La tabla 08 contiene los valores reportados para el nivel de ozono utilizado en las

muestras. A diferencia de los parámetros anteriores, el nivel de ozono no está presente en todas las muestras consideradas en el estudio.

Tabla 20: Relación de nivel de ozono

	<b>M02</b>	<b>M04</b>	<b>M05</b>	<b>M09</b>
	8	8	7	6
	8	6	8	2
	8	6	8	0
	8	6	8	0
	8.5	6	8	0
	8.4	6	8.5	0
	8.4	6	8.5	3
	8.4	6	8.5	3
	8.4	5.5	8.5	0
	8.4	5.5	8.5	0
<b>Media</b>	5.50	8.25	6.10	8.15
<b>Mediana</b>	5.50	8.40	6.00	8.25
<b>DesvEst</b>	3.03	0.22	0.70	0.47
<b>Sesgo</b>	0.00	-0.34	2.20	-1.45
<b>Curtosis</b>	-1.20	-2.18	7.80	3.53

**Fuente:** elaboración propia

Comparando los promedios reportados, se observa que el valor mayor es 8.25, correspondiente a la muestra M04, mientras que el menor valor es 5.50, correspondiente a M02. La mayor mediana es 8.40 que es la calculada para M04, mientras que la menor de las medianas es la calculada para M02 (5.50).

La tabla 09 reporta los resultados de las pruebas de normalidad para la variable nivel de ozono. Para estas dos pruebas, la hipótesis nula supone la normalidad de los datos, la significancia seleccionada es de 0.05

Tabla 21: Pruebas de normalidad para ozono

<b>Arreglo</b>	<b>Kolmogorov-Smirnov<sup>b</sup></b>	<b>Shapiro-Wilk</b>
----------------	---------------------------------------	---------------------

	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
	o			o		
M02	0.379	10	0.000	0.645	10	0.000
M04	0.451	10	0.000	0.524	10	0.000
M05	0.329	10	0.003	0.659	10	0.000
M09	0.351	10	0.001	0.736	10	0.002

**Fuente:** elaboración propia

Analizando los resultados, se observa que, en todos los casos, la significancia es menor al nivel preestablecido como crítico o límite, razón por la cual se afirma que ninguna de las muestras del estudio se ajustan a una distribución normal.

La tabla 10 reporta los valores del análisis de varianza para la variable nivel de ozono. Con esta prueba, se pretende determinar si la variación encontrada en los datos es aleatoria o corresponde a un factor específico o a la interacción entre estos. Para este análisis, la significancia preestablecida es de 0.05 y la hipótesis nula de la igualdad de todas las medias del conjunto.

*Tabla 22: ANOVA para nivel de ozono*

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	17364,675 <sub>a</sub>	2	8682,337	9,523	,000
Intersección	38376,014	1	38376,014	42,091	,000
Fuente	13500,000	1	13500,000	14,807	,000
Método	266,450	1	266,450	,292	,592
Interacción	,000	0	.	.	.
Error	33734,700	37	911,749		
Total	85615,000	40			
Total corregido	51099,375	39			

**Fuente:** elaboración propia

Para el factor fuente, la significancia calculada (0.000) es menor que el límite preestablecido, razón por la cual se afirma que existe una diferencia significativa

entre las fuentes de origen de las muestras de agua. Para el factor método, se observa que la significancia calculada es superior al valor preestablecido, esto permite afirmar que las diferencias entre las medias de los métodos no son significativas. La suma de cuadrados de la interacción es igual a cero, por lo que no se puede asignar ninguna variación a este elemento.

#### 4.4. Análisis de la presión inicial

A continuación, se presentan los valores reportados de presión inicial para las 10 muestras del estudio.

Tabla 23: Relación de nivel de presión inicial

	M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07	M08	M09	M10
	3.9	3.7	4	3.9	2.8	3.9	4	3.8	3.8	3.8
	3.9	3.8	4	3.9	3.9	4	4	3.8	2.8	3.6
	3.9	3.8	4	3.8	3.9	4	3.8	3.8	3.8	3.8
	3.9	3.8	3.9	3.8	3.9	4	3.8	3.7	3.2	3.8
	3.85	3.75	3.8	3.8	3.9	4	3.7	3.6	3.8	3.8
	3.8	3.5	3.8	3.8	3.9	4	3.6	3.6	3.8	3.7
	3.8	3.5	3.6	3.8	3.9	3.9	3.6	3.6	2.5	3.7
	3.8	3.5	3.6	3.8	3.9	3.9	3.5	3.6	3	3.6
	3.75	3.5	3.5	3.7	3.9	3.9	3.5	3.4	3.4	3.6
	3.65	3.6	3.4	3.7	4	3.9	3.5	3.4	3.4	3.6
<b>Media</b>	5.50	3.83	3.65	3.76	3.80	3.80	3.95	3.70	3.63	3.35
<b>Mediana</b>	5.50	3.83	3.65	3.80	3.80	3.90	3.95	3.65	3.60	3.40
<b>DesvEst</b>	3.03	0.08	0.14	0.22	0.07	0.35	0.05	0.19	0.15	0.47
<b>Sesgo</b>	0.00	-0.86	0.01	-0.30	0.00	-2.63	0.00	0.48	-0.33	-0.52
<b>Curtosis</b>	-1.20	0.83	-2.17	-1.38	0.08	9.79	-2.57	-1.07	-0.78	-0.78

Fuente: elaboración propia

La siguiente tabla reporta el resultado de las pruebas de normalidad para la variable presión inicial. Para ambas pruebas, la hipótesis nula plantea la normalidad de los datos, la significancia preseleccionada como límite es 0.05.



Tabla 24: ANOVA para nivel de presión inicial

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
M01	0.432	10	0.000	0.607	10	0.000
M02	0.518	10	0.000	0.376	10	0.000
M03	0.376	10	0.000	0.671	10	0.000
M04	0.300	10	0.011	0.815	10	0.022
M05	0.459	10	0.000	0.495	10	0.000
M06	0.329	10	0.003	0.655	10	0.000
M07	0.448	10	0.000	0.584	10	0.000
M08	0.220	10	0.184	0.862	10	0.080
M09	0.252	10	0.072	0.711	10	0.001
M10	0.256	10	0.063	0.769	10	0.006

**Fuente:** elaboración propia

Del análisis de la tabla anterior, se observa que, de acuerdo al test de Kolmogorov, las muestras M08, M09 y M10 poseen un ajuste significativo a la distribución normal, ya que su significancia calculada es superior a la considerada como valor límite; mientras que para el test de Shapiro Wilk, solamente la muestra M08 posee una similitud significativa con respecto a la distribución normal.

Tabla 25: ANOVA para nivel de presión inicial

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	41741,410 <sub>a</sub>	7	5963,059	1,306	,257
Intersección	142261,21 <sub>9</sub>	1	142261,21 <sub>9</sub>	31,14 <sub>7</sub>	,000
Fuente	26700,833	1	26700,833	5,846	,018
Método	13144,436	4	3286,109	,719	,581
Interacción	1068,033	1	1068,033	,234	,630
Error	420205,10 <sub>0</sub>	92	4567,447		

Total	677521,00 0	100			
Total corregido	461946,51 0	99			

**Fuente:** elaboración propia

Del análisis de la tabla ANOVA, se observa que la significancia del factor **fFuente** es inferior al valor límite preestablecido, este hecho permite afirmar que la influencia de este elemento es significativa en los valores reportados; para el caso del factor método y la interacción entre el método y la fuente, la significancia es superior al valor de referencia seleccionado, por este motivo se puede afirmar que el efecto de estos dos elementos no es significativo para los valores reportados.

#### 4.5. Análisis de la presión de salida

La siguiente tabla contiene los valores de presión de salida para las 10 muestras de estudio, así como un resumen de las medidas de tendencia central y dispersión de los conjuntos de datos.

*Tabla 26:* Relación de nivel de presión de salida

M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07	M08	M09	M10
0	2.4	0	2.2	1.8	-0.2	0	-0.2	2	0.4
-0.1	2.4	-0.2	2.2	2.2	-0.6	0	-0.5	0.2	0.1
-0.3	2.4	-0.4	2.2	2.2	-0.6	-0.4	-0.5	0.1	0.1
-0.5	2.4	-0.4	2.2	2.2	-0.5	-0.4	-0.5	0.2	0
-0.5	2.2	-0.5	2.2	2.2	-0.5	-0.4	-0.5	0	0.2
-0.6	2.2	-0.6	2.2	2.2	-0.6	-0.6	-0.6	0	0.2
-0.6	2.2	-0.6	2.2	2.2	-0.6	-0.6	-0.6	0.3	0.2
-0.6	2.2	-0.8	2.2	2.2	-0.6	-0.6	-0.6	0.2	0.2
-0.6	2.2	-0.8	2.2	2.3	-0.6	-0.6	-0.7	0	0.2
-0.6	2.2	-0.8	2.2	2.3	-0.6	-0.6	-0.7	0.1	0.2

<b>Media</b>	5.50	-0.44	2.28	-0.51	2.20	2.18	-0.54	-0.42	-0.54	0.31
<b>Mediana</b>	5.50	-0.55	2.20	-0.55	2.20	2.20	-0.60	-0.50	-0.55	0.15
<b>DesvEst</b>	3.03	0.23	0.10	0.27	0.00	0.14	0.13	0.24	0.14	0.60
<b>Sesgo</b>	0.00	1.06	0.41	0.55	1.00	-2.20	2.19	1.02	1.23	2.52
<b>Curtosis</b>	-1.20	0.14	-2.28	-0.20	-2.57	7.80	7.14	0.14	3.35	9.21

**Fuente:** elaboración propia

La siguiente tabla presenta los valores resultados de las pruebas de normalidad aplicadas a 10 muestras del estudio. Para ambas muestras, la significancia predeterminada es 0.05.

*Tabla 27: ANOVA para nivel de presión de salida*

Arreglo	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
M01	,304	10	,009	,748	10	,003
M02	,381	10	,000	,640	10	,000
M03	,160	10	,200*	,915	10	,318
M04	.	10	.	.	10	.
M05	,457	10	,000	,581	10	,000
M06	,382	10	,000	,559	10	,000
M07	,274	10	,032	,738	10	,003
M08	,290	10	,017	,828	10	,032
M09	,246	10	,089	,874	10	,111
M10	,323	10	,004	,839	10	,043

**Fuente:** elaboración propia

En base a los resultados obtenidos, se observa que, para ambas pruebas, las muestras M03 y M09 poseen una significación mayor al valor preseleccionado, esta desigualdad permite afirmar que estas muestras poseen un ajuste con similitudes significativas a la distribución normal.

Tabla 28: ANOVA para nivel de presión inicial

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	11862,910 <sup>a</sup>	7	1694,701	65,234	,000
Intersección	1531,980	1	1531,980	58,970	,000
Fuente	429,408	1	429,408	16,529	,000
Método	8834,986	4	2208,747	85,021	,000
Interacción	399,675	1	399,675	15,385	,000
Error	2390,050	92	25,979		
Total	16296,000	100			
Total corregido	14252,960	99			

**Fuente:** elaboración propia

Analizando el ANOVA para el parámetro presión de salida, se observa que las significancias calculadas para los factores **fuentes**, **método** e **interacción** son inferiores a la significancia preestablecida de 0.05, es por esta razón que se puede afirmar que los tres elementos tienen diferencias significativas entre sí con respecto a su media.

#### 4.6. Análisis del nivel pH

La tabla 11 refleja los valores obtenidos para cada una de las muestras del estudio. Debido a que solamente se tiene un valor muestra, no se pueden hacer cálculos de estadísticos descriptivos ni pruebas de hipótesis de medias pareadas, razón por la cual solamente se desarrollará un análisis de varianza.

Tabla 29: Relación de pH

MUESTRA	FUENTE	MÉTODO	ENTRADA	SALIDA
M01	Remojo	Cavitación Hidrodinámica	7.01	7.62
M02	Remojo	Ozonización	7.09	8.05
M03	Pelambre	Cavitación Hidrodinámica	10.78	10.7
M04	Pelambre	Ozonización	8.85	8.66

M05	Remojo y Pelambre	Cavitación + Ozono	8.09	8.34
M06	Remojo y Pelambre	Cavitación Hidrodinámica	8.18	8.3
M07	Curtiembre	Cavitación con enfriamiento	11.07	10.76
M08	Curtiembre	Cavitación sin enfriamiento	11.07	10.65
M09	Pelambre y Curtiembre	Ozono	7.51	7.89
M10	Pelambre y Curtiembre	Oxigeno	7.51	7.81

**Fuente:** elaboración propia

La tabla 12 muestra el análisis de varianza para el pH de entrada, a los fines de verificar la fuente de las variaciones. El nivel de significancia preseleccionado es 0.05 y la hipótesis nula supone la igualdad de las medias para todos los factores.

*Tabla 30: ANOVA pH de entrada*

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Fuente	60918,750	1	60918,750	7,700	,109
Método	55721,318	4	13930,330	1,761	,393
Interacción	14630,083	1	14630,083	1,849	,307
Error	15822,500	2	7911,250		
Total	7841896,000	10			

**Fuente:** elaboración propia

La inspección visual de la tabla permite ver que la significancia calculada para la fuente, el método y la interacción es mayor que el nivel de significancia preestablecida, lo cual permite afirmar que los elementos mencionados no son fuentes significativas de variación.

La tabla 13 muestra el análisis de varianza para el pH de salida, a los fines de verificar la fuente de las variaciones. El nivel de significancia preseleccionado es

0.05 y la hipótesis nula supone la igualdad de las medias para todos los factores.

Tabla 31: ANOVA para pH de salida

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Fuente	28616,333	1	28616,333	,245	,670
Método	512349,966	4	128087,491	1,097	,528
Interacción	38081,333	1	38081,333	,326	,626
Error	233485,000	2	116742,500		
Total	6217002,000	10			

**Fuente:** elaboración propia

La inspección visual de la tabla permite ver que la significancia calculada para la fuente, el método y la interacción es mayor que el nivel de significancia preestablecida, lo cual permite afirmar que los elementos mencionados no son fuentes significativas de variación.

#### 4.7. Análisis de sólidos disueltos

La tabla 14 refleja los valores obtenidos para cada una de las muestras del estudio. Debido a que solamente se tiene un valor muestra, no se pueden hacer cálculos de estadísticos descriptivos ni pruebas de hipótesis de medias pareadas, razón por la cual solamente se desarrollará un análisis de varianza.

Tabla 32: Relación de sólidos disueltos

MUESTRA	FUENTE	MÉTODO	SOL ENTRADA	SOL SALIDA
M01	Remojo	Cavitación Hidrodinámica	4790	4500
M02	Remojo	Ozonización	1420	1380
M03	Pelambre	Cavitación Hidrodinámica	660	584
M04	Pelambre	Ozonización	319	272

M05	Remojo y Pelambre	Cavitación + Ozono	627	560
M06	Remojo y Pelambre	Cavitación Hidrodinámica	2100	1920
M07	Curtiembre	Cavitación con enfriamiento	2150	1970
M08	Curtiembre	Cavitación sin enfriamiento	2150	1750
M09	Pelambre y Curtiembre	Ozono	1150	870
M10	Pelambre y Curtiembre	Oxigeno	1120	870

**Fuente:** elaboración propia

La tabla 15 refleja los resultados del ANOVA para los sólidos disueltos tomados a la entrada, para este análisis se tomó una significancia preestablecida de 0.05.

*Tabla 33: ANOVA para sólidos disueltos a la entrada*

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Fuente	4014790,083	1	4014790,083	2,026	,291
Método	4408238,591	4	1102059,648	,556	,723
Interacción	1469300,083	1	1469300,083	,741	,480
Error	3963330,500	2	1981665,250		
Total	42122890,000	10			

**Fuente:** elaboración propia

Del análisis de los valores reportados en la tabla 15, se observa que los tres valores de significancia calculada son superiores a la significancia considerada como límite, razón por la cual se puede considerar que los factores no son fuente de variación en la variable.

La tabla 16 refleja los resultados del ANOVA para los sólidos disueltos tomados a la entrada, para este análisis se tomó una significancia preestablecida de 0.05.

*Tabla 34: ANOVA de sólidos disueltos a la salida*

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
--------	-------------------	----	------------------	---	------

Fuente	3933075,000	1	3933075,000	2,243	,273
Método	3957073,818	4	989268,455	,564	,719
Interacción	1100496,333	1	1100496,333	,628	,511
Error	3507002,000	2	1753501,000		
Total	35026640,000	10			

**Fuente:** elaboración propia

Del análisis de los valores reportados en la tabla 16, se observa que los tres valores de significancia calculada son superiores a la significancia considerada como límite, razón por la cual se puede considerar que los factores no son fuente de variación en la variable.

#### 4.8. Análisis Sólidos Totales en Suspensión – Entrada y Salida

La siguiente tabla presenta los resultados del ANOVA para la variable STS – Entrada, la significancia predeterminada es de 0.05.

*Tabla 35: ANOVA para STS a la entrada*

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Fuente	837378,400	4	209344,600	6,601	,031
Error	158570,500	5	31714,100		
Total corregido	995948,900	9			

**Fuente:** elaboración propia

Del análisis de los valores reportados, resalta el hecho que la significancia calculada para el factor de estudio (fuente) es inferior a la significancia preestablecida, motivo por el cual puede afirmarse que existe una variación significativa entre los promedios de cada una de las diferentes fuentes.

La siguiente tabla representa los resultados del ANOVA para la variable STS a la salida, la hipótesis nula plantea la igualdad de medias entre las fuentes y métodos de tratamiento.

*Tabla 36: ANOVA para STS a la salida*



Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Fuente	69058,000	3	23019,333	.	.
Método	73289,000	4	18322,250	.	.
Interacción	6400,000	1	6400,000	.	.
Error	,000	0	.	.	.
Total corregido	403185,600	9			

**Fuente:** elaboración propia

En la tabla reportada se observa que la suma de cuadrados del error es igual a cero, razón por la cual se puede afirmar que toda la variación está asignada a los factores considerados en el estudio: fuente, método e interacción entre estos.

#### 4.9. Análisis de sulfuro

En la tabla correspondiente al ANOVA para la variable nivel de sulfuros a la entrada, puede observarse que la suma de cuadrados del error es cero, esto es porque solamente dos muestras reportaron este parámetro y su valor numérico es similar, por tanto, no tiene sentido distribuir variación.

*Tabla 37: ANOVA para sulfuro a la entrada*

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Fuente	,000	0	.	.	.
Error	,000	1	,000		
Total corregido	,000	1			

**Fuente:** elaboración propia

Analizando la tabla ANOVA para el parámetro nivel de sulfuro a la salida, se reporta que la suma de cuadrados del error es igual a cero, razón por la que no es posible calcular los estadísticos F. Esto se debe a que esta variable solamente tiene 2 valores reportados, razón por la cual no tiene sentido analizar la varianza.

*Tabla 38: ANOVA para sulfuro a la salida*

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Fuente	0,000	0	.	.	.
Método	14,639	1	14,639	.	.

Interacción	0,000	0	.	.	.
Error	0,000	0	.	.	.
Total corregido	14,639	1			

**Fuente:** elaboración propia

Del análisis de los valores de la tabla ANOVA refleja que el total de la variación es atribuida al factor método, razón por la cual puede afirmarse que la variación es totalmente asignada al método.

#### 4.10. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

La siguiente tabla contiene los valores de tabla ANOVA para demanda bioquímica de oxígeno a la entrada y a la salida, para poder determinar la fuente de variabilidad.

*Tabla 39: ANOVA – DBO a la entrada*

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Fuente	58705989,306	4	14676497,326	81,095	,000
Error	904891,010	5	180978,202		
Total corregido	59610880,316	9			

**Fuente:** elaboración propia

El análisis de los valores de la tabla permite afirmar que existe diferencias significativas en las fuentes, ya que la significancia calculada es inferior al valor preestablecido.

*Tabla 40: ANOVA – DBO a la salida*

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Fuente	164776,317	3	54925,439	.	.
Método	1038347,315	4	259586,829	.	.
Interacción	10962,090	1	10962,090	.	.
Error	,000	0	.	.	.
Total corregido	35690713,201	9			

**Fuente:** elaboración propia

De la observación de la tabla ANOVA destaca que la suma de cuadrados del error es igual a cero, lo cual implica que toda la variación observable de DBO a la salida es asignable a la fuente, al método y la interacción entre ambos factores.

#### 4.11. Demanda química de oxígeno

La siguiente tabla muestra los resultados del ANOVA correspondientes a la demanda química de oxígeno medido a la entrada. Del análisis de los cálculos, se observa que el valor de la significancia calculada es inferior al de la significancia preestablecida, por lo que se puede afirmar que existen diferencias significativas entre las fuentes.

*Tabla 41: ANOVA DQO a la entrada*

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Fuente	1508956741,146	4	377239185,287	404,731	,000
Error	4660368,030	5	932073,606		
Total corregido	1513617109,176	9			

**Fuente:** elaboración propia

La tabla que reporta los valores de ANOVA para los análisis de DQO tomados a la salida.

*Tabla 42: ANOVA DQO a la salida*

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Fuente	666232,131	3	222077,377	.	.
Método	12825797,728	4	3206449,432	.	.
Interacción	7805,722	1	7805,722	.	.
Error	,000	0	.		
Total corregido	1009683585,680	9			

**Fuente:** elaboración propia

#### 4.12. Aceites y grasas

Del análisis de los resultados del ANOVA, se observa que la suma de cuadrados del error es igual a cero, razón por la cual se deduce que toda la variación se puede asignar a la fuente, al método y a la interacción entre los factores.

Tabla 43: ANOVA Aceites y Grasas a la entrada

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Fuente	52307,524	4	13076,881	1,285	,387
Error	50882,605	5	10176,521		
Total corregido	103190,129	9			

**Fuente:** elaboración propia

Del análisis de la tabla ANOVA, se destaca que la significancia calculada es superior a la significancia preestablecida, por lo que se concluye que no existen diferencias significativas entre las fuentes donde se tomaron las muestras.

Tabla 44: ANOVA Aceites y Grasas a la salida

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Fuente	2627,678	3	875,893	.	.
Método	2293,623	4	573,406	.	.
Interacción	976,563	1	976,563	.	.
Error	,000	0	.		
Total corregido	5588,021	9			

**Fuente:** elaboración propia

Se observa en la tabla que la suma de cuadrados es igual a cero, razón por la cual puede afirmarse que toda la variación observada puede ser atribuida a la fuente de origen, al tratamiento utilizado y a la interacción entre ambos factores

## V. DISCUSIÓN

La presente investigación tuvo como finalidad determinar la eficiencia de la Cavitación Hidrodinámica, ozono y oxígeno atmosférico en la reducción de la carga orgánica y metales totales (cromo) presentes en las aguas residuales de curtiembre. La cual brindará una alternativa a muchas industrias para tomar acciones correctivas y preventivas para el cumplimiento del VMA para los efluentes de la industria de curtiembre como se indica en el Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA y el LMP presente en el D.S. N° 003-2020-PRODUCE, obteniendo resultados bastantes favorables.

Para poder confirmar lo que se indica líneas arriba se evaluaron diez (10) corridas, utilizando el método de cavitación hidrodinámica, ozono y oxígeno disuelto, en algunos casos los métodos de tratamiento fueron mezclados y/o combinados para poder obtener una mejor eficiencia, seguidamente los datos recolectados fueron tomados cada 10min durante 1h y 30min por cada corrida, apuntado tanto la presión de entrada, presión de salida, caudal, temperatura y depende del método si se apuntaba el indicador del ozono.

Para la temperatura ( $T^{\circ}$ ) con el método de cavitación hidrodinámica con enfriamiento se obtiene un aumento del 42.71%, mientras que con el método de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento también hubo un aumento del 47.58%, obteniendo como eficiencia un 74.48%. contrastando con lo planteado por Innocenzi V., Prisciandaro H. y Tortora Vegli. (20188), quienes investigaron la degradación del naranja de metilo utilizando la cavitación hidrodinámica, en donde se realizó una simulación para analizar colorante y metales (hierro y níquel) como resultado de la corrosión de los componentes de metal niquelado de la planta al mismo tiempo la producción de materiales textiles. En los resultados obtenidos evidenciamos que en el análisis final se presentó una temperatura de  $40^{\circ} C$  empleando un tiempo de 1 hora, logrando una eficiencia de degradación de 56%.

Concerniente a la determinación del porcentaje de reducción de los parámetros fisicoquímicos en los efluentes de curtiembre (remojo, pelambre y curtido), se evaluó los sólidos totales suspendidos (SDT), DBO, DQO, aceites y grasas, sulfuro,

potencial de hidrógeno (pH), y metales totales (cromo).

Para el caso de **sólidos disueltos totales** se obtuvo una reducción máxima de 6.05%, de la tabla de ANOVA de sólidos disueltos, nos dice que de los tres valores de significancia calculada son superiores a la significancia considerada como límite, razón por la cual se puede considerar que los factores no son fuente de variación en la variable, considerando también, Para la **DBO** se obtuvo una reducción máxima de 96.95% solo con ozono, según Baird (2014), el uso de ozono se considera como el tercer tratamiento avanzado, ya que en esta etapa se eliminan determinadas sustancias o contaminantes del agua parcialmente depurada antes de la desinfección final. Mediante este tratamiento se puede obtener agua potable de alta calidad. Puede reducir la DBO, el fosfato, ciertos metales pesados (como el hierro), los iones orgánicos y los compuestos nitrogenados (como el amoníac), donde GUERRERO et al. (2018), La zeolita en la descontaminación de aguas residuales, planteo en su objetivo disminuir los contaminantes que se encuentran presentes en el agua residual antes de que sus efluentes sean conducidos hacia el río, es por ello que se decidió construir un filtro tubular en el cual se instaló en su interior cuatro capas de zeolita con cuatro tamaños distintos, seguidamente se tuvo el paso el agua el cual sería de mucha ayuda para evaluar el porcentaje de reducción obtenido, logrando de esta manera mejorar los parámetros físicos y químicos del fosfato, logrando reducir entre un 50 y 95%, solidos disueltos un 2 y 8%, solidos suspendidos un 35 y 85%, con respecto a la demanda biológica de oxígenos se logra mejorar un 45% y oxígeno disuelto 2 y 7%.

Para la DQO se obtuvo una reducción máxima de 96.95% como lo indica Randhavane, S. (2019), EL método consistió en un circuito de tuberías, bombas, medición de presión, válvulas, entre otros. Los resultados que se obtuvieron fueron la placa de orificio 1 produjo más eliminación de DQO y CPF del 58% y 88%, respectivamente, la duración fue de 1 hora, ello se debe a un colapso mejorado de las 4 cavidades debido a que hay más orificios con 1 diámetro menor de orificios que en la placa 1.

AYLAS, (2017), realizó un proyecto para la obtención de agua potable utilizando tratamiento solar destilador cascada del agua de mar en el distrito de la punta – callao, concluyendo que el tratamiento es eficaz ya que se disminuyeron en los siguientes parámetros: en salinidad un 95.5 %, conductividad 98.3%, turbidez

89.9%, en cuanto a la temperatura se mantuvo estable, 19.5 %, alcalinidad 70.3%, DQO 93,4 %, DBO5 93,7%, nitritos 95.9% y en nitratos un 99.6%.

Para la aceites y grasas se obtuvo una reducción máxima de 96.34%, Sengil y Ozacar, (2009, p. 940 - 946), en su investigación titulada "Tratamiento de agua residuales con tambor de cal y curtiduría, mediante electrocoagulación". Se plantearon como objetivo principal la erradicación del DQO, sulfuro y grasa oleosa de agua residual que se encuentran presentes de los botales con cal de curtido, mediante el método de electrocoagulación con corriente continua (DC). Obteniendo resultados de remoción a un 82%, 90% y 96% respectivamente para cada contaminante. Los autores concluyen que los electrodos de acero suave son eficientes para la remoción de DQO, sulfuro y aceites y grasas.

Para los sulfuros se obtuvo una reducción máxima de 53.17%. Según, Tayupanda, P. S., (2010). Diseño de un sistema de tratamiento de agua residual del proceso de pelambre para su reutilización, curtiembre pieles Puma, Al momento de caracterizar agua residual del proceso de pelambre los resultados obtenidos resultaron de 38326 mg/L de DQO, sólidos totales de 57305 mg/L y sulfuros de 3305 mg/L. Seguidamente posterior al tratamiento resultaron valores para el agua del proceso de pelambre de 3980 mg/L de DQO, que corresponde a una rección del 91%, 3293 mg/L de sólidos totales esto equivale a una reducción del 94.25%. concluyendo que con la implementación del sistema de tratamiento de agua residual se logra el objetivo propuesto.

## VI. CONCLUSIONES

En la industria de curtiembre el parámetro físico de temperatura varía dependiendo de las aguas de los diferentes procesos que han sido recolectados (remojo, pelambre y curtido), Con respecto a los valores promedio de la °T, el mayor valor reportado corresponde a la muestra M08 (40.38), mientras que la muestra M02 reporta el menor valor (28.25)

Se logró la disminución de la carga orgánica y metales totales (cromo) de las aguas residuales de curtiembre mediante los tratamientos con ozono y cavitación hidrodinámica demostrando y prevaleciendo que este método es más eficaz para reducir parámetros como STS, DBO, DQO, Aceites y grasas, sulfuro, metales totales (cromo) y SDT.

El porcentaje de reducción de entre todas las muestras analizadas (remojo, pelambre, curtido), y entre todos los métodos de tratamiento de cavitación hidrodinámica con sistema de enfriamiento y sin sistema de enfriamiento; ozono, oxígeno atmosférico y cavitación hidrodinámica en combinación con ozonización y oxígeno atmosférico. Los mejores resultados se obtuvieron de cavitación hidrodinámica en combinación con ozono teniendo para DBO una reducción de 96.94% en agua residuales de curtiembre del proceso de pelambre, en la DQO de 64.28% en agua residuales de curtiembre del proceso de remojo, SST de 83.33% en agua residuales de curtiembre del proceso de remojo, STD de 14.52% en agua residuales de curtiembre del proceso de pelambre, metales totales (cromo) 71.83% en agua residuales de curtiembre del proceso de pelambre, aceites y grasas 93.17% en agua residuales de curtiembre del proceso de remojo y sulfuro se redujo en el método de cavitación hidrodinámica sin enfriamiento 12.28% en agua residuales de curtiembre del proceso de curtido.

Por otra parte, se concluye que estos métodos de tratamiento utilizados influyen mucho en el tratamiento de aguas de la industria curtiembre por el corto plazo que se toma en reducir las concentraciones de diferentes efluentes, como se evidencia en los resultados obtenidos en el tiempo indicado.



## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda utilizar y/o implementar nuevos métodos de tratamiento al sistema que se tiene en la actualidad, para de esta manera se pueda obtener mejores resultados al poder tratar otras y/o las mismas aguas residuales.

Al culminar de pasar una muestra por el proceso, se recomienda un lavado general (al interior de las tuberías ya sea con agua destilada o agua potable, para eliminar cualquier resto de contaminantes o muestras del anterior proceso. Seguidamente se recomienda tener conectado a una tubería de salida del lavado.

Seguidamente, al utilizar el método de ozono y oxígeno atmosférico, se evidencia la generación de demasiada espuma, esto genera derramamiento de espuma por los bordes del reactor, por lo cual se recomienda implementar un sistema encargado de limpiar y remover estas espumas generadas.

Es de obligación que la muestra antes de pasar por el sistema de tuberías sea filtrado para retener residuos (pelos, mucosidades, entre otros), ya que pueden ocasionar que el sistema deje de circular la muestra por alguna generación de pico de botella.

Es recomendable poder implementar un sistema de alarma programable, para la toma de datos del sistema, cada cierto tiempo (programable), de esta manera poder obtener una mejor toma de datos.

En el futuro sería recomendable poder implementar una memoria inteligente para que pueda regular automáticamente (cierre y abertura), de las tuberías cuando se requiera, ya que en la actualidad lo realizamos manualmente. Esto generaría una mayor eficiencia y rendimiento del proceso.

## REFERENCIAS

Brañez Condorena, A. (2018). Brotes de Síndrome de Guillain-Barré en Perú en 2018-2019: aprendizaje, esfuerzos y perspectivas de investigación. *Revista de Neuro-Psiquiátrica*, 2-3.

Burke, J., & Gitlin, L. (2012). *¿Cómo cambiamos la práctica cuando tenemos la evidencia?* Estados Unidos: The American Journal of Occupational Therapy . doi:10.5014/ajot.2012.004432

Chuquimboques Marrero, J., Vergara Rojasa , J., & Mendoza Bobadilla, J. (2019). *Rev. Soc. Quím. Perú* [online]. 2019, vol.85, n.1, pp.85-96. ISSN 1810-634X. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85 - 96. Obtenido de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2019000100009&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2019000100009&script=sci_abstract).

Díaz Díaz, H. (2015). *Formacion Docente enel Perú Realidades y Tendencias* (1 ed.). Lima: Santillana S.A.

Dong Lin , Z. (15 de Agosto de 2008). *Preparation and microwave absorption properties of carbon nanocoils*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2008.04.032>

Fajardo Castillo, M., Huamani Salas, E., & Blas Alcantara, R. (26 de Abril de 2020). *Estadísticas Ambientales*. Obtenido de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/03-informe-tecnico-n03\\_estadisticas-ambientales-feb2018.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/03-informe-tecnico-n03_estadisticas-ambientales-feb2018.pdf)

Hernández, R., Fernández , C., & Baptista, M. (2014). *la Investigación Científica* (6 ed.). México: McGRAW-HILL. Obtenido de <https://www.uca.ac.cr/wpcontent/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Higueta Gutiérrez , L., Jaramillo Caro, A., & Cardona Arias, J. (2019). *onstrucción*

de una escala sobre acepciones, percepciones y sensaciones durante la ECOE en estudiantes de Medicina (24 ed.). Sociedad Cubana de Educadores en la ciencia de la salud.

Journal, A. (15 de Mayo de 2013). *Journal of the National Cancer Institute*.  
Obtenido de <https://doi.org/10.1093/jnci/djt067>

López Tarabochia, M. (28 de Octubre de 2016).  
<https://es.mongabay.com/2016/10/rios-hidroelectricas-mineria-petroleo-mongabay/>. Obtenido de <https://es.mongabay.com/2016/10/rios-hidroelectricas-mineria-petroleo-mongabay/>: <https://es.mongabay.com/2016/10/rios-hidroelectricas-mineria-petroleo-mongabay/>

Martínez de la Calle, J., & Gonzáles Pérez, J. (1993). *Propulsores Marinos* (1 ed.). España: Univercidad de Oviedo.

Martínez, M., & Gonzáles, J. (2017). Cavitación. *Multimedia Cavitación*, 1.

Nieto Zapata, S. (s.f.). "Aplicación de la cavitación hidrodinámica para reducir los parámetros". (*Tesis para Licenciatura*). Universidad Cesar Vallejo, Lima.

Núñez Álvaro, T. (s.f.). "Tratamiento de aguas residuales de una Embotelladora de Bebidas Carbonatadas aplicando nanoburbujas de aire". (*Tesis de Licenciatura*). Universidad Cesar Vallejo, Lima.

Olivos Vidales, A., Leos Magallanes, M., & Campos Sandoval, M. (Julio de 2010). Extracción de Grasas y Aceites. *evista Conciencia Tecnológica*, 34 - 40. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94415759007>:  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94415759007>

Rajoriya, S., Carpenter, J., Kumar Saharan, V., & Bhalchandra Pandit, A. (2015). Cavitación hidrodinámica. *un proceso de oxidación avanzado para la degradación de contaminantes biorefractarios*, 1-15.

Riesgo, M. d. (26 de Abril de 2020). <https://www.ana.gob.pe/contenido/el-agua-en-cifras>. Obtenido de <https://www.ana.gob.pe/contenido/el-agua-en-cifras>: <https://www.ana.gob.pe/contenido/el-agua-en-cifras>

Suryawanshi, P. (9 de Junio de 2019). *Studies Using Hydrodynamic*. doi:10.1002/ep.12674

Tafur Rivera, L. (s.f.). "Tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata para la mejora de la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019". (*Tesis de Licenciatura*). Universidad Cesar Vallejo, Lima.

Valensuela Ferrel, L. (s.f.). "Reducción de plomo y silicio en aguas de lavado de gases de una empresa". (*Tesis de Licenciatura*). Universidad Cesar Vallejo, Lima.

Zabala Jorquera, A. (2014). *Estudio experimental de la cavitación* (1 ed.). Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.

Zhang, x.-D., & Yao, X. (27 de Marzo de 2019). *Advanced Energy Materials*. Obtenido de <https://doi.org/10.1002/aenm.201803978>

AYLAS DE LA VEGA, A. Obtención de agua potable mediante un tratamiento solar (destilador cascada) del agua de mare en el distrito de la punta callao. tesis para optar el título profesional de ingeniería ambiental, Universidad Cesar Vallejo, 2017

Şengil, I. y Özacar, M. Tratamiento de aguas residuales con tambor de cal y curtiduría, mediante electrocoagulación. *Journal of Hazardous Materials* [en línea]. 2009, n.º 167. [Fecha de consulta: 21 de octubre del 2017]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389409001174#!>

Tayupanda, P. S., (2010). Diseño de un sistema de tratamiento de agua residual del proceso de pelambre para su reutilización, curtiembre pieles Puma. Escuela

Superior Politécnica de Chimborazo, Tesis de grado para la obtención del Título de Ingeniero Químico. Ecuador.

## ANEXO 01


<b>Aplicación de la tecnología de cavitación hidrodinámica para la mejora de la calidad de aguas residuales de la empresa de curtiembre (CITECCAL), Lima 2020</b>					
Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidades de Medición
INDEPENDIENTE: Eficiencia de Cavitación Hidrodinámica, ozono y oxígeno atmosférico	El ozono y el oxígeno atmosférico son oxidantes los cuales son llamados o necesitan su presencia en varios tipos de trataiento de aguas, para eliminar compuestos organoclorados. SefúnDong, Zhang y Yao (2019) estudiaron la influencia de los elementos hidráulicos de la cavitación hidráulica venturi en la degradación de contaminantes hidrófobos refractarios y la longitud óptima de garganta correspondiente a la tasa máxima de degradación obtenida	El fenómeno de la cavitación hidrodinámica fue contralada constatemente por los siguientes parámetros: Caudal, temperatura, presión tiempo, de la misma manera la aplicación del ozono y el oxígeno atmosférico constante fue controlada por el tiempo de inyección.	Cavitación hidrodinámica	Temperatura	°C
				Presión	Bar
				Tiempo	min
				Caudal	m <sup>3</sup> /h
			Ozonización	Temperatura	°C
				Presión	Bar
				Tiempo	min
				Caudal	m <sup>3</sup> /h
				Flujo de aire	L/min
			Oxígeno atmosférico	Temperatura	°C
				Presión	Bar
				Tiempo	min
				Caudal	m <sup>3</sup> /h
			Flujo de aire	L/min	
DEPENDIENTE: Reducción de los parámetros fisicoquímicos y metales totales (cromo) en aguas residuales de curtiembre	La carga orgánica tiene como definición, es uno de los parámetros que es directamente relacionado con la cantidad orgánica biodegradable que se encuentran retenias en la aguas residuales, la carga orgánica e inorgánica del efluente total son el remojo, pelambre y curtido, en términos generales los efluentes de curtiembre son consideradas como uno de las concentraciones orgánicas e inorganicas mas elevadas. Es por ello que para la medición de la carga orgánica en aguas residuales que contienen productos muy diversos se recomienda utilizar metodos indirectos basados en la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la muestras.	Seguidamente los parámetros orgánicos tanto iniciales como finales fueron medidos con los siguientes indicadores: DBO, DQO, SST, aceites y grasas, Sulfuro de hidrógeno y metales totales.	Parámetros orgánico inicial y final	DBO	mg/L
				DQO	mgO <sub>2</sub> /L
				Sólidos totales en suspensión (SST)	mg/L
				Aceites y grasas	mg/L
				Sulfuro de hidrógeno	mgS <sub>2</sub> -/L
			Parámetros de metales totales (cromo) inicial y final	Cromo total	mg/L
			Parámetros fisicoquímicos inicial y final	pH	0-14
Temperatura de la muestra	°C				



# ANEXO 03

Feedback Studio - Google Chrome  
ev.turnitin.com/app/carta/es/?u=1051031624&lang=es&o=1563628182&s=1

feedback studio Ronald Lozano /0 1 de 10



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Aplicación de la tecnología de cavitación hidrodinámica, ozono y oxígeno atmosférico para la mejora de la calidad de aguas residuales de la Industria de Curtiembre (CITECCAL),  
Lima 2020

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR:**  
Lozano Morillo Ronald Yeferson (ORCID:0000-0002-3131-0722)

**ASESOR:**  
Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales (ORCID:0000-0003-1504-2089)

**Resumen de coincidencias**

**11 %**

Se están viendo fuentes estándar

[Ver fuentes en inglés \(Beta\)](#)

Coincidencias

1	repositorio.ucv.edu.pe	8 %
2	Entregado a Universida...	1 %
3	repositorio.unap.edu.pe	<1 %
4	cybertesis.unmsm.edu...	<1 %
5	www.utesa.edu	<1 %
6	www.mdpi.com	<1 %
7	www.somoshalcones.c...	<1 %
8	Entregado a Pontificia ...	<1 %
9	repositorio.uladech.ed...	<1 %
10	www.slideshare.net	<1 %
11	dannamp95.wordpress...	<1 %

Página: 1 de 96    Número de palabras: 22594    Text-only Report    High Resolution    Activado



ANEXO 04



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



INFORME DE ENSAYO  
MA2021945 Rev. 0

PROMEC INGENIEROS S.A.C.

JR. LA VERONICA NRO. 482 URB. SANTA ISABEL

ENV / LB-347423-002

PROCEDENCIA : CAVITACIÓN HIDRODINAMICA

Fecha de Recepción SGS : 18-11-2020

Fecha de Ejecución : Del 18-11-2020 al 25-11-2020

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
RE-CHE
RE-CHS
RE-COE
RE-COS
PE-CHE
PE-CHS
PE-COE
PE-COS
EF-COE

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 25/11/2020

Frank M. Julcamero Quijpe  
C.Q.P. 1033  
Coordinador de Laboratorio

\*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 IMAC e ILAC\*



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



**INFORME DE ENSAYO  
MA2021945 Rev. 0**

Estación de Muestreo
EF-COS
EF-CHE
EF-CHS



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



**INFORME DE ENSAYO  
MA2021945 Rev. 0**

IDENTIFICACION DE MUESTRA					PE-C06	PE-C06	PE-C06
FECHA DE MUESTREO					10/11/2020	10/11/2020	10/11/2020
HORA DE MUESTREO					13:00:00	14:30:00	17:40:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
Parametro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
<b>Comentarios</b>							
Sólidos Totales en Suspensión	EN_APH425400	mg Sólidos Totales en Suspensión/l	1	3	544	184	64
Demanda Química de Oxígeno	EN_APH425100	mg/l	1.0	3.0	1218.0	872.0	718.0
Demanda Química de Oxígeno	EN_APH425200	mg/l	1.0	4.0	2790.0	1358.0	263.0
Azufrés y Cloruro	EN_APH425301	mg/l	0.2	0.4	307.0	81.1	26.0

IDENTIFICACION DE MUESTRA					PE-C06	PE-C06	PE-C06
FECHA DE MUESTREO					10/11/2020	10/11/2020	10/11/2020
HORA DE MUESTREO					16:10:00	10:00:00	11:30:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
Parametro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
<b>Comentarios</b>							
Sólidos Totales en Suspensión	EN_APH425400	mg Sólidos Totales en Suspensión/l	1	3	14	180	210
Sulfuro	EN_APH425000	mg/l	0.0004	0.0016	-0.0019	-0.0019	-0.0019
Demanda Química de Oxígeno	EN_APH425100	mg/l	1.0	3.0	4.0	818.0	892.0
Demanda Química de Oxígeno	EN_APH425200	mg/l	1.0	4.0	107.0	2370.0	1300.0
Azufrés y Cloruro	EN_APH425301	mg/l	0.2	0.4	2.0	20.1	18.0

IDENTIFICACION DE MUESTRA					PE-C06	PE-C06	PE-C06
FECHA DE MUESTREO					10/11/2020	10/11/2020	10/11/2020
HORA DE MUESTREO					14:00:00	15:30:00	16:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
Parametro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
<b>Comentarios</b>							
Sólidos Totales en Suspensión	EN_APH425400	mg Sólidos Totales en Suspensión/l	1	3	47	0	10
Sulfuro	EN_APH425000	mg/l	0.0004	0.0016	-0.0019	-0.0019	-0.0019
Demanda Química de Oxígeno	EN_APH425100	mg/l	1.0	3.0	107.0	0.1	103.0
Demanda Química de Oxígeno	EN_APH425200	mg/l	1.0	4.0	200.0	107.0	214.0
Azufrés y Cloruro	EN_APH425301	mg/l	0.2	0.4	13.0	2.2	
<b>Comentarios</b>							
Azufrés Total	EN_APH425301	mg/l	0.001	0.001			0.001
Cloruro Total	EN_APH425302	mg/l	0.0004	0.0004			0.0004
Azufrés y Cloruro Total	EN_APH425303	mg/l	0.0004	0.0004			0.0004
Calcio Total	EN_APH425401	mg/l	0.0001	0.0001			0.0001
Magnesio Total	EN_APH425402	mg/l	0.0001	0.0001			0.0001
Sodio Total	EN_APH425403	mg/l	0.0001	0.0001			0.0001
Potasio Total	EN_APH425404	mg/l	0.0001	0.0001			0.0001
Carbono Total	EN_APH425405	mg/l	0.0001	0.0001			0.0001
Calcio Total	EN_APH425406	mg/l	0.0001	0.0001			0.0001
Cloruro Total	EN_APH425407	mg/l	0.0001	0.0001			0.0001
Carbono Total	EN_APH425408	mg/l	0.0001	0.0001			0.0001
Calcio Total	EN_APH425409	mg/l	0.0001	0.0001			0.0001
Cloruro Total	EN_APH425410	mg/l	0.0001	0.0001			0.0001
Carbono Total	EN_APH425411	mg/l	0.0001	0.0001			0.0001
Sulfuro Total	EN_APH425412	mg/l	0.0001	0.0001			0.0001
Fluoruro Total	EN_APH425413	mg/l	0.0001	0.0001			0.0001
Fósforo Total	EN_APH425414	mg/l	0.015	0.047			0.005
Sodio Total	EN_APH425415	mg/l	0.0004	0.0004			0.0004
Cloruro Total	EN_APH425416	mg/l	0.0001	0.0001			0.0001
Hierro Total	EN_APH425417	mg/l	0.0001	0.0001			0.0001
Magnesio Total	EN_APH425418	mg/l	0.0001	0.0001			0.0001
Plomo Total	EN_APH425419	mg/l	0.0001	0.0001			0.0001
Cadmio Total	EN_APH425420	mg/l	0.0001	0.0001			0.0001
Cobalto Total	EN_APH425421	mg/l	0.0001	0.0001			0.0001
Cromo Total	EN_APH425422	mg/l	0.0001	0.0001			0.0001
Cupero Total	EN_APH425423	mg/l	0.0001	0.0001			0.0001
Aluminio Total	EN_APH425424	mg/l	0.0001	0.0001			0.0001
Molibdeno Total	EN_APH425425	mg/l	0.0001	0.0001			0.0001
Níquel Total	EN_APH425426	mg/l	0.0001	0.0001			0.0001





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



**INFORME DE ENSAYO  
MA2021945 Rev. 0**

IDENTIFICACION DE MUESTRA					SP-028	SP-026	SP-029
FECHA DE MUESTREO					18/11/2020	18/11/2020	18/11/2020
HORA DE MUESTREO					17:30:00	17:30:00	18:10:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
SUB CATEGORIA					INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
<b>Acidez Total</b>	ISO 84500-2	mg/L	0.008	0.018	288.007	1.971.492	1.971.492
<b>Alcalinidad Total</b>	ISO 84500-2	mg/L	0.00002	0.00008	-0.00008	-0.00008	-0.00008
<b>Cloruro Total</b>	ISO 84500-2	mg/L	0.0007	0.0021	-0.0021	-0.0021	-0.0021
<b>Dureza Total</b>	ISO 84500-2	mg/L	0.001	0.003	-0.003	-0.003	-0.003
<b>Fluoruro Total</b>	ISO 84500-2	mg/L	0.00008	0.00018	-0.00018	-0.00018	-0.00018
<b>Nitrato Total</b>	ISO 84500-2	mg/L	0.0003	0.0008	0.0015	0.0003	0.0015
<b>Nitrito Total</b>	ISO 84500-2	mg/L	0.00002	0.00007	0.00002	0.00007	0.00007
<b>Oxígeno Total</b>	ISO 84500-2	mg/L	0.0001	0.0003	-0.0003	-0.0003	-0.0003
<b>Plata Total</b>	ISO 84500-2	mg/L	0.0001	0.0003	-0.0003	-0.0003	-0.0003
<b>Sulfato Total</b>	ISO 84500-2	mg/L	0.0002	0.0006	-0.0006	-0.0006	-0.0006
<b>Sodio Total</b>	ISO 84500-2	mg/L	0.0008	0.0024	0.0024	0.1284	0.1284
<b>Zinc Total</b>	ISO 84500-2	mg/L	0.00015	0.00045	-0.00045	-0.00045	-0.00045

**Notas:**

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.





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



INFORME DE ENSAYO  
MA2021945 Rev. 0

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHAS2400	Callao	Sólidos Totales en Suspensión	SMEDWA-APHA-AWWA-WEF Part 2540-D; 23rd Ed: 2017. Solids: Total Suspended Solids dried at 102-102 °C
EW_APHAS2100	Callao	Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEDWA-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B; 23rd Ed: 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD test
EW_APHAS2300	Callao	Demanda Química de Oxígeno	SMEDWA-APHA-AWWA-WEF Part 5200 C; 23rd Ed: 2017. Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
EW_ASTMD3021	Callao	Axetas y Grasas	ASTM D3021 - 98 (Reapproved 2011) Standard Test Method for Oil and Grease and Petroleum Hydrocarbons in Water (validado)2014
EW_APHAS00521	Callao	Sulfuro	SMEDWA-APHA-AWWA-WEF Part 4500-S2-1; 23rd Ed: 2017. Distillation, Methylene Blue Flow Injection Analysis Method (validado) 2017.
EW_EPA200_8	Callao	Metas Totales	EPA 200.8, Rev 5.4: 1994. Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry.

"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 DAAC o ILAC"

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgslabs.com/terms-and-conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, así como el uso exclusivo constituyen un pacto contra la pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

Última Revisión: Julio 2010

## ANEXO 05



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



### INFORME DE ENSAYO MA2022730 Rev. 0

---

**PROMEC INGENIEROS S.A.C.**

JR. LA VERONICA NRO. 482 URB. SANTA ISABEL

ENV / LB-347450-001

PROCEDENCIA : Av. Santa Callao con Av. Izaguirre

---

Fecha de Recepción SGS : 26-11-2020

Fecha de Ejecución : Del 26-11-2020 al 03-12-2020

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
PE2-CH1
PE2-CH2
PE2-CH3-GE
EM-CH1
EM-CC
EM-CA

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 03/12/2020

"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"

Página 1 de 3





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



INFORME DE ENSAYO  
MA2022730 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					PRO-C46	PRO-C46	PRO-C46
FECHA DE MUESTREO					26/11/2020	26/11/2020	26/11/2020
HORA DE MUESTREO					09:28:00	10:50:00	10:50:00
CATEGORÍA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB-CATEGORÍA					INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
<b>Elementos Inorgánicos</b>							
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APH402460	mg Sólidos Totales en Suspensión/l	1	3	690	605	600
Sulfuro	EW_APH400002	mg/l	0.002	0.015	<0.015	190.156	198.090
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APH401706	mg/l	1.0	3.0	0.400.0	0.340.0	4.400.0
Demanda Química de Oxígeno	EW_APH402000	mg/l	1.0	4.5	27.892.1	27.922.1	22.927.0
Nitrógeno y Oxígeno	EW_APH403901	mg/l	0.2	0.4	13.4	5.8	8.4

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					SM-C46	SM-C46	SM-CA
FECHA DE MUESTREO					26/11/2020	26/11/2020	26/11/2020
HORA DE MUESTREO					13:06:00	14:38:00	16:38:00
CATEGORÍA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB-CATEGORÍA					INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
<b>Elementos Inorgánicos</b>							
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APH402460	mg Sólidos Totales en Suspensión/l	1	3	498	348	178
Sulfuro	EW_APH400002	mg/l	0.002	0.015	<0.015	<0.015	<0.015
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APH401706	mg/l	1.0	3.0	143.5	80.1	87.4
Demanda Química de Oxígeno	EW_APH402000	mg/l	1.0	4.5	890.4	804.5	385.1
Nitrógeno y Oxígeno	EW_APH403901	mg/l	0.2	0.4	0.8	1.5	1.1
<b>Elementos Orgánicos</b>							
Almidón Total	EW_APH4000_8	mg/l	0.001	0.003	0.114	0.016	<0.128
Almidono Total	EW_APH4000_8	mg/l	0.00004	0.00010	<0.00010	0.00026	0.00021
Almidono Total	EW_APH4000_8	mg/l	0.00003	0.00010	0.00000	<0.00010	<0.00010
Boro Total	EW_APH4000_8	mg/l	0.0001	0.0003	0.0560	0.1137	0.0478
Boro Total	EW_APH4000_8	mg/l	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006
Boro Total	EW_APH4000_8	mg/l	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW_APH4000_8	mg/l	0.002	0.006	0.139	0.153	0.188
Cadmio Total	EW_APH4000_8	mg/l	0.00001	0.00003	0.00019	0.00036	0.00045
Cadmio Total	EW_APH4000_8	mg/l	0.003	0.009	102.154	111.306	101.420
Cadmio Total	EW_APH4000_8	mg/l	0.00006	0.00024	<0.00024	<0.00024	<0.00024
Cadmio Total	EW_APH4000_8	mg/l	0.0001	0.0003	0.0134	0.0140	0.0146
Cadmio Total	EW_APH4000_8	mg/l	0.00001	0.00003	0.00040	0.00050	0.00070
Cadmio Total	EW_APH4000_8	mg/l	0.00003	0.00009	0.04219	0.02268	0.02689
Cadmio Total	EW_APH4000_8	mg/l	0.0001	0.0003	80.5750	22.2044	31.2803
Cadmio Total	EW_APH4000_8	mg/l	0.00003	0.00010	<0.00010	0.00147	<0.00010
Cadmio Total	EW_APH4000_8	mg/l	0.0002	0.0008	1.1711	1.1393	1.1986
Cadmio Total	EW_APH4000_8	mg/l	0.015	0.047	0.288	0.288	0.276
Cadmio Total	EW_APH4000_8	mg/l	0.00004	0.00010	<0.00010	<0.00010	<0.00010
Cadmio Total	EW_APH4000_8	mg/l	0.0002	0.0008	0.0032	0.0030	0.0034
Cadmio Total	EW_APH4000_8	mg/l	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015	<0.00015
Cadmio Total	EW_APH4000_8	mg/l	0.0004	0.0013	0.0007	0.0028	0.0007
Cadmio Total	EW_APH4000_8	mg/l	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015	<0.0015
Cadmio Total	EW_APH4000_8	mg/l	0.0001	0.0003	0.1020	0.1174	0.1198
Cadmio Total	EW_APH4000_8	mg/l	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006
Cadmio Total	EW_APH4000_8	mg/l	0.0001	0.0003	12.315	11.824	11.830
Cadmio Total	EW_APH4000_8	mg/l	0.00003	0.00010	0.06098	0.01207	0.02687
Cadmio Total	EW_APH4000_8	mg/l	0.00003	0.00009	0.00021	0.00011	<0.00009



INFORME DE ENSAYO  
MA2022730 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					EM-CHB	EM-CC	EM-CA
FECHA DE MUESTREO					26/11/2020	26/11/2020	26/11/2020
HORA DE MUESTREO					13:08:00	14:28:00	18:38:00
CATEGORÍA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
SUB CATEGORÍA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
<b>Temperatura (Temperatura)</b>							
Molibdeno Total	HR_SPA200_B	mg/L	0.00002	0.00008	0.00860	0.00814	0.00728
Níquel Total	HR_SPA200_B	mg/L	0.0008	0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Niquel Total	HR_SPA200_B	mg/L	0.0002	0.0008	0.0007	0.0101	0.0008
Plata Total	HR_SPA200_B	mg/L	0.000020	0.000010	<0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	HR_SPA200_B	mg/L	0.0002	0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008
Plomo Total	HR_SPA200_B	mg/L	0.04	0.10	0.03	0.06	0.01
Plata Total	HR_SPA200_B	mg/L	0.0002	0.0008	0.0101	0.0101	0.0101
Selenio Total	HR_SPA200_B	mg/L	0.0004	0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Silicio Total	HR_SPA200_B	mg/L	0.09	0.27	12.39 *	12.11 *	11.07 *
Silicio Total	HR_SPA200_B	mg/L	0.04	0.10	0.04	0.08	0.11
Sodio Total	HR_SPA200_B	mg/L	0.008	0.019	884.710	887.400	884.540
Tián Total	HR_SPA200_B	mg/L	0.00002	0.00008	<0.00008	<0.00008	<0.00008
Tungsteno Total	HR_SPA200_B	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021	<0.0021
Tungsteno Total	HR_SPA200_B	mg/L	0.0071	0.0021	<0.0021	<0.0021	<0.0021
Vanadio Total	HR_SPA200_B	mg/L	0.00008	0.00019	<0.00019	<0.00019	<0.00019
Vanadio Total	HR_SPA200_B	mg/L	0.0002	0.0008	0.0003	0.0189	0.0002
Vanadio Total	HR_SPA200_B	mg/L	0.000020	0.000010	0.000028	0.000020	0.000020
Vanadio Total	HR_SPA200_B	mg/L	0.0001	0.0003	0.0011	0.0007	0.0004
Vanadio Total	HR_SPA200_B	mg/L	0.0002	0.0008	0.0044	0.0008	<0.0008
Vanadio Total	HR_SPA200_B	mg/L	0.00002	0.00008	<0.00008	<0.00008	<0.00008
Zinc Total	HR_SPA200_B	mg/L	0.0008	0.0028	0.0008	0.0010	0.0012
Zinc Total	HR_SPA200_B	mg/L	0.00010	0.00040	<0.00040	<0.00040	<0.00040

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-CA.





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



INFORME DE ENSAYO  
MA2022730 Rev. 0

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
DW_APH42540D	Callao	Sólidos Totales en Suspensión	SM4200-APHA-AWWA-WEF Part 2540-D; 23rd Ed: 2017. Solids: Total Suspended Solids dried at 103-105 °C
DW_APH450062I	Callao	Sulfuro	SM4200-APHA-AWWA-WEF Part 4500-SO-4; 23rd Ed: 2017. Distillation, Methylene Blue Flow Injection Analysis Method (Validation) 2017.
DW_APH45210B	Callao	Demanda Bioquímica de Oxígeno	SM4200-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B; 23rd Ed: 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD test
DW_APH45220D	Callao	Demanda Química de Oxígeno	SM4200-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D; 23rd Ed: 2017. Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
DW_ASTMD3601	Callao	Aceites y Grasas	ASTM D3601 - 96 (Reapproved 2011) Standard Test Method for Oil and Grease and Petroleum Hydrocarbons in Water -(Validation)2014
DW_EPA200_8	Callao	Metas Totales	EPA 200.8, Rev 5.4: 1984. Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry.

**\*Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/multio de los miembros firmantes de IANC o ILAC\***

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página [http://www.compania.net.pe/DOC/ingles/condiciones\\_servicio](http://www.compania.net.pe/DOC/ingles/condiciones_servicio). Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción (parcial, total o autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y 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. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

Última Revisión: Julio 2013